

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технології протруювання насіння стаціонарним
протруювачем з розробкою змішувально-дозуючої системи

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

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Петрик Н.В.

(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 Петрику Назару Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології протруювання насіння
стаціонарним протруювачем з розробкою змішувально-дозуючої системи

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 за 1 год. основного часу на насінні пшениці – 3...20 т/год; маса суха (конструкційна) з повним комплектом робочих органів та пристроїв, не більше 290 кг; ємкість баків, не менше 320 л; подача дозатора – 0,5...3,5л/хв; споживана потужність, не більше 2,2кВт; строк служби, не менше 5 років

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

Вступ. 1. Аналіз технологій при протруюванні насіння.

2. Рекомендації з покращення технології протруювання насіння стаціонарним протруювачем.

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 стаціонарний ПКС-20; Схема гідрокомунікативна; Розрахункові схеми; Вдосконалена технологічна схема лінії протруювання; Складові протруювача; Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Петрик Н.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити ефективність протруювання насіння при розробкою змішувально-дозуючої системи.

Мета досягається шляхом модернізації конструкції протруювача при використанні додаткового шнека-змішувача, який перемішує оброблений матеріал та може порційно завантажувати його у дрібну тару.

Мета досягається при вирішенні наступних завдань:

провести класифікацію машин та методів знезаражування насіння сільськогосподарських культур;

провести аналіз конструктивних рішень існуючих аналогічних машин;

вивчити будову та принцип роботи протруювача камерного стаціонарного типу ПКС-20;

провести обґрунтування вдосконаленої схеми лінії протруювання;

виконати обґрунтування та розрахунок основних параметрів шнека-змішувача;

виконати підбір двигуна та розрахунок пасової передачі приводу шнека-змішувача;

провести конструювання шківів та розрахунок вала шнека-змішувача.

Об'єктом дослідження – технологічний процес змішування та вивантаження насіння.

Предмет дослідження – система вивантаження протруєного матеріалу.

Практичне значення – на основі проведеного вдосконалення протруювального комплексу отримано практичний результат, що полягає у підвищенні якості змішування протруєного матеріалу та підвищенні ефективності вивантаження готового насіння.

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

Ключові слова. Протруювач, види протруювання, хімічний захист, змішувально-дозуюча система, продуктивність, шнек-змішувач.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОТРУЮВАННІ НАСІННЯ	6
1.1 Оцінка стану фітосанітарного благополуччя сільськогосподарських угідь України ..	6
1.2 Класифікація машин та методів знезаражування насіння сільськогосподарських культур	13
1.3 Аналіз конструктивних рішень існуючих аналогічних машин	23
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ СТАЦІОНАРНИМ ПРОТРУЮВАЧЕМ	28
2.1 Будова та принцип роботи протруювача камерного стаціонарного типу ПКС-20	28
2.2 Органи керування та налаштування протруювача	32
2.3 Обґрунтування вдосконаленої схеми лінії протруювання	39
2.4 Обґрунтування та розрахунок основних параметрів шнека-змішувача.....	41
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	45
3.1 Підбір двигуна та розрахунок пасової передачі приводу шнека-змішувача	45
3.2 Розрахунок прогину, напружень і ресурсу клинопасової передачі	51
3.3 Конструкція шківів та розрахунок вала шнека-змішувача.....	54
3.4 Уточнений розрахунок вала шнека	59
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	62
4.1 Небезпеки та надзвичайні ситуації під час протруювання насіннєвого матеріалу....	62
4.2 Захист персоналу при пиловому забрудненні робочої зони.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

У сучасному агропромисловому виробництві ефективно протруювання насіння є одним із ключових етапів передпосівної підготовки, що істотно впливає на схожість, енергію проростання, стійкість рослин до хвороб і, зрештою, на врожайність культур. Протруювання дозволяє зменшити ризики ураження насіння та проростків фітопатогенами, шкідниками і запобігти розвитку хвороб у початковій фазі росту. Проте, незважаючи на наявність широкого спектра протруювальних машин, проблема забезпечення рівномірного нанесення робочого розчину, точності дозування та якісного перемішування протруйників залишається актуальною, особливо в умовах інтенсивного господарювання та жорстких вимог до безпеки і екологічності технологічних процесів.

Стаціонарні протруювачі є важливою ланкою технологічного ланцюга підготовки насіння, зокрема у великих сільськогосподарських підприємствах та насіннєвих господарствах. Вони забезпечують високопродуктивну обробку насіння, однак потребують вдосконалення з точки зору точності дозування препарату, однорідності змішування та автоматизації процесів. Недосконалість існуючих систем дозування і змішування може призводити до перевитрати хімічних засобів, нерівномірної обробки насіння, втрати біологічної ефективності препарату та підвищення навантаження на довкілля.

У зв'язку з цим актуальною є розробка та впровадження нових конструктивних рішень, зокрема вдосконалених змішувально-дозуючих систем для стаціонарних протруювачів, які забезпечуватимуть високу точність дозування, ефективно перемішування робочої рідини та її рівномірний розподіл по насіннєвій масі. Такі технічні рішення мають бути засновані на сучасних підходах до машинобудування, автоматизації та контролю якості технологічних процесів, відповідати вимогам чинних нормативних документів.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОТРУЮВАННІ НАСІННЯ

1.1 Оцінка стану фітосанітарного благополуччя сільськогосподарських угідь України

Сучасний стан фітосанітарної ситуації в аграрному секторі України залишається тривожним і безпосередньо пов'язаний із порушеннями технологічних норм вирощування сільськогосподарських культур. Ігнорування агротехнічних вимог, зокрема щодо захисту рослин, призводить до активного поширення інфекційних хвороб і шкідників, що, у свою чергу, стає критичним фактором втрати врожаю. Через недбалість у проведенні профілактичних заходів і небажання фермерів інвестувати в якісний захист посівного матеріалу, зростає ризик ураження культур патогенними організмами.

Зокрема, в останні роки спостерігається помітне збільшення кількості ураженого зерна збудниками сажкових хвороб. Сприятливі для патогенів кліматичні умови, такі як волога та помірно тепла погода в період цвітіння, створили ідеальне середовище для поширення інфекції, особливо серед ярих зернових. Найбільших збитків зазнав ярий ячмінь, на окремих ділянках якого фіксувалося до п'ятнадцяти відсотків уражених рослин. Така тенденція є тривожною, адже свідчить про ймовірне посилення епідемічного характеру сажкових захворювань у майбутніх посівах.

Паралельно зростає проблема гельмінтоспориозів, які вражають рослини як через інфіковане насіння, так і через рослинні рештки. Збудники хвороб, які викликають листові плямистості, активно поширюються повітряно-крапельним шляхом і особливо інтенсивно розвиваються в регіонах з високою вологістю та температурою понад п'ятнадцять градусів за Цельсієм. Лісостепові та степові зони, а також частина Полісся, стали осередками розвитку сітчастої та темно-бурої плямистості. У західних регіонах, таких як

Львівська, Івано-Франківська та Рівненська області, переважає облямівкова форма ураження.

Хвороба часто починає проявлятися ще на етапі кушіння і стрімко прогресує, досягаючи максимуму у фазу молочно-воскової стиглості. За сприятливих умов розвиток ураження охоплював майже всю площу посівів – подекуди до ста відсотків рослин із варіативною інтенсивністю від п'яти до сорока п'яти відсотків. Проте захисні заходи застосовувалися надто вибірково, а масштаби їх реалізації залишалися недостатніми для стримування інфекції.

Окрім цього, у період досягання хлібів фіксувалося масове інфікування зерна сапрофітними грибами, зокрема через підвищену вологість, тривалі дощі та тумани, що ускладнювали збір урожаю. Поява оливково-чорного нальоту на колосках і листках викликала додаткове занепокоєння, оскільки візуально це ураження схоже на симптоми сажкових хвороб. Насправді ж воно спричинене розвитком недосконалого гриба *Cladosporium herbarum*, який формує щільну бархатисту плісняву на старіючих органах рослини.

В цілому фітосанітарний стан полів свідчить про необхідність більш відповідального ставлення до посівного матеріалу, дотримання технологічної дисципліни та системного підходу до захисту рослин. Інакше тенденція до збільшення уражень набуде загрозливого характеру, погіршуючи якість і безпечність урожаю та знижуючи економічну ефективність агровиробництва.

Міцелій збудників хвороб проникає у тканини рослин, де під поверхнею формуються щільні скупчення грибниці, які продукують конідієносці темного, майже чорного кольору. Ці структури, вкриті конідіями, мають характерний оливковий відтінок. Симптоматика ураження, спричиненого грибом *Alternaria tenuis*, часто нагадує типові ознаки інших інфекцій і може бути помилково ідентифікована. Хоча пошкодження лусочок колоса на перший погляд не становить загрози, приховані наслідки відображаються на фізіологічному стані зерна. Таке насіння візуально може здаватися повноцінним, однак воно демонструє низьку енергію проростання та знижений рівень схожості. Рослини,

що виростають із такого матеріалу, значно відстають у рості й розвитку, що суттєво впливає на потенціал урожайності.

Упродовж останніх сезонів, особливо у ячмені – одній із найпоширеніших ярих зернових культур, зростає частота виявлення зараження мікроміцетами родів *Fusarium*, *Bipolaris* та *Drechslera*. Уражене зерно вівса, ярої пшениці та ячменю дедалі частіше демонструє присутність складного фузаріозного комплексу, до складу якого входять такі види, як *culmorum*, *oxysporum*, *avenaceum*, *graminearum* і *heterosporum*. Співвідношення між цими патогенами постійно змінюється, що свідчить про динамічний характер популяцій збудників і ускладнює стратегічне планування заходів захисту.

Паралельно з поширенням фузаріозу та плямистостей, зростає загроза, пов'язана з кореневими гнилями. Ці хвороби поступово виходять на один рівень із сажковими інфекціями за шкодочинністю, демонструючи тенденцію до посилення в умовах змін клімату. Чергування вологих періодів із посушливими створює оптимальне середовище для активізації інфекцій, особливо у випадках, коли культура землеробства в регіонах зазнає зниження. Уже на початку ХХІ століття були зафіксовані широкомасштабні прояви змішаних типів ураження, де одночасно діяли фузаріозні та гельмінтоспоріозні патогени.

На основі досліджень профільних інституцій, зокрема Головної державної інспекції захисту рослин та Інституту захисту рослин, було виявлено, що насіння багатьох партій містить значну кількість патогенних мікроорганізмів. Найбільш часто фіксується присутність представників родів *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Bipolaris*, *Drechslera* та інших грибів. У деяких випадках на одній насініні виявляється кілька різних збудників, що свідчить про складність етіологічної структури захворювань.

У зв'язку з біологічними особливостями цих грибів недоцільно встановлювати жорсткі порогові значення для прийняття рішення щодо протруювання. Практика засвідчує, що навіть при незначному інфекційному навантаженні знезараження посівного матеріалу повинно проводитися без

винятків. Саме цей агротехнічний захід є найефективнішим способом зменшення фітосанітарного тиску з боку інфекцій, які передаються як через насіння, так і через ґрунт.

Зниження інтенсивності протруювання, як і порушення регламентів використання препаратів, зокрема зменшення їх норм витрати, призводить до істотного зменшення ефективності захисту. Особливо це помітно у випадку з летючою сажкою, збудник якої міститься в зародковій частині насінини та потребує високоефективного проникного препарату. Наслідки нехтування цими нормами виявляються у значних втратах урожаю, які могли б бути запобігнуті.

Актуальність системного підходу до обробки насіння підтверджують і розрахунки економічних втрат. Дані польових досліджень Інституту захисту рослин демонструють, що через використання непротруєного посівного матеріалу в умовах Лісостепу втрати врожаю ярого ячменю становлять у середньому від 0,33 до 1,03 т/га, а в Степу – від 0,28 до 0,57 т/га. Таким чином, комплексна діагностика фітосанітарного стану кожної партії зерна та вибір відповідного протруйника з урахуванням виявлених патогенів є не лише агрономічно обґрунтованим, а й економічно вигідним рішенням, що забезпечує стабільність і безпечність виробництва.

Для виявлення наявності поверхневих патогенів, які уражують насіння, зокрема збудників гельмінтоспориозу, фузаріозу та різних форм пліснявіння, широко застосовують метод вологих камер. У таких умовах зерно пророщують при температурі 20 °С, використовуючи в якості середовища змочені рулони фільтрувального паперу. Протягом шести–восьми днів спостерігають за розвитком патогенів, що проявляються у вигляді характерних грибних структур на оболонці зернівки та проростках.

Фузаріозні гриби утворюють пухкий, м'який наліт, який варіюється за кольором від білого до рожевого, залежно від конкретного виду збудника. Гельмінтоспориозна інфекція, яка найчастіше зустрічається на насінні ячменю, легко ідентифікується завдяки щільному бархатистому нальоту темного кольору. Цей наліт не лише вкриває поверхню зерна, а й поширюється на

підкладку, залишаючи характерні сліди. Часто спостерігається побуріння початкових корінців та колеоптиле, що свідчить про проникнення патогену всередину проростка.

Окрему увагу слід приділяти ураженню альтернаріозом, який маскується під гельмінтоспоріоз, адже сірий наліт на насінні візуально подібний. Для точного розпізнавання необхідно проводити мікроскопічний аналіз з ідентифікацією морфологічних ознак грибниці. Фітоекспертиза в такому випадку виконує подвійну функцію: виявляє як патогени, що спричиняють кореневі гнилі, так і ті, що викликають септоріоз, бактеріози та плямистості, що можуть передаватися насінням.

Після вивчення результатів фітоекспертизи насіння і ґрунту, а також з урахуванням даних про перебіг попереднього вегетаційного періоду, здійснюється вибір стратегії захисту. Особливу увагу при цьому приділяють спектру фунгіцидної дії протруйника та його активності проти виявлених збудників. Вітчизняний аграрний ринок пропонує широкий вибір зареєстрованих протруйників для ярих зернових культур. Вони можуть мати як системну, так і комбіновану контактно-системну дію, базуються на різних діючих речовинах – від класичних беномілу й карбендазіму до сучасних триазолів, таких як тебуконазол, дифеноконазол, тритіконазол та інші.

В останні роки популярності набули препарати на основі триазолів, здатні ефективно контролювати не лише зовнішні, а й внутрішні сажкові інфекції. Такі препарати не лише захищають насіння, а й забезпечують тривалий захист сходів від аерогенних патогенів. У їх складі можуть бути як одна, так і декілька діючих речовин, що підвищує спектр і ефективність дії.

Суттєвим технологічним проривом стало застосування нових препаративних форм – концентрованих суспензій, водосуспензійних концентратів, емульсій на водно-масляній основі. На відміну від порошкових форм, ці новітні препарати мають стабільні фізико-хімічні характеристики: дисперсність частинок не перевищує 10 мкм, а термін зберігання становить

понад два роки. Це дозволяє підвищити ефективність процесу протруювання та забезпечити більш рівномірне покриття поверхні насіння.

Утім, ефективність обробки напряму залежить не лише від якості препарату, а й від фізіологічного стану насіннєвого матеріалу. Зерно, що має підвищену вологість (понад 15%) та знижені показники схожості (менше 90%), чутливе до впливу препаратів у формі в.с.к., с.к., в.с., к.с. або в.м.е. За умов зберігання такого насіння після обробки понад п'ять–сім діб спостерігається помітне зниження енергії проростання, що вимагає особливої обережності при плануванні строків протруювання і висіву.

Таким чином, ефективна підготовка посівного матеріалу передбачає комплексний підхід, що поєднує фітоекспертизу, вибір препарату відповідно до спектру виявлених патогенів та використання інноваційних форм фунгіцидів, які відповідають сучасним вимогам аграрної технології.

Підготовка насіння до протруювання є критично важливим етапом, від якого залежить подальша ефективність усієї системи захисту рослин. Перед обробкою посівний матеріал повинен бути ретельно очищений від домішок та пилу, а також доведений до нормативної вологості й високих показників схожості. Завдяки такій підготовці значна частина ураженого фузаріозом або гельмінтоспоріозом зерна автоматично видаляється на стадії сортування, що зменшує ризик збереження джерела інфекції у посівному фонді.

Якість очищення зерна безпосередньо впливає на ефективність нанесення протруйника. Найдрібніші пилові частинки, що залишаються після попередньої обробки, активно поглинають діючу речовину, не даючи їй рівномірно розподілитися по поверхні зерна. Це суттєво знижує концентрацію препарату на насініні та зменшує загальний захисний потенціал обробки. Чим більше пилу й механічних домішок залишається в масі, тим більше протруйника втрачається даремно. Навіть незначне зменшення дози препарату – в межах десяти–п'ятнадцяти відсотків – здатне критично знизити фунгіцидну активність, а проти деяких патогенів зробити захист практично неможливим. Ігнорування цих нюансів у системі передпосівного захисту може мати

катастрофічні наслідки, серед яких – розвиток масових уражень сажковими хворобами або кореневими гнилями, що призводять до суттєвих втрат урожаю.

Щодо термінів проведення обробки, існує два підходи: завчасне протруювання і обробка безпосередньо перед висівом. Обидва варіанти можуть бути ефективними, якщо дотримано технологічної дисципліни й обрано препарат, здатний забезпечити тривалий захист. Завбачливе протруєння особливо актуальне в боротьбі із сажковими інфекціями, оскільки надає насінню достатній запас захисної речовини до моменту проростання. Експериментальні дані доводять, що сучасні системні протруйники, зокрема Дивіденд Стар, Колфуго Дуплет, Вітавакс 200ФФ, Лоспел та інші, зберігають свою ефективність навіть за умов завчасної обробки, проведеної за один-два тижні до посіву.

З економічної точки зору протруювання є менш затратною процедурою порівняно з обробками вегетуючих рослин, оскільки потребує мінімуму механізмів і ресурсів. Воно дозволяє сконцентрувати вплив на джерело інфекції ще до його активізації, значно зменшуючи ризики фітосанітарної нестабільності протягом усього періоду вегетації. Однак слід пам'ятати, що роботи з протруйниками належать до категорії підвищеної небезпеки, тому їх слід проводити виключно з дотриманням правил техніки безпеки та з використанням засобів індивідуального захисту.

У перспективі важливо очікувати поступового зростання частки посівів, що обробляються якісними протруйниками. Такий підхід сприятиме зменшенню рівня насінневої інфекції, що передається культурі на старті її розвитку, і забезпечить зниження захворюваності рослин кореневими гнилями та сажковими хворобами. У сукупності ці заходи не лише підвищать стійкість посівів, а й сприятимуть підвищенню загального рівня культури землеробства.

1.2 Класифікація машин та методів знезаражування насіння сільськогосподарських культур

У сучасному агровиробництві боротьба зі шкідниками та хворобами культурних рослин є ключовим компонентом у системі забезпечення стабільної врожайності та якості продукції. Хоча існує широкий спектр методів захисту – від агротехнічних до біологічних – саме хімічний метод стабільно утримує провідні позиції в сільському господарстві багатьох країн світу завдяки своїй високій ефективності, універсальності та широкому спектру дії.

Одним із найбільш результативних підходів у системі хімічного захисту є передпосівне знезаражування насіння. Ця технологічна процедура полягає в обробці посівного матеріалу спеціальними хімічними засобами, спрямованими на пригнічення або повне знищення патогенних мікроорганізмів, які можуть бути присутні як на поверхні насінини, так і всередині неї. Метою такої обробки є створення бар'єру проти низки інфекцій, зокрема насіннєвих, ґрунтових і повітряно-переносних патогенів, а також протидія поширенню ґрунтових шкідників і личинок комах, що пошкоджують проростки.

Підбір методу знезараження залежить від цілого ряду факторів: фізіологічного стану насіння, його морфологічних особливостей, рівня інфікованості, природи патогенів і доступного технічного забезпечення. У практиці обробки застосовуються як фізичні, так і хімічні або біологічні методи, кожен з яких має свої переваги та обмеження. Залежно від умов реалізації процесу можуть використовуватись термічні впливи, обробка біологічними агентами, а також застосування пестицидів у різних формах – від сухих порошків до рідких концентратів і суспензій.

Протруювання вважається базовою технологічною операцією в підготовці насіння до посіву. Воно не лише знижує ризики інфекційного зараження сходів, а й формує первинний імунітет у молодих рослин проти понад чотирьохсот видів патогенів, які потенційно можуть бути присутні в агроценозі, особливо на посівах зернових культур. Саме на цьому етапі

зкладається основа стійкості майбутніх посівів до критичних біотичних чинників.

Для здійснення хімічної обробки насіння застосовується широкий спектр спеціалізованої техніки. Різноманітність конструктивних рішень, що реалізують захисно-стимулюючі функції, стала підґрунтям для створення систем класифікації машин за принципом дії, типом робочого органа, способом подачі препарату та іншими технічними характеристиками. Машини можуть працювати на основі мокрого або сухого протруювання, використовувати зволоження або напівсухий режим, а також реалізовувати термічне знезараження шляхом впливу високої температури.

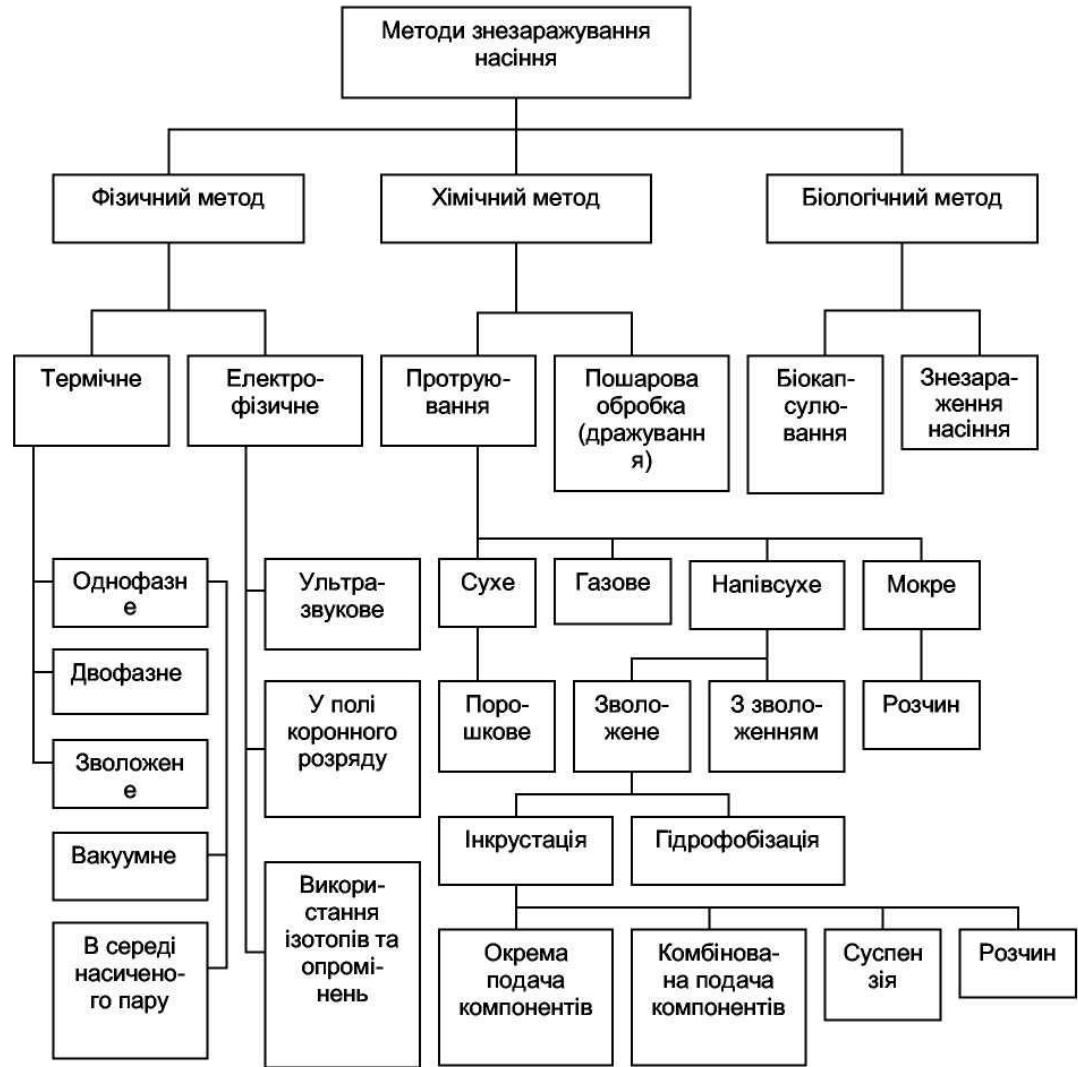


Рисунок 1.1 – Класифікація методів і способів знезаражування насіння

Однією з ефективних форм протруювання є мокрий спосіб, при якому на поверхню насіння рівномірно наноситься рідкий робочий розчин, що забезпечує глибоке проникнення препарату й формує стійкий захисний шар. Технологічно цей процес потребує точного дозування як самого препарату, так і рідини-носія, що забезпечується завдяки автоматизованим системам управління у складі сучасних протруювальних машин. Таке оснащення дає змогу зменшити втрати діючої речовини, покращити рівномірність покриття та гарантувати стабільну якість знезараження навіть при роботі з великими обсягами насіннєвого матеріалу.

У технології знезараження насіннєвого матеріалу ключову роль відіграє спосіб нанесення препарату, а також конструктивні особливості машин, які забезпечують його рівномірний розподіл. За реалізації мокрого способу протруювання використовується рідкий робочий розчин або суспензія хімічного препарату, що подається у змішувальну камеру через спеціальний дозуючий механізм. Цей елемент конструкції виконує функцію точної подачі, що дозволяє досягти рівномірного зволоження посівного матеріалу. В процесі обробки насіння піддається інтенсивному насиченню вологою – кількість робочої рідини може досягати до 100 літрів на тонну. Розчин, емульсія або суспензія повністю охоплюють зовнішню поверхню зерна, створюючи тим самим захисний шар.

Однак, незважаючи на високу ефективність покриття та надійний контакт препарату з патогенами, даний метод має низку істотних обмежень. Після обробки насіння потребує обов'язкового сушіння, оскільки надмірна вологість може спричинити зниження схожості або розвиток вторинної мікрофлори. Крім того, процедура є досить трудомісткою і передбачає порівняно низьку продуктивність при великих обсягах робіт, що обмежує її застосування в умовах інтенсивного агровиробництва.

На відміну від мокрого способу, сухе протруювання передбачає використання препаратів у вигляді дрібнодисперсного порошку, який змішується з насінням без застосування рідини. Процес здійснюється

безпосередньо в оброблювальній камері машини, де отрутохімікат рівномірно перемішується з посівним матеріалом. Після завершення циклу обробки насіння вивантажується через спеціальний отвір у транспортну тару або подається далі по технологічному ланцюгу.

Основною перевагою сухого методу є простота організації технологічного процесу, відсутність необхідності у сушінні та збереження обробленого матеріалу без додаткових витрат. Але такі переваги частково нівелюються недостатньо високою ефективністю знезараження. Поганий контакт порошку з поверхнею насіння, а також слабе утримання препарату під час транспортування, завантаження та висіву призводять до його значних втрат. До 70% речовини може обсипатися на різних етапах технологічного процесу. Окрім цього, сухе протруювання створює несприятливі санітарно-гігієнічні умови для обслуговуючого персоналу і забруднює навколишнє середовище, що унеможливорює його широке застосування без відповідних заходів безпеки.

У свою чергу, напівсухе протруювання поєднує переваги обох попередніх методів і базується на застосуванні рідких суспензій у мінімально необхідній кількості. У водне середовище вводяться пестициди, прилипачі, стимулятори росту, і після ретельного перемішування формується однорідна суміш. Ця суміш надходить до розпилювача, що обертається, завдяки чому створюється тонкодисперсний факел, який рівномірно вкриває насіння. Метод забезпечує високий ступінь покриття і при цьому зменшує витрати робочого розчину, зберігаючи ефективність знезараження.

З-поміж технологічних переваг цього способу варто відзначити хорошу рівномірність нанесення препарату, стійке утримання робочої речовини на поверхні насіння та значне зниження ймовірності інфекційного зараження. Однак не виключається проблема підвищеної вологості обробленого насіння, що може створити додаткові вимоги до його короткострокового зберігання або сушіння, а також потребує додаткових витрат праці.

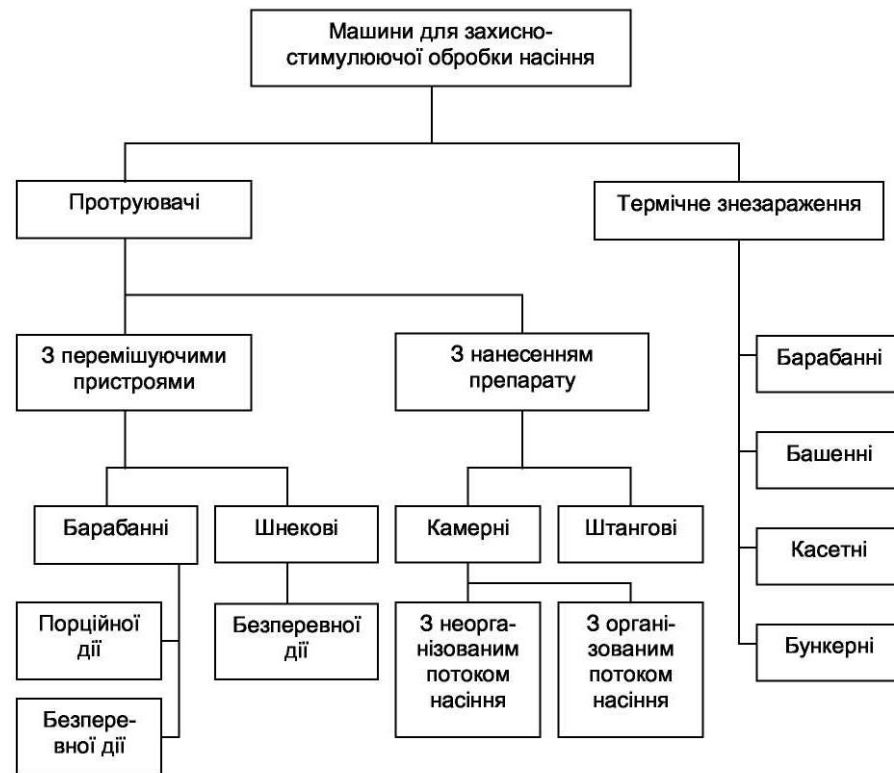


Рисунок 1.2 – Класифікація машин для захисно-стимулюючої обробки насіння

Окрему групу машин складають пристрої, які реалізують термічний спосіб знезараження. У цьому випадку обробка відбувається за допомогою теплового впливу. Насіннєвий матеріал піддається нагріванню повітряними потоками температурою від 40 до 90 °С або обробці гарячою водою в межах 50–60 °С. Такий підхід дозволяє знищити значну частину патогенних мікроорганізмів без застосування хімічних речовин. Метод особливо ефективний проти внутрішньої інфекції, однак вимагає ретельного контролю температурного режиму, щоб уникнути пошкодження насіннєвого зародка та втрати його життєздатності.



Рисунок 1.3 – Класифікація протруювачів насіння

Таким чином, кожна з технологій знезараження має свої сильні сторони і недоліки, і їх доцільність визначається особливостями культури, ступенем зараження, наявністю інфекційного фону, типом збудника, економічними можливостями господарства та доступною технікою. Рациональний вибір

методу та машини дозволяє не лише забезпечити захист рослин на ранніх етапах розвитку, а й оптимізувати витрати на виробництво, знизити екологічне навантаження і підвищити якість продукції.

У сучасній аграрній індустрії технічне оснащення для протруювання насіння стрімко розвивається, забезпечуючи різноманітність технологічних підходів до знезараження посівного матеріалу. Залежно від організації технологічного процесу всі протруювальні машини класифікуються за принципом дії на дві основні групи: агрегати безперервної дії та установки порційної обробки. Машини безперервної дії отримали значно ширше розповсюдження завдяки можливості обробляти великі обсяги насіння з високою продуктивністю і меншою участю оператора в процесі.

За конструкційними особливостями протруювачі поділяються на стаціонарні, пересувні, самохідні та начіпні. Найбільш матеріаломісткими виявляються стаціонарні установки, які потребують не лише монтажу на спеціально підготовленому майданчику, але й зведення допоміжної інфраструктури, включаючи укриття та транспортні шляхи для доставки і відвантаження насіння. Це підвищує експлуатаційні витрати, а також збільшує ризик механічних пошкоджень зерна внаслідок додаткових транспортних операцій.

Натомість самохідні установки є більш мобільними і менш енергоємними в обслуговуванні. Вони дозволяють обробляти насіння безпосередньо на місці зберігання чи перед посівом, що значно знижує втрати і зберігає якість посівного матеріалу. Наприклад, моделі таких машин, як ПК-20 "Супер", ПС-10А або Mobitox-SUPER, демонструють високу продуктивність і адаптованість до умов фермерських господарств. В аналогічному напрямку працюють білоруські установки ПСК-15, а також автоматизовані пересувні системи, як-от ВЗК-15, які реалізують повний цикл обробки з мінімальним втручанням оператора.

У системах знезараження з використанням зволоження застосовуються розчини, суспензії або порошкоподібні речовини, які рівномірно наносяться на

насіння з подальшим або одночасним зволоженням невеликою кількістю рідини – у межах 5–15 літрів на тонну. Ця технологія широко використовується на стаціонарних комплексах типу КПС-10 та КПС-40. Вона дозволяє економно витратити препарат завдяки точному дозуванню, забезпечує задовільну якість обробки та дає змогу одночасно наносити на насіння як засоби захисту, так і поживні речовини. Додатковою перевагою є те, що внаслідок мінімального зволоження немає потреби в подальшому сушінні, що також сприяє покращенню умов праці. Проте слід враховувати, що складність технологічного процесу та нестабільне утримання препарату на поверхні насіння після висихання залишаються критичними обмеженнями.

Механізми приводу робочих органів у протруювальних машинах можуть функціонувати на основі гідравлічної, електричної або комбінованої енергії, що дозволяє адаптувати пристрої до різних умов господарства. Також варіативним є спосіб завантаження насіння: частина машин має функцію самозавантаження, а інші потребують зовнішніх засобів механізації, що збільшує витрати на експлуатацію.

За конструкцією змішувального вузла протруювальні машини поділяються на шнекові, барабанні та камерні. У шнекових установках, таких як ПНШ-3 або ПНШ-5, препарат розподіляється під час руху насіння по шнековій спіралі, що дозволяє підтримувати безперервність процесу. У барабанних моделях, наприклад ПЗ-10 «Колос», обробка відбувається в гравітаційному барабані за рахунок взаємодії зерна та препарату у вільному падінні, що забезпечує рівномірне покриття поверхні.

Камерні протруювачі працюють за іншим принципом: насіння потрапляє у зону розпиленого препарату, де знезараження відбувається у момент вертикального переміщення матеріалу в повітряному потоці. Така схема характерна для машин типу Mobitox SUPER, ПСК-10, ПСК-15, ПК-20 «Супер», ПЗМ-10. Вони забезпечують ефективну дію препарату при низькому його споживанні і мінімальній втраті.

Окрему групу становлять машини, що реалізують нанесення препарату за допомогою обприскування або перемішування, а також інноваційні інерційно-фрикційні системи. У таких пристроях задіяно принцип створення тертя та відцентрових сил для максимального контакту діючої речовини з поверхнею насінини, що покращує проникаючу здатність препарату і дозволяє зменшити його дозу без втрати ефективності.

Узагальнюючи, можна зазначити, що класифікація машин для захисно-стимулюючої обробки насіння охоплює широкий спектр технічних рішень. Вибір конкретного типу установки повинен ґрунтуватися на обсягах робіт, культурних особливостях посівного матеріалу, інфекційному фоні та економічних можливостях господарства. Оптимальна комбінація технічної оснащеності й технології обробки є запорукою високої схожості, життєздатності рослин і стійкості майбутнього врожаю.

Організація управління технологічним процесом у машинах для знезаражування насіння може здійснюватися як у ручному, так і в автоматизованому режимі. Вибір конкретного типу протруювача залежить від комплексу взаємопов'язаних чинників, які включають властивості використовуваного хімікату (зокрема, фізичний стан препарату – рідкий чи порошкоподібний), необхідний рівень точності дозування, очікувану продуктивність, а також якість очищення насіння та ступінь його запиленості. Значення має й специфіка умов зберігання посівного матеріалу, що також впливає на ефективність обробки.

Такий підхід до класифікації дозволяє не лише систематизувати існуючі рішення, а й визначити технічні орієнтири для подальшого вдосконалення конструкцій машин. Сучасні вимоги до нових моделей протруювачів формуються навколо принципів універсальності, мобільності, економічності та високої якості знезараження. Ідеальна машина має забезпечувати обробку насіння культур із різними фізико-механічними властивостями, при цьому бути технологічно компактною, адаптивною до умов господарства і придатною для масштабування під необхідну продуктивність.

У цьому контексті важливим напрямом розвитку стало впровадження інерційно-фрикційного способу нанесення рідких препаратів, який об'єднав ефективність нанесення з мінімальним пошкодженням насіння. На основі цього принципу у відділеннях ННЦ «ІМЕСГ» було створено експериментальну серію універсальних протруювачів нового покоління. Ці пристрої призначені для обробки насіння зернових, бобових і технічних культур плівкоутворювальними засобами, які містять фунгіциди, інсектициди, стимулятори росту та речовини, що покращують прилипання.

Конструктивні особливості розробленого інерційно-фрикційного робочого органа дозволяють рівномірно наносити препарат на поверхню насіння навіть за різкої неоднорідності розміру, форми та маси зернин. Така система усуває проблему травмування посівного матеріалу та практично повністю виключає накопичення залишків отрутохімikatів у механізмах машини, завдяки чому забезпечується її самоочищення в процесі експлуатації. Окрім того, збереження герметичності й дозованого розпилення дає змогу працювати з препаратами, що містять клейкі компоненти, не погіршуючи рівня розподілу рідини на поверхні насіння.

Цей новий тип протруювача може бути реалізований у кількох конструктивних виконаннях. Залежно від потреб сільськогосподарського підприємства, його можна адаптувати як до стаціонарного, так і до мобільного або пересувного варіанту. Можлива й реалізація у вигляді комбінованого протруювально-завантажувального пристрою, що інтегрує функції обробки й подачі насіння до сівалок. Це значно спрощує логістику на етапі передпосівної підготовки та скорочує витрати часу і ресурсів.

Узагальнюючи, інерційно-фрикційна технологія нанесення рідких протруйників відкриває нові перспективи в підвищенні ефективності передпосівної обробки насіння. Вона поєднує високу якість протруювання з гнучкістю застосування, розширюючи можливості агровиробників у питаннях збереження врожайного потенціалу й забезпечення фітосанітарної стабільності посівів на ранніх стадіях розвитку.

1.3 Аналіз конструктивних рішень існуючих аналогічних машин

У випадках, коли підприємства агропромислового комплексу займаються централізованою передпосівною обробкою великих обсягів насіння, особливо у складі насіннєвих станцій або цехів, доцільним і економічно виправданим рішенням стає впровадження стаціонарних багатофункціональних протруювальних комплексів. Такі установки забезпечують не лише високий рівень точності дозування препаратів, але й дозволяють обробляти широкий спектр культур, адаптуючись до змін у технологічних вимогах. Серед обладнання, що може розглядатися як аналог протруювача ПКС-20, особливу увагу заслуговують установки виробництва PETKUS, зокрема модель СТ1-10.

До таких стаціонарних протруювачів віднесемо наступні.

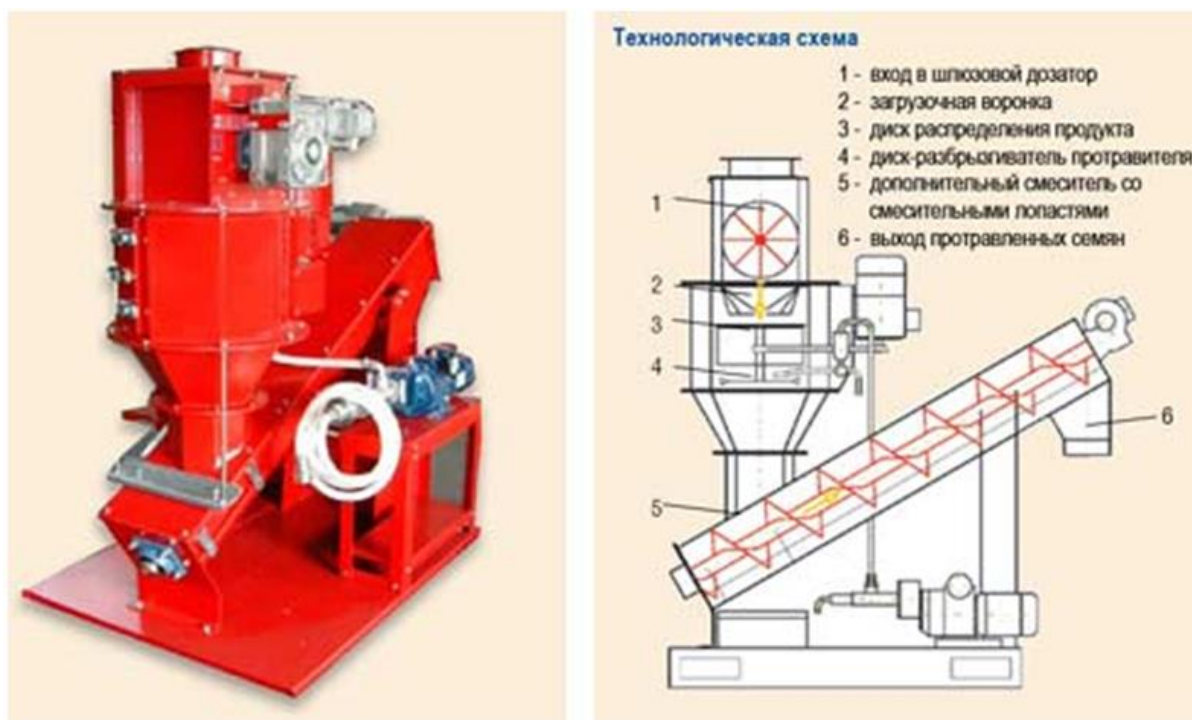


Рисунок 1.4 – Протруювач СТ 1-10

Ця машина забезпечує вологе протруювання насіння зернових культур і має універсальну конструкцію, придатну до використання з рідкими препаратами та суспензіями. Конструкційне виконання агрегата орієнтоване на досягнення максимальної рівномірності нанесення робочої рідини, чого

вдається досягти завдяки високоточному дозуванню, ефективному первинному розподілу препарату та багаторазовому м'якому контакту з насінневою масою. Застосування обертового диска-розпилювача забезпечує формування наддрібного туману без ризику закупорювання отворів, що дозволяє рівномірно покривати поверхню зерен навіть у разі використання концентрованих або в'язких форм препарату.

Унікальною особливістю машини є інтегрований змішувальний модуль, у якому завершується фіксація препарату на зернах. Крім того, система дозволяє легко переходити до обробки іншого сорту насіння завдяки функції повного розвантаження робочої камери. Всі частини агрегата, які контактують із робочими речовинами, виготовлено з нержавіючої сталі, що підвищує стійкість до агресивних середовищ і гарантує довговічність експлуатації. Компактна, герметично закрита конструкція адаптована для інтеграції в замкнуті лінії, а можливість встановлення додаткових насосів забезпечує гнучкість у налаштуванні продуктивності.

Ще одним прикладом технологічно досконалого обладнання є машина порційної дії СТ 50, яка реалізує принцип роторно-статорного змішування.

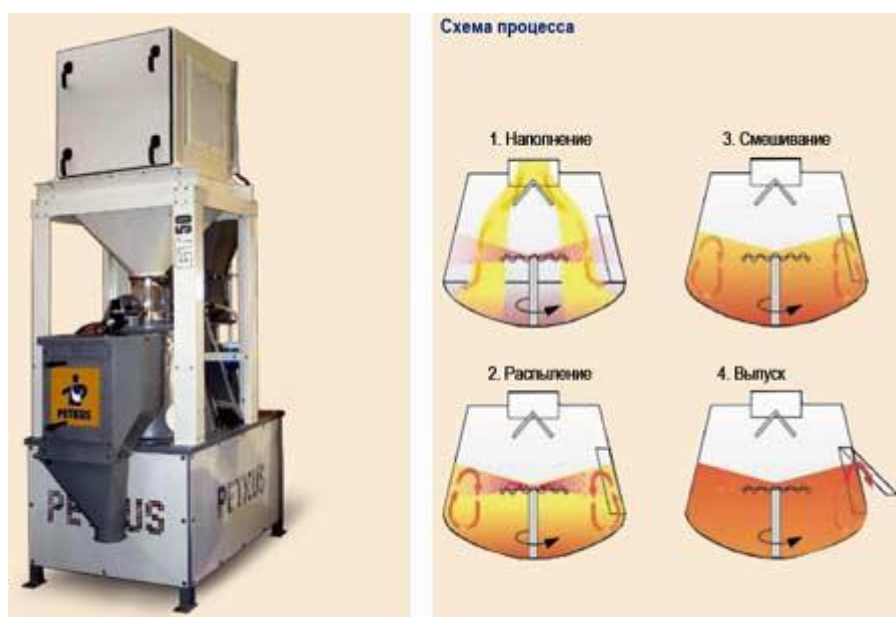


Рисунок 1.5 – Протруювач порційної дії СТ 50

Особлива форма ротора і конічного статора забезпечує формування подвійної завіси зерна в камері, у якій відбувається надточне розпилення препарату та глибоке проникнення рідини в насіннєву масу. Завдяки високій швидкості обертання і конфігурації внутрішніх поверхонь, зерно вільно переміщується по стінках і багаторазово проходить зону розпилу, що гарантує повне та рівномірне покриття кожної зернини. Під час усього процесу обробки відбувається активне видалення пилу та домішок, а змішування здійснюється без пошкодження структури насіння.

Машина автоматично визначає та зважує порції насіння для обробки, що синхронізується із задаванням тимчасових режимів на програмованій сенсорній панелі. Це дозволяє оператору задавати параметри у зручній формі, адаптуючи процес до конкретних потреб виробництва. Система також фіксує і документує всі етапи, що забезпечує можливість контролю і відстеження якості.

Окреме місце серед аналогів займає установка УПС-10, яка реалізує передпосівну інкрустацію зернових і зернобобових культур.



Рисунок 1.12 – Установка для передпосівного протруювання насіння УПС-10

Ця установка сконструйована для нанесення не лише захисних, а й стимулюючих речовин, що позитивно впливають на початковий розвиток

рослин. Метод інкрустації передбачає нанесення препарату разом з плівкоутворюючою речовиною, яка закріплює активні компоненти на поверхні зерна та покращує збереження їх біологічної активності до моменту проростання.

Згідно з технічними характеристиками однієї з типових моделей сучасного протруювального обладнання, її продуктивність становить до 10 тонн насіння на годину. При цьому рівень повноти нанесення робочої рідини коливається в межах $\pm 20\%$ від номінального значення, що свідчить про стабільність обробки при правильно налаштованих дозаторах. Споживання енергії залишається на прийнятному рівні – не більше ніж 0,35 кВт·год на тону насіння, що дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати у порівнянні з іншими установками. Подача рідини в межах від 0,5 до 2,0 літрів на хвилину забезпечує адаптацію машини до різних норм витрати пестициду, а низький рівень пошкодження насіння – не більше 0,5% – свідчить про обережне поводження з матеріалом під час обробки. Загальна маса установки не перевищує 850 кг, що дозволяє легко інтегрувати її в склад існуючих технологічних ліній без потреби в складних монтажних роботах.

Попри широкий асортимент зарубіжного обладнання для протруювання, що відрізняється високою точністю дозування, автоматизацією та багатофункціональністю, значна частина таких агрегатів є економічно недосяжною для малих і середніх фермерських господарств. Це формує актуальний запит на доступні й надійні вітчизняні розробки. У цьому контексті особливе значення має модернізація машин вітчизняного виробництва, зокрема серії ПК, що випускається ПАТ «Львівагромашпроект». Однією з таких машин є стаціонарний камерний протруювач ПКС-20, який поєднує в собі надійність, простоту конструкції та задовільні технологічні характеристики.

Машина є модернізованою модифікацією на базі перевірених технічних рішень, що дозволяє використовувати вже існуючі вузли з мінімальними конструктивними змінами. Практика показала, що ПКС-20 добре зарекомендував себе серед споживачів, отримуючи позитивні відгуки за

стабільну роботу та адаптивність до умов різних господарств. Разом із тим, досвід експлуатації виявив низку обмежень, зокрема незручність забору обробленого насіння безпосередньо з камери, що призводить до необхідності частих зупинок агрегата через переповнення тари, а також спостерігається нерівномірність нанесення препарату на поверхню насіння у вигляді одностороннього покриття.

З метою усунення виявлених недоліків запропоновано конструктивне рішення, що передбачає введення в схему роботи додаткового короткого вивантажувального шнека-змішувача. Основна функція цього пристрою полягає в тому, щоб здійснювати забір протруєного матеріалу безпосередньо від камери обробки та подавати його у напрямку до накопичувальної ємності чи вагового бункера. Під час переміщення насіння шнек також виконує роль змішувача, що забезпечує повторне перемішування насіння з препаратами та покращує рівномірність покриття.

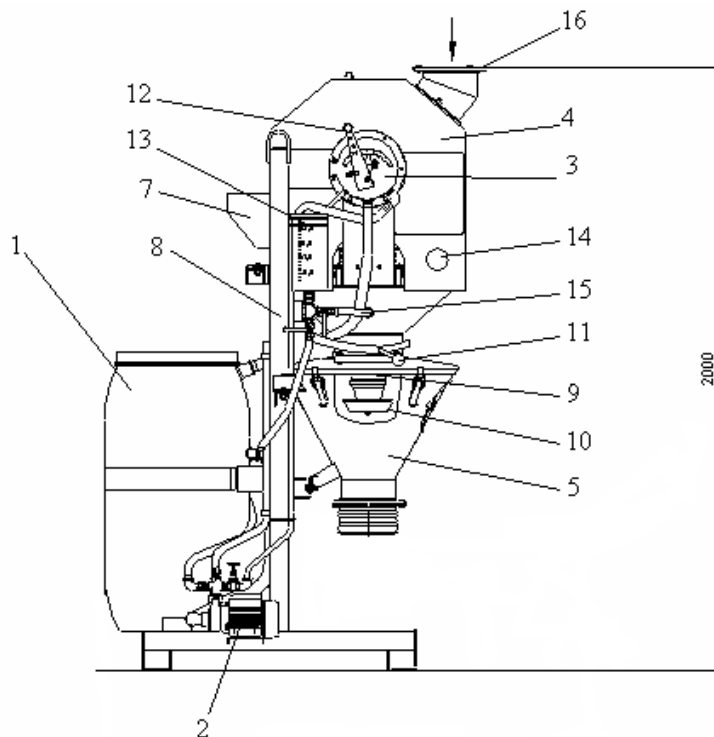
Таке вдосконалення є технічно простим у реалізації, не потребує значних капіталовкладень і може бути легко впроваджене у вже існуючу конструкцію ПКС-20. Додатково конструкція шнека дозволяє підключити його до витяжної вентиляційної системи підприємства, завдяки чому значно знижується запилення в робочій зоні та викиди летких речовин, що позитивно впливає на умови праці оператора. Конструктивне виконання змішувача може бути адаптоване до специфіки роботи підприємства: шнек може бути виконаний у короткому варіанті – для поєднання з накопичувачами, або у вигляді гнучкої секції – для безпосереднього завантаження в транспортні системи.

Таким чином, модернізація протруювача ПКС-20 через інтеграцію додаткового змішувального шнека вирішує одразу кілька технічних і гігієнічних проблем, підвищує рівень автоматизації й дозволяє уникнути зупинок у процесі, що особливо важливо при безперервній подачі насіння. Це дає змогу запропонувати вітчизняному споживачеві ефективне рішення, яке за функціональністю не поступається дорогим імпортним аналогам.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ СТАЦІОНАРНИМ ПРОТРУЮВАЧЕМ

2.1 Будова та принцип роботи протруювача камерного стаціонарного типу ПКС-20

Стаціонарний протруювач ПКС-20 належить до універсальних агрегатів, призначених для хімічної обробки насіння зернових культур. Його експлуатація передбачена в умовах насінневих цехів і пунктів підготовки посівного матеріалу, які функціонують у структурі агропромислових підприємств. Обробці підлягає лише насіння, що попередньо доведене до посівних кондицій – очищене, відкаліброване і висушене до нормативної вологості.



- 1 – баки; 2 – насосна установка; 3 – дозатор робочої рідини; 4 – бункер;
5 – камера протруювання; 7 – пульт управління; 8 – рама; 9 – дозатор
насіння; 10 – розпилювач; 11 – важіль дозатора насіння; 12 – важіль дозатора
рідини; 13 – мірний циліндр; 14 – датчик рівня насіння; 15 – датчик потоку;
16 – вхідний патрубок із засувкою

Рисунок 2.1 – Вигляд з боку протруювача ПКС-20

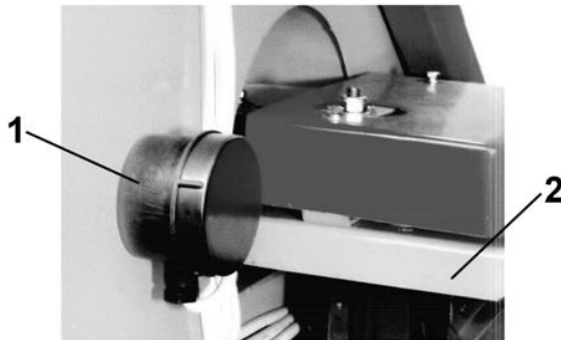
За своїм призначенням ПКС-20 забезпечує нанесення пестицидів у вигляді водних розчинів або суспензій на поверхню насіння. Робоча рідина рівномірно розподіляється завдяки ретельно скоординованій роботі системи дозування, змішування та розпилення. Продуктивність машини становить від 3 до 20 тонн насіння за годину основного часу залежно від обраного режиму та виду культури. Загальна вага конструкції в повному оснащенні не перевищує 290 кілограмів, що дозволяє інтегрувати машину в більшість існуючих стаціонарних ліній.

У конструкції передбачено два ємнісні баки об'ємом щонайменше 320 літрів кожен. Вони оснащені гідромішалками для приготування робочого розчину і підтримання однорідності суспензії. Робоча рідина подається через насосну установку з регульованою продуктивністю від 0,5 до 3,5 літрів на хвилину, що забезпечує точне дозування препарату залежно від встановленої норми – орієнтовно 10 літрів на кожен тонну насіння. Споживана електрична потужність протруювача не перевищує 2,2 кВт, а електропостачання здійснюється від мережі змінного струму з напругою 380 вольт і частотою 50 Гц.

Для обслуговування протруювача достатньо одного оператора, що свідчить про зручність керування та високу автоматизованість процесів. Висота вивантаження обробленого насіння становить 175 мм, що дозволяє адаптувати пристрій до систем подальшої подачі матеріалу. У свою чергу, габаритні розміри агрегата – довжина 1630 мм, ширина 1350 мм та висота 2000 мм – дають змогу розміщувати його в умовах стандартного виробничого приміщення. Розрахунковий строк експлуатації протруювача становить щонайменше п'ять років при дотриманні регламенту обслуговування.

Конструкція машини включає кілька основних вузлів, що забезпечують її функціональність. До них належать два баки з мішалками для робочої рідини, насосна установка, система дозування пестициду, комунікаційні трубопроводи, бункер для насіння з механізмами приводу, а також камера протруювання. Центральне керування всіма операціями виконується з пульта, інтегрованого в

раму машини, що дозволяє оператору контролювати весь цикл безпосередньо з робочого місця.



1 – датчик рівня насіння; 2 – електродвигун привода дозатора, розпилювача і диска насіння

Рисунок 2.2 – Розміщення датчика рівня

Принцип дії протруювача ґрунтується на поетапній організації процесу обробки. На першій стадії здійснюється підготовка робочого розчину в баках із гідромішалками. Після цього очищене насіння надходить у приймальний бункер. Коли рівень насіння досягає датчика, система автоматично активує подачу розчину й обертання механізмів подачі насіння. У камері протруювання насіння рівномірно обробляється через розпилювач, що забезпечує суцільне покриття кожної зернини плівкою препарату. Оброблене насіння далі вивантажується у ваговий бункер або безпосередньо у транспортний засіб.

Особливістю ПКС-20 є ефективне поєднання простоти конструкції з високим рівнем автоматизації, що дозволяє досягати стабільної якості обробки насіння при оптимальному використанні ресурсів. Його універсальність, надійність і адаптивність до умов господарства роблять цю модель однією з найбільш практичних у сегменті стаціонарного обладнання для передпосівної підготовки посівного матеріалу.

У конструкції стаціонарного протруювача ПКС-20 органічно поєднано ряд функціональних елементів, що забезпечують повний цикл підготовки та нанесення препарату на поверхню насіння. Основні вузли машини інтегровані в компактну просторову структуру, де кожна складова виконує важливу роль у

забезпеченні безперервного і рівномірного процесу знезараження. Гідромішалки, розміщені в баках, забезпечують ретельне перемішування робочої рідини, яка складається з води та пестицидного препарату. Самі баки мають герметичну конструкцію й оснащені дозуючим вузлом, що регулює подачу підготовленої рідини до зони обробки.

Подальше транспортування робочого розчину відбувається через насосну установку, яка активується одночасно з пуском основного приводу. Виготовлена суспензія подається до розпилювача через спеціальний дозатор, який регулює кількість препарату відповідно до заданої продуктивності машини. Насіння, підготовлене до посіву, надходить до камери протруювання з бункера, розміщеного у верхній частині агрегата. Рівень насіння в бункері контролюється спеціальним фотодатчиком, що слугує тригером для запуску основних механізмів.

Під час нормального функціонування потік насіння проходить через зону дії розпилювального елемента, де кожна зернина рівномірно покривається препаратом. Камера протруювання працює за принципом спрямованої взаємодії потоку насіння та диспергованого аерозолю робочої рідини. Завдяки точній синхронізації роботи розпилювача, дозатора рідини та диска подачі насіння досягається висока рівномірність обробки. Оброблене насіння, після проходження камери, спрямовується у ваговий бункер або подається в кузов транспортного засобу.

Система управління функціонує на основі електронного контролю з можливістю дистанційного керування. Пульти розміщено на рамі машини та забезпечує увімкнення, зупинку і регулювання всіх процесів. У випадку, якщо з якоїсь причини припиняється подача робочої рідини – зокрема через її відсутність у баках чи розрив комунікації – датчик потоку фіксує відхилення, після чого автоматично зупиняє двигуни насосної установки, розпилювача, диска подачі насіння і дозатора рідини. Водночас, якщо насіння залишається в бункері, але подача рідини не відбувається, подальший процес обробки блокується повністю. У такому випадку оператору потрібно або долити робочу

рідину, або усунути причину порушення, після чого запуск протруювача здійснюється через перемикачі та кнопку пуску. Датчики рівня, крім контролю безперервності процесу, також регламентують автоматичне вимкнення обладнання при надмірному або недостатньому завантаженні бункера.

Особливістю конструкції є здатність системи до автоматичного самоблокування у випадках порушення технологічних параметрів, що виключає пошкодження насіння або перевитрату препарату. У свою чергу, після проходження повного циклу обробки, вологість насіння збільшується приблизно на один відсоток, що в межах допустимої норми і не чинить негативного впливу на його тривале зберігання.

Весь процес протруювання починається з приготування робочого розчину в баках шляхом інтенсивного перемішування препарату з водою. Після встановлення дозуючих механізмів на відповідну продуктивність машина готова до запуску. У разі необхідності оператор має змогу в будь-який момент призупинити процес натисканням кнопки аварійної зупинки, що розміщується безпосередньо біля його робочого місця або вагового апарата.

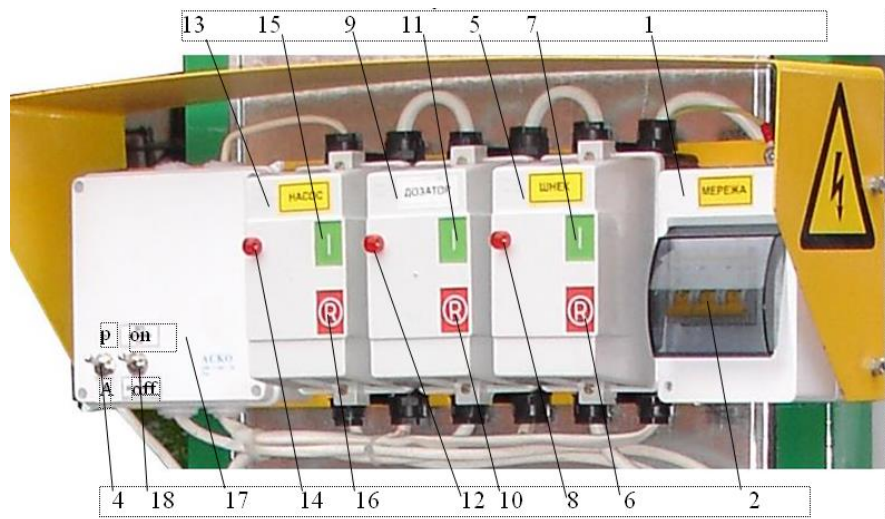
Інтеграція фотоелектричних датчиків, розпилювальних елементів, прецизійних дозаторів і системи автоматичного контролю дозволяє ПКС-20 не лише забезпечувати високий рівень обробки, але й адаптуватися до умов інтенсивної експлуатації з мінімальним залученням людського ресурсу. Така архітектура машини робить її надзвичайно зручною для використання у великих агропідприємствах, насінневих заводах і фермерських господарствах, які прагнуть забезпечити якісну та стабільну передпосівну підготовку насіння.

2.2 Органи керування та налаштування протруювача

У протруювачі ПКС-20 передбачена система керування, що забезпечує узгоджену роботу всіх його функціональних вузлів та підтримує стабільність технологічного процесу. Основу цієї системи становить інтегрований пульт

керування, змонтований безпосередньо на рамі агрегата. На панелі пульта розміщено набір перемикачів, пускачів, індикаторів і кнопок, які дозволяють оператору контролювати запуск, зупинку й режими роботи шнека, насоса та дозатора. Сигнальні лампи інформують про активний стан механізмів, а спеціальні перемикачі дають змогу обирати режими в залежності від ситуації, наприклад, вмикати або вимикати керування від датчика протоку рідини.

Система контролю протруювача також включає комплекс допоміжних елементів, розташованих уздовж гідрокомунікаційної схеми. До них належать мірний циліндр, крани подачі та перекриття робочої рідини, вентиля регулювання подачі, датчики рівня насіння та потоку рідини, а також шкали дозаторів для точного налагодження подачі як насіння, так і пестицидного розчину. Така багаторівнева система керування та контролю дозволяє реалізовувати як точне дозування, так і адаптивне налаштування агрегата відповідно до умов виробництва.



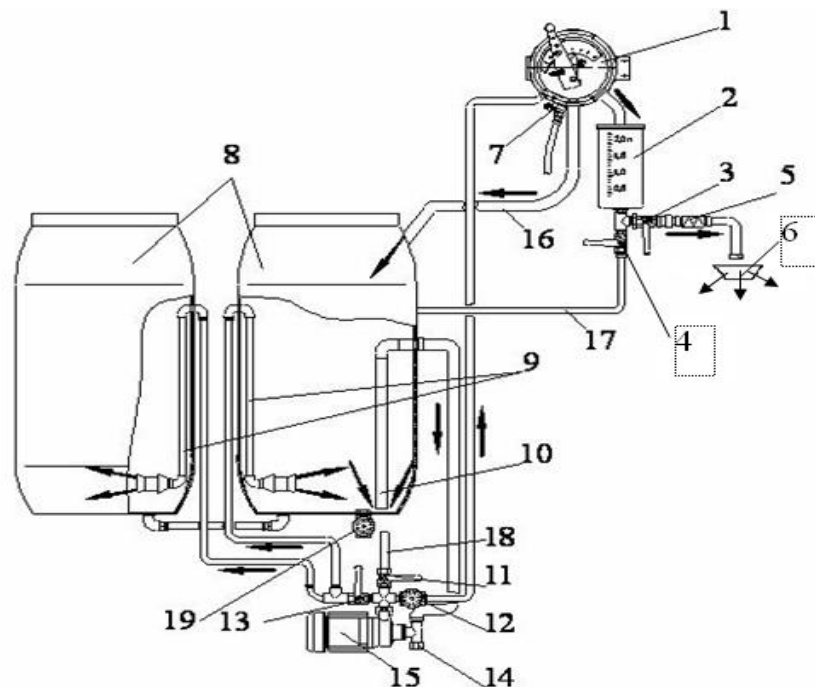
1 – вимикач автоматичний; 2 – важіль вимикача автоматичного; 3 – перемикач режиму роботи; 4 – важіль перемикача; 5 – пускач шнека вивантажувального; 6 кнопка “Стоп” шнека; 7 – кнопка “Пуск” шнека; 8 – лампа “шнек увімкнений”; 9 – пускач привода дозатора; 10 – кнопка “Стоп” дозатора; 11 – кнопка “Пуск” дозатора; 12 – лампа “дозатор увімкнений”; 13 – пускач насоса; 14 – лампа “насос увімкнений”; 15 – кнопка “Пуск” насоса; 16 – кнопка “Стоп” насоса; 18 – перемикач датчика потоку рідини: ON – незадіяний, OFF – задіяний; 17 – трансформатор

Рисунок 2.3 – Панель пульта керування

Перед початком експлуатації особливу увагу слід приділити правильності

інтеграції протруювача у виробничу лінію, забезпечивши його повну сумісність із транспортними механізмами, засобами подачі та завантаження насіння. Однією з обов'язкових умов для стабільної та безпечної роботи є заповнення баків протруювача робочою рідиною до мінімального необхідного рівня – не менше 160 літрів. Сухий запуск категорично заборонений, оскільки він призводить до виходу з ладу ущільнень насосного вузла.

Процес підготовки машини до роботи включає налаштування дозаторів. Важіль дозатора насіння переміщується по шкалі відповідно до обраної норми продуктивності, що залежить від типу культури. Для цього використовується попередньо визначена таблиця налаштувань, у якій продуктивність співвідноситься з певними поділками шкали. Наприклад, для пшениці при встановленні важеля на позначку «10» агрегат забезпечує подачу до 10 тонн насіння на годину, тоді як для ячменю або вівса ці показники відрізнятимуться в бік зменшення.



1 – дозатор робочої рідини; 2 – циліндр мірний; 3 – кран кульовий; 4 – кран кульовий; 5 – датчик потоку; 6 – розпилювач; 7 – кран кульовий; 8 – баки; 9 – гідромішалка; 10 – всмоктувальна комунікація; 11 – кран кульовий; 12 – вентиль; 13 – кран кульовий; 14 – заглушка; 15 – насос; 16 – переливна магістраль; 17 – зливна магістраль; 18 – рукав; 19 – вентиль

Рисунок 2.4 – Схема гідрокомунікації

Однак фактична продуктивність у реальних умовах може відрізнятися від теоретичних значень унаслідок впливу низки факторів – зокрема, вологості насіння, розмірного складу, фракційного розподілу, наявності домішок або ступеня очищення. Тому після налаштування обов'язково проводиться контрольна перевірка. Насіння дозується у три ідентичні проби, які потім зважуються, і на основі цього визначається реальна продуктивність. Якщо розбіжність із табличними даними перевищує п'ять відсотків, важіль дозатора слід відкоригувати, після чого процедура зважування повторюється.

Автоматизована система безпеки в протруювачі реалізована через логіку роботи датчиків рівня насіння та потоку рідини. У разі вичерпання робочої рідини або несправності системи подачі агрегат самостійно зупиняє подачу насіння до камери, відключаючи електродвигуни приводу дозаторів і насосної установки. Подібна реакція відбувається також у випадку, якщо рівень насіння у бункері падає нижче контрольного датчика: подача припиняється до моменту його повторного завантаження.

Для аварійної зупинки машини передбачено дистанційне керування з кнопкою "Стоп", яку оператор може натиснути безпосередньо з робочого місця або з ділянки вагового апарата. Така архітектура дозволяє уникнути поломок у разі позаштатних ситуацій і оперативно втручатися у процес.

Важливо зазначити, що експлуатація протруювача має здійснюватися лише в критих приміщеннях або під захисними навісами. Робота на відкритому повітрі не допускається через підвищені ризики пошкодження електричних компонентів, деградації пестицидів та несприятливі санітарні умови.

Для запобігання закупорці камери протруювання необхідно забезпечити вільний вихід насіння з вивантажувального шнека до приймального бункера. Утворення заторів у зоні камери може призвести до перевантаження розпилювача, перегріву двигунів та механічного пошкодження обладнання. Своєчасне очищення вузлів, належне дозування і ретельне налагодження перед початком роботи є запорукою ефективної, безпечної і безперервної роботи агрегата.

Підготовка протруювача до роботи передбачає чітку послідовність дій, що забезпечують точність дозування і стабільність функціонування всієї системи. На початковому етапі експлуатації необхідно переконатися у відсутності насіння в бункері: для цього засувку на входному патрубку закривають, а сам бункер звільняють від залишків зерна. Це дає змогу уникнути непередбачених спрацьовувань дозаторів у процесі налагодження.

Після цього виконується підготовка робочої рідини. Її приготування здійснюється у спеціальних баках шляхом змішування препарату з водою, забезпечуючи утворення однорідної суспензії. Гідромішалки, вбудовані у баки, підтримують рівномірну консистенцію розчину, не допускаючи осідання частинок препарату. Коли робоча рідина готова, проводиться точне налаштування дозатора рідини відповідно до заданої продуктивності. Для цього важіль, розміщений на шкалі дозатора, встановлюється на відповідний фіксатор, після чого положення стрілки повинно збігатися з вибраною поділкою. У випадку незначного відхилення проводиться точне регулювання за допомогою оберտального маховичка, що забезпечує мікроналаштування без зміщення основного положення важеля.

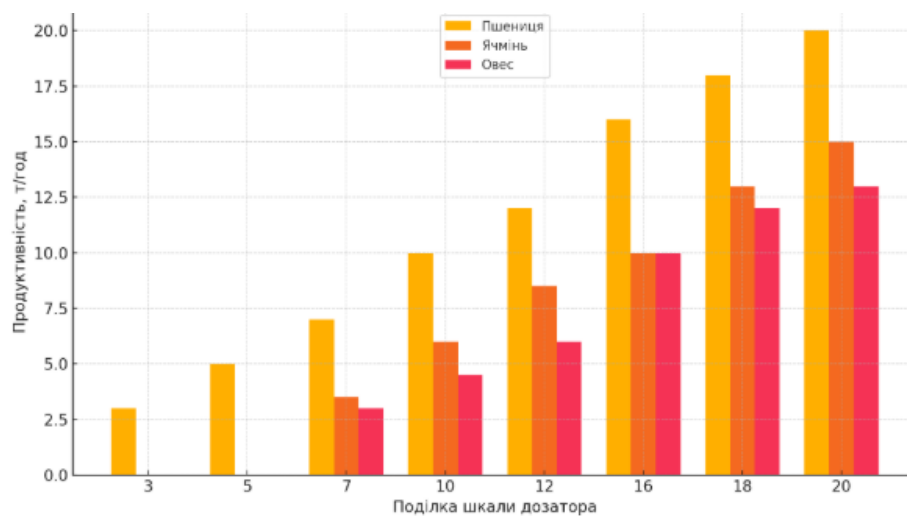
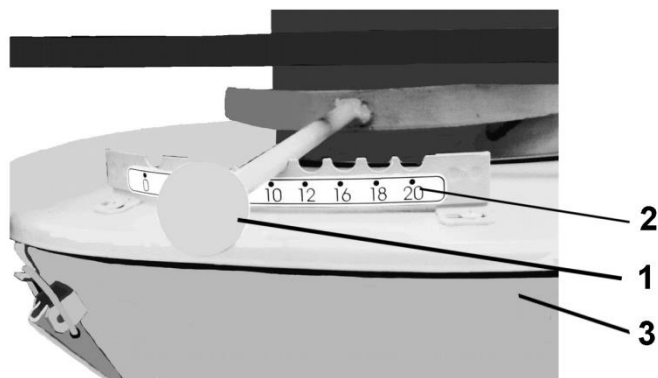


Рисунок 2.5 – Продуктивність протруювача залежно від поділки шкали дозатора для різних культур: пшениці, ячменю та вівса

Перед подачею рідини до системи подачі та розпилення, слід перевести перемикач на пульті в режим підготовки, що активує контур подачі без запуску насіннєвого потоку. У цей момент відкривається кран подачі рідини від насоса до дозатора, після чого робоча рідина надходить у вимірювальний циліндр. Для точного визначення продуктивності дозатора рідини за одну хвилину, крани випуску встановлюють у положення “закрито” і проводять триразове відбирання проб. Далі відкриттям відповідного крана зливу рідина повертається у бак.



1 – важіль; 2 – шкала; 3 – камера протруювача
Рисунок 2.6 – Камера протруювання

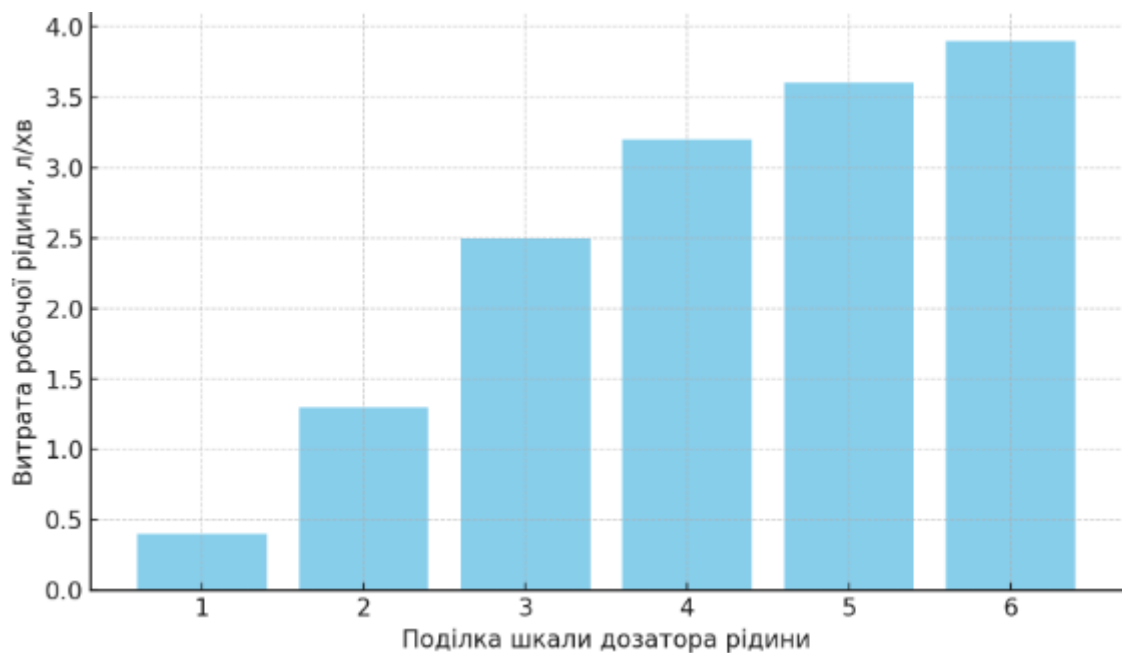
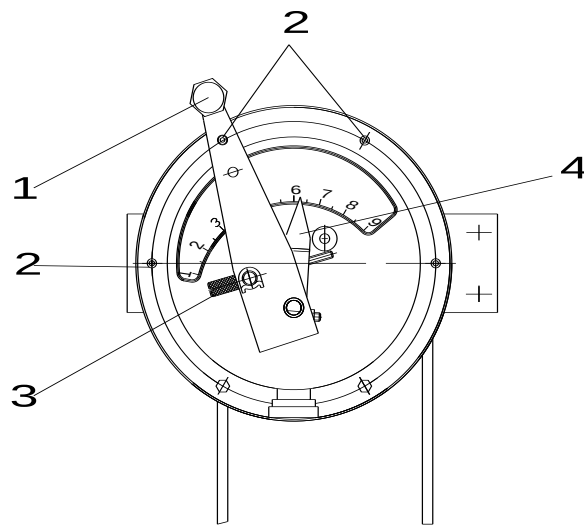


Рисунок 2.7 – Залежність витрати робочої рідини (води) від поділки шкали дозатора рідини

Одержані результати порівнюються з еталонними значеннями, що наведені в таблиці витрат. Якщо фактичні дані відхиляються більш ніж на п'ять відсотків, потрібно відкоригувати положення стрілки дозатора, обертаючи маховичок у відповідному напрямку, і повторити перевірку.

Після завершення налаштування і перевірки відповідності фактичної витрати до заданої, протруювач вважається повністю готовим до роботи. На цьому етапі можна перейти до запуску автоматизованого режиму.



1 – важіль; 2 – фіксатори; 3 – маховичок; 4 – стрілка
Рисунок 2.8 – Дозатор

Для цього перемикач режиму на пульті керування встановлюється у положення «Автомат», система перевірки потоку рідини активується шляхом переведення відповідного перемикача в положення «OFF», після чого натискається кнопка запуску шнека. Після відкриття подачі насіння в бункер протруювач переходить у робочий стан, а всі процеси синхронізуються між собою: насіння подається в камеру обробки, де розпилена рідина рівномірно покриває кожну зернину.

Таким чином, налагодження дозуючих елементів та їх попередня перевірка є обов'язковою процедурою, що гарантує стабільність технологічного процесу, високу якість покриття насіння препаратом і безпечну експлуатацію обладнання без збоїв та перевитрати засобів захисту.

2.3 Обґрунтування вдосконаленої схеми лінії протруювання

З метою підвищення функціональної ефективності лінії протруювання насіння, в конструкцію було запропоновано внести вдосконалення шляхом дооснащення її шнековим механізмом з комбінованими функціями транспортування та перемішування. Такий шнек-змішувач дозволяє автоматизувати процес вивантаження протруєного насіння з камери обробки, перенаправляючи його до обраної зони накопичення – це може бути бункер-накопичувач, вагова тара або стандартні мішки для фасування. Конструктивно пристрій виконує не лише транспортувальну функцію, але й інтенсивно перемішує оброблене насіння в процесі його подачі, що сприяє рівномірнішому розподілу препарату по поверхні кожної зернини.

Особливістю модернізованої конструкції є можливість підключення корпусу шнека до системи витяжної вентиляції, що значно знижує концентрацію пилу та парів отрутохімікатів у повітрі робочої зони. Це рішення покращує умови праці оператора, а також відповідає сучасним вимогам з охорони праці та промислової екології.

Габарити шнекового механізму підбиратимуться відповідно до просторових умов, доступних для його встановлення, а привод здійснюватиметься через окремий електродвигун. Універсальність запропонованої системи дозволяє використовувати шнек як самостійний засіб для завантаження тари або як проміжний елемент у парі з дозувальним пристроєм – для організації вагового фасування продукції. Така гнучкість застосування забезпечує простоту інтеграції як у нові, так і в уже існуючі виробничі схеми.

З економічної точки зору, впровадження шнека-змішувача дає змогу істотно знизити непродуктивні простой технологічної лінії, пов'язані із заміною тари або вивантаженням обробленого матеріалу. Раніше подібні операції вимагали тимчасової зупинки протруювання, оскільки відбувалося накопичення насіння у змішувальній камері. Завдяки новому технічному

рішенню відбувається чітке розмежування фаз: обробка, вивантаження, фасування. Це дозволяє одночасно підтримувати безперервний технологічний процес і паралельно проводити зміну тари чи дозування в накопичувачі.

Візуалізація запропонованої технологічної схеми представлена на рис. 2.9, де відображено оновлений принцип взаємодії основних функціональних вузлів.

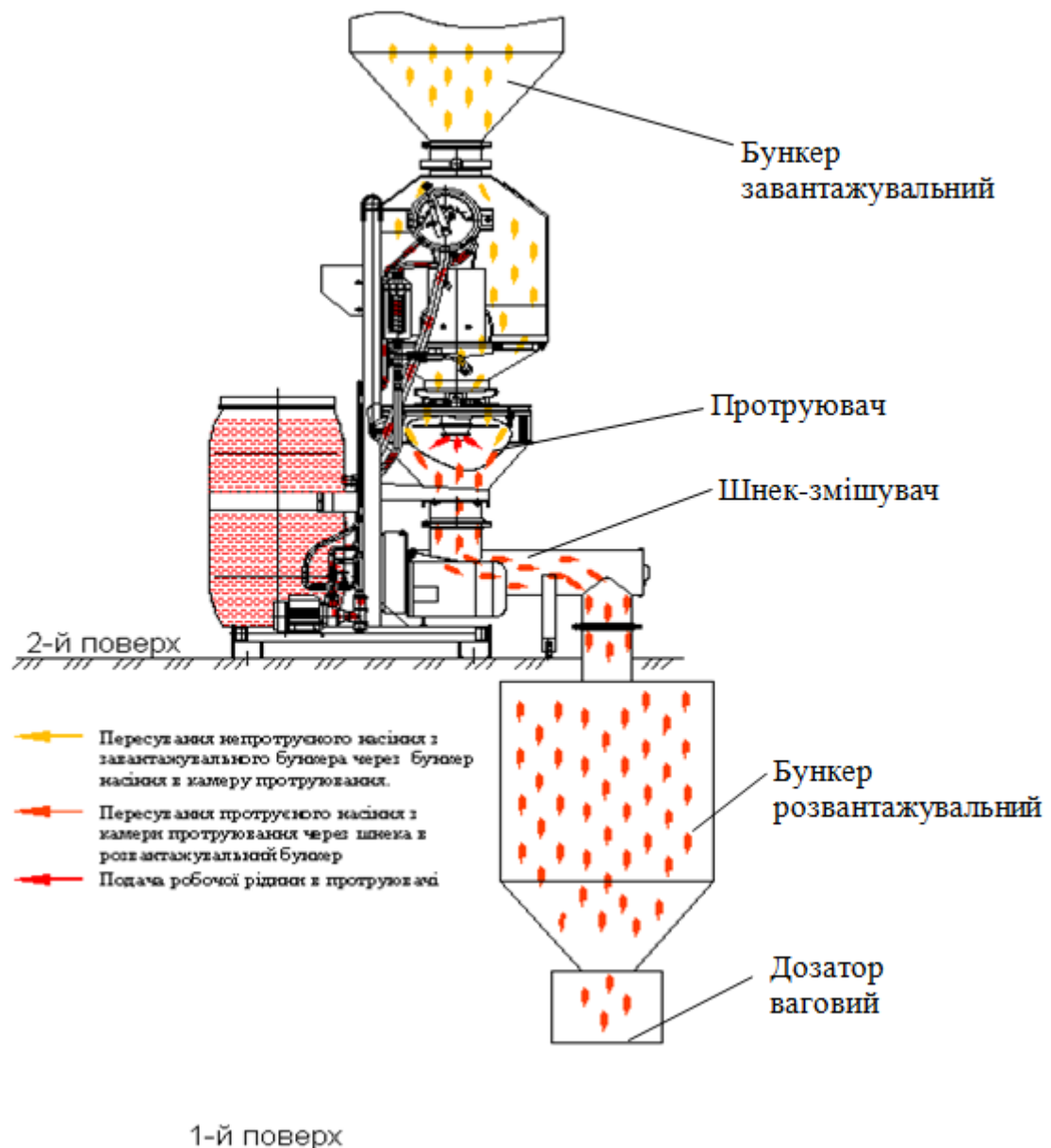


Рисунок 2.9 – Вдосконалена технологічна схема лінії протруювання

Виходячи з аналізу удосконаленої конструкції, можна стверджувати, що поставлене завдання щодо автоматизованого відбору і вагового фасування протруєного насіння повністю реалізується. Наступним етапом роботи стане розроблення відповідних розрахунків – технологічних, енергетичних, конструктивних і міцнісних, – які дозволять остаточно обґрунтувати технічну доцільність, надійність і ефективність запропонованого рішення.

2.4 Обґрунтування та розрахунок основних параметрів шнека-змішувача

У рамках вдосконалення конструкції технологічної лінії протруювання було передбачено введення до її складу шнека-змішувача. Цей елемент виконує функцію примусового переміщення обробленого насіння з камери змішування до накопичувального пристрою, одночасно забезпечуючи його повторне перемішування. Для коректного проектування шнека необхідно визначити його геометричні параметри та розрахувати основні експлуатаційні характеристики, зокрема продуктивність і потужність приводу.

На основі уніфікованих технічних рішень, які реалізуються на серійному виробництві, було обрано базові конструктивні розміри шнека, представлені на рисунку 2.10.

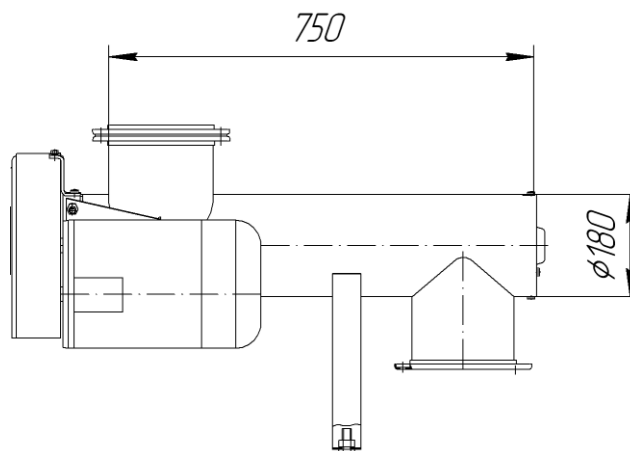


Рисунок 2.10 – Пропонована конструкція шнека-змішувача

Враховуючи те, що максимально можлива продуктивність базового протруювача становить 20 т/год, для уникнення перевантаження й накопичення насіння в камері було прийнято рішення забезпечити продуктивність шнека на рівні 25 т/год. Такий резерв гарантує надійність транспортування навіть при пікових навантаженнях. Продуктивність шнека з суцільним гвинтовим елементом визначається за формулою:

$$Q = 47.1[(D + 2\lambda)^2 - d^2] S \psi n \gamma c, \quad (2.1)$$

де: $D=0,16$ м – зовнішній діаметр гвинта (прийнятий з урахуванням конструктивних міркувань);

$d = 0,03$ м – діаметр валу;

$S = 0,16$ м – крок гвинтової лінії;

$\psi = 0,3$ – коефіцієнт заповнення;

n – кількість обертів за хвилину;

$\gamma = 0,75$ т/м³ – насипна щільність пшеничного насіння;

$c = 1$ – коефіцієнт положення шнека (горизонтальне розташування).

Підставляючи зазначені значення в формулу (2.1) та розв'язуючи рівняння відносно n , отримуємо

$$n = \frac{25}{47.1[(0.16 + 2 \cdot 0.01)^2 - 0.03^2] \cdot 0.16 \cdot 0.3 \cdot 0.75 \cdot 1} = 468 \text{ об / хв.}$$

Отже, для досягнення заданої продуктивності шнек повинен працювати при мінімальній частоті обертання 468 обертів на хвилину.

Далі виконується оцінка необхідної потужності для приводу шнека. Загальне енергоспоживання складається з кількох компонентів:

- потужності, що витрачається на подолання тертя між насінням і внутрішньою поверхнею кожуха;

- потужності для переміщення насіння та компенсації тертя по гвинтовій поверхні;
- енергії, що витрачається на подолання внутрішніх опорів матеріалу, урахованих через експериментальний коефіцієнт W_0 ;
- втрат у приводному механізмі, що враховуються через коефіцієнт корисної дії η .

Ці значення будуть розраховані на наступному етапі проектування для остаточного вибору приводу та забезпечення безперебійної роботи вузла в складі всієї технологічної лінії.

У процесі проектування шнека-змішувача доцільно враховувати лише ті компоненти енергоспоживання, які мають суттєвий вплив на роботу вузла. Потужність, що витрачається на подолання інерційних сил під час розгону матеріалу до робочої швидкості в напрямку руху по шнеку, настільки незначна, що нею можна знехтувати.

Основна потужність, необхідна для приводу шнека, визначається із загального рівняння:

$$N = \frac{(N_1 + N_2)W_0}{\eta}. \quad (2.2)$$

де N_1 – потужність для подолання тертя матеріалу об кожух.

Розрахунок потужності, що витрачається на тертя, виконується за формулою

$$N_1 = F \cdot v \quad (2.3)$$

де F – сила тертя, що діє при русі матеріалу вздовж внутрішньої поверхні кожуха, Н;

v – абсолютна швидкість переміщення матеріалу, м/с.

Опустаючи проміжні викладки, визначимо потужність на подолання сили тертя

$$N_1 = 34.2 \cdot 4.04 = 138.2 \text{ Вт.}$$

Потужність, що потрібна для підйому матеріалу N_2

$$N_2 = P_3 R_0 (\omega - \omega_3) + P_3 R (\omega - \omega_3).$$

Підставляємо значення

$$N_2 = 42.27 \cdot 0.064(49 - 48) + 42.27 \cdot 0.08(49 - 48) = 6 \text{ Вт.}$$

Потужність для приводу шнека визначається

$$N = \frac{(138,2 + 6)1,2}{0,96} = 180,25 \text{ Вт.}$$

Отже, для забезпечення поставленої продуктивності протруювачем, привод шнека-змішувача при прийнятих конструктивних розмірах споживатиме не менше 180,25 Вт.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Підбір двигуна та розрахунок пасової передачі приводу шнека-змішувача

На цьому етапі здійснюється розрахунок моменту, необхідного для приведення в рух вала шнека-змішувача. Згідно з попередніми обчисленнями, загальна споживана потужність приводу становить відповідне значення при заданій кутовій швидкості ω , с^{-1} . Для визначення крутного моменту, що діє на вал, скористаємось формулою:

$$M = N / \omega \quad (3.1)$$

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$M = \frac{180,25}{49} = 3,68 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Враховуючи розраховану потужність та необхідну частоту обертання вала шнека, обираємо електродвигун асинхронного типу АИР56В4 УХЛ2 з параметрами: 380 В, 50 Гц, конструктивне виконання ІМ1081, технічні умови ТУ16-521.649-85. Його номінальна частота обертання становить $n_d = 1500$ об/хв, коефіцієнт ковзання – 10,0 %, потужність – $N_d = 180$ Вт.

Для забезпечення функціонування приводу, двигун повинен забезпечити наступну частоту обертання вала шнека

$$i = \frac{n_o}{n'} \quad (3.2)$$

З урахуванням ковзання отримаємо:

$$i = \frac{1500 \cdot (1 - 0.1)}{468} = 2.88.$$

Приймаємо передаточне число $i = 2.88$

Для подальшого проектування пасової передачі (вибору типу паса, визначення міжосьової відстані та зусиль натягу) використовуємо рекомендації. При цьому враховується уніфікація елементів трансмісії на підприємстві. Для передавання розрахункової потужності підходить клинопас профілю О.

Крутний момент, який створюється на валу електродвигуна, визначається за:

$$N_{\text{заг}} = M' \omega' \quad (3.3)$$

де M' – момент, що передається електродвигуном;

ω' – кутова швидкість вала електродвигуна,

$$\omega' = \frac{3.14 \cdot 1350}{30} = 141.3 \text{ с}^{-1},$$

звідки

$$M' = \frac{180}{141.3} = 1.27 \text{ Нм.}$$

Швидкість паса визначається за формулою

$$V = \frac{D_1 \omega'}{2}, \quad (3.4)$$

де V – швидкість паса, м/с ;

D_1 – прийнятий діаметр малого шківa, $D_1 = 0.063 \text{ м}$.

Тоді

$$V = \frac{0.063 \cdot 141.3}{2} = 4.45 \text{ м/с.}$$

Основні розміри профілю О мають такі значення: робоча ширина паса $b_p = 0,0085$ м, загальна ширина $W = 0,010$ м, товщина $h = 0,006$ м. При розрахованій швидкості та зазначеному профілі пас може передавати потужність до 0,25 кВт, що задовольняє вимоги приводу.

Визначимо діаметр веденого шківа за частотою обертання:

$$D_2 = D_1 \cdot i, \quad (3.5)$$

D_1 – діаметр меншого шківа, $D_1 = 0,063$ м;

D_2 – діаметр більшого шківа, приймаємо $D_2 = 0,180$ м.

Тоді

$$D_2 = 0.063 \cdot 2.88 = 0.181 \text{ м.}$$

Одним із ключових параметрів при проектуванні пасової передачі є міжцентрова відстань між шківками. Для визначення її допустимих меж скористаємося стандартними формулами. Мінімумально допустима міжцентрова відстань визначається наступним виразом

$$A'_{\min} = 0.55(D_1 + D_2) + h, \quad (3.6)$$

де $A'_{\min}$ – найменша міжцентрова відстань, м.

Тут матимемо

$$A'_{\min} = 0.55(0.063 + 0.18) + 0.006 = 0.14 \text{ м.}$$

Найбільша міжцентрова відстань, що рекомендується, визначається за формулою

$$A'_{\max} = 2(D_1 + D_2). \quad (3.7)$$

Значення

$$A'_{\max} = 2(0.063 + 0.18) = 0.486 \text{ м.}$$

Враховуючи конструктивні обмеження, обираємо орієнтовну міжцентрову відстань: $A = 0,15 \text{ м.}$

За прийнятою величиною міжцентрової відстані обчислюємо приблизну довжину паса:

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A}. \quad (3.8)$$

Визначаємо значення

$$L = 2 \cdot 0.15 + \frac{\pi}{2}(0.063 + 0.180) + \frac{(0.180 - 0.063)^2}{4 \cdot 0.15} = 0.704 \text{ м.}$$

Обираємо найближчу стандартну довжину паса $L = 0.710 \text{ м.}$

Враховуючи обрану довжину паса, уточнюємо фактичну міжцентрову відстань за формулою:

$$A = 0.25 \left[(L - W) + \sqrt{(L - W)^2 - 8y} \right], \quad (3.9)$$

$$\text{де } W = \pi \left(\frac{D_2 + D_1}{2} \right) = \pi \left(\frac{0.18 + 0.063}{2} \right) = 0.382 \text{ м;}$$

$$y = \left(\frac{D_2 - D_1}{2} \right)^2 = \left(\frac{0.18 - 0.063}{2} \right)^2 = 0.0034 \text{ м.}$$

Підставивши значення, отримаємо

$$A = 0.25 \left[(0.710 - 0.382) + \sqrt{(0.710 - 0.382)^2 - 8 \cdot 0.0034} \right] = 0.153 \text{ м.}$$

Для забезпечення можливості надягання паса на шківи необхідно врахувати мінусовий допуск (2%) по довжині

$$A = 0.25 \left[0.98(0.710 - 0.382) + \sqrt{(0.710 - 0.382)^2 - 8 \cdot 0.0034} \right] = 0.151 \text{ м.}$$

Максимальна міжцентрова відстань, яка дозволяє компенсувати розтягування паса з урахуванням плюсового допуску (5,5%), визначається так

$$A = 0.25 \left[1.055(0.710 - 0.382) + \sqrt{(0.710 - 0.382)^2 - 8 \cdot 0.0034} \right] = 0.157 \text{ м.}$$

Кут обхвату паса на шківі визначається за формулою

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \left(\frac{D_2 - D_1}{A} \right) \quad (3.10)$$

В результаті обчислення маємо

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \left(\frac{0.18 - 0.063}{0.153} \right) = 134.1^\circ$$

Натягнення веденої гілки паса S_0 обчислюється за формулою

$$S_0 = \frac{850 \cdot N_n \cdot C_p C_L}{z \cdot V \cdot C_\alpha} + \Theta V^2 \quad (3.11)$$

де $N = 0,18$ кВт – споживана потужність;

$V = 44,5$ м/с – швидкість паса;

C_p – коефіцієнт навантаження $C_p = 1.3$;

C_L – коефіцієнт довжини паса; $C_L = 0.86$

z – кількість пасів $z = 1$;

C_α – коефіцієнт, що залежить від кута обхвату $C_\alpha = 0.88$;

$\Theta = 0,06$ – коефіцієнт, що враховує відцентрові сили.

Після обчислень отримаємо натягнення гілки паса

$$S_0 = \frac{850 \cdot 0.18 \cdot 1.3 \cdot 0.86}{1 \cdot 44.5 \cdot 0.88} + 0.06 \cdot 44.5^2 = 123.2 \text{ Н.}$$

Контроль натягнення здійснюється через зусилля відтягування паса на 1,55 мм на кожні 100 мм міжцентрової відстані. Для припрацьованого паса зусилля визначається як

$$Q = \frac{S_0 + c_0}{16} \quad (3.12)$$

де Q – натягуюче зусилля, Н

c_0 – коефіцієнт, залежний від жорсткості паса, для профілю О рівний 19,6.

Тоді

$$Q = \frac{123.2 + 2 \cdot 9.81}{16} = 8.9 \text{ Н}$$

Для нового паса застосовується формула:

$$Q = \frac{1.4S_0 + c_0}{16}. \quad (3.13)$$

Тоді

$$Q = \frac{1.4 \cdot 123.2 + 2 \cdot 9.81}{16} = 12 \text{ Н.}$$

3.2 Розрахунок прогину, напружень і ресурсу клинопасової передачі

Для визначення механічної надійності та довговічності пасової передачі проводимо розрахунок прогину, сил, що діють на вали, а також напружень і ресурсу роботи паса. Прогин гілки паса визначається за формулою:

$$f = 1.55 \frac{A}{100} \quad (3.14)$$

де A – міжцентрова відстань. В нашому випадку $A = 0,153$ м.

Тоді отримаємо значення прогину:

$$f = 1.55 \frac{0.153}{100} = 0.0024 \text{ м.}$$

Сила, що діє на вали внаслідок натягнення паса, обчислюється за формулою:

$$F_B = 2S_0 z \sin \frac{\alpha}{2} . \quad (3.15)$$

Значення сили

$$F_B = 2 \cdot 123.2 \cdot 1 \cdot \sin \frac{134.1^\circ}{2} = 227 \text{ Н.}$$

Робочий ресурс пасів

$$H_0 = N_0 \frac{L_p}{60\pi D_1 n_1} \left(\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\max}} \right)^8 C_i C_H, \quad (3.16)$$

де:

N_0 – базове число циклів для профілю О, $N_0 = 4.6 \cdot 10^6$;

σ_{-1} – границя витривалості, $\sigma_{-1} = 7$ МПа;

C_i – коефіцієнт, що враховує вплив передаточного числа:

$$C_i = 1.5\sqrt[3]{i} - 0.5 = 1.5\sqrt[3]{2.88} - 0.5 = 1.634 \quad (3.17)$$

$C_H = 1$ – при постійному навантаженні;

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження в перетині паса

$$\sigma_1 = \frac{F_1}{bh}, \quad (3.18)$$

тут F_1 – сила у ведучій вітці,

$$F_1 = S_0 + 0.5F_t, \quad (3.19)$$

де F_t – колова сила,

$$F_t = \frac{N_{\text{заг}}}{V} = \frac{0.18 \cdot 10^3}{44.5} = 4.045 \text{ Н.} \quad (3.20)$$

Знайдемо значення сили у ведучій вітці,

$$F_1 = 123.2 + 0.5 \cdot 4.045 = 125.2 \text{ Н.}$$

Напруження від розтягу для паса

$$\sigma_1 = \frac{125.2}{0.010 \cdot 0.006} = 2087041 \text{ Па;}$$

Напруження від згину

$$\sigma_{32} = E \frac{h}{D_1}, \quad (3.21)$$

де E – модуль пружності першого роду паса, $E = 150$ МПа.

$$\sigma_{32} = 150 \frac{0.006}{0.063} = 14.3 \text{ МПа.}$$

Напруження від відцентрової сили

$$\sigma_v = \rho V^2 \cdot 10^{-6}, \quad (3.22)$$

тут ρ – щільність паса, $\rho = 1150$ кг/м³.

Значення напруження

$$\sigma_v = 1150 \cdot 44.5^2 \cdot 10^{-6} = 2.28 \text{ МПа.}$$

Сумарне напруження

$$\sigma_{\max} = 2.09 + 14.3 + 2.28 = 18.67 \text{ МПа.}$$

Робочий ресурс пасів

$$H_0 = 4.6 \cdot 10^6 \frac{710}{60 \cdot 3.14 \cdot 0.063 \cdot 1350} \left(\frac{7}{14.3} \right)^8 1.634 \cdot 1.0 = 1098 \text{ год.}$$

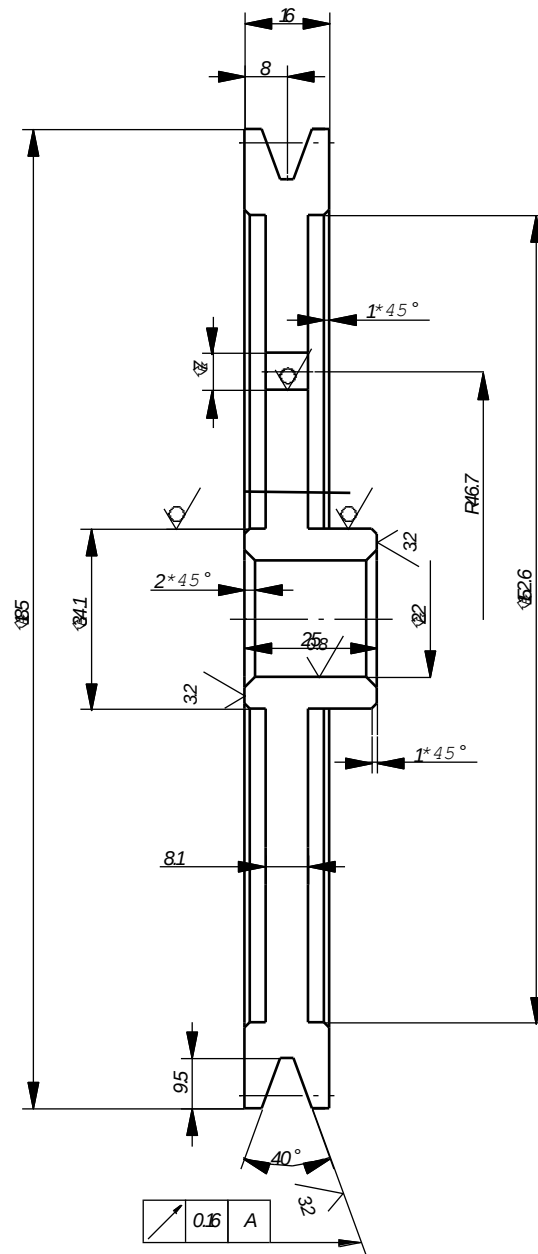


Рисунок 3.2 – Робоче креслення веденого шківa

На підставі попередніх обчислень і з урахуванням уніфікації елементів приводу рекомендується використання клинового паса профілю О довжиною 710 мм для передачі обертання від двигуна до шнека-змішувача. Міжцентрова відстань між шківaми складає 0,153 м.

Зусилля, яке необхідно для належного натягнення паса, становить 123,2 Н. Контроль натягу здійснюється шляхом вимірювання зусилля прогину: для припрацьованого паса – 8,9 Н, для нового – 12 Н.

Розрахунок вала шнека-змішувача.

Перед початком розрахунку необхідно встановити всі навантаження, що впливають на вал шнека. Крутний момент, який діє на вал, був розрахований у попередньому розділі.

Окрім цього моменту, вал піддається дії радіальних сил: від ваги насіння та з боку натягнення паса. Припускаємо, що шнек заповнений насінням, яке рівномірно розташоване по всій довжині, а його вага діє в середині вала.

Вага насіння визначається

$$F_r = \gamma \cdot l_{ш} \cdot \frac{\pi d_{\kappa}^2}{4}, \quad (3.23)$$

де $l_{ш}$ – довжина шнека, $l_{ш} = 0.75$ м;

d_{κ} – діаметр кожуха шнека, $d_{\kappa} = 0.18$ м.

$$F_r = 7500 \cdot 0.750 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,18^2}{4} = 795 \text{ Н.}$$

Розрахункова схема вала наведена на рисунку 2.5.

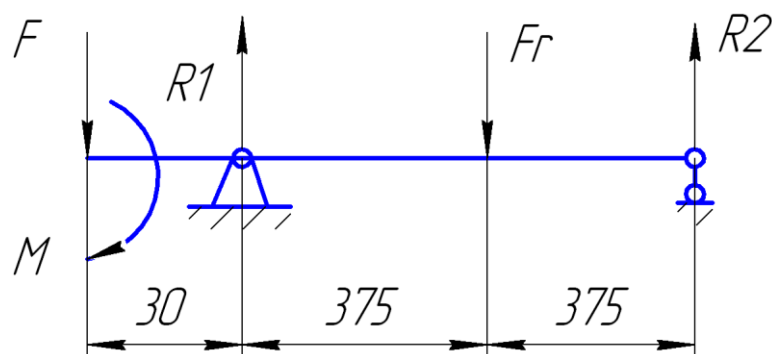


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема вала шнека-змішувача

Реакції в опорах визначаємо за формулами:

$$\sum M_2 = 0,$$

$$-F(0.03 + 0.375 + 0.375) + R_1(0.375 + 0.375) - F_r \cdot 0.375 = 0;$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{F(0.03 + 0.375 + 0.375) + F_r \cdot 0.375}{0.375 + 0.375} = \\ &= \frac{227(0.03 + 0.375 + 0.375) + 795 \cdot 0.375}{0.375 + 0.375} = 633.6H. \end{aligned} \quad (3.24)$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$-F \cdot 0.03 - R_2(0.375 + 0.375) + F_r \cdot 0.375 = 0;$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{-F \cdot 0.03 + F_r \cdot 0.375}{0.375 + 0.375} = \\ &= \frac{-227 \cdot 0.03 + 795 \cdot 0.375}{0.375 + 0.375} = 388.4H. \end{aligned} \quad (3.25)$$

Перевірка

$$\sum Y = 0,$$

$$-F + R_1 - F_r + R_2 = -227 + 633.6 - 795 + 388.4 = 0.$$

Знайдемо перетин, де діє максимальний згинний момент

$$\begin{aligned} M_{3z} &= -F(0.03 + 0.375) + R_1 \cdot 0.375 = \\ &= -227(0.03 + 0.375) + 633.6 \cdot 0.375 = 145.7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (3.26)$$

Приведений момент згідно з четвертою теорією міцності визначається :

$$M = \sqrt{M_{3z}^2 + 0.75T_1^2}. \quad (3.27)$$

Визначаємо значення

$$M = \sqrt{145,7^2 + 0,75 \cdot 3,68^2} = 145,74 \text{ Нм.}$$

За умовою міцності

$$\sigma_{EKB} = \frac{M}{W} \leq [\sigma], \quad (3.28)$$

де W – момент опору перетину;

$[\sigma]$ – занижене допустиме напруження, $[\sigma] = 40 \text{ МПа}$.

Звідки знаходимо необхідний опір поперечного перетину вала

$$W = \frac{145,74}{40 \cdot 10^6} = 3,64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 3,64 \text{ см}^3.$$

Згідно з попереднім припущенням, шнековий вал має бути пустотілим з зовнішнім діаметром $d_o = \dots \text{ м}$. Момент опору кільцевого перетину обчислюється як:

$$W = \frac{\pi(d_o^4 - d_{\text{вн}}^4)}{32d_o}, \quad (3.29)$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр вала шнека.

Звідки знаходимо внутрішній діаметр вала шнека $d_{\text{вн}}$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt[4]{\frac{\pi d_o^4 - 32Wd_o}{\pi}},$$

підставляємо значення

$$d_{\text{вн}} = \sqrt[4]{\frac{\pi 0.03^4 - 32 \cdot 3,64 \cdot 10^{-6} 0.03}{\pi}} = 0.023 \text{ м.}$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 20 \text{ мм.}$

Приймаємо стандартне значення внутрішнього діаметра: $d_i = 20 \text{ мм.}$

Матеріалом для виготовлення вала обрано безшовну нержавіючу трубу згідно ГОСТ 9941-72 (марка сталі 12Х18Н10Т, тип труби 30×5 по ГОСТ 9941-71), що забезпечує високу корозійну стійкість і механічну міцність.

3.4 Уточнений розрахунок вала шнека

Для забезпечення надійності конструкції шнека необхідно виконати уточнений розрахунок міцності вала. Оцінювання коефіцієнта запасу міцності в усіх можливих перерізах є надмірним. Тому раціонально виконати розрахунок лише для критичного, тобто найнебезпечнішого перерізу – в центральній частині вала, де діють максимальні згинальні й крутні моменти.

Слід враховувати, що в даній зоні також виникає концентрація напружень, спричинена процесом зварювання навивки до вала.

Сумарний згинальний момент дорівнює

$$M = 145.74 \text{ Нм.}$$

Момент опору перерізу визначено $W = 3.64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$

Амплітуда нормальних напружень визначається

$$\sigma_v = \sigma_{\text{max}} = M/W. \quad (3.30)$$

Тоді

$$\sigma_v = 145.74 / 3.64 \cdot 10^{-6} = 4.0 \cdot 10^7 \text{ Па} = 40 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_v}, \quad (3.31)$$

$$\text{де } \sigma_{-1} = 0.43 \sigma_B = 0.43 \cdot 600 = 258 \text{ МПа;}$$

$$k_\sigma / \varepsilon_\sigma \cong 3.3.$$

$$S_\sigma = \frac{258}{3.3 \cdot 40} \cong 1.95$$

Полярний момент опору перерізу визначається

$$W_p = \frac{\pi(d_3^4 - d_{вн}^4)}{16d_3}. \quad (3.32)$$

Тут

$$W_p = \frac{\pi(0.03^4 - 0.02^4)}{16 \cdot 0.03} = 4.252 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Амплітуда і середнє значення дотичних напружень в циклі

$$\tau_v = \tau_m = \tau_{\max} / 2 = (T_1 / 2W_p). \quad (3.33)$$

Тоді

$$\tau_v = 3.68 / (2 \cdot 4.252 \cdot 10^{-6}) \cong 0.43 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \varphi_{\tau} \tau_m}, \quad (3.34)$$

де $\tau_{-1} = 0.58\sigma_{-1} = 0.58 \cdot 258 = 149.6$ МПа;

$k_{\tau} / \varepsilon_{\tau} = 0.6(k_{\sigma} / \varepsilon_{\sigma}) + 0.4 = 0.6 \cdot 3.3 + 0.4 = 2.38$; $\varphi_{\tau} = 0.1$.

$$S_{\tau} = \frac{149.6}{2.38 \cdot 0.43 + 0.1 \cdot 0.43} \cong 140.3.$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} > [S]. \quad (3.35)$$

Значення коефіцієнта запасу міцності

$$S = \frac{1.95 \cdot 140.3}{\sqrt{1.95^2 + 140.3^2}} \cong 2 > [S]$$

Для надійної роботи елемента коефіцієнт запасу міцності повинен бути не меншим за $[S] = 1.5-1.7$. Проте при проєктуванні валів також береться до уваги жорсткість конструкції, тож рекомендований коефіцієнт запасу за жорсткістю складає $[S] = 2.0-3.0$. У наведеному випадку розрахункове значення коефіцієнта відповідає цим вимогам, що свідчить про відсутність необхідності додаткової перевірки на жорсткість.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Небезпеки та надзвичайні ситуації під час протруювання насіннєвого матеріалу

Процес протруювання насіння є одним із найвідповідальніших етапів підготовки посівного матеріалу, що безпосередньо пов'язаний із використанням токсичних хімічних речовин — протруйників. Ці речовини, незалежно від їхнього хімічного складу (фунгіциди, інсектициди, комбіновані препарати), належать до класів небезпеки, що можуть завдати шкоди як працівникові, так і навколишньому середовищу. У зв'язку з цим виникає потреба в системному підході до аналізу ризиків та ідентифікації потенційно аварійних ситуацій, що можуть виникнути під час виконання робіт із протруювання.

Насамперед, серед основних ризиків виділяється ризик отруєння працівників, що контактують із хімічними речовинами під час завантаження, приготування робочого розчину, дозування та нанесення препарату на насіння. Протруйники можуть потрапити в організм через дихальні шляхи, шкіру або шлунково-кишковий тракт у разі недотримання правил особистої гігієни, відсутності засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), несправності технологічного обладнання або порушення технологічного процесу. Найбільшу небезпеку становлять висококонцентровані препарати та концентрати, особливо у вигляді аерозолів чи дрібнодисперсного пилу.

Другим серйозним аспектом є ризик пожежо- та вибухонебезпеки, особливо при використанні органічних розчинників у складі протруйників або при роботі з легкозаймистими речовинами. Неналежна вентиляція приміщення, іскри від електрообладнання, перегрів електродвигунів або порушення техніки безпеки можуть спричинити загоряння, що в умовах наявності пилоповітряної суміші набуває вибухового характеру. Відповідно до вимог пожежної безпеки, обладнання приміщень, де проводиться протруювання, має відповідати категорії вибухо- та пожежонебезпечності, а працівники повинні бути навчені

правилам дій у разі виникнення пожежі.

Крім того, можливе забруднення довкілля у разі витоку, проливу чи неправильного утилізування залишків препаратів. Зливання залишків робочого розчину або промивних вод у ґрунт, водойми чи каналізаційні системи категорично заборонено, оскільки це може призвести до забруднення водних ресурсів, загибелі мікроорганізмів, отруєння тварин і порушення екосистем. Необхідно дотримуватися чітких вимог до зберігання, транспортування та знешкодження пестицидів і агрохімікатів.

Аварійні ситуації також можуть виникнути у разі механічної несправності обладнання. Наприклад, витік робочої рідини через порушення герметичності дозуючої системи, засмічення форсунок, перевантаження змішувального блоку чи збої в роботі насосів можуть спричинити не лише аварійне зупинення процесу, але й безпосередню небезпеку для працівників. Технічне обслуговування обладнання повинне проводитися регулярно та лише персоналом, який пройшов відповідну підготовку.

Особливої уваги потребує ризик впливу на третіх осіб, зокрема у разі порушення герметизації приміщення, відсутності ізоляції зони протруювання від інших виробничих або побутових приміщень. Ненавмисний вплив аерозолю чи парів протруйника на персонал інших підрозділів або сторонніх осіб створює загрозу їхньому здоров'ю та є порушенням норм, що регламентують гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.

Таким чином, діяльність, пов'язана з протруюванням насіння, супроводжується низкою ризиків, що охоплюють санітарно-гігієнічний, екологічний, техногенний та соціальний аспекти. Для забезпечення безпеки життєдіяльності в умовах функціонування таких процесів необхідно дотримуватися технологічної дисципліни, застосовувати сучасні засоби індивідуального захисту, використовувати надійне технологічне обладнання з високим рівнем автоматизації та контролю, а також впроваджувати системи екологічного моніторингу та аварійного реагування. Тільки комплексний підхід дозволить знизити рівень потенційної небезпеки до прийняттого рівня та

гарантувати безпеку працівників, навколишнього середовища і населення.

4.2 Захист персоналу при пиловому забрудненні робочої зони

Пил – основний шкідливий фактор на багатьох промислових підприємствах, зокрема пунктах протруювання насіння. Це обумовлено недосконалістю технологічних процесів.

Природний пил знаходиться в повітрі в звичайних умовах мешкання людини в межах концентрацій 0,1-0,2 мг/м³, в промислових центрах, де діють великі підприємства, він не буває нижче 0,5 мг/м³, а на робочих місцях запиленість повітря іноді сягає 100 мг/м³. Значення ГДК для нейтрального пилу, що не має отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м³.

Промисловий пил може бути класифікований за різними ознаками:

- за походженням - органічний (рослинний, тваринний, штучний пил) і неорганічний (мінеральний, металевий пил) та змішаний (присутність часток органічного та неорганічного походження);
- за способом утворення - дезінтеграційний (подрібнення, різання, шліфування і т. п.), димовий (сажа та частки речовини, що горить) та конденсаційний (конденсація в повітрі пари розплавлених металів);
- за токсичною дією на організм людини - нейтральний (нетоксичний для людини пил) та токсичний (отруюючий організм людини).

Дисперсний склад характеризує пилові частки за розміром і значною мірою обумовлює властивості пилу. Для організму людини найбільш небезпечний пил, що складається з часток розміром до 0,015 мкм, тому що погано затримується слизовими оболонками верхніх дихальних шляхів і потрапляє далеко в легеневу тканину. Також має значення форма частинок пилу.

Частинки зазубреної колючої форми небезпечніші за сферичні, бо подразнюють шкіру, легеневі тканини та слизові оболонки, даючи змогу

просмоктуватися в організм інфекційним мікроорганізмам, що супроводжують пил або знаходяться у повітрі. Це призводить до атрофічних, гіпертрофічних, гнійних, виразкових та інших змін слизових оболонок, бронхів, легень, шкіри; веде до катару верхніх дихальних шляхів, виразковому захворюванню носової перетинки, бронхіту, пневмонії, кон'юнктивіту, дерматиту та інших захворювань. Довготривале вдихання пилу, що потрапляє в легені, викликає пневмоконіоз. Найбільш небезпечна його форма - силікоз - розвивається при систематичному вдиханні пилу, що містить вільний діоксид кремнію SiO_2 . Борошняний, зерновий пил та деякі інші можуть спричинити хронічний бронхіт.

Деякі види пилу (свинцевий, миш'яковий, марганцевий і т.п.) обумовлюють отруєння і ведуть до функціональних змін ряду органів і систем. Отрути, що надходять до організму через дихальні шляхи, створюють підвищену небезпеку, тому що безпосередньо потрапляють у кров.

Побічна дія пилу на людину полягає в тому, що при підвищеній запиленості повітря змінюється спектр інтенсивності сонячної радіації (поглинання та розсіювання ультрафіолетового випромінювання), знижується освітленість.

Задимленість повітря робочої зони несе особливу загрозу здоров'ю людини за рахунок того, що в легені потрапляють, окрім димового пилу, ще й токсичні гази CO та CO_2 , про небезпеку яких зазначалося вище.

Методи нормалізації складу повітря робочої зони.

Існує багато різних способів та заходів, призначених для підтримання чистоти повітря виробничих приміщень у відповідності до вимог санітарних норм. Всі вони зводяться до конкретних заходів:

1. Запобігання проникненню шкідливих речовин у повітря робочої зони за рахунок герметизації обладнання, ущільнення з'єднань, люків та отворів, удосконалення технологічного процесу.

2. Видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок вентиляції, аспірації або очищення і нормалізації повітря за допомогою кондиціонерів.

3. Застосування засобів захисту людини.

Герметизація та ущільнення є основними заходами із вдосконалення технологічних процесів, у яких використовуються або утворюються шкідливі речовини. Застосування автоматизації дає змогу вивести людину із забрудненого приміщення в приміщення з чистим повітрям. Удосконалення технологічних процесів дозволяє замінювати шкідливі речовини нешкідливими, відмовлятися від застосування пилоутворюючих процесів, замінювати тверде паливо на рідке або газоподібне, встановлювати газо-, пилоуловлювачі в технологічний цикл та ін.

Особливі вимоги висуваються до приміщень, де проводяться роботи зі шкідливими речовинами, що пилять. Так, підлога, стіни, стеля повинні бути гладкими, легко митися. В цехах, де виділяється пил, регулярно роблять вологе або вакуумне прибирання.

В приміщеннях, де не можна створити нормальні умови, що відповідають нормам мікроклімату, застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Ефективне застосування ЗІЗ залежить від їх правильного вибору і умов експлуатації. При виборі необхідно враховувати конкретні умови виробництва, вид та тривалість впливу шкідливого фактора, а також індивідуальні особливості людини. Тільки правильне застосування ЗІЗ може максимально захистити працюючого. Для цього працівники повинні бути ознайомлені з асортиментом та призначенням ЗІЗ.

Отже, проблема забрудненості як повітря робочої зони та і довкілля пилом, що виділяється в результаті виконання технологічного процесу при протруюванні зерна справді існує. Мінімізувати вплив та запропонувати заходи щодо захисту від такого забруднення довкілля та робочого персоналу можна, використовуючи вище наведені рекомендації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Головною метою проведеної роботи стало вдосконалення конструкції протруювача шляхом інтеграції додаткового короткого шнека-змішувача, який виконує функції одночасного транспортування та перемішування протруєного насіннєвого матеріалу. Цей елемент встановлюється на виході камери змішування і забезпечує ефективне подавання обробленого насіння до тари, ваговимірювального обладнання або накопичувальних ємностей. Запропоноване конструктивне рішення дозволяє повністю усунути раніше існуючу проблему без потреби у значних фінансових витратах на модернізацію обладнання.

Додатковим позитивним ефектом стало зменшення запиленості та концентрації шкідливих парів у робочій зоні. Це досягнуто завдяки з'єднанню внутрішнього об'єму шнека із витяжною вентиляційною системою підприємства, що суттєво покращує умови праці персоналу та підвищує загальний рівень промислової безпеки.

Для забезпечення безперебійного функціонування змішувальної камери важливо, щоб продуктивність вивантажувального шнека-змішувача була не нижчою за 25 т/год (наприклад, під час роботи з насінням пшениці). Такий рівень продуктивності перевищує максимальні технічні можливості протруювача на 5 т/год і гарантує відсутність перевантажень та засмічення робочого органу, що, у свою чергу, сприяє стабільності технологічного процесу.

В результаті розрахунків отримано наступне. $D=0.16$ м — зовнішній діаметр гвинта; $d=0.03$ м — діаметр валу гвинта; $S=0.16$ м — крок витків; необхідне значення обертів шнека становить 468 об/хв; $L=0.75$ м — сумарна довжина шнека; привід шнека-змішувача при прийнятих конструктивних розмірах споживатиме не менше 180,25 Вт.

Для приводу вибрано електродвигун асинхронний АИР56В4 УХЛ2 380 В, 50 Гц, ІМ1081 ТУ16-521.649-85, $n_d = 1500$ об/хв, коефіцієнт проковзування 10,0%, $N_d = 180$ Вт. Передаточне число приводу $i = 2.88$.

Прийнятий діаметр малого шківa, $D_1 = 0.063$ м ; діаметр більшого шківa, приймаємо $D_2 = 0.180$ м.

За результатами розрахунку і з метою уніфікації клинопасової передачі агрегату рекомендуємо застосовувати для приводу шнека-змішувача пас профілю О довжиною 710 мм. Міжцентрова відстань рівна 0,153 м. Зусилля, необхідне для натягнення паса, дорівнює 123,2 Н, прогин контролюють при зусиллі 8,9 Н для приробленого паса і 12 Н для нового паса.

Матеріалом вала служитиме труба безшовна із корозійностійкої сталі по ГОСТ 9941-72 (Труба 30x5-12X18H10T ГОСТ 9941-71).

Коефіцієнт запасу міцності вала складає 2.9 виконання додаткового розрахунку-перевірки вала на жорсткість.

В роботі у розділі «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» розглянуто питання: небезпеки та надзвичайні ситуації під час протруювання насінневого матеріалу; захист персоналу при пиловому забрудненні робочої зони.

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. Центральнотернопільський 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. Ладижинський 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.