

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

НУБІП України

УДК 631.34.02

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів

НУБІП України

О.В. Чуба

2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

НУБІП України

на тему: **Обґрунтування конструктивних параметрів та режимів роботи пневматичного очисника при виробництві трихограми**

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма: «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва»

НУБІП України

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Д.т.н., професор

Ю.О. Ромасевич

НУБІП України

Керівник кваліфікаційної

магістерської роботи

К.т.н., доцент

О.А. Марус

Виконав

Студент групи МОБ-2002

А.М. Турченко

НУБІП України

КИЇВ – 2021

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри тракторів,
автомобілів та біоенергоресурсів
к.т.н., доцент **В.В. Чуба**
« » 2020 року

НУБІП України

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ ТУРЧЕНКУ АНДРІЮ МИКОЛАЙОВЧУ

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма: «Машини та обладнання сільськогосподарського
виробництва»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Обґрунтування конструктивних параметрів
та режимів роботи пневматичного очисника при виробництві трихограми»

затверджена наказом ректора НУБІП України від 25 листопада 2020 р. № 1855
«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 2021.11.15

Вихідні дані до кваліфікаційної магістерської роботи: Марус О.А.

Виробництво трихограми. Механіко-технологічні основи / О.А. Марус, Г.А.

Голуб // Монографія. Київ: ВВ-НУБІП України, 2015. – 232 с.; Ентомологічні
препарати трихограми. Загальні технічні умови: ДСТУ 5016:2008. – К.:

НУБІП України

НУБІП України

Держпоживстандарт України, 2009. – 10 с.; Пат. № 83949 Україна, МПК А01К67/00. Пристрій для виробництва ентомологічного препарату трихограми / Марус О.А.; промислова власність. – № а200703029; заявл. 22.03.2007; опубл. 26.08.2008, Бюд. № 16.

НУБІП України

Перелік питань, що потрібно розробити:

1. Дослідити особливості технологічного процесу виробництва трихограми з використанням пневматичного очисника;

2. Проаналізувати стан забезпечення та використання пристроїв, що використовуються для очищення яєць зернової молі в технології виробництва трихограми, а також виконати аналіз пристроїв, що використовуються при очищенні зернових суміщів та визначити основні відмінні принципи даних очисток;

НУБІП України

3. Дослідити закономірності руху яєць зернової молі по похилій поверхні дозуючого патрубку очисника та у вертикальному повітряному потоці;

НУБІП України

4. Виконати дослідження з визначення оптимальних конструкційно-технологічних параметрів та режимів роботи пневматичного очисника;

5. Розробити заходи з охорони праці та техніки безпеки для виробництва технологічного процесу виробництва трихограми в якому використовується пневматичний очисник яєць зернової молі;

НУБІП України

6. Виконати економічні розрахунки використання очисника яєць зернової молі.

Перелік графічного матеріалу (обов'язкові креслення): загальний вигляд пневматичного очисника, робочі креслення деталей пневматичного очисника, деталювання пристрою.

НУБІП України

Дата видачі завдання «22» жовтня 2020 р.

Керівник кваліфікаційної
магістерської роботи

О.А. Марус

НУБІП України

Завдання прийняв до виконання

А.М. Турченко

НУБІП України

РЕФЕРАТ

Магістерська робота виконана на 104 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 37 формул, 19 таблиць, 33 рисунки, списку використаної літератури 53 найменувань.

НУБІП України

Мета роботи – підвищення ефективності очищення яєць зернової молі, шляхом удосконалення пневматичного очисника.

Об'єкт дослідження – процес очищення яєць зернової молі від домішок, режими роботи та конструкційні параметри пневматичного очисника.

НУБІП України

Предмет дослідження – взаємозв'язок режимів роботи, технологічних параметрів та режимів очисника яєць зернової молі та показників його роботи.

В першому розділі розглянуто технологічні особливості процесу виробництва трихограми та виконаний аналіз відомих пневматичних пристроїв.

НУБІП України

В другому розділі наведено аналіз відомих теоретичних досліджень, що описують процеси очищення дрібнофракційних сумішей з використанням вібраційних пристроїв, а також проведено теоретичні дослідження, що дозволяють визначити параметри руху яєць зернової молі по пагубку їх подачі до бункеру збору яєць.

НУБІП України

В третьому розділі приведені результати досліджень визначення впливу кута стабілізуючого похилого патрубку на одночасність подачі яєць зернової молі в вертикальний повітряний канал, а також визначено швидкості повітряного потoku при якому відбувається зависання яєць зернової молі, які відносяться до різних фракцій.

НУБІП України

В четвертому розділі наведені нормативні правила з охорони праці та техніки безпеки при виробництві яєць зернової молі та трихограми.

НУБІП України

В п'ятому розділі наведено економічне обґрунтування застосування очисника яєць зернової молі в технології виробництва трихограми.

ПНЕВМАТИЧНИЙ ОЧИСНИК, ПОВІТРЯНИЙ ПОТІК, ВЕРТИКАЛЬНИЙ КАНАЛ, ЯЙЦЯ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ, ШВИДКІСТЬ ВІТАННЯ.

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ТРИХОГРАМИ.....

1.1. Технологічні особливості процесу виробництва трихограми.....

1.2. Обґрунтування застосування операції очищення яєць зернової молі в технології виробництва трихограми.....

1.3. Аналіз відомих пневматичних пристроїв, що застосовуються для очищення яєць зернової молі та інших сипучих матеріалів.....

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РУХУ ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ ПО ПОХИЛИХ ПОВЕРХНЯХ РОЗДІЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....

2.1. Аналіз відомих теоретичних досліджень, що описують процеси очищення дрібнофракційних сумішей з використанням вібраційних пристроїв..

2.2. Здійснення теоретичних досліджень, що дозволяють визначити параметри руху яєць зернової молі по патрубку їх подачі, що виконує гармонічні вібраційні коливання, до бункеру збору яєць.....

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ОЧИСНИКА ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ.....

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.....

3.2. Результати досліджень визначення впливу кута стабілізуючого похилого патрубка на одночасність подачі яєць зернової молі в вертикальний повітряний канал.....

3.3. Результати проведених експериментальних досліджень з визначення швидкостей повітряного потоку при яких відбувається зависання яєць зернової молі.....

РОЗДІЛ 4. НОРМАТИВНІ ПРАВИЛА З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ.....

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ
ОЧИСНИКА ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ТРИХОГРАМИ.

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

ДОДАТКИ.....

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Основні принципи органічного сільського господарства відображають системний підхід, який лежить в основі діяльності кожного органічного виробника. Це принципи здоров'я, екології, справедливості та піклування. Органічне сільське господарство прагне зробити аграрні екосистеми схожими на природні, щоб підвищити їх стійкість і ефективності [16, 17].

Сільськогосподарські методи постійно розвиваються, щоб знайти найкращі способи прогодувати всіх на планеті. У той час як багато інновацій зустрічаються виключно у великих фермерських господарствах, нові методи ведення сільського господарства з'явилися та розширилися, щоб перенести сільське господарство в міста та інші несільські райони.

Використання природних ресурсів енергії, води та ґрунту для вирощування їжі не повинно сприйматись легковажно; по суті, технологія землеробства повинна рухатись в напрямку зменшення виснаження цих ресурсів. Серед цих більш безпечних для Землі досягнень є біологічні методи захисту рослин, які використовують для захисту від шкідників. Ці природні вороги шкідників називаються ентомологічними біопрепаратами. Біологічні препарати є яскравим прикладом того, як можна використовувати природні захисні механізми для підвищення продуктивності та мінімізації техногенного використання хімічних речовин, таким чином заощаджуючи енергію та зменшуючи хімічний вплив на навколишнє середовище.

В даний час для захисту рослин застосовують фізичний, хімічний та біологічний методи. Фізичний метод малопродуктивний; хімічний - ефективний, універсальний, продуктивний і простий у застосуванні, але його негативні аспекти (висока токсичність багатьох препаратів, негативний вплив на екологічну обстановку довкілля та ін.) призвели до необхідності розробки інтегрованого захисту рослин, суть якої полягає у поступовій заміні пестицидів тривалого та широкого спектра дії високо специфічними хімічними та біологічними препаратами; біологічний метод захисту рослин, заснований на використанні живих організмів, передбачає знищення шкідників у їхньому

НУБІП УКРАЇНИ

осередку, він нешкідливий для навколишнього середовища та людей і знищує до 80% шкідників сільськогосподарських культур. Вартість біологічних засобів у багатьох випадках нижча за вартість пестицидів.

НУБІП УКРАЇНИ

Боротьба з лускокрилими шкідниками при виробництві сільськогосподарської продукції рослинництва зазвичай включає застосування хімічних інсектицидів з ризиком для здоров'я та навколишнього середовища.

НУБІП УКРАЇНИ

Біологічна боротьба зі шкідниками, бур'янами, хворобами рослин і тварин з використанням їхніх природних антагоністів на сьогоднішній день швидко розвивається і набуває все більшого розповсюдження. Незважаючи на задокументовані способи застосування та систематичні зусилля щодо розробки понад століття, біологічний контроль досі залишається вкрай недостатньо використаним методом боротьби зі шкідниками. Його невикористаний потенціал є найкращою надією на забезпечення тривалого, екологічно

НУБІП УКРАЇНИ

безпечного та соціально прийняттого контролю над більшістю проблемних шкідників у сільському господарстві та інвазійними чужорідними організмами, що загрожують глобальному біорізноманіттю.

НУБІП УКРАЇНИ

Виходячи з переважно позитивних особливостей біологічного контролю, він є головним кандидатом у пошуках зменшення залежності від хімічних пестицидів. Громадський запит на пошук рішень на основі біологічного контролю є основною рушійною силою швидкого розвитку різних стратегій використання природних ворогів для боротьби зі шкідливими організмами.

НУБІП УКРАЇНИ

Ячні паразитоїди трихограми успішно використовуються для біологічної боротьби з широким спектром лускокрилих шкідників у всьому світі [18, 19, 20]. Однак успіх залежить від їх продуктивності, на яку можуть вплинути умови вирощування лабораторної маси. Отже, огляд усієї наукової інформації щодо найбільш підходящих методів масового вирощування паразитоїдів *Trichogramma* має надзвичайно важливе значення для тих, хто прагне успішної

НУБІП УКРАЇНИ

біологічної боротьби зі шкідниками. Досліджено методи масового виробництва трихограми, в основному з використанням альтернативних господарів.

НУБІП України

Промислове виробництво трихограм проводиться на биофабриках, де основне місце займає процес виробництва зернової молі.

Одним з етапів виробництва яєць зернової молі є операція їх очистки. Це

НУБІП України

важлива операція оскільки від якісних показників яєць зернової молі залежать кінцеві показники трихограми. Але покращення якісних показників роботи очисника не можливе без визначення аеродинамічних властивостей яєць зернової молі. Поведінка яєць в повітряному потоці залежить не тільки від їх

аеродинамічних властивостей, визначаємих розміщенням, формою, вагою та станом поверхні яєць, но і від напрямку та характеру повітряного потоку, від

НУБІП України

кількості яєць, що одночасно знаходяться в повітряному потоці. Тому обґрунтування параметрів та режимів пневматичного очисника є важливим питанням у технології виробництва трихограми.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ТА ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА ТРИХОГРАМИ

НУБІП України

1.1. Технологічні особливості процесу виробництва трихограми

Трихограма (*Trichogramma evanescens*) - багатоклітинний паразит-яйцед.

Застосовується проти совок, білянок, лугового метелика, плоджорок та інших шкідників на гороху, картоплі, багаторічних травах. Самка трихограми відкладає свої яйця у яйця шкідників. Оптимальні умови для розвитку: температура +18 ... +30 °С та вологість 30 ... 80%.

НУБІП України

Відомо, що для отримання потрібної кількості трихограми, виготовленої в біолабораторії, її вирощують і зберігають до того моменту, коли необхідно проводити захисні заходи. Як результат - ослаблена тривалим зберіганням трихограма, яка або відмовляється паразитувати яйця шкідника, або зовсім не відроджується. Існують різні думки щодо умов та термінів зберігання недіапаузуючої трихограми. Зберігання трихограми, що недіпазує, не повинно перевищувати одного місяця. При тривалішому зберіганні трихограми різко знижуються її якісні показники, і особливо відсоток паразитування.

НУБІП України

Також досить часто трихограму вносять, з розрахунку кількості особин на гектар. Але це не зовсім правильно. Оскільки яйця шкідника паразитують самки, то й орієнтуватися потрібно на цей показник. При лабораторному дослідженні трихограм завжди вказується відсоток самок в пробі. Отже, у разі планування кількості внесення ентомофага слід враховувати саме цей показник.

НУБІП України

На біофабриках масове розмноження трихограми здійснюється комплектом обладнання механізованої лінії відповідно до технічного опису та інструкції з експлуатації. Трихограму розводять у виробничих біолабораторіях або на біофабриках, використовуючи як їжу яйця зернової молі або ситотроги

НУБІП України

(*Sitotroga cerealella* Oliv.), яку розводять на повноцінному зерні ячменю. На рис. 1.1 зображена схема виробництва трихограми, яка включає операцію очищення яєць зернової молі.

НУБІП України

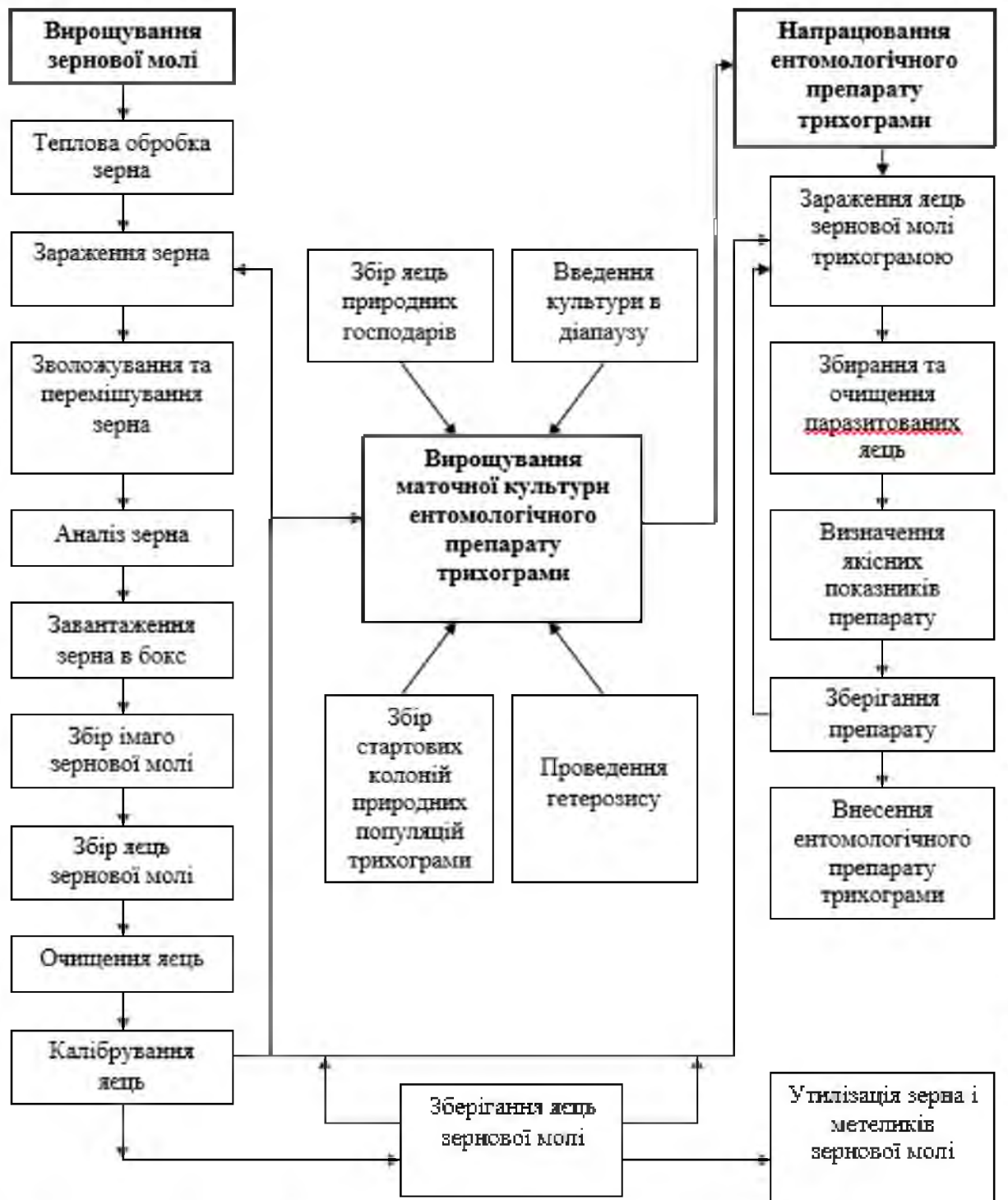


Рис. 1.1. Схема виробництва трихограми [21]

Технологія масового розведення зернової молі та трихограми включає наступні основні операції:

- 1) підготовка зерна для розведення зернової молі (ситотроги);
- 2) зараження зерна ситотрогою;
- 3) отримання метеликів та яєць ситотроги;

НУБІП УКРАЇНИ

- 4) зберігання яєць зернової молі;
- 5) розмноження та зберігання трихограми;
- 6) оновлення та накопичення маткового матеріалу.

1. Підготовка зерна ячменю для розведення зернової молі. Знезаражують зерно ячменю різними способами: термічний — за допомогою гарячої води, в автоклавах та шляхом хімічної фумігації. Вологе термічне знезараження краще, оскільки воно забезпечує отримання м'якого зерна, більш сприятливого для впровадження та розвитку гусениць зернової молі. Його проводять шляхом занурення зерна у гарячу воду ($90-95^{\circ}\text{C}$) на $40-60^{\circ}\text{C}$. Попередньо у воду додають марганцевокислий калій (1 г на 10 л води), щоб запобігти появі плісняви. Знезаражене зерно розсипають у кювети шаром не більше 4 см і протягом 1-2 днів доводять до оптимальної (15-16%) вологості, підтримуючи її протягом усього періоду розвитку зернової молі.

2. Зараження зерна ситотроєю. Для зараження зерна використовують яйця зернової молі, відкладені метеликами на 2-3-й день життя, причому вік усїєї партії яєць не повинен відрізнятиса більш ніж на добу. Яйця поміщають у термостат при температурі ($24\pm 1^{\circ}\text{C}$) та відносній вологості повітря ($85\pm 5\%$) на 4-5 діб. З появою перших павутинок всю партію яєць розсипають тонким шаром поверхні зерна з розрахунку 100 г яєць на 100 кг. Через 4-5 діб, коли гусениці метеликів увійдуть у зерно, його ретельно перемішують і в разі потреби додатково зволожують. У приміщенні підтримують температуру ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$) та вологість ($80\pm 5\%$).

3. Отримання метеликів та яєць зернової молі. Через 2-3 дні після початку льоту метеликів зерно пересипають у касети та встановлюють їх у бокси. В одному боксі розміщують десять касет по 13-15 кг зерна у кожній. Зазвичай масовий літ метеликів починається через 3-5 днів після завантаження касет і триває протягом 15-18 днів. Метелики, що виходять із зерна, через перфорацію касет проникають у бокс, накопичуються в його нижній конічній частині і через відкривається клапан потрапляють в загальний комахопровід. Звідси вони повітряним потоком переносяться до мелеприймачів.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Метеликів збирають двічі на добу, з молеприймачів дозатором розфасовують у витяжній шафі в малі контейнери, закривають змінною підкладкою та піддоном і поміщають на 4–5 діб у пористий термостат.

НУБІП УКРАЇНИ

Очищення малих контейнерів проводять щодня за допомогою вакуумного пристрою, змонтованого у витяжній шафі.

НУБІП УКРАЇНИ

Зібрані яйця очищають від домішок за допомогою сит, вібратора, а потім пневматичного класифікатора. Очищені яйця добового збору зважують, розфасовують у етикетовані паперові пакети (до 50 г у кожний), касети або чашки Петрі та використовують для відтворення молі (10–20%), розведення трихограми або закладають на зберігання. Середній вихід яєць зернової молі на біофабриках має становити 600 г зі 100 кг зерна за тривалості циклу збирання метеликів та яєць з однієї партії заселеного зерна 35–45 днів та ступеня заселеності зерна близько 75%.

НУБІП УКРАЇНИ

4. Зберігання яєць зернової молі. Короткочасне зберігання яєць при температурі 1–30С та відносній вологості повітря 85–90% для партії, призначеної для відтворення, допускається не більше 3–4 діб; для заселення трихограмою – трохи більше 10 діб. Для довгострокового зберігання,

НУБІП УКРАЇНИ

необхідного при цілорічній роботі біофабрики, розроблено спосіб глибокого охолодження яєць. За допомогою спеціального пристрою їх поміщають у рідкий азот у судинах Дьюара та зберігають протягом 6–12 місяців при температурі –1960С. Потім яйця розморожують у воді, підігрітій до 44–450С, висушують на гідрофільних плитах протягом 25–40 хв при 25–300С і використовують для розведення трихограми. Після розконсервації яєць зернової молі трихограма заселяє 58–60% яєць, відродження паразита становить 60–75%, а плодність відповідає рівню контролю.

НУБІП УКРАЇНИ

5. Розмноження трихограми. Яйця зернової молі наклеюють на скляні пластини чи трилітрові банки. Пластини або банки попередньо зволожують

НУБІП УКРАЇНИ

конденсатом вологи при перенесенні пластин з холодильника, тонким шаром води з зволожувача повітря або вологою парою. Яйця розсипають на обидві сторони пластини або по колу банки, що не приклеїні, видаляють легким

НУБІП УКРАЇНИ

струшуванням. Пластини вставляють у контейнери (віварії) з органічного скла, а наявні в кожному з них пенали поміщають імаго трихограми з розрахунку одна самка паразита на 20 яєць ситотроги. Контейнери або банки ставлять у кліматичну камеру з автоматично регульованою температурою, вологістю та фотоперіодом, оптимальними для популяції, що мешкає в даній географічній зоні.

НУБІП УКРАЇНИ

Яйця зернової молі заселяють протягом 1-2 діб. Рівномірності заселення досягають за рахунок послідовного включення ламп в автоматичному режимі.

НУБІП УКРАЇНИ

Трихограма має позитивний фототаксис і накопичується на більш освітлених ділянках пластин. Після почорніння яєць (фаза передяльки трихограми) їх очищають у витяжній шафі за допомогою набору сит, зважують і розфасовують в пакети для реалізації (для поля або відтворення) або в касети на зберігання.

НУБІП УКРАЇНИ

На пакеті або касеті вказують вид трихограми, дату заселення та початку зберігання, відсоток заселення та число особин. Зазвичай 1 г міститься близько 70-80 тисяч яєць, паразитованих трихограмою.

6. Оновлення та накопичення маткового матеріалу. З метою збагачення генофонду вихідної популяції трихограми та підвищення якості біоматеріалу рекомендується проводити наступні заходи.

НУБІП УКРАЇНИ

1) Збір у природі великої кількості (щонайменше 1500) яєць комах, паразитованих трихограммой.

2) Накопичення трихограми на маточній ділянці (0,5-1 га), розташованій на території біофабрики. Цю ділянку щорічно засівають сільськогосподарськими культурами з різним терміном дозрівання, які штучно заселяють фітофагами із загону лускокрилих та трихограмою. По периметру ділянку засівають нектароносними рослинами.

НУБІП УКРАЇНИ

3) Збір із маткової ділянки кладок яєць, заселених трихограмою, у серпні-вересні, виведення паразита, проведення двох осінніх пасажів через яйця господарів із розрахунку одна самка на десять яєць та введення трихограми в діапаузу для тривалого зберігання.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

4) Реактивація діапаузуючої трихограми, групове схрещування з метою отримання популяційного ефекту гетерозису, що супроводжується 2-3 пасажами через яйця основних господарів.

5) Масове розведення трихограми з таким розрахунком, щоб у яйцях зернової молі відбувався розвиток не більше 3-4 поколінь трихограми.

Отже, для розведення трихограми необхідно середовище на якому необхідно його розводити, тому з цієї причини необхідно на першому етапі розводити зернову міль, на яйцях яких вже і розводиться трихограма. На рисунку 1.2 зображений план приміщень та розташування обладнання для розведення трихограми, яке включає пневматичний очисник яєць зернової млі.

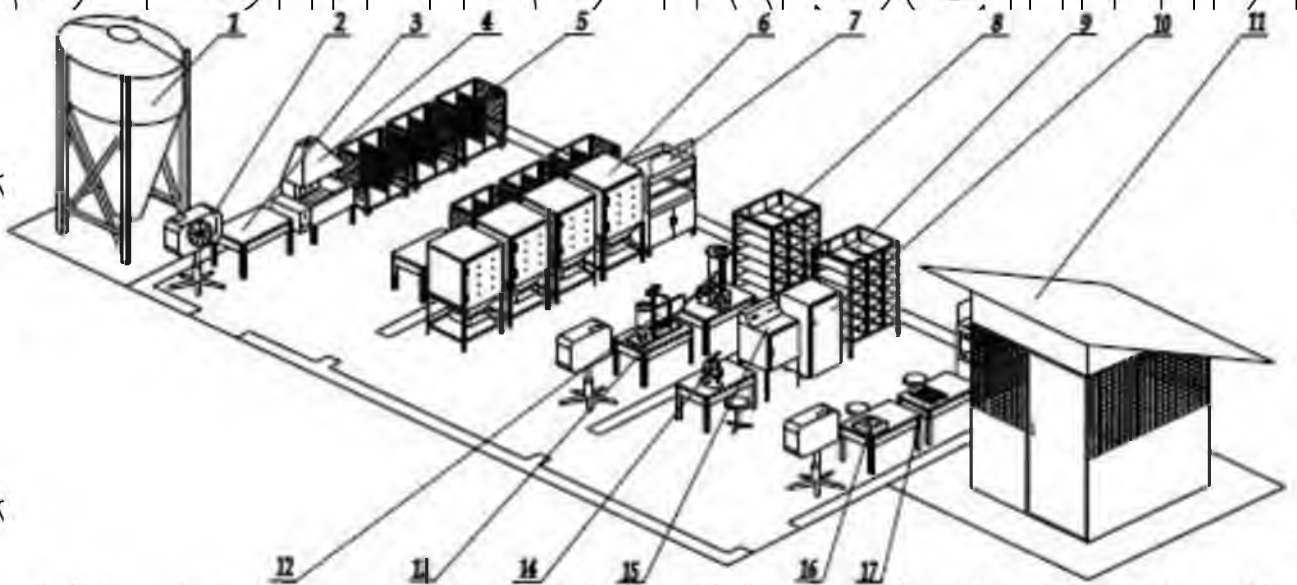


Рис. 1.2 План розміщення обладнання в біологічній лабораторії з виробництва трихограми [21]

1.2. Обґрунтування застосування операції очищення яєць зернової молі в технології виробництва трихограми

В технології виробництва трихограми подія відбувається збір яєць зернової молі, які необхідно доводити до якісного стану і однією з таких операцій є очищення.

Щоб краще зрозуміти процес очищення яєць зернової молі за допомогою пневматичного очисника спишемо даний процес. Яйця зернової молі за

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

рахунок вібраційного пристрою з бункера рухаються по похилому стабілізуючому патрубку з певною швидкістю і потрапляють у вертикальний

канал в який за допомогою осевого вентилятора втягуються повітря і за

НУБІП УКРАЇНИ

рахунок різних аеродинамічних властивостей яєць і домішок відбувається їх очистка. Тобто при задаванні необхідної швидкості повітряного потоку крупні яйця зернової молі повинні осідати до бункера збору яєць, а некондеційні (деформовані, порожні) та домішки повинні підніматись і осідати в бункер для

збору домішок. Тому для визначення оптимальних режимів необхідно мати

НУБІП УКРАЇНИ

дані по фізико-механічних властивостях об'єкта, який необхідно очистити або розділити якісний матеріал від неякісного.

До фізико-механічних властивостей яєць зернової молі відносять: вагові показники: розміри, вагу, форму; також такий показник як сипучість – або кут

природнього відкосу, коефіцієнти внутрішнього та зовнішнього тертя; до

НУБІП УКРАЇНИ

показників ще відносяться і динамічні – ударні, інерційні; а також аеродинамічні – швидкість вітання та коефіцієнт парусності.

Оскільки процес очистки поетапний тому і нам необхідно цей процес розкласти на етап руху по похилому дозуючому патрубку з урахуванням

початку руху яєць зернової молі після насипання у бункер, розділяємо на

НУБІП УКРАЇНИ

декілька етапів в яких необхідно враховувати властивості яєць, другий етап, який для нас важливий перебування яєць зернової молі у вертикальному каналі

очисника, та третій, який нам не важливий це рух вже некондеційних яєць та домішок до бункера збору даних елементів. Оскільки основним етапом очистки

є момент коли яйця зернової молі потрапляють в повітряний канал, тому

НУБІП УКРАЇНИ

досліджувати будемо лише фізико-механічні властивості, а саме парусність.

Відомими дослідженнями встановлено, що позитивний вплив на рівень пошукової здатності, рівень деформованих особин, тривалість життя та

плодючість самок впливає розмір яєць зернової молі та їх чистота. Про

НУБІП УКРАЇНИ

позитивний вплив великих яєць зернової молі на плодючість самок трихограми вказувалося ще в дослідженнях Теленги [1]. У дослідженнях Medoni [2]

показано вплив якості яєць зернової молі на тривалість життя самки

НУБІП УКРАЇНИ

трихограми. Відомі також дослідження впливу розмірів яєць зернової молі на інші індивідуальні якісні показники різних ентомофагів.

Здатність трихограми упродовж тривалого часу відкладати свої яйця в яйця шкідників, а також співвідношення самців та самок в трихограмі (це важливий показник якості оскільки чим більше самок тим більше вони зможуть заразити яєць шкідника) визначається розмірами і якістю яєць зернової молі, які, в свою чергу, залежать від розмірів самок [3].

Загально відомо, що при застосуванні в технології виробництва трихограми яєць зернової молі низької якості при розведенні 2-3 наступних поколінь відбувається виродження ентомофага і відбувається втрата культури. При розведенні трихограми на яйцях зернової молі високої якості відбувається збереження її якісних показників, що дозволяє використовувати дану культуру розводити упродовж ряду років [25, 26].

Підтримання або покращення якісних показників *Trichogramma*, особливо при маточному виробництві препарату, здійснюється декількома способами: періодичне використання яєць природніх господарів, збір стартових колоній природніх популяцій *Trichogramma*, проведення гетерозису, введення *Trichogramma* в діапаузу, підкормка імаго медовим розчином та використання крупних яєць зернової молі [27]. Так в роботі Wanga et al. [28] зазначