

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Допущений до захисту:
завідувач кафедри
к.т.н., проф. Гунько І.А.

«__» жовтня 2023 р.

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Виконав: студент групи Аі-22-1-Маг.з
Білостенний Олег Юрійович

Керівник: д.т.н., доцент
Янович Віталій Петрович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Затверджую:

зав. кафедри агроінженерії
та технічного сервісу

_____ к.т.н., проф. І.В. Гунько

" ____ " _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ
студенту Білостенному Олегу Юрійовичу
на тему:

«Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів установки
для обробки насіння»

затверджену наказом від «02» грудня 2022 р. № 188 м

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи
2. План магістерської роботи.
3. Підручники і навчально-методичні посібники.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТЕІ, тощо).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних в попередній період.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Обсяг сторінок	Термін підготовки	Підпис керівника
Анотація		1-2	01.02.23 р	
Вступ		2-5	23.03.23 р	
РОЗДІЛ 1	ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	10-15	27.04.23 р	
РОЗДІЛ 2	ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТАМИ	10-15	10.06.23 р	
РОЗДІЛ 3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	10-15	01.08.23 р	
РОЗДІЛ 4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	10-15	01.09.23 р	
Загальні висновки		1-2	05.10.23 р	
Список використаної літератури		2-4	07.10.23 р	

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту

« » жовтня 2023 р.

Завдання видав керівник « » _____ 2022 р.

ЗМІСТ

С

АНОТАЦІЯ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	10
1.1 Обробка насіння культурних рослин засобами захисту.....	10
1.2 Агротехнічні вимоги до передпосівної обробки насіння засобами захисту....	12
1.3 Способи обробки насіння захисними препаратами.....	14
1.4 Аналіз технічних засобів для обробки насіння засобами захисту.....	18
1.5 Способи нанесення біопрепаратів на насіння та контроль якості.....	25
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТАМИ	28
2.1 Конструктивно-технологічна схема установки для обробки насіння біопрепаратами.....	28
2.2 Обґрунтування параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами...31	
2.3 Визначення параметрів взаємодії повітряного потоку із шаром насіння у камері обробки	33
2.4 Визначення кута відхилення поверхні насінневого шару в шнеку від горизонталі під час руху.....	37
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	39
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	39
3.2 Прилади та обладнання для дослідженні установки.....	39
3.3 Визначення конструктивно-технологічних параметрів розпилювача на життєдіяльність біологічних агентів біопрепаратів.....	40
3.4 Методики експериментальних досліджень установки для обробки насіння біопрепаратами.....	44
3.5 Методика обробки результатів експериментальних досліджень.....	45
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46

4.1 Вплив конструктивно-технологічних параметрів розпилювача на життєдіяльність біологічних агентів біопрепаратів.....	46
4.2 Дисперсність розпилювання робочого розчину.....	51
4.3 Дослідження конструктивно-технологічних параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами.....	54
4.4 Результати експериментальних досліджень установки для обробки насіння біопрепаратами.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

АНОТАЦІЯ

Білостенний О. Ю. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів установки для обробки насіння. – Рукопис.

Робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – «Агроінженерія». – Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, 2023.

В магістерській роботі на підставі проведеного огляду технічних засобів для протруювання насіння сільськогосподарських культур розроблено конструктивно-технологічну схему установки для обробки насіння біопрепаратами.

Отримано математичну модель, що описує псевдозріджений стан шару насіння в камері обробки, що дозволяє обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри установки. Експериментальні дослідження щодо впливу тиску та температури на життєздатність мікроорганізмів дозволили обґрунтувати для подальших досліджень препарат RECB-95B. Обґрунтовано раціональні значення конструктивно-технологічних параметрів розробленої установки.

При цих значеннях параметрів установка забезпечує повне та рівномірне покриття не менше 95% насіння робочим розчином із продуктивністю 10 т/год.

Використання дослідної установки для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур біопрепаратом RECB-95B дозволило покращити посівні якості насіння озимої пшениці та знизити ураження рослин патогенами, а в результаті підвищити її врожайність з 58,5 до 65,7 ц/га порівняно із прототипом.

Ключові слова: передпосівна обробка насіння, протруювач, біопрепарат, розпилювач, процес розпилювання.

ANNOTATION

Bilostennyi O. Yu. Justification of the structural and technological parameters of the plant for processing seeds. – The manuscript.

Work on obtaining educational degrees master's degree in the 208 – «Agroengineering». – Vinnytsia National Agrarian University. – Vinnytsia, 2023.

In the master's thesis, on the basis of the review of technical means for treating seeds of agricultural crops, a structural and technological scheme of the plant for treating seeds with biological preparations was developed.

A mathematical model was obtained that describes the fluidized state of the seed layer in the processing chamber, which allows to substantiate the structural and technological parameters of the installation. Experimental studies on the effect of pressure and temperature on the viability of microorganisms allowed to justify the preparation RECB-95B for further research. The rational values of the structural and technological parameters of the developed installation are substantiated.

At these parameter values, the installation ensures complete and uniform coverage of at least 95% of the seeds with the working solution with a productivity of 10 t/h.

The use of the experimental plant for pre-sowing treatment of seeds of agricultural crops with biological preparation RECB-95B made it possible to improve the sowing quality of winter wheat seeds and reduce plant damage by pathogens, and as a result, increase its yield from 58.5 to 65.7 t/ha compared to the prototype.

Keywords: pre-sowing seed treatment, stain remover, biopreparation, sprayer, spraying process.

ВСТУП

Розвиток рослинництва значною мірою залежить від розробки та впровадження екологічно безпечних та ефективних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечують збільшення їх урожайності та отримання екологічно чистої продукції з мінімальними енергетичними витратами.

При отриманні високих та стабільних урожаїв одним із основних завдань є захист рослин від збудників хвороб. За даними FAO, втрати врожаю від грибних та бактеріальних захворювань становлять 25-30%, а в роки масового поширення хвороб досягають 60% [1, 2]. В даний час насіння рослин піддається різним способам передпосівної обробки для попередження передачі хвороб через насіння і тим самим збереження їх посівних якостей. Найбільш поширений з них – обробка хімічними препаратами. Тим не менш, їх застосування сприяє забрудненню ґрунту, повітря та води, а також накопиченню пестицидів у продовольчій сировині та кормах.

Більш безпечним способом захисту рослин від збудників хвороб є використання біологічних препаратів, що одночасно забезпечують стимуляцію їх зростання. Однак їх застосування стримує відсутність технічних засобів з обробки насіннєвого матеріалу біопрепаратами, оскільки недостатньо повно вивчено вплив їхніх робочих органів на життєдіяльність мікроорганізмів. З вищевикладеного випливає, що одним із найважливіших факторів інтенсифікації рослинництва є розробка та обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів установки для обробки насіння рослин біопрепаратами.

Тому розробка технологічного процесу та технічного засобу для обробки насіння рослин біопрепаратами є актуальним завданням, що має важливе народногосподарське значення.

Мета магістерської роботи: підвищення ефективності обробки насіння рослин шляхом розробки технічного засобу для нанесення біопрепаратів.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання:**

- розробити конструктивно-технологічну схему установки для обробки насіння біопрепаратами;

- отримати математичну модель, що описує псевдозрідений стан шару насіння в камері обробки та математичні вирази для визначення основних параметрів установки;

- провести дослідження впливу фізико-механічних факторів на життєздатність мікроорганізмів біопрепаратів під час протруювання насіння сільськогосподарських рослин;

- виконати експериментальні дослідження та обґрунтувати раціональні параметри розробленої установки;

- провести агротехнічну, енергетичну оцінку показників установки для обробки насіння біопрепаратами.

Об'єкт дослідження: технологічний процес пневмомеханічної обробки насіння рослин біопрепаратами та установки для його здійснення.

Предмет дослідження: закономірності впливу конструктивно-технологічних параметрів пневмомеханічної установки на показники обробки насіння рослин біопрепаратами.

Наукова новизна:

- конструктивно-технологічна схема установки для обробки насіння біопрепаратами;

- математична модель, що описує псевдозрідений стан шару насіння в камері обробки, та математичні вирази, що дозволяють обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри установки;

- результати дослідження впливу фізико-механічних факторів та типів розпилювачів на життєздатність мікроорганізмів біопрепаратів для обробки насіння.

РОЗДІЛ 1

ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1.1 Обробка насіння культурних рослин засобами захисту

Система захисту рослин від хвороб, як основний напрямок передбачає боротьбу з бактеріальними, вірусними та грибними захворюваннями. Особлива шкода завдається тими хворобами, що передаються через насіння. Це знижує їх посівні якості та врожайність [1, 2, 3]. Крім іншого заражене насіння сприяють подальшому поширенню хвороб рослин.

Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають застосування різних хімічних засобів захисту рослин у великих обсягах [4].

В даний час відзначається надмірне накопичення в рослинах та ґрунті хімічних засобів захисту рослин, що безсумнівно призводить до погіршення екологічної обстановки та додаткового навантаження на організм людини (рис. 1.1) [4, 5].

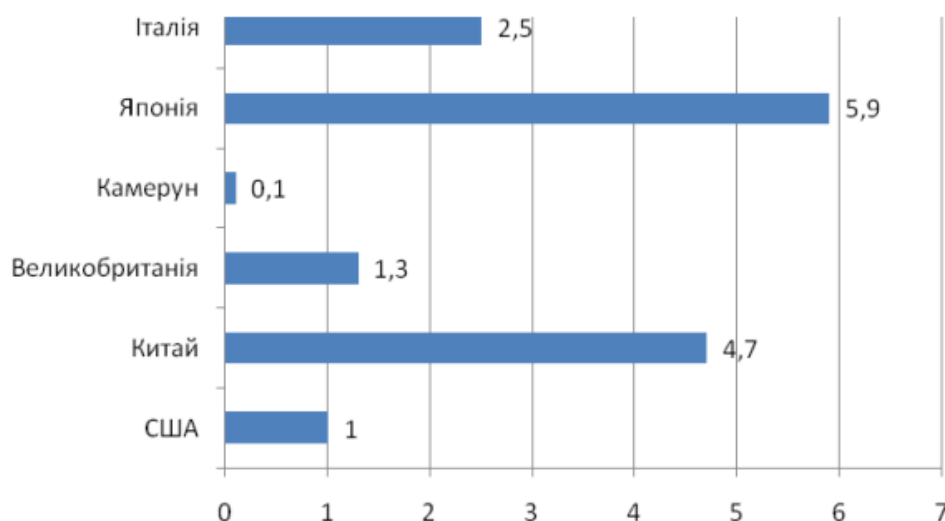


Рис. 1.1 - Надходження пестицидів до світового доквілля

У зв'язку з цим активно ведуться дослідження зі створення різних біологічних засобів захисту рослин, а також удосконалення технологій їх

застосування. Так, у «Концепції розвитку аграрної науки та наукового забезпечення агропромислового комплексу на період до 2025 року», важливе значення надається створенню інноваційних біопрепаратів із захисту рослин, які дозволять знизити пестицидне навантаження на одиницю площі та вміст залишкових кількостей пестицидів у продукції рослинництва, зберегти біорізноманіття, стабілізувати фітосанітарну обстановку, скоротити рівень втрат урожаю та збільшити рівень рентабельності виробництва [25].

Більше половини загального обсягу світового ринку біологічних засобів захисту рослин споживається Північною Америкою (насамперед США), близько 40% – європейськими країнами. Лідерами з виробництва біологічних засобів захисту рослин є Японія, США та Китай, на які в сукупності припадає понад 350 зареєстрованих препаратів. За даними укрспоживслужби на 2021 р. на території країни зареєстровані та дозволені до використання понад 40 біологічних препаратів для захисту рослин та регуляторів росту. З них близько 50% посідає частку біологічних фунгіцидів.

За прогнозами дослідницьких компаній, світовий ринок біологічних засобів захисту рослин має сприятливі перспективи розвитку. Насамперед, це з ростанням платоспроможного попиту на екологічно чисту сільськогосподарську продукцію [13].

Однак використання біологічних засобів захисту обмежує той факт, що фізико-механічний вплив на мікробіологічну клітину може бути різним. Фізичні фактори впливу у вигляді температури, тиску, освітлення, хімічних речовин при перевищенні певних значень можуть призводити до незворотних змін у клітинах мікроорганізмів біопрепаратів, що впливають на їхню життєдіяльність [18]. Тому спеціальні технічні засоби, призначені для застосування біологічних препаратів для обробки насінневого матеріалу, що в даний час не знаходять широкого застосування [16].

1.2 Агротехнічні вимоги до передпосівної обробки насіння засобами захисту

Сівба насінням зернових культур, обробленими засобами захисту рослин, забезпечує підвищення їх врожайності, ефективності одержання продовольчих ресурсів та кормів, а також захищає рослини від насінневої та ґрунтової інфекцій [36].

Обробка насіння засобами захисту забезпечує [36]:

- знезараження насіння від збудників різних хвороб та патогенних мікроорганізмів;
- зниження пошкодження сходів кореневими гнилями та шкідниками, що мешкають у ґрунті;
- стимулювання фізіологічних процесів та розвиток рослин;
- зменшення впливу травматичних ушкоджень насіння, а також запобігання розвитку на пошкоджених ділянках хвороботворних організмів.

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що найбільш поширеними способами передпосівної обробки насіння засобами захисту є такі [36]:

- мокре протруювання;
- протруювання із зволоженням;
- напівсухе протруювання;
- сухе протруювання;
- термічний спосіб обробки.

Відповідно до агротехнічних вимог до передпосівної обробки насіння, що підлягає протруюванню, має відповідати ДСТУ. Порошкоподібні, пастоподібні та рідкі розчинні у воді препарати, норми їх витрати та терміни протруювання також повинні відповідати стандартам.

Протруювання не має знижувати схожість та енергію проростання насіння.

Якісна передпосівна обробка насіння засобами захисту прямо залежить від комплексного виконання необхідних агротехнічних вимог [36]:

- своєчасність знезараження посівного матеріалу;
- повне та рівномірне покриття насіння засобами захисту;
- недопущення травмування насіння в процесі протруювання або передпосівної обробки;
- дотримання заданої норми витрати хімічних препаратів для конкретної партії посівного матеріалу;
- висока продуктивність машин, безпека їх у роботі, надійність в експлуатації, зручність в обслуговуванні;
- вологість насіння не повинна перевищувати встановлених стандартів.

Насіння з вологістю вище 15% слід обробляти за два-три дні до сівби, а з нижчою вологістю – завчасно. Вибір способу обробки залежить від хімічного складу протруйників, біології збудників захворювання або шкідників, сорту, стану та ступеня зараженості насіння, умов їх обробки та інших факторів [6, 7, 8].

Ефективність передпосівної обробки насіння залежить від багатьох факторів, серед яких найважливіше значення має правильна організація технологічного процесу [9].

Перед проведенням передпосівної обробки насіння засобами захисту необхідно ознайомити обслуговуючий персонал та допоміжних робітників з особливостями технології обробки, а також навчити правилам поведінки з хімічними препаратами, пристроєм та регулюванням машин, технікою безпеки при роботі з агрохімікатами [36].

Властивості посівного матеріалу – це основа якісної передпосівної обробки насіння. Вони повинні бути чистими, мати гарантовану високу здатність до проростання і польову схожість. При протруюванні насіння з вологістю вище 16% польова схожість насіння знижується [36].

Найважливішою передумовою для протруювання є ретельне очищення насіння. У зв'язку з тим, що навіть у добре очищеному посівному матеріалі після багаторазового транспортування знову утворюється зернова дрібна фракція, наприкінці транспортного шляху перед протруюванням рекомендується встановлювати додаткове сортування.

Таке додаткове очищення економічне і надійно запобігає попаданню запиленого зерна в протруювач.

Поряд із пилом та зерною дрібницею на якість протруювання впливають об'ємна маса 1 гл/л та маса тисячі зерен (МТЗ). У процесі обробки на кожен зернівку необхідно нанести 1/2000-1/10 000 мл робочого розчину. Чим вище МТЗ, тим менше насіння необхідно обробляти певною кількістю протруйника. Це позитивно впливає на якість обробки.

Для ячменю важливу роль відіграє ступінь видалення остюків. Однак разом з цим не слід видаляти квіткові лусочки, оскільки в очищеному від квіткових лусочок насінні накопичується значно більше діючої речовини, ніж у насінні з невіддаленими лусочками. У той же час, якщо очищене від квіткових лусочок насіння може бути пошкоджене через перетравлення, то для решти насіння може не вистачити діючої речовини для достатнього захисту. Це стосується і частково очищеного від квіткових лусочок вівса. Тому, чим краще очищений посівний матеріал, тим вище об'ємна маса і тим рівномірніше і краще насіння піддається передпосівної обробки.

Таким чином, стає очевидним, що у технологіях обробки сільськогосподарських культур використовується велика кількість способів передпосівної обробки насіння засобами захисту. Важливою умовою для успішного їх застосування є відповідність агротехнічним вимогам. Проте в реальних умовах їх вимоги не виконуються через низьку якість покриття поверхні насіння засобами захисту, а технічні засоби характеризуються низькою продуктивністю, високою витратою дорогих препаратів та травмуванням насінневого матеріалу [37].

1.3 Способи обробки насіння захисними препаратами

Застосування конкретних способів передпосівної обробки насіння засобами захисту та форми препаратів залежить від мети їх проведення, наявності технічних засобів для здійснення технологічної операції та умов реалізації процесу [38].

Сухе протруювання є найпростішим способом. Проводиться лише у спеціальних машинах [11]. Має низку недоліків: препарат нерівномірно розподіляється на насінні і погано на них утримується, а в місцях обробки створюється висока запиленість.

При обробці зі зволоженням витрата води коливається від 5 до 10 літрів на 1 тону насіння. Вологість насіннєвого матеріалу істотно не змінюється і їх просушування не потрібно. До цього способу відноситься протруювання рідкими препаративними формами, що застосовуються при низькій нормі витрати препаратів з додаванням води та без неї. Протравлення зі зволоженням, як і сухе, необхідно проводити тільки з використанням спеціалізованої техніки [11].

Мокре протруювання проводиться шляхом обприскування, поливу або намочування насіннєвого матеріалу розведеними водними розчинами або суспензією порошків, що змочуються. Після обробки насіння просушують до нормальної вологості.

Гідрофобізація – це передпосівна обробка розчинами полімерних речовин. Сприяє утворенню на насінні тонкої, щільно прилеглої плівки. Включає протруйники фунгіцидного або комплексного інсекто-фунгіцидного і бактерицидного впливів. У цьому випадку протруйник добре утримується на поверхні насіння, забезпечується максимальна активність препарату, стійкість насіння до знижених температур ґрунту, збільшується схожість та врожайність культур [16].

Мікроорганізми, що використовуються в біологічних препаратах захисту рослин, мають велику різноманітність як за формою випуску (агрегатний стан), так і за методом впливу на збудники хвороб та шкідників рослин. У сільському господарстві застосовуються біологічні засоби різної промислової форми [16]:

- змочувальні порошки (приготування суспензії);
- гранульовані препарати (гранулят);
- розчинні порошки (приготування розчину);
- водні розчини (готові препарати);

- мінерально-масляні емульсії (на основі мінеральних масел для приготування емульсії);

- концентрати емульсії (рідкі або у вигляді пасти);
- концентровані суспензії (розчини у вигляді сметаноподібної маси);
- пасти (препарати мазеподібної форми).

Розчинні порошки мають ту перевагу, що вони прості в використанні.

Навіть у найпростіших установках, наприклад у барабанах, забезпечується дуже хороший і рівномірний їх розподіл на насінні. Крім того, посівний матеріал можна обробляти незалежно від температури навколишнього середовища, навіть за сильного морозу [12].

При сухому протруюванні негативно позначається недостатнє прилипання препарату. За певних умов це може призвести до пиловиділення на місцях роботи персоналу та значних втрат діючої речовини (до 30%). Пил і зернова дрібниця в посівному матеріалі сприяють збільшенню втрат діючої речовини. Шляхом додавання води та прилипачів (наприклад, 500 мл 1% декстрованого розчину на 100 кг) пиловиділення та втрати діючої речовини значно скорочуються.

Порошкоподібні протруйники, що змочуються, попередньо розбавляються водою в змішувальній посудині з подальшим їх використанням в рідкому вигляді. Їх прилипання краще, ніж сухих протруйників, причому вона може бути покращена за рахунок додавання спеціальних прилипачів (наприклад, 5-10 г декстрину на 100 кг посівного матеріалу). Враховуючи фізичні властивості води, протруйники у вигляді порошку, що змочує, мають застосовуватися у співвідношенні 1000 мл/100 кг, щоб забезпечити рівномірний розподіл протруйника. Протруйники цього типу, як і решта препаратів на водній основі, не можна використовувати при сильних морозах. Відсутність пиловиділення та органічних розчинників, а також простота очищення установок водою робить протруйники цього зручними для обслуговуючого персоналу і нешкідливими для зовнішнього середовища [12, 13].

Водорозчинні порошки є вже готовими до використання рідкими протруйниками (суспензією) на основі води з подібними властивостями, як у

порошків, що змочуються. Завдяки їхній здатності розбавлятися у воді вони також придатні для застосування у простих установках.

Концентрати суспензії на відміну від водних суспензій є справжніми розчинами, але на основі органічних розчинників. У вигляді готових до застосування препаратів із нормою витрати 100-200 мл/100 кг насіння. Вони зручні у застосуванні при одночасно хорошому прилипанні. Проте розподільність препаратів із зернівки задовільна через підвищену їхню в'язкість. У процесі приготування таких протруйників відбувається випаровування в докілья органічних розчинників; очищення протруювачів після протруювання насіння необхідно проводити за допомогою аналогічних розчинників [17].

Через проблеми при використанні протруйників цього типу (корозія частин протруйників та сівалок, їх недостатня стійкість на охолодженні), а також через небезпеку негативного впливу органічних розчинників на посівний матеріал та його схожість останніми роками їх все частіше і частіше замінюють водорозчинними суспензіями.

Водорозчинні суспензії мають ряд переваг: вони не є вогнебезпечними, не випаровуються, техніка, в якій вони застосовуються, менше піддається корозії і добре промивається водою. Вони дозволяють успішно здійснювати протруювання за рахунок таких властивостей [37]:

- можливість точного дозування;
- дуже хороше прилипання (зазвичай не нижче 98%);
- рівномірний первинний та гарний додатковий розподіл в установці для протруювання;
- використання рідини протруювання у різних типах установок для протруювання завдяки можливості варіабельного розведення протруйника водою;
- можливість змішування різних продуктів, у тому числі фунгіцидів та інсектицидів.

Так як при використанні протруйників цього типу відбувається седиментація, їх до внесення слід гомогенізувати струшуванням або збовтуванням. При розведенні через небезпеку седиментації суспензії під час зберігання періодично

необхідно збовтувати. Недоліком цього типу протруйників є те, що вони можуть знижувати плинність протруєного посівного матеріалу, що збільшує його обсяг і негативно впливає на затарювання [38].

Отже, можна зробити висновок, що в кожному конкретному випадку використовують певні способи та форми засобів захисту рослин.

1.4 Аналіз технічних засобів для обробки насіння засобами захисту

Технологія нанесення препарату на насіння є одним із вирішальних факторів, від яких залежить ефективність обробки насіння. Сучасні установки для протруювання насіння препаратами придатні для обробки великих кількостей посівного матеріалу. Обробка насіння може проводитися безпосередньо на місцях – у господарствах, або централізовано – на потокових лініях насінневих заводів або в спеціалізованих сервіс-фірмах, які мають різні типи препаратів (рис. 1.2).

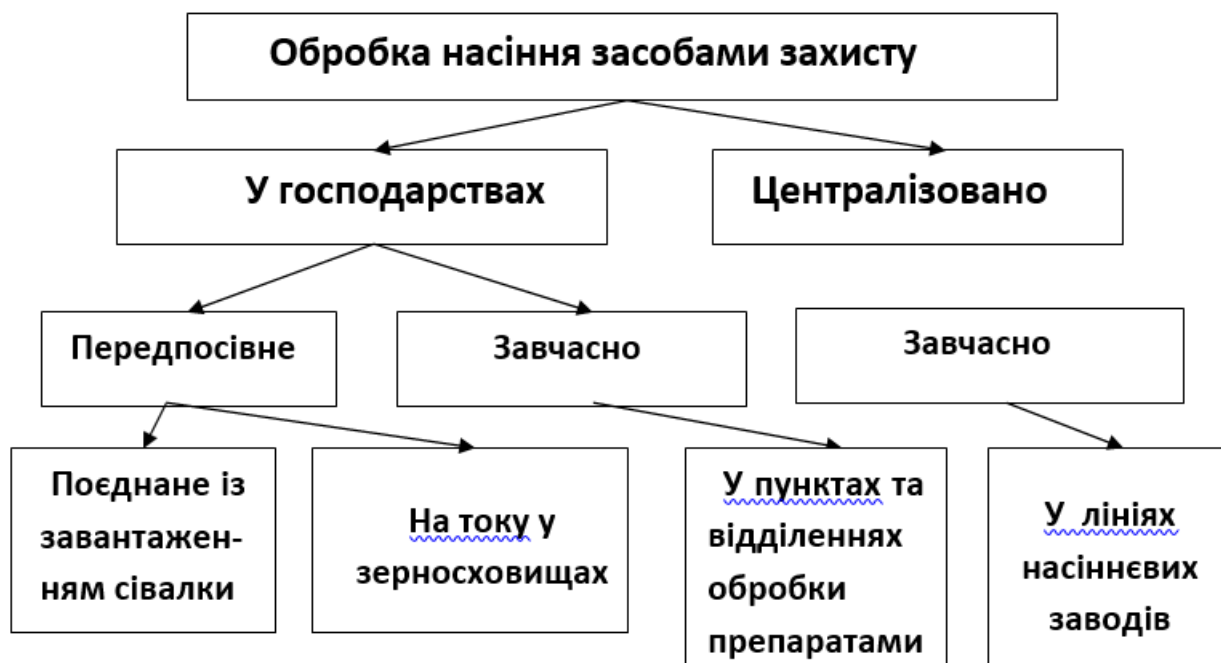


Рис. 1.2 - Організація обробки насіння засобами захисту

Активний розвиток виробництва біологічних засобів захисту рослин на промисловій основі та широкомасштабне їх використання у сільському господарстві почалося в останні 15-20 років [38]. При цьому для застосування

біологічних засобів захисту переважно використовують засоби механізації, призначені для роботи з хімічними препаратами [29].

Розглянемо основні технічні рішення, які використовуються у механізації нанесення засобів захисту рослин на насіння. На рисунку 1.3 наведено установку для обробки насіння сільськогосподарських культур із шнековим транспортуючим органом, що одночасно забезпечує перемішування насіння з робочим розчином. З метою рівномірності нанесення отрутохімікатів органи розпилювання розміщені всередині камери і закріплені на протилежних її поздовжніх стінках з направленням факелів розпилу поперек падаючого потоку насіння [21].

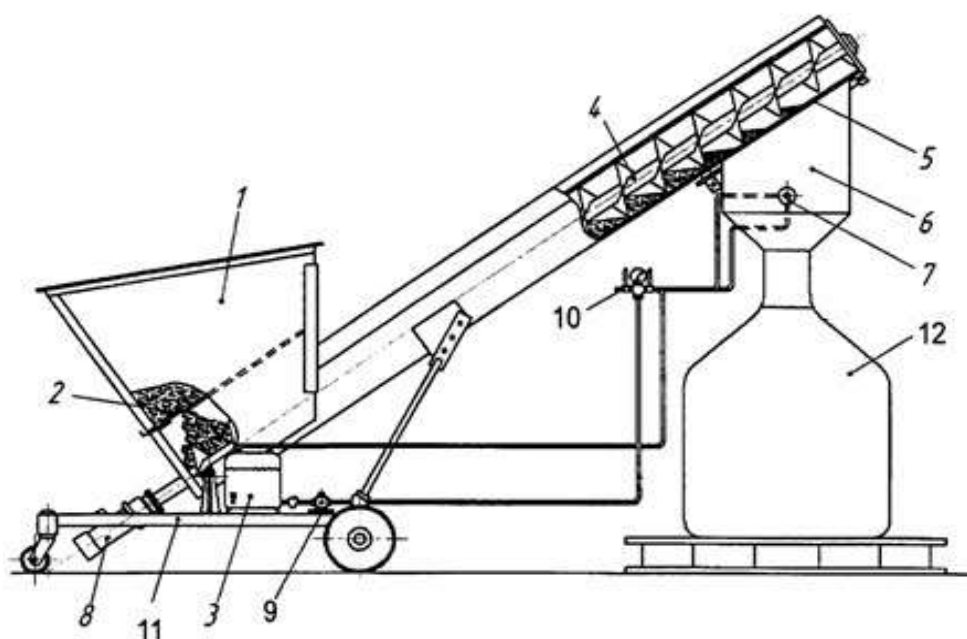


Рис. 1.3 - Установка шнекового типу обробки насіння: 1 – завантажувальний бункер; 2 – дозатор насіння; 3 – бак; 4 – шнек; 5 – решето; 6 – камера розпилювання; 7 – форсунка; 8 – електропривод; 9 – насос; 10 – регулятор тиску; 11 – рама; 12 – вивантажувальний бункер

Установку для обробки широкого спектру типів насіння, включаючи пшеницю, ячмінь, овес, горох та сочевицю (рис. 1.5) спроектовано на базі шнекового транспортера насіння [24, 25]. Вона включає вивантажувальний шнек, нижня частина якого приєднана до контейнера з протруювачем, що дозує стрічковий конвеєр, електронну систему керування з сенсорним екраном. Електронна система керування містить попередньо запрограмовані режими

обробки. Дозуючий конвеєр точно вимірює витрати посівного матеріалу та автоматично регулює насос, забезпечуючи точне дозування вмісту для оптимальної обробки. Це знижує втрати при одночасному підвищенні якості обробки насіннєвого матеріалу.

Установку для одночасного можливого нанесення чотирьох різних протруйників представлено на рисунку 1.5. Рівномірна подача насіння в камеру



Рис. 1.4 - Установка для обробки насіння STROM WestfieldIndustries

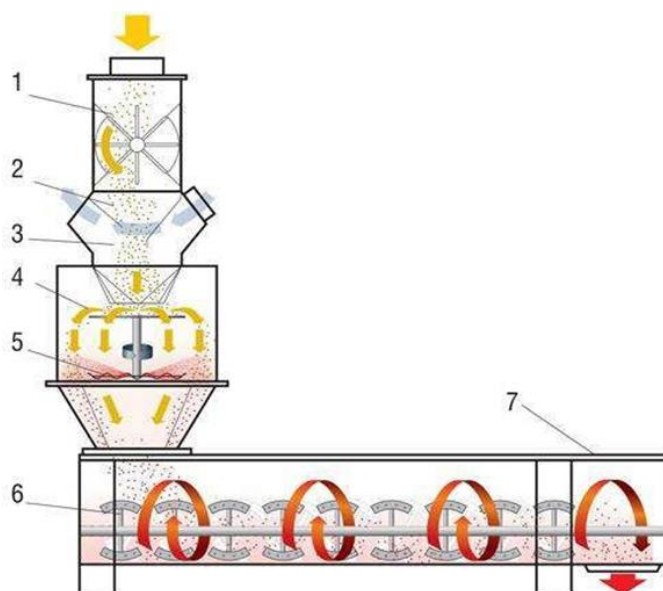


Рис. 1.5 - Установка для обробки насіння СТ 25 РЕТКУС Technologie GmbH:
1 – шлюзовий дозатор; 2 – завантажувальне вікно; 3 – поперечний повітряний сепаратор; 4 – диск розподілу насіння; 5 – диск-розбризкувач; 6 – додатковий змішувач із змінними лопатями; 7 – вихід насіння

забезпечується шлюзовим дозатором 1. У камері розпилення насіння розподіляється розподільним диском 4, що обертається до утворення насінневої «завіси». Хімікат рівномірно та дрібнодисперсно розпорошується диском-розбризкувачем 5, розташованим під розподільником насіння диском. Потім матеріал потрапляє у вторинну камеру змішування. Змонтовані в ній лопаті з прямим та зворотним ходом забезпечують додаткове інтенсивне перемішування насіння та хімікатів.

Пристрій, що дозволяє збільшити інтенсивність перемішування насіння з отрутохімікатом шарами, наведено на рисунку 1.6. Його барабан 1 виконаний з еластичного матеріалу у вигляді спірально-гофрованого циліндра, закріпленого на приводному 3 і вихідному 4 дисках. Приводний диск 3 жорстко закріплений на валу 4. Вихідний диск 4 виконаний з можливістю осевого переміщення та обертання на приводному валу та забезпечений упором 5, що взаємодіє з фіксатором 6, укріпленим на рамі 7.

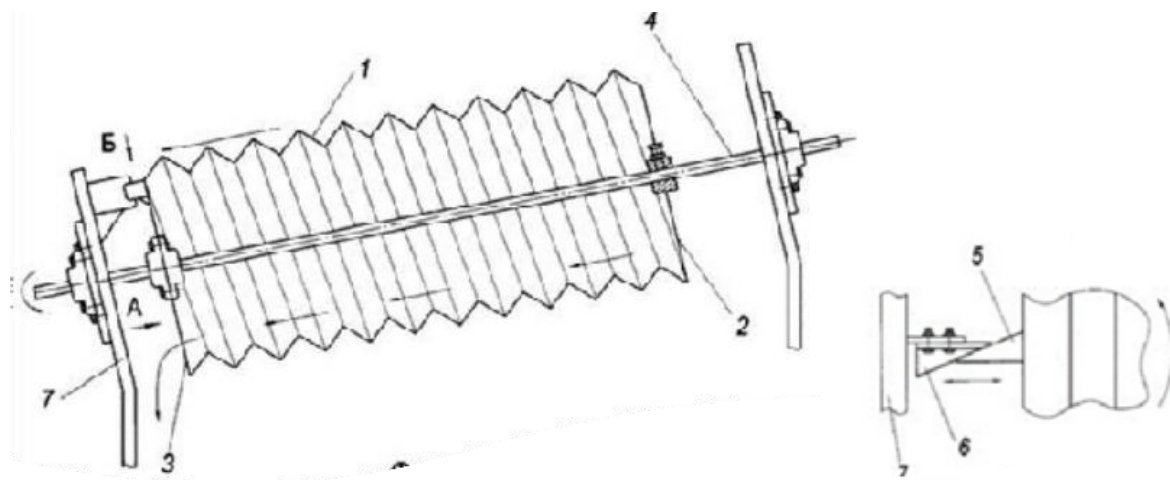


Рис. 1.6 - Пристрій для обробки насіння препаратами барабанного типу:
1 – барабан; 2 – приводний диск; 3 – вихідний диск; 4 – вал; 5 – упор; 6 – фіксатор;
7 – рама

Протруювач для обробки насіння пневмомеханічного типу представлений на рисунку 1.7. Він включає бункер для насіння 1 з дозатором, вихідний отвір виконано регульованим і камеру протравлення насіння 4, оснащено розпилювачами високого тиску, що направлені на зустріч потоку насіння.

Підвищення якості обробки насіння та зниження травмування обумовлено за рахунок заміни механічних завантажувальних пристроїв нерухомим гвинтовим робочим органом та шлюзовим затвором у камері протруювання насіння. Одночасно покращується якість покриття насіння розчином робочої рідини, оскільки застосовується дрібнодисперсне розпилення робочої рідини та використання суміші повітря та робочої рідини по замкнутому циклу.

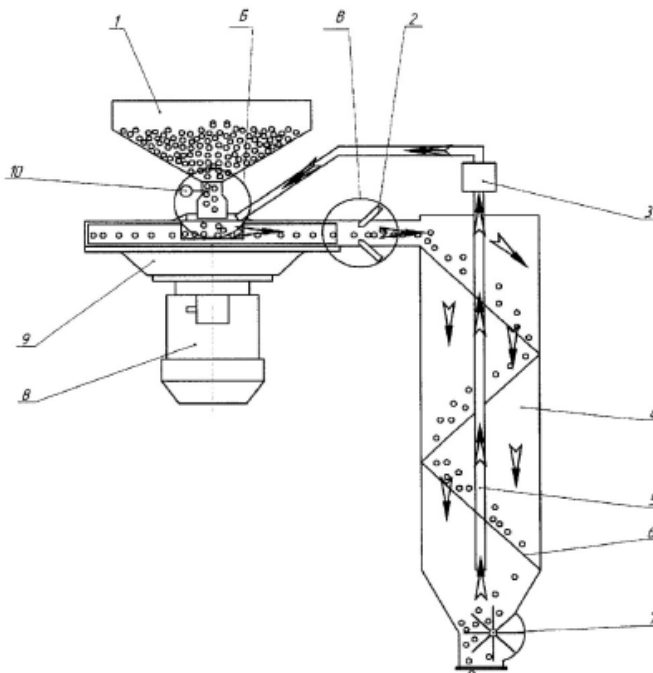


Рис. 1.7 - Установа для обробки насіння: пневмомеханічного типу:
 1 – бункер для насіння; 2 – розпилювач високого тиску; 3 – фільтр; 4 – камера протруювача; 5 – канал; 6 – гвинтовий робочий орган; 7 – шлюзовий шибер; 8 – електродвигун; 9 – вентилятор; 10 – колесо

Пристрій, що забезпечує приведення насіння у псевдозріджений стан, представлено на рисунку 1.8. За рахунок з'єднання в камері 3 циклічних коливань кулачками 7 вала 9, закріпленого під камерою 3, забезпечується оптимальна амплітуда і висока частота коливань, при якій досягається псевдозріджений стан, а в результаті здійснюється рівномірне нанесення частинок речовини протруювача на поверхню насіння та їх рівномірне перемішування.

Аналіз технічних рішень основних типів протруювачів [22] показує, що для обробки поверхні насіння сільськогосподарських культур засобами захисту рослин

розроблено шнекові, камерні, барабанні, пневмомеханічні та комбіновані протруювальні машини. Відомі машини забезпечують такі способи обробки насіння: з зволоженням, сухий, напівсухий, мокрий, дрібнодисперсний, плівкоутворюючий [20, 23].

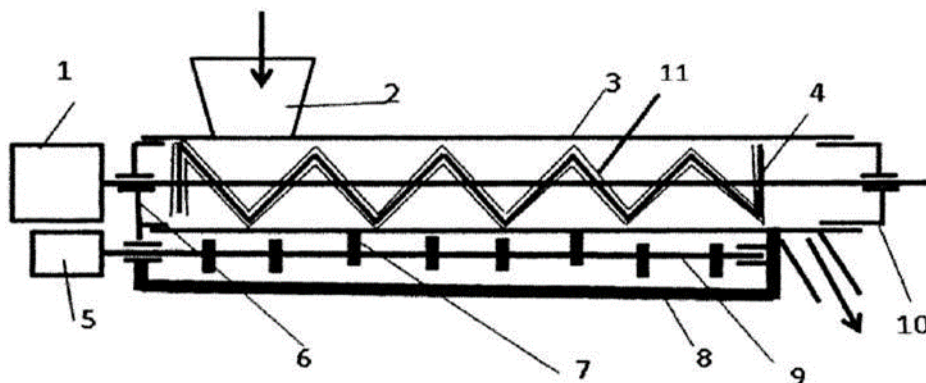


Рис. 1.8 - Спосіб передпосівної обробки насіння та пристрій для його здійснення: 1 – привод шнека; 2 – бункер; 3 – камера обробки; 4 – шнек; 5 – привод спонукача; 6 – опора; 7 – циліндричні кулачки; 8 – рама; 9 – вал спонукача; 10 – опора; 11 – чохол

Установки для обробки насіння виконані мобільними або стаціонарними і, як правило, оснащені завантажувальним бункером або пристроєм, що подає, дільником потоку насіння, камерою обробки, змішувачем робочого складу, розпилювачами робочого складу, дозуючими пристроями подачі насіння і робочого складу, вивантажувальним пристроєм, приводами робочих органів [26].

Подача насіння в камеру обробки забезпечується із спеціального бункера або безпосередньо з бурта за допомогою транспортуючих пристроїв механічного або пневматичного типу. Переміщення оброблюваної маси насіння здійснюється повітряним потоком, самопливом під дією сили тяжіння, шнеком чи транспортером [32].

Рівномірність покриття поверхні насіння робочим складом забезпечується установкою пристроїв для розподілу потоку насіння, що надходять до камери обробки. Вони виконані у вигляді плоских чи сферичних дисків, що мають гладку або ребристу поверхню. Для цих цілей часто застосовуються робочі органи конічної форми. У більшості машин робочі органи для розподілу потоку насіння

виконані обертовими навколо своєї осі і мають електричний або гідравлічний привод [27, 28].

Подача робочого складу в камеру обробки в більшості машин здійснюється під тиском через розпилювачі. Як розпилювачі застосовуються щілинні форсунки, ежектори, відцентрові розподільники. В окремих випадках застосовується подача робочого розчину самопливом.

Камери обробки насіння, якщо вони складають окремий робочий орган, виконані циліндричної форми з вертикальним або горизонтальним розташуванням. Вони також можуть бути поєднані з транспортуючим робочим органом установки. І тут вони мають похиле розташування.

Ряд установок оснащені аспіраційно-очисною системою, яка забезпечує видалення зайвої кількості робочого складу з камери обробки для використання її за замкненим циклом. За результатами аналізу літературних джерел встановлено, що підвищення продуктивності та зниження витрат на обробку насіння досягається поєднанням її з процесом навантаження насіння шляхом встановлення камери обробки на транспортуючих робочих органах вантажних машин. Рівномірність обробки поверхні насіння робочим складом досягається подачею робочого складу в камеру обробки під тиском через розпилювачі різної конструкції та встановленням розподільників потоку насіння, що подається в камеру обробки, для забезпечення максимального контакту кожної зернівки з робочим розчином.

Результати аналізу показали, що абсолютна більшість технічних засобів для обробки поверхні насіння сільськогосподарських культур перед посівом призначена для роботи з хімічними засобами захисту рослин. Тому доцільним є створення нових технічних рішень у цій галузі, які враховують особливості застосування біологічних засобів захисту рослин. При цьому, для нанесення біологічного агента з максимальним збереженням його активності та дотриманням агротехнічних вимог до якості обробки насіння необхідно здійснювати робочі органи установок для обробки насіння біопрепаратами, де відбувається подача робочого складу та безпосереднє сполучення його з обробленим насінням, тобто – розпилювачів робочого складу та камери обробки.

1.5 Способи нанесення біопрепаратів на насіння та контроль якості

Одним з основних параметрів, що визначають якість обробки насіння біопрепаратами, є активність біологічних агентів, що входять до їх складу. Відомо, що на біологічні агенти біопрепаратів істотно впливають тиск у системі розпилення, температура робочої рідини та конструкція розпилювача, а також їх спільна взаємодія [30, 31].

При протруюванні насіння використовуються різні машини зі схожими технічними характеристиками та технологічними процесами розпилення, де тиск у системі розпилення для отримання необхідної дисперсності розпилення 0,3... 0,5 МПа. Нагрівання робочої рідини в таких машинах не передбачено.

Нанесення робочого складу біопрепарату на поверхню насіння в основному здійснюється методом розпилення його на частинки розміром 50...300 мкм. Їх величина обумовлена вимогами до технологічного процесу протруювання насіння захисно-стимулюючими препаратами [18, 19].

Для оцінки впливу розпилювача та технологічних параметрів розпилення біопрепаратів проводять порівняльні випробування різних розпилювачів під час роботи різними біологічними препаратами. При дослідженні впливу розпилювачів на життєдіяльність мікроорганізмів біологічних препаратів використовував виготовлену установку, що складається з бака, насоса, манометра, розпилювачів та колб. Вивчено вплив тиску в системі розпилення на зростання та розвиток бактерій *Bacillus 26Д*. При застосуванні бакової суміші для обприскування мікроорганізмів необхідно обмежитися тиском 0,45 МПа. Застосування вищих режимів обприскування позначається зниження кількості життєздатних бактерій.

Необхідно враховувати правила транспортування біопрепаратів. Оскільки якість біопрепаратів знижується і навіть повністю втрачається під час промерзання, під впливом високої температури, підвищеної вологості, прямого сонячного світла. Біопрепарати потрібно як транспортувати, так і зберігати у відповідних умовах. Дуже важливо це дотримуватися стосовно особливо рідких препаратів [7, 8].

Оцінюючи дисперсності розпилу використовують різні методи. Основною з них це отримання відбитків крапель на поверхні. Як імітуючий робочий склад може використовуватися розплавлений парафін.

Наприклад, для випробування та калібрування розпилювачів засобів захисту рослин розроблено стенд, що імітує польові випробування. Він містить стрічковий транспортер з регульованою швидкістю руху та штангу, встановлену з можливістю вільного переміщення на гнучких гідрокомунікаціях, як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах, що розташована над транспортером. На штанзі кріпляться картки для дослідження розпилювачів. Осілі краплі розглядають за допомогою ручного мікрокопіювання. Недоліком цього способу є велика трудомісткість методу.

Інший метод заснований на наведеному вище. Після висихання картки сканують у чорно-білому спектрі на комп'ютері та наносять зображення на міліметрову сітку. Далі проводять замір та розрахунок середнього медіанного розміру сліду крапель. Недоліком є висока трудомісткість методу та видалення частини інформації про розмір крапель у процесі конвертування зображення.

Також існує метод визначення дисперсності розпилу з використанням пластинок, покритих шаром сажі або окису магнію. Краплі, ударяючись об поверхню, залишають сліди, які можна виміряти під мікроскопом.

Одним із методів є розпилення забарвленої рідини на пластинки зі скла з нанесеним шаром трансформаторної олії, які потім розглядають під мікроскопом.

Відомий також метод фотографування крапель, що летять, у високій рішенті з подальшою обробкою графічними програмами [39].

У ряді досліджень використовують метод уловлювання розпиленних частинок рідину. Для цього використовують платівки зі скла з нанесеним на них гліцерином. Частки, що потрапили в гліцерин розглядаються під мікроскопом.

Загальним недоліком наведених вище методів є висока трудомісткість та суб'єктивна оцінка отриманих результатів.

Для визначення рівномірності розподілу біологічного агента по поверхні насіння, продуктивності робочих органів та витрати робочої рідини необхідно

проведення комплексного випробування робочих органів (машин). Тому що виникає необхідність підтримання необхідної якості протруювання при потрібній витраті по насінню та робочій рідині.

Для здійснення контролю рівномірності обробки насіння вчені використовували метод, заснований на техніці газорідинної хроматографії. Метод базується на екстракції флудіоксонілу із зразків малих проб насіння органічним розчинником з подальшим кількісним визначенням діючої речовини методом газорідинної хроматографії з використанням термоіонного детектора. Повноту протруювання та фактичну витрату препарату оцінюють за фактичним вмістом препарату в 1 т посівного матеріалу, ступінь рівномірності обробки – за величиною коефіцієнта варіації розподілу протруйника за насінням. Проте метод не дає однозначної відповіді на питання щодо відсоткового співвідношення площі покритої розчином.

Продуктивність машин для протруювання вчені визначали шляхом розрахунку часу проходження заздалегідь зваженого обсягу насіння від бункера з відкритою на задану величину заслінки до його виходу з розвантажувального шнека. Недоліком цього методу є те, що ними не враховувалося початкове заповнення та вихід залишків насіння із протруювача, що знижує точність визначення пропускної спроможності камери протруювання.

Кількість робочої рідини, необхідної для протруювання насіння, визначається шляхом виміру її кількості в баку до і після проведення травлення, а також методом газорідинної хроматографії [14].

Таким чином, подальший розвиток способів нанесення біопрепаратів на поверхню насіння повинен йти шляхом удосконалення робочих органів – змішувальної камери та розпилювальних пристроїв, які враховують особливості мікроорганізмів біологічних засобів захисту рослин та мають мінімальний негативний вплив на їх життєздатність.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ НАСІННЯ БІОПРЕПАРАТАМИ

2.1 Конструктивно-технологічна схема установки для обробки насіння біопрепаратами

Технічні засоби, що використовуються для обробки насіння сільськогосподарських культур перед посівом, здебільшого призначені для роботи з хімічними засобами захисту рослин. Вони не враховують негативний вплив різних фізичних факторів на біологічні агенти, що входять до складу біопрепаратів. Такі фактори, як температура, тиск, освітленість при перевищенні певних значень можуть призводити до незворотних змін у клітинах мікроорганізмів і, як наслідок, знижувати ефективність застосування біологічно препаратів [15]. Тому створення технічних засобів, що враховують особливості застосування біологічних засобів захисту рослин, є актуальним завданням.

Конструктивно-технологічна схема установки для обробки насіння біопрепаратами представлена на рисунку 2.1. Основними складальними одиницями розробленого пневмомеханічного протруювача є камера для обробки насіння біопрепаратами (рис. 2.2) та розпилювач (рис. 2.3) робочого складу біопрепарату. Широкий діапазон регулювання тиску оригінальним розпилювачем, а також пневматичний спосіб нанесення робочого препарату на насіння дозволяє використовувати біологічні препарати для проведення робіт з підготовки насіння до посіву [15].

Насіннєвий матеріал (рис. 2.1) подається шнеком 10 в камеру обробки, де на нього діє створений вентилятором 16 повітряний потік, що надходить у повітропровід 7. Величина тиску повітря регулюється заслонкою подачі 8 з метою досягнення насінням швидкості вітання та створення тим самим найбільш псевдозрідженого потоку насіння, назустріч якому розпорошується розпилювачами форсунок 6 робоча рідина. Робочий препарат в розпилювачі

подається з бака 18 під тиском, створюваним насосом 19 робочої рідини. В результаті відбувається рівномірне нанесення препарату на поверхню насіння.

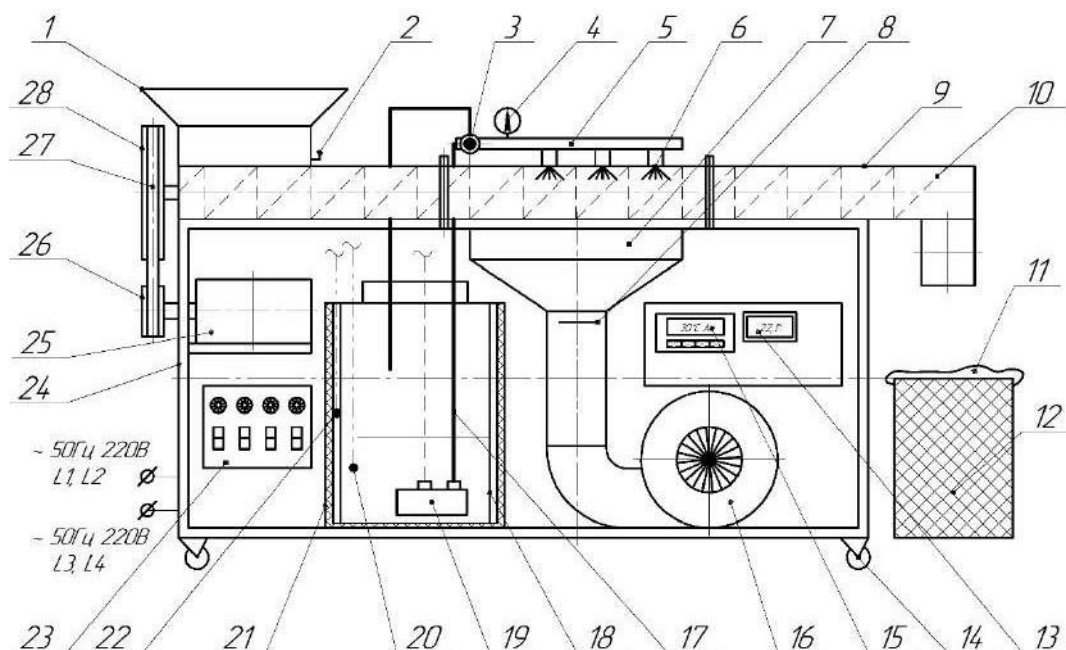


Рис. 2.1 - Конструктивно-технологічна схема установки для обробки насіння біопрепаратами: 1 – завантажувальний лоток; 2 – заслінка регулювання подачі насіння; 3 – регулятор тиску рідини; 4 – манометр; 5 – труба подачі рідини; 6 – форсунка з розпилювачем; 7 – повітропровід; 8 – заслінка регулювання подачі повітря; 9 – корпус шнека (3 частини); 10 – шнек; 11 – мішок; 12 – кошик для мішка; 13 – показчик температури рідини; 14 – колесо; 15 – регулятор температури; 16 – вентилятор; 17 – трубопровід подачі рідини; 18 – бак робочої рідини; 19 – мембранний насос; 20 – датчик температури рідини; 21 – нагрівальний елемент; 22 – датчик температури нагрівального елемента; 23 – блок керування (шнек, насос, нагрівання рідини, вентилятор); 24 – рама; 25 – електродвигун; 26 – шків електродвигуна; 27 – пас; 28 – шків шнека

Камера обробки (рис. 2.2) призначена для створення умов рівномірного розподілу рідких біологічних засобів захисту рослин на насінневий матеріал. З цією метою в конструкції передбачений дифузор 3, що забезпечує створення ламінарного потоку повітря.

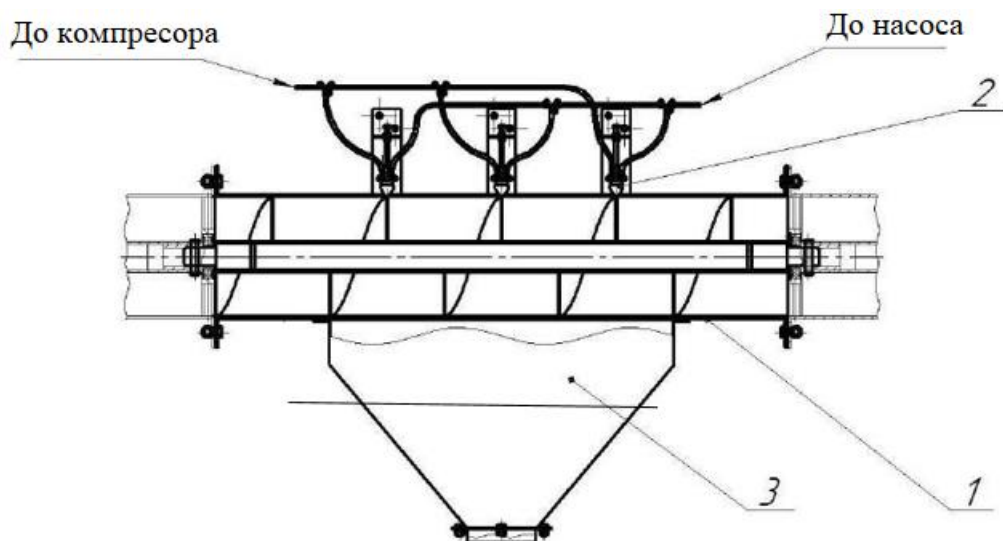


Рис. 2.2 - Схема камери обробки: 1 – камера обробки; 2 – розпилювач; 3 – дифузор

Розпилювач (рис. 2.3) робочого складу біопрепарату призначений для розпилення рідких біологічних засобів захисту рослин на насінневий матеріал та створення умов збереження життєздатності біологічних агентів [3].

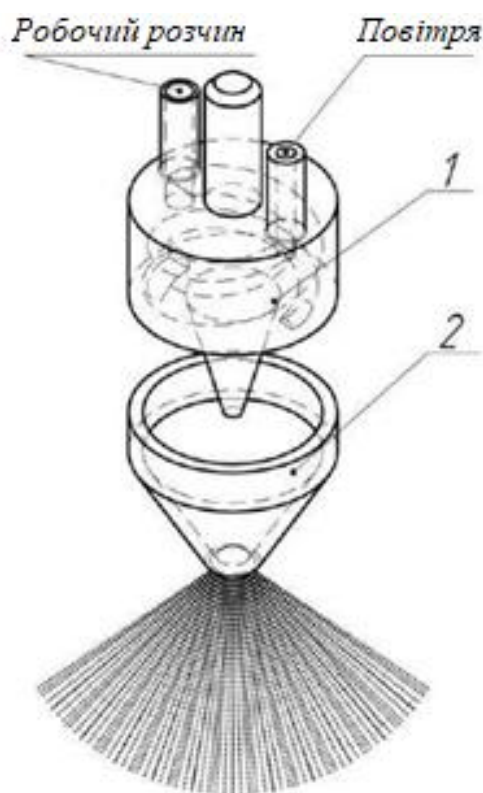


Рис. 2.3 - Розпилювач: 1 – корпус; 2 – сопло

Розпилювач біопрепарату робочого складу складається з корпусу розпилювача 1, усередині якого є два канали у формі циліндричної гвинтової лінії які не перетинаються між собою. У нижній частині корпусу розпилювача 1 розташований регулювальний конус. На зовнішню різьбову частину корпусу форсунки накручується сопло 2, що має форму зрізаного конуса, з отвором на вершині. У канали розпилювача встановлені два вхідні штуцери. В один з них подається робочий розчин, а в другий повітря під тиском. Робочий розчин і повітря, проходячи через гвинтові канали та змінюючи прямолінійний рух на гвинтовий, виходять з отворів під кутом до внутрішньої конусоподібної поверхні сопла 2. Відбувається інтенсивне змішування робочого розчину та повітря в камері змішування у внутрішній конусоподібній порожнині сопла розпилювача до утворення. Рух емульсії вниз конусоподібною поверхнею додатково розкручує її. Далі суміш робочого розчину та повітря проходить через щілину, утворену між отвором сопла та регулювальним конусом і розпорошується в камері обробки. Внаслідок того, що робочий розчин насичений повітрям, то згубного для бактерій перепаду тиску не відбувається. Тому для ефективного розпилення робочого розчину біопрепарату немає потреби створювати високий тиск. Розмір щілини між соплом та регулювальним конусом розпилювача можна регулювати при переміщенні сопла в осьовому напрямку по різьбовому з'єднанню, добиваючись ефективного розпилення.

Для забезпечення ефективної роботи розробленої установки необхідно обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри його основних складальних одиниць, зокрема камери обробки, де відбувається основний технологічний процес протруювання насіння, та розпилювача [10].

2.2 Обґрунтування параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами

Основним призначенням камери обробки є утворення псевдозрідженого шару насіння для якісної обробки біопрепаратами. З метою реалізації цього

явища розглянемо взаємозв'язок наступних параметрів: частоту обертання шнека, що транспортує, швидкість переміщення матеріалу, площа живого перерізу сітки. На рисунку 2.4 представлено схему для розрахунку параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами.

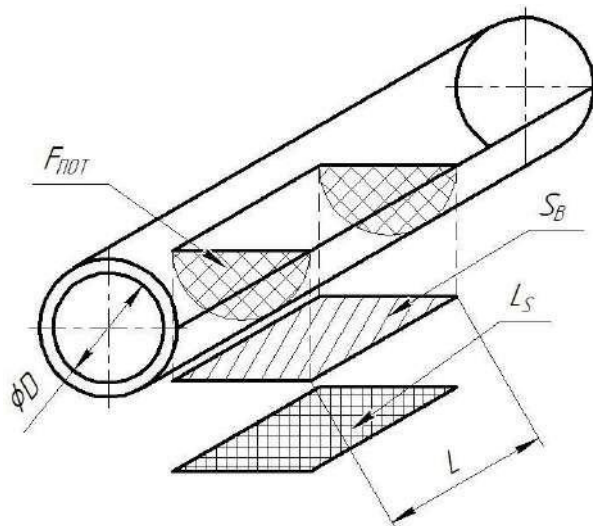


Рис. 2.4 - Схема для розрахунку параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами

Вихідними параметрами для розрахунку шнекового конвеєра камери обробки є:

- діаметр шнека;
- крок гвинта шнека;
- продуктивність транспортера.

За отриманими залежностями при різних значеннях продуктивності шнекового транспортера камери обробки обчислимо теоретично необхідну площу отворів повітропроводів для створення псевдозрідженого шару насіння (табл. 2.1). Діаметр і крок гвинта шнека приймемо рівним 0,2 м, а коефіцієнт «живого перерізу» сітки – 0,4, довжину отвору повітроводу – 0,6 м.

Таблиця 2.1

Теоретично необхідна площа перерізу отворів повітропроводу для створення псевдозрідженого шару насіння

Продуктивність шнекового транспортера, т/год	Площа отворів повітроводів, м ²	Продуктивність вентилятора, м ³ /год	Мінімально необхідний тиск, Па
5	0,08556	5135,4	537,2
6	0,08988	5394,6	613,7
7	0,0936	5616,0	687,8
8	0,09672	5805,0	760,5
9	0,09954	5972,4	831,5
10	0,10188	6112,8	902,7
11	0,10392	6237,0	973,2
12	0,10572	6345,0	1043,6
13	0,10728	6436,8	1114,5
14	0,10854	6512,4	1186,3
15	0,1095	6571,8	1259,5
16	0,11688	7014,6	1258,7
17	0,12564	7538,4	1244,4
18	0,13482	8089,2	1227,9

2.3 Визначення параметрів взаємодії повітряного потоку із шаром насіння у камері обробки

Розглянемо рух потоку повітря, що подається через отвір повітря, в камері обробки насіння, що задовольняє умові нерозривності:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0. \quad (2.1)$$

Виходячи з вищезазначеного, значення швидкостей потоку можна описати рівнянням для невязкої стискуючої рідини. Для цього скористаємось рівнянням Лапласа:

$$\nabla^2 u = 0, \quad (2.2)$$

де ∇ – оператор Гамільтона;

u – потенціал швидкості.

Тоді рівняння (2.1) набуде вигляду:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0. \quad (2.3)$$

У робочій зоні шар насіння у вигляді зважених частинок створює додатковий опір руху потоку повітря, що подається з отвору повітроводу і її перебіг у цій зоні істотно відрізнятиметься від решти області.

Прийmemo припущення про те, що взаємодія повітря, що подається з шаром насіння у вигляді твердих частинок.

Взаємодія потоку повітря із шаром насіння в камері обробки можна описати рівнянням Лапласу виду:

$$h_x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + h_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad (2.4)$$

де h_x , h_y – коефіцієнти фільтрації, які можуть бути різними в різних напрямках.

Для дослідження взаємодії повітряного потоку з шаром насіння в камері обробки з урахуванням шнекового конвеєра застосовуємо метод кінцевих елементів, в якому матриця для всієї галузі взаємодії формується з матриць окремих елементів, які виражаються як функції вузлових невідомих. Подальший облік основних граничних умов призводить до змін загальної матриці. Аналогічно величини, задані у вузлах елемента, утворюють вектор узагальненого вузлового навантаження.

Області потоку поділяємо на ряд елементів і кожен елемент розглядаємо окремо, властивості якого виводяться шляхом застосування формули методу Галеркін після вибору апроксимуючих функцій [11]. Після розбиття області на елементи характерні точки на межах елементів перенумерують та називають вузлами. Вузли вибираємо в кутах кінцевих елементів (рис. 2.5). Нумерація вузлів проводимо в тому самому напрямку, проти ходу годинникової стрілки.

На рисунку 2.5 наведена область кінцевих елементів 1 - 6 в яких встановлюється швидкість повітряного потоку, що подається на вході в камеру обробки на рівні 12,33 м/с, отримана за результатами лабораторних досліджень. Добре насіннєвий матеріал при цьому приймаємо рівною 0,35, а діаметр і крок

шнека дорівнюють 0,2 м. Параметрами повітропроводу будуть коефіцієнт «живого перерізу» сітки, рівний 0,4 і довжина отвору повітропроводу – 0,6 м. Далі, відповідно до викладеного вище алгоритму, проведено розрахунки в програмі ЕОМ щодо визначення швидкостей повітряного потоку на першому, другому та третьому витках шнека (рис. 2.8 - 2.10).

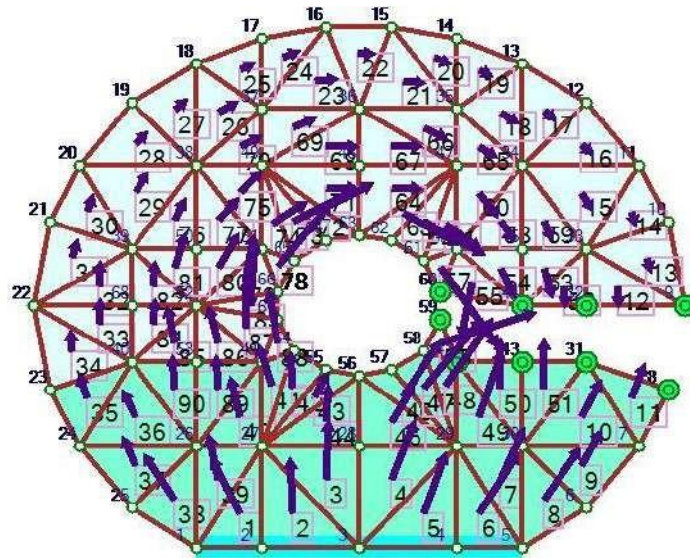


Рис. 2.5 - Область кінцевих елементів зі швидкістю повітряного потоку на вході 12,33 м/с

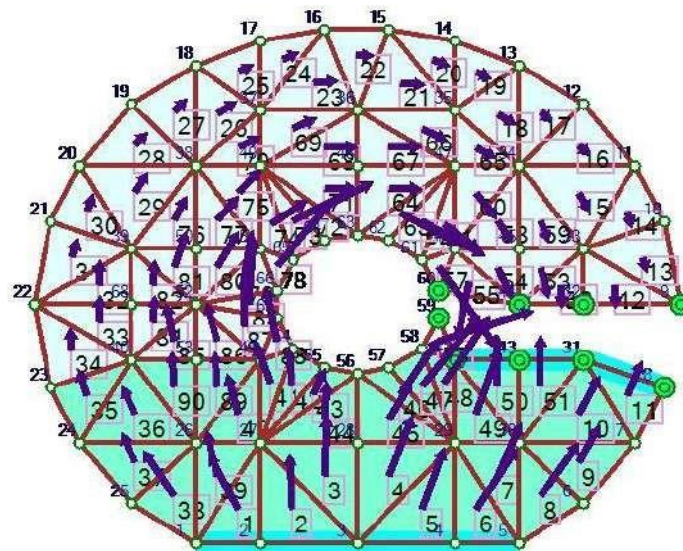


Рис. 2.6 - Схема швидкостей повітряного потоку у першому витку шнека

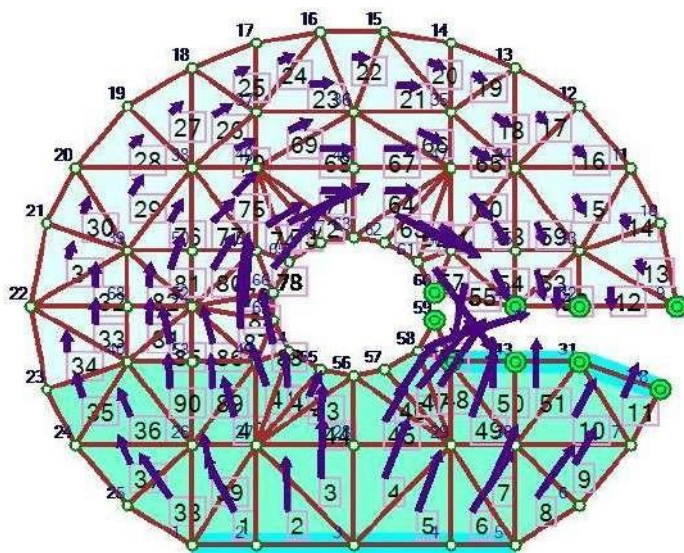


Рис. 2.7 - Схема швидкостей повітряного потоку у другому витку шнека

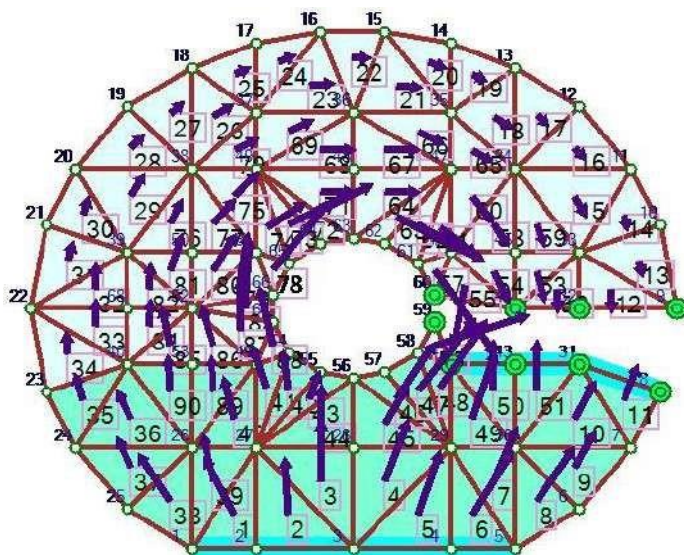


Рис. 2.8 - Схема швидкостей повітряного потоку у третьому витку шнека

За результатами чисельного експерименту встановлено, що повітряний потік має більш високу швидкість ближче до центру витка і меншу біля зовнішньої стінки корпусу камери обробки. Проте їх різниця не має значного впливу на формування повітряного потоку в робочій камері. Також по окремих вузлах виявлено суттєві відхилення значень швидкості повітряного потоку від робочого його значення. Ці поодинокі коливання швидкостей не впливають на зміну швидкості загалом, лише сприяють його турбулентності.

Рух повітряного потоку у другому та третьому витках не збільшує показник швидкості і, відповідно, не може вплинути на зміну псевдозрідженого

шару насіння, створеного робочим повітряним потоком пневмосистеми установки, але сприятиме перемішуванню зваженого насіння та повітряно-біопрепаратної суміші. Що, зрештою, позитивно позначиться на ступінь покриття насіння препаратом. При цьому менша швидкість потоку біля зовнішньої стінки корпусу по всій довжині камери обробки сприятиме зниженню травмування насіння.

2.4 Визначення кута відхилення поверхні насінневого шару в шнеку від горизонталі під час руху

Для рівномірного розподілу крапель факела форсунки по поверхні насінневого шару знайдемо кут установки форсунки у вертикальній поперечній площині перерізу шнека.

Розглянемо рух фрагмента насінневого шару в шнеку установки для обробки насіння біопрепаратами, що знаходиться в контактi з гвинтовою поверхнею шнека і циліндричною поверхнею камери обробки. Прийнемо припущення про те, що фрагмент насінневого шару рухається як тверде тіло і має форму циліндра, поперечний переріз якого є сегментом кола. Використовуємо теорему про рух центру мас в інерційній системі відліку при дослідженні руху даного фрагмента насінневого шару. Осі координат зв'яжемо з камерою обробки (рис. 2.9).

$$m\vec{W}_C = m\vec{g} + \vec{F}_a + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_1 + \vec{F}_2, \quad (2.5)$$

де m – маса фрагмента матеріалу;

\vec{W}_C – прискорення центру мас матеріалу;

$m\vec{g}$ – сила тяжіння;

\vec{F}_a – аеродинамічна сила висхідного повітряного потоку, спрямована протилежно силі тяжіння;

\vec{N}_1 – сила нормальної реакції нерухомої циліндричної поверхні оболонки шнека;

\vec{N}_2 – сила нормальної реакції обертової гвинтової поверхні шнека;

\vec{F}_1 – сила тертя об циліндричну поверхню;

\vec{F}_2 – сила тертя об гвинтову поверхню.

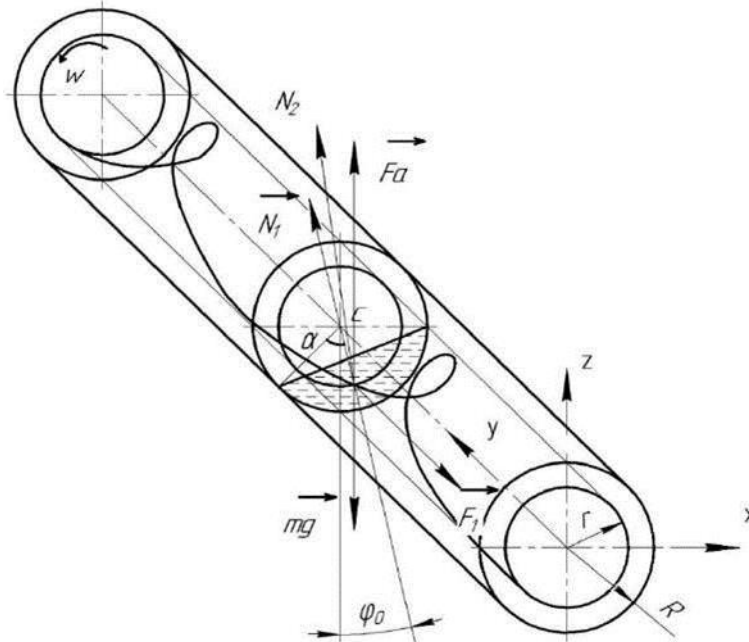


Рис. 2.9 - Схема сил, що діють на фрагмент насінневого шару

\vec{N}_1 – сила нормальної реакції нерухомої циліндричної поверхні спрямована до осі шнека у під кутом φ_0 до вертикалі, причому φ_0 – кут відхилення радіуса r центру мас фрагмента матеріалу від осі z , є також кутом відхилення поверхні насінневого шару від горизонтальної площини. Сила тертя матеріалу про циліндричну поверхню \vec{F}_1 спрямована протилежно до його абсолютної швидкості, тобто проти осі y .

Нормальна реакція обертової гвинтової поверхні шнека \vec{N}_2 спрямована по нормалі до гвинтової поверхні, тобто – по бінормалі до траєкторії центру мас фрагмента матеріалу в його відносному русі по гвинтовій поверхні. Ця траєкторія є гвинтовою лінією на циліндрі радіуса z з тим же кроком, що й у шнека. Сила тертя \vec{F}_2 об гвинтову поверхню спрямована щодо відносної траєкторії центру мас фрагмента матеріалу протилежно відносної швидкості.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Відповідно до поставлених завдань програма досліджень передбачала:

- 1) розроблення методики експериментальних досліджень;
- 2) підготовку приладів та обладнання для проведення експериментів;
- 3) обґрунтування технологічного процесу обробки насіння біопрепаратами;
- 4) проведення лабораторних експериментів;
- 5) обґрунтування конструктивно-технологічної схеми встановлення для обробки насіння біопрепаратами;
- 6) обробку експериментальних даних.

Програмою досліджень визначено 2 групи експериментів:

Лабораторні досліді:

- а) досліді щодо визначення впливу конструктивно-технологічних параметрів розпилювача на життєдіяльність біологічних агентів біопрепаратів;
- б) дослідження аеродинамічних властивостей насіння озимої пшениці;
- в) чисельний експеримент щодо впливу шнекового конвеєра на параметри повітряного потоку в камері обробки;
- г) чисельний експеримент з визначення кількості змоченого насіння при випадковій взаємодії з розпорошеним потоком робочого розчину;
- д) експериментальні дослідження установки для обробки насіння біопрепаратами;

Польові досліді щодо впливу обробки насіння озимої пшениці на її врожайність проводили відповідно до вимог.

3.2 Прилади та обладнання для дослідженні установки

У дослідженнях використовували такі прилади та обладнання:

- 1) прилади та обладнання, що використовуються при мікробіологічних дослідженнях;
- 2) цифровий термометр ТА 338;
- 3) ваги МК 32.2-A20;
- 4) ваги з межею вимірювання 2 кг та похибкою не більше 1 г;
- 5) сушильна шафа ШХ-0,8;
- 6) бюкси об'ємом 100 см³;
- 7) ваги електронні HL-2000;
- 8) ротаметричний порційно-парусний класифікатор РПК-30;
- 9) Asus X8AC;
- 10) МФУ Canon i-SENSYS MF4010 (роздільна здатність сканування 377,95×377,95 пікселів на мм);
- 11) цифровий анемометр Aero Temp IP 65.

3.3 Визначення конструктивно-технологічних параметрів розпилювача на життєдіяльність біологічних агентів біопрепаратів

Експериментальні дослідження щодо впливу фізичних факторів на життєздатність мікроорганізмів проводили з біопрепаратами, одержаними на основі *Pseudomonas putida*, *Bacillus* sp., *Trichoderma viride*. Дані штами були вибрані, як найбільш перспективні, що сприяють підвищенню стійкості рослин до абіотичних стресів, що дозволяють пригнічувати зростання та розвиток фітопатогенних грибів, що забезпечують підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Для проведення досліджень щодо впливу фізичних факторів на життєздатність мікроорганізмів було виготовлено лабораторну установку (рис. 3.1, 3.2). Вона дає можливість імітації робочого процесу нанесення біопрепарату на насіння рослин зі зміною при цьому тиску в системі розподілу, видів розпилювачів, температури робочого складу біопрепарату з подальшим його дослідженням з метою визначення кількості мікроорганізмів, що вижили після впливу вище зазначених факторів.

Лабораторна установка складається з бака робочої рідини 5, в якому встановлений мембранний насос 1 і датчик температури рідини 2, дані з якого відображаються на показчику температури рідини 8. Увімкнення та вимкнення насоса 1 здійснюється за допомогою клавіші 9. На зовнішній стороні бака робочої рідини 5 пошарово встановлений нагрівальний елемент 6, між шарами якого поміщений датчик температури 4 нагрівального елемента 6. Поверх нагрівального елемента 6 закріплені утеплювач 3, котрий також є на всій поверхні бака 5.

Температура нагрівання нагрівального елемента 6 регулюється регулятором 7. Робоча рідина від насоса 1 подається в трубопровід 12 і через регулятор тиску рідини 10 на тримач розпилювачів 13, який має п'ять наконечників, що розпилюють. Поворотом тримача по осі проводиться швидка зміна розпилювачів без необхідності їх розбирання-складання. Тиск у трубопроводі 12 контролюється за манометром 11. Розпорошена рідина надходить у ємність бюкса 14, встановлену на підставці 15, яка в свою чергу кріпиться до рами 17. На рамі 17 також встановлений бак для зливу рідини 16 і проведення налаштування тиску в трубопроводі 12.

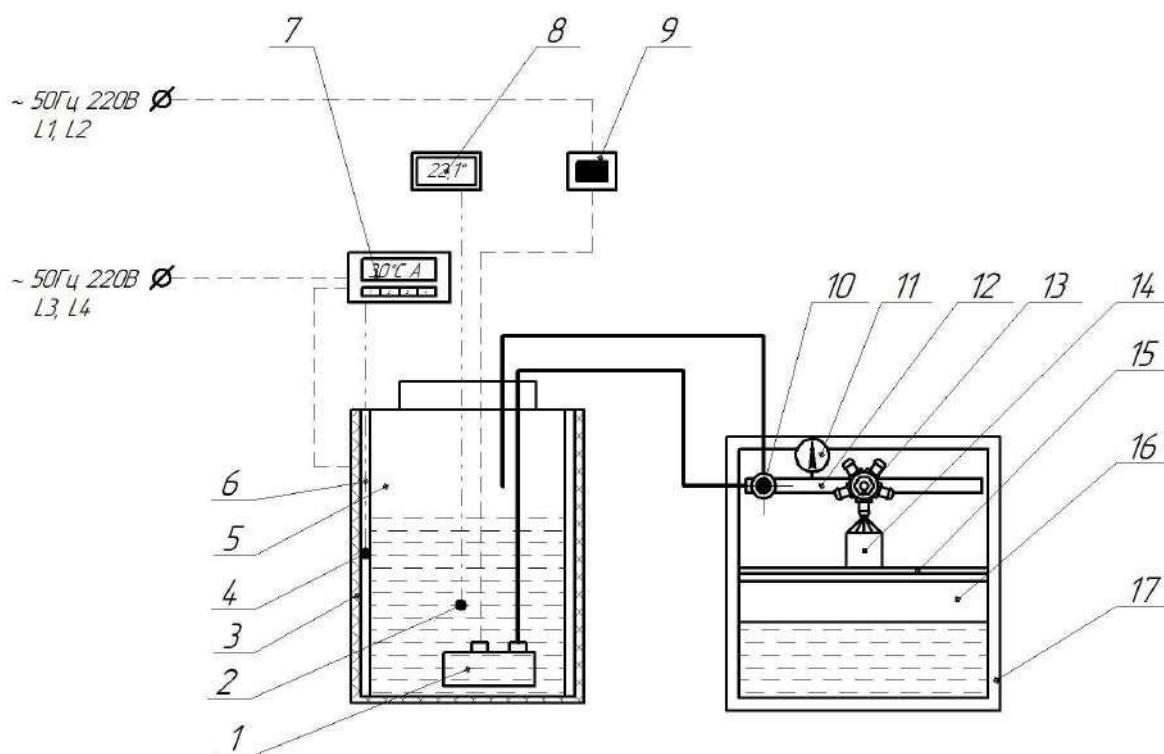


Рис. 3.1 - Схема лабораторної установки для вивчення впливу розпилювачів на життєдіяльність мікроорганізмів: 1 – мембранний насос;

2 – датчик температури рідини; 3 – утеплювач; 4 – датчик температури нагрівального елемента; 5 – бак робочої рідини; 6 – нагрівальний елемент; 7 – регулятор температури; 8 – показчик температури рідини; 9 – клавіша включення насоса; 10 – регулятор тиску рідини; 11 – манометр; 12 – трубопровід; 13 – тримач розпилювачів; 14 – буюкса; 15 - підставка; 16 – бак для зливу рідини; 17 – рама

Лабораторна установка дозволяє змінювати та контролювати наступні параметри: температуру робочої рідини, T (діапазон зміни $0...90^{\circ}\text{C}$, діапазон вимірювання $0...90^{\circ}\text{C}$, крок зміни та контролю 1°C , погрішність виміру $0,1^{\circ}\text{C}$); тиск у системі розпилення, P (діапазон зміни $0...0,6$ МПа, діапазон вимірювання $0...0,6$ МПа, крок зміни та контролю $0,01$ МПа, похибка вимірювання $0,01$ МПа); види розпилювачів: всі типи розпилювачів, сумісні з утримувачами розпилювачів виробництва фірми ARAG.



Рис. 3.2 - Загальний вид лабораторної установки вивчення впливу розпилювачів на життєдіяльність мікроорганізмів

Створена лабораторна установка дозволяє проводити знезараження системи розпилення шляхом нагрівання компонентів, що входять до складу

робочого розчину, до максимальної температури життєздатності мікроорганізмів, що тестуються, і промивання спеціалізованими препаратами.

Установка працює наступним чином: у бак 1 наливається розчин робочої рідини. Потім визначається температура рідини за вказівником 4, який отримує сигнал від датчика температури рідини 3. Якщо за умовами дослідів необхідно підігріти робочу рідину, то регулятором нагрівання 9 і встановлюється потрібна температура. Підігрів проводиться нагрівальним елементом 6 плівкового типу. Рідина в баку термоізована утеплювачем 8. Датчик температури 7 обмежує перегрівання нагрівального елемента. Температура нагрівального елемента також контролюється візуальним способом показаннями її величини на табло регулятора 9 і може бути скоригована. Після нагрівання робочої рідини до потрібної температури, налаштовують величину тиску на виході з розпилювача 12. Тиск робочої рідини встановлювали регулятором 11 і контролювали манометром 13. Поставивши рукоятку регулятора 11 в одне з положень від 0 до 12, необхідно короткочасно включити бранний насос 2 за допомогою натискання на клавішу 5 і візуально по манометру 13 контролювати тиск у трубопроводі 10. Розпорошена рідина подається в ємність бюкса 14, встановлену на підставці 15. При проведенні налаштування тиску в трубопроводі рідина з розпилювача 12 подається, встановлений у рамі 17. При опусканні клавіші 5 відбувається зупинка мембранного насоса 2. Налаштувавши необхідний тиск, проводили заплановані досліді.

Як розпилювач біопрепарату, при проведенні досліджень, використовували два відомих за конструкцією розпилювача – інжекторний і щілинний, і третій – експериментальний розпилювач, адаптований для роботи з біопрепаратами.

3.4 Методики експериментальних досліджень установки для обробки насіння біопрепаратами

Для виготовлення дослідного зразка установки для обробки біопрепаратами насіння сільськогосподарських культур було розроблено конструкторську документацію та робочі креслення. При виготовленні установки використовували готові складальні одиниці, а також з металопрокату було виконано раму машини та елементи її жорсткості.

Експериментальні дослідження дослідної установки (рис. 3.3) для обробки біопрепаратами насіння сільськогосподарських культур проводили перед посівом. Вони включали досліди щодо визначення повноти розподілу біологічного агента по поверхні насіння, продуктивності установки для обробки біопрепаратами насіння сільськогосподарських культур та витрати робочої рідини.



Рис. 3.5 - Експериментальний зразок установки для обробки насіння біопрепаратами

Як об'єкти вивчення було обрано: сорт озимої пшениці Скіпетр та біопрепарат RECB-95B. Температуру біопрепарату у розпилювачі підтримували

на рівні $+25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ при тиску робочої рідини 0,4 МПа, а повітря – 0,2 МПа. Форсунку було встановлено на кут 5° від вертикалі. Частота обертання шнека відповідала $1,33 \text{ c}^{-1}$ (80 хв^{-1}). Наявність псевдозрідженого шару насіння контролювали через оглядове вікно. Його висоту підтримували лише на рівні 0,06-0,09 м.

3.5 Методика обробки результатів експериментальних досліджень

Обробку результатів експерименту проводили методами математичної статистики, наведених у працях [39, 40], з використанням пакета Microsoft Office Excel 2007. Дослідні дані оцінювали: середнім арифметичним значенням; середньоквадратичним відхиленням варіаційного ряду; коефіцієнтом варіації; помилкою середнього арифметичного; відносною помилкою вибіркової середньої та ін.

Обробку даних експериментальних досліджень проводили за допомогою комп'ютерної техніки.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вплив конструктивно-технологічних параметрів розпилювача на життєдіяльність біологічних агентів біопрепаратів

Експериментальні дослідження щодо впливу фізичних факторів на життєздатність мікроорганізмів проводили з біопрепаратами, одержаними на основі *Pseudomonas putida*, *Bacillus sp.*, *Trichoderma viride* [41]. В якості основних фізичних факторів було обрано тиск робочого розчину та його температура. Дослідження проводили з використанням трьох різних за конструкцією розпилювачів: інжекторним, щілинним та експериментальним. У таблиці 4.1 наведено дані про кількість мікроорганізмів ($\text{КОЕ} \times 10^8$), тих, які

Таблиця 4.1

Кількість мікроорганізмів, що вижили при обробці насіння з використанням експериментального розпилювача, $\text{КОЕ} \times 10^8$

Температура (Т), С	Тиск (Р), Мпа				
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
<i>Pseudomonas putida</i>					
10	15	16	15	13	9
15	20	20	19	16	13
20	34	33	29	27	20
25	35	34	34	30	24
30	34	33	25	24	22
<i>Bacillus sp.</i>					
10	22	20	20	16	11
15	36	32	25	18	16
20	48	45	40	36	34
25	48	46	44	32	31
30	41	38	36	32	27
<i>Trichoderma viride</i>					
10	16	15	13	13	12
15	26	26	24	23	18
20	38	37	37	36	35
25	38	35	36	34	31
30	39	37	36	32	29

вижили при взаємному впливі на робочий розчин тиску і температури при використанні експериментального розпилювача.

Для всіх трьох штамів мікроорганізмів виявлено достовірні відмінності кількості мікроорганізмів, що вижили при обробці насіння з використанням експериментального та щілинного розпилювачів. У більшості варіантів досліду достовірні відмінності виявлені між впливом на життєздатність мікроорганізмів інжекторного та щілинного розпилювачів. У діапазоні робочих температур достовірні відмінності є між впливом на життєздатність штамів мікроорганізмів *Bacillus sp* та *Trichoderma viride* експериментального та інжекторного розпилювачів.

На рисунках 4.1 - 4.3 наведено графічну інтерпретацію даних таблиці 4.1. Вплив тиску та температури робочого розчину на життєздатність мікроорганізмів штаму *Pseudomonas putida* (КОЕ) при використанні експериментального розпилювача наведено на рис. 4.1.

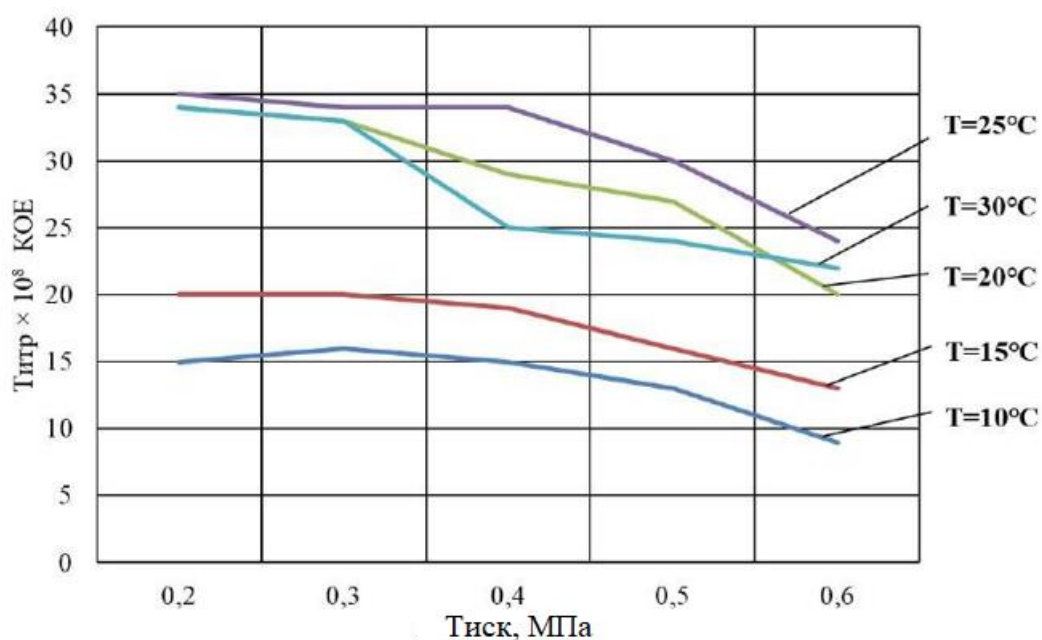


Рис. 4.1 - Вплив тиску та температури робочого розчину на життєздатність мікроорганізмів штаму *Pseudomonas putida* (КОЕ) при використанні експериментального розпилювача

З рисунка видно, що збільшення температури робочого розчину до 25⁰С позитивно впливає на життєздатність мікроорганізмів штаму *Pseudomonas putida*. При 30⁰С кількість колоноутворюючих одиниць мікроорганізмів знижується. Максимальна кількість мікроорганізмів на рівні (33-35)·10⁸ КУО виявлено при тиску робочого розчину в інтервалі від 0,2 до 0,3 МПа для температур робочого розчину від 20⁰С до 30⁰С. Зі збільшенням тиску робочого розчину кількість колоноутворюючих одиниць мікроорганізмів знижується. Мінімальне їх значення (8-25) ·10⁸ КУО виявлено при тиску робочого розчину 0,6 МПа. Причому найменша кількість мікроорганізмів, що збереглися на всьому діапазоні тисків робочого розчину виявлено при його температурі 10⁰С.

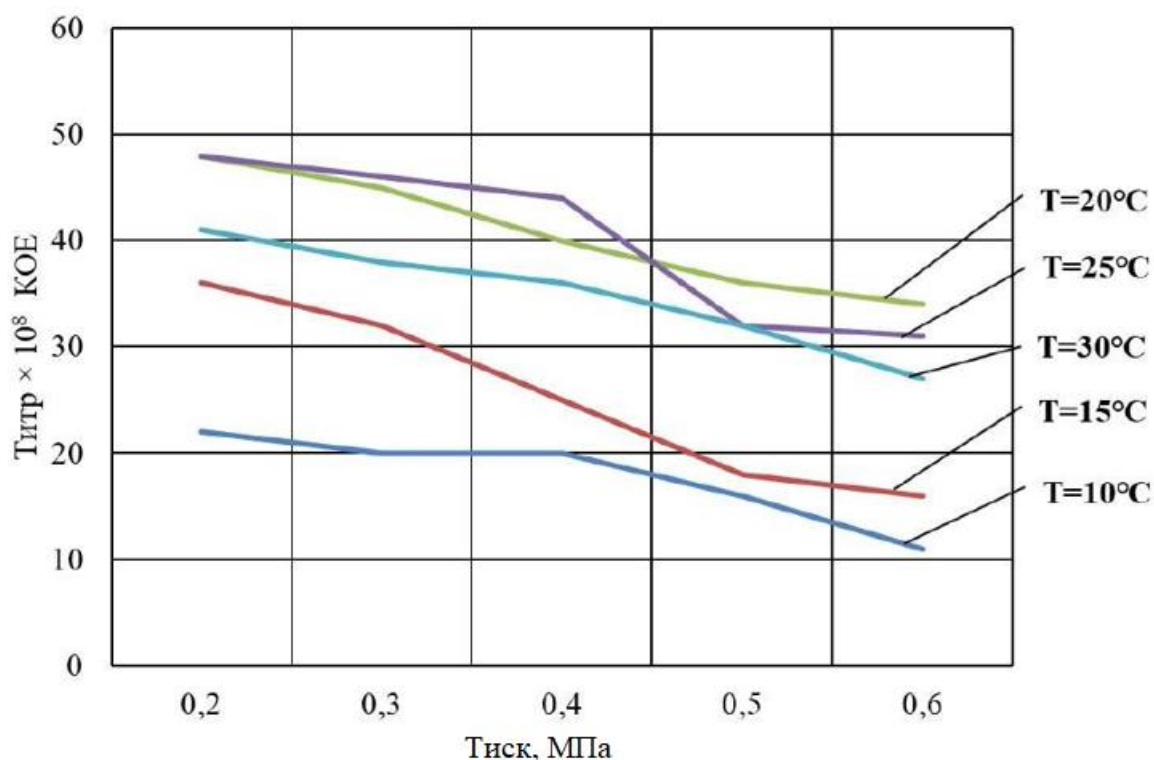


Рис. 4.2 - Вплив тиску та температури робочого розчину на життєздатність мікроорганізмів штаму *Bacillus subtilis* (КОЕ) при використанні експериментального розпилювача

Вплив тиску і температури робочого розчину під час використання експериментального розпилювача на життєздатність мікроорганізмів штаму *Bacillus subtilis* (КОЕ) наведено на рисунку 4.2, а штаму *Trichoderma viride* (КОЕ) на рисунку 4.3. При загальному характері залежностей життєздатності

мікроорганізмів усіх трьох штамів від факторів, що вивчаються, між ними є суттєві відмінності. Так, кількість колоноутворюючих одиниць мікроорганізмів штаму *Bacillus subtilis* при тиску 0,2 МПа для температур робочого розчину 20⁰С та 25⁰С становила 48·10⁸, що значно більше порівняно з іншими препаратами. При цьому відбулося суттєве зниження кількості мікроорганізмів, що вижили, при температурі 30⁰С. Кількість мікроорганізмів штаму *Trichoderma viride* при тиску 0,2 МПа для температур робочого розчину 20⁰С, 25⁰С і 30⁰С становило близько 38·10⁸ КУО. Причому немає явного зниження кількості мікроорганізмів при температурі робочого розчину 30⁰С по відношенню до 20⁰С та 25⁰С.

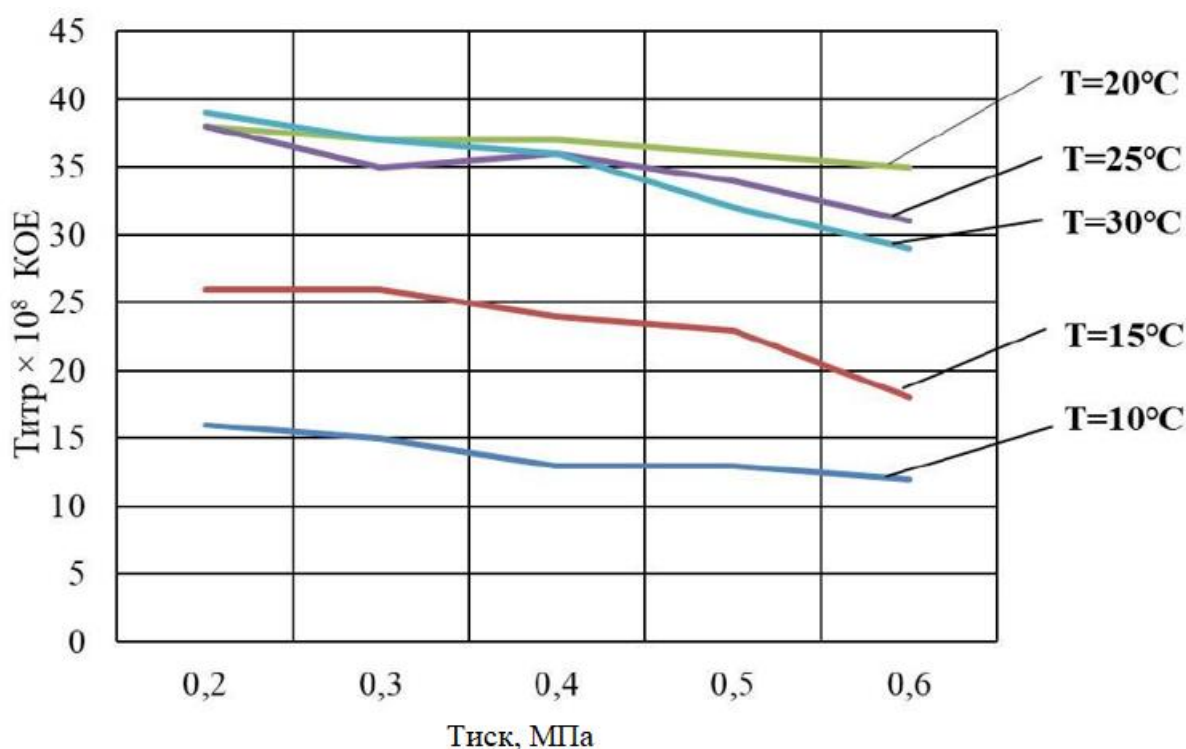


Рис. 4.3 - Вплив тиску та температури робочого розчину на життєздатність мікроорганізмів штаму *Trichoderma viride* (КУО) при використанні експериментального розпилювача

Характер залежностей життєздатності мікроорганізмів усіх трьох штамів від факторів, що вивчаються з інжекторним та щілинним розпилювачами, порівняно з експериментальним, зберігся. Але виявлено суттєве зниження їх виживання від конструкції розпилювачів. Так, при використанні інжекторного розпилювача найбільша кількість мікроорганізмів, що вижили, штаму *Pseudomonas putida* склало 26·10⁸ КУО при температурі робочого розчину 25⁰С, а

мінімальне не більше $3 \cdot 10^8$ КОЕ при температурі 10°C . Застосування щілинного розпилювача значно зменшило кількість мікроорганізмів, що вижили. Їхня максимальна кількість для цього штаму знизилася до $16 \cdot 10^8$ КОЕ. Аналогічна залежність виявлена з використанням інжекторного та щілинного розпилювачів при дослідженні життєздатності мікроорганізмів штаму *Bacillus subtilis*. Найбільша кількість мікроорганізмів, що вижили, при розпилюванні робочого розчину інжекторним розпилювачем склала $30 \cdot 10^8$ КОЕ, а щілинним лише $12 \cdot 10^8$ КОЕ.

Вище виживання мікроорганізмів при використанні інжекторного і щілинного розпилювачів виявлена у штаму *Trichoderma viride*. Так максимальна кількість мікроорганізмів цього штаму, що вижили, при використанні обох розпилювачів знаходиться на рівні $25 \cdot 10^8$ КОЕ.

Таким чином, конструктивні особливості експериментального розпилювача, які забезпечують насичення робочого розчину повітрям перед виходом із сопла з метою зниження перепаду тиску, благотворно позначилися на виживанні всіх трьох штамів мікроорганізмів. Тому в подальших дослідженнях використовуватимемо експериментальний розпилювач.

Аналізуючи вплив факторів у натуральних значеннях та в заданому діапазоні на критерії оптимізації, приходимо до висновку, що найбільшим воно, як і для штаму *Pseudomonas putida*, здійснюється від температури.

Таблиця 4.2

Показники схожості насіння озимої пшениці, оброблених експериментальним розпилювачем

№ п/п	Препарат та доза використання	Польова схожість, %
1	Контроль	73,6
2	Ризоплан (стандарт)	75,1
3	РЕСВ-95В (0,5*) Експ.	80,4
4	РЕСВ-95В (1,0*) Експ.	79,8
5	РЕСВ-95В (1,5*) Експ.	91,8
6	РЕСВ-95В (2,0*) Експ.	92,2

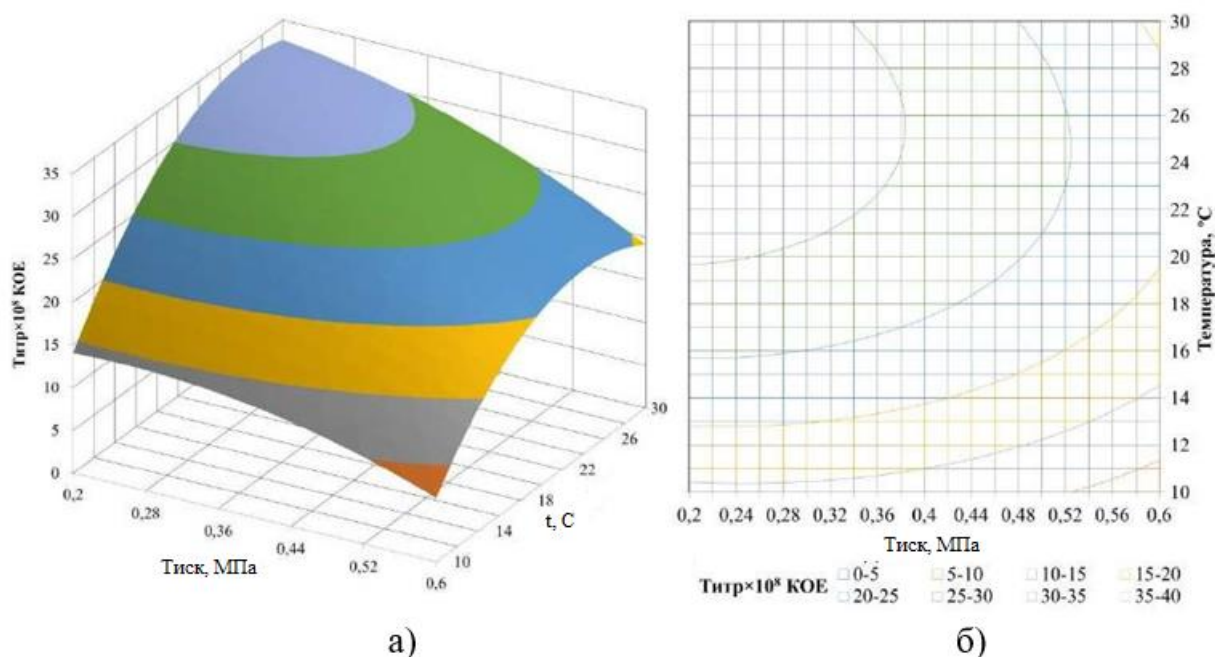


Рис. 4.4 - Залежність кількості мікроорганізмів (Y_i) штаму: *Pseudomonas putida* (КОЕ) від тиску в системі розпилення (X_1) і температури робочої рідини (X_2) при використанні експериментального розпилювача

З досліджень видно, що препарат RECB-95B з дозами використання 1,5 та 2,0 л/т забезпечує (табл. 4.2) суттєве підвищення польової схожості насіння озимої пшениці порівняно з контролем та стандартом Ризоплан. Тому препарат RECB-95B прийнятий для подальших досліджень як основа.

4.2 Дисперсність розпилювання робочого розчину

При протруюванні насіння сільськогосподарських культур однією з основних вимог, що висуваються до процесу та машин для захисту рослин, є повний та рівномірний розподіл робочої рідини по їх поверхні. Найбільш вірогідним способом досягнення цієї умови може бути дрібнодисперсійне розпилювання робочого розчину. Тому були проведені дослідження експериментального розпилювача щодо впливу тиску робочого розчину та повітря на дисперсність його розпилювання.

Важливим фактором при використанні в робочому розчині мікроорганізмів є стабільне значення температури. Оскільки розпилювач у спрощеному розумінні є різнофазним інжектором, то на виході з нього можливе зниження температури емульсії. Тому на першому етапі вивчили зміну температури робочого розчину при вході та виході з розпилювача.

Як робочий розчин використовували воду. Температура води на вході в розпилювач була в діапазоні 25,2-32,5⁰С, а тиск води змінювали від 0,1 МПа до 0,5 МПа. Результати досліджень представлені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Дані температури води на вході в розпилювач і на виході з нього

Тиск рідини, МПа	Температура у розпилювачі, °С	Температура у розпилювачі, °С	Різниця температур, °С
0,1	32,5	32,3	0,2
	28,4	28,1	0,3
	25,2	25,0	0,2
0,2	32,1	32,0	0,1
	26,4	26,3	0,1
	25,4	25,4	0
0,3	32,1	32,1	0
	26,5	26,4	0,1
	25,5	25,3	0,2
0,4	32,0	31,9	0,1
	26,6	26,4	0,2
	25,6	25,4	0,2
0,5	32,1	32,2	-0,1
	28,6	28,5	0,1
	26,7	26,7	0

Аналізуючи дані таблиці 4.3 можна зробити висновок, що істотної зміни температури води внаслідок її розпилення в заданому діапазоні тисків рідини не відбувається. Різниця температур у бік зниження не перевищує 0,3⁰С. Вона значно менша за похибку для вимірювання температури, рекомендованої ДСТУ. Тим не менш, найбільше зниження температури рідини спостерігається при тиску води на рівні 0,1 МПа.

Дослідження експериментального розпилювача щодо впливу тиску робочого розчину та повітря на дисперсність його розпилювання проведено

відповідно до методики, наведеної раніше. Як робочий розчин використовували одно-, двовідсотковий водний розчин барвника чорного.

Відповідно до вимог розмір частинок розподіляється за наступною градацією:

- умовно дрібні – до 150 мкм;
- середні – від 150 до 300 мкм;
- великі – понад 300 мкм.

Для обробки насіння зернових культур за рекомендаціями розмір часток препарату повинен перебувати в інтервалі 100...300 мкм. Тоді для даного діапазону розміру частинок та відповідно до результатів досліджень щодо виживання мікроорганізмів від впливу фізичних факторів визначимо раціональні значення тиску робочого розчину та повітря.

Значення коефіцієнтів регресії обчислювали за допомогою пакета аналізу MS Excel. Аналізуючи вплив факторів на критерій оптимізації, приходимо до висновку, що підвищення робочого тиску повітря та рідини на вході до розпилювача сприяє зменшенню розмірів крапель при розпилюванні водоповітряної суміші на виході з розпилювача. Причому найбільшим воно здійснюється від тиску рідини.

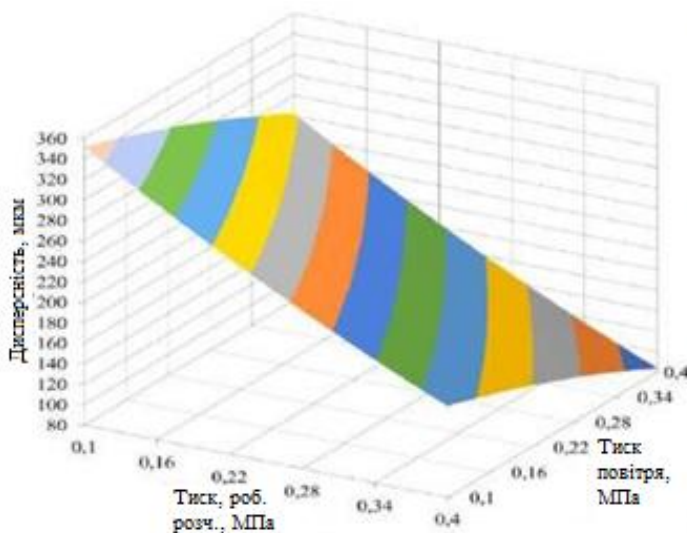


Рис. 4.5 - Залежність дисперсності робочого розчину при розпилюванні його експериментальним розпилювачем від тиску рідини та повітря

Аналізуючи рисунок з урахуванням раціонального значення тиску рідини на рівні 0,2...0,4 МПа приходимо до висновку про те, що при тиску повітря від 0,1 до 0,2 МПа розмір крапель знаходиться в інтервалі від 140 до 220 мкм, а збільшення тиску повітря до 0,3 МПа дозволяє зменшити розмір частинок до 100 мкм.

Таким чином, раціональними значеннями робочих параметрів експериментального розпилювача є тиск робочої рідини в інтервалі 0,2...0,4 МПа та повітря – 0,1...0,3 МПа. При цих значеннях параметрів розпилювач забезпечує утворення розпиленних частинок розмірами від 100 до 220 мкм. За класифікацією вони відносяться до груп умовно дрібні та середні, що відповідає ТЗ на розпилювачі.

4.3 Дослідження конструктивно-технологічних параметрів установки для обробки насіння біопрепаратами

За результатами попередніх досліджень прийнято та обґрунтовано наступні конструктивно-технологічні параметри установки для обробки насіння сільськогосподарських культур:

- діаметр шнека 0,2 м;
- крок гвинта шнека 0,2 м;
- частота обертання шнека $1,33 \text{ с}^{-1}$ (80 хв⁻¹);
- продуктивність установки 10 т/год.

Параметри повітряної частини установки (площа отворів повітроводу, продуктивність вентилятора та мінімально необхідний тиск повітря) варіюють залежно від продуктивності шнекового транспортера. В установці передбачено можливість регулювання швидкості повітряного потоку з метою створення псевдозрідженого шару насіння.

Оригінальний розпилювач робочого складу біопрепарату забезпечує наступні параметри процесу розпилення:

- Робочий тиск повітря на вході в

розпилювач, МПа	0,1 ... 0,3;
- робочий тиск біопрепарату на вході в розпилювач, МПа	0,1 ... 0,5;
- робочий тиск повітряно-біопрепаратної суміші на виході з розпилювача, МПа	0,1 ... 0,4;
- кут розпилу повітряно-біопрепаратної суміші на виході з розпилювача, град.	80 ... 120;
- розміри крапель повітряно-біопрепаратної суміші на виході з розпилювача, мкм	100 ... 220;
- масова концентрація повітряно-біопрепаратної суміші, %	60 ... 90;
- однорідність повітряно-біопрепаратної суміші, %	80 ... 95;
- забезпечення сумарної витрати робочої рідини, л/т	5 ... 10.

Робочі умови застосування розпилювача:

- Температура оточуючого повітря, °С	+5°С ... +40;
- відносна вологість повітря при + 25°С, %	60 ... 80;
- атмосферний тиск, кПа (мм. рт. ст.)	84...106 (630...795).

Температура біопрепарату в розпилювачі має бути в інтервалі +20°С - +28°С. Розпилювач забезпечує працездатність в умовах підвищеної запиленості.

Для обґрунтування раціональних значень параметрів: кута установки форсунки, висоти шару насіння та заповнення змішувальної камери насінням проведено чисельний експеримент щодо визначення кількості змоченого насіння при випадковій взаємодії з розпоршеним потоком робочого розчину.

4.4 Результати експериментальних досліджень установки для обробки насіння біопрепаратами

Повноту розподілу робочої рідини по поверхні насіння визначають при продуктивності установки 10 т/год. Як фактор, що вивчається, була обрана подача робочої рідини в змішувальну камеру. Для експериментальних досліджень було визначено 12 рівнів її варіювання від 1 л/т до 12 л/т з інтервалом 1 л/т. Форсунку встановлювали на кут 50° від вертикалі.

Подачу біологічного агента в змішувальну камеру включали після досягнення встановленого режиму роботи установки. Дослідження на кожному рівні подачі робочої рідини проводили у триразовій повторності. Утворення псевдозрідженого шару насіння в робочій камері установки контролювали через оглядове вікно, показане на рисунку 4.6.



Рис. 4.6 - Оглядове вікно для контролю псевдозрідженого шару насіння у робочій камері установки

Для аналізу повноти розподілу біологічного агента по поверхні насіння з партії кожної повторності відбирали по 10 наважок масою по 40 грам і поміщали в бюкси. Потім з кожної бюкси брали по 100 зерен і визначали повноту розподілу робочої рідини по поверхні насіння.

Результати повноти розподілу робочої рідини поверхнею насіння представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Повнота розподілу робочої рідини по поверхні насіння

№ п/п	Витрата робочої рідини, л/т	Повнота розподілу біологічного агента по поверхні насіння, %			Середні значення, %
1	1	30	40	30	33,33
2	2	40	40	30	36,67
3	3	50	30	40	40,00
4	4	40	50	50	46,67
5	5	60	60	60	60,00
6	6	70	60	70	66,67
7	7	70	70	80	73,33
8	8	80	80	80	80,00
9	9	90	80	90	86,67
10	10	100	90	100	96,67
11	11	100	100	90	96,67
12	12	100	100	100	100,00

Аналізуючи результати досліджень, приходимо до висновку, що з збільшенням витрати робочої рідини при фіксованому рівні продуктивності установки повнота розподілу біологічного агента по поверхні насіння збільшується. Відхилення від середніх значень за повтореннями не перевищують 5%. Низька варіабельність фактора, що вивчається, пояснюється наявністю псевдозрідженого шару насіння в робочій камері і високою турбулентністю повітряного потоку. Однак, заданого рівня повноти розподілу робочої рідини поверхнею насіння установкою на рівні 95% і вище досягається при подачах робочого розчину від 10 л/т до 12 л/т. Тому як робоча норма витрати робочої рідини установки при її продуктивності 10 т/год слід вважати витрату біологічного агента в підготовленому розчині 10 л/т.

Продуктивність установки для обробки насіння біопрепаратами визначали через фактичну її пропускну здатність кількості оброблюваного матеріалу, що пройшов через камеру протруювання в одиницю часу. Для досліджень було вибрано 18 рівнів продуктивності установки, яка регулювалася положенням заслінки бункера-дозатора. Повторність досвіду була триразовою. Дослідження проводили при встановленому режимі роботи установки. За фактичними значеннями продуктивності знаходили значення коефіцієнта наповнення шнека.

З аналізу результатів досліджень встановлено, що із збільшенням продуктивності установки коефіцієнт заповнення шнека зростає. Його раціональне значення, встановлене за результатами попередніх досліджень, становить 0,4. Воно досягається при продуктивності установки 10 т/год - 12 т/год, що відповідає заявленим значенням за технічним завданням на машину.

Досвід щодо визначення витрати робочої рідини на обробку насіння біологічним препаратом проводили одночасно з дослідженнями щодо визначення повноти розподілу робочої рідини по поверхні насіння. Масу 1000 насінин на кожному рівні витрати робочої рідини визначали до та після обробки. Різницю маси 1000 протруєного і не протруєного насіння приймали за фактичну витрату робочої рідини. Дослідження на кожному рівні витрати робочої рідини проводили у десятикратній повторності.

Таким чином, проведені дослідження дозволили обґрунтувати наступні параметри установки для обробки біопрепаратами насіння сільськогосподарських культур:

- повне та рівномірне покриття насіння, % 95, не менше;
- продуктивність установки, т/год 10 ±2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеного огляду технічних засобів для протруювання насіння сільськогосподарських культур розроблено конструктивно-технологічну схему установки для обробки насіння біопрепаратами.

2. Отримано математичну модель, що описує псевдозріджений стан шару насіння в камері обробки, що дозволяє обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри установки.

3. Експериментальні дослідження щодо впливу тиску та температури на життєздатність мікроорганізмів дозволили обґрунтувати для подальших досліджень препарат RECB-95B, створений на основі штаму *Bacillus sp* більшою мірою стійкого до них. Найбільш шадну дію на життєздатність мікроорганізмів надає експериментальний розпилювач. Раціональними значеннями його параметрів є: тиск робочої рідини в інтервалі 0,2...0,4 МПа, повітря – 0,1...0,3 МПа та температури робочого розчину 20⁰С-28⁰С. За цих значень розпилювач забезпечує утворення крапель з розмірами від 100 до 220 мкм.

4. Обґрунтовано такі раціональні значення конструктивно-технологічних параметрів розробленої установки:

- діаметр шнека 0,2 м;
- крок гвинта шнека 0,2 м;
- частота обертання шнека 1,33 с⁻¹;
- робоча швидкість повітряного потоку 12,3 м/с;
- кут установки форсунки від вертикалі 00 - 100;
- висота псевдозрідженого шару насіння 0,06-0,09 м.

При цих значеннях параметрів установка забезпечує повне та рівномірне покриття не менше 95% насіння робочим розчином із продуктивністю 10 т/год.

Використання дослідної установки для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур біопрепаратом RECB-95B дозволило покращити посівні якості насіння озимої пшениці та знизити ураження рослин патогенами, а в результаті підвищити її врожайність з 58,5 до 65,7 ц/га порівняно із прототипом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Демидов О. А., Муха Т. І., Мурашко Л. А. Фузаріоз колосу – небезпечна хвороба пшениці. *Пропозиція*. 2020. № 5. С. 64–66.
2. Заїма О. А. Стійкість пшениці м'якої озимої проти основних листових хвороб. *Селекційно-генетична наука і освіта : матеріали міжнародної наукової конференції*. Умань, 2016. С. 99–103.
3. Коваленко В. Л., Яценко М. Ф., Чехун А. І., Резуненко Є. В. Вивчення фізико-хімічних властивостей комбінованих дезінфектантів. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. 2009. 19. 2 (3). С. 195–199.
4. Косилович Г. О., Коханець О. М. Інтегрований захист рослин : навч. посіб. Львів : Львівський національний аграрний університет. 2010. 165 с
5. Коваленко В. Л., Чехун А. І., Ярошно Я. М., Гнатенко А. В. Визначення бактерицидності комплексного дезінфікуючого препарату щодо грамнегативної мікрофлори на основі полігексаметиленгуанідину гідрохлориду. *Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи: збірник наукових праць інституту сільськогосподарської мікробіології НААН України*. Чернігів. 2011. С. 389–392.
6. Кассіч Ю. А., Загородній А. І., Пономаренко Г. В. Визначення бактерицидних властивостей дезінфікуючих препаратів «Кристал–700» та «Кристал–900». *Ветеринарна медицина: міжвідомчий тематичний збірник*. 2004. 84. С. 333–336.
7. Коцюмбас І. Я., Сергієнко О. І., Ковальчук Л. М. Сучасні засоби ветеринарної дезінфекції. *Ветеринарна медицина України*. 2010. 11. С. 36–26.
8. Якубчак О. М., Хоменко В. І., Мідик С. В. Ветеринарна дезінфекція, дезодорація, дезінсекція, дезінвазія, дератизація: інструкція затв. Державним департаментом ветеринарної медицини України 23.12.2005 Київ: НАУ. 2005. 75 с.

9. Якубчак О. М., Хоменко В. І. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продукції тваринництва Київ: ТОВ Біопром. 2005. 799 с.

10. Обприскувачі-опилювачі для внесення засобів захисту рослин і рідинних добрив. Захист довкілля. Частина 2. Обприскувачі польових культур (EN 12761-2:2004, IDT) : ДСТУ EN 12761-2:2004. [Чинний з 2006-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 12 с. (Національний стандарт України).

11. Мележик О. І. Покращення дисперсності розпилення пестицидів; дис. канд. технічних наук; 05.05.11 – Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Мележик Олександр Іванович Дніпропетровськ, 2009. 180 с.

12. Коваль В. П., Мележик О. І. Малооб'ємне обприскування. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 7. С. 17–20.

13. Гончар М. Н. Дослідження технологічних властивостей робочих рідин, для боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Наукове професійне видання*. Випуск 1. Т. 22. Мелітополь: ТДАТА, 2001. С. 121–125.

14. Розпилювачі відцентрові. Технічні умови: ТУ У 29.3-31177688-002:2006. [чинний від 2006-05-17]. Дніпропетровськ : Агромодуль, 2006. 11 с.

15. Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-266:2005. [чинний від 2005-12-23]. К.: Мінагрополітики України, 2005. 65 с. (Стандарт Мінагрополітики України).

16. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. [Чинний від 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с. (Національний стандарт України).

17. Колеснікова І. П. Епідеміологія: підручник / за ред. І. П. Колеснікової. Вінниця : Нова Книга. 2012. 576 с.

18. Виноград Н. О., Василюшин З. П., Козак Л. П. Загальна епідеміологія : навч. посібник 4-е видання. Київ: ВСВ «Медицина». 2017. 200 с.
19. Гоца Ю. Д., Колеснікової І. П., Мохорта Г. А. Епідеміологія / за ред. Ю. Д. Гоца. Київ: «Асканія». 2007. 360 с.
20. Коцюмбас І. Я., Брезвин О. М., Івашків Ю. А., Рудик Г. В. Вивчення токсичності дезінфікуючого засобу на основі йодоформу. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. Львів. 2018. Вип. 19. № 2. С. 171–177.
21. Сушко І. Світові тенденції розвитку машин для хімічного захисту рослин. *Пропозиція*. 2002. № 6. С. 95–99.
22. Шкромада, О., Дудченко, Ю., Неджеря, Т., & Абубакарі Кавла, І. Дослідження дезінфікуючих властивостей препарату Контавір для дезінфекції об'єктів ветеринарного призначення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*. 2019. 3 (46). С. 29–34.
23. Неджеря, Т. Доклінічні дослідження дезінфікуючих властивостей препарату «Контавір». *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*. 2020. 4 (51). С. 32–38.
24. Олабоді О. В. Обладнання харчових та переробних виробництв: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: наук. -допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.- техн. б-ка. Київ, 2020. 247 с.
25. Чепелюк О. О., Єщенко О. А., Доломакін Ю. Ю. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв : підручник / Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ : НУХТ. 2017. 311 с.
26. Shkromada, O., Nedzheria, T. Intensity of invasion in emieriosis of rabbits in different methods of keeping. *Eureka: Health Sciences*. 2020. (5). P. 107–114.

27. Shkromada, O., Nedzheria, T. Intensity of infection and means of Giardiasis prevention at the farms of Ukraine. *Technology Transfer: Innovative Solutions in Medicine*. 2020. P. 47–50.
28. Paliy A. P., Zavgorodnii A. I., Kalashnyk M. V., Shkromada O. I., Rybachuk Z. V., Dolbanosova R. V., Kovalenko L. M., Livoshchenko Y. M., Livoshchenko L. P., Baidevliatova Y. V., Dunaiev Y. K., Palii A. P., Nedzheria T. I. Influence of new frost-resistant disinfectant on the ultrastructural organization of atypical mycobacteria. *UKRAINIAN JOURNAL OF ECOLOGY*. 2020. 10 (3). P. 95–101.
29. Неджеря Т. І., Шкромада О. І. Дослідження сануючих властивостей комплексного дезінфектанту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток науки природи: проблеми та рішення». Брно, Чеська республіка 27-28 квітня 2018 р. С. 196–199.
30. Lekomtsev P. L., Savushkin A. V., Dresvyannikova E. V., Niyazov A. M. Study of aerosol charging in electro-aerosol generator. *Journal of Applied Engineering Sciences*. 2017. Vol. 7. № 2 (20). P. 69–77.
31. Barai N., Mandal N. Breakup versus coalescence of closely packed fluid drops in simple shear flows. *Int. J. Multiphase Flow*. 2019. vol. 111. P. 1–15.
32. Погорелов А. І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навчальний посібник для вузів 2-е видання. Львів: «Новий Світ – 2000», 2004. 144 с.
33. Ткаченко О. О. Високотемпературні процеси та установки: Підруч. К.: А.С.К., 2005. 480 с.
34. Чепурний М., Ткаченко С., Антропова О. Газопарові установки на базі газотурбінних і теплофікаційних парових турбін. *Вісн. Вінницького політехн. інст.* 2010. 2. С. 34–38.
35. Чепурний М., Ткаченко С. Теплоелектроцентралі на базі газотурбінних установок і парових турбін з низькотемпературним робочим тілом. *Вісн. Вінницького політехн. інст.* 2010. 4. С. 21–25.
36. Забродоцька Л. Ю. Основи агрономії : навчальний посібник. Луцьк : Інформ. вид. відділ Луцького НТУ, 2019. 360 с.

37. Маренич М. М., Юрченко С. О. Вплив допосівної обробки насіння біологічно активними речовинами на ріст і розвиток рослин пшениці озимої на початкових стадіях. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 12. С. 38–42.

38. Машина для хімічного захисту рослин. Посібник / За ред. Кравчука В. І., Войтюка Д. Г. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого. 2010. 184 с.

39. Гончаренко Я. В., Горбачук В. О., Математичні методи аналізу результатів педагогічного експерименту. Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія №3. Фізика і математика у вищій і середній школі: *Зб. наукових праць*. Київ: НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. №10, С.168–175.

40. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2012. 304 с.

41. Гудзь В. П., та ін. Землеробство. Підручник для агрономічних спеціальностей сільськогосподарських вузів 3- 4 рівнів. Навчальний посібник для навчальних закладів 1- 2 рівня. К: Урожай, 1996 р. 176 с.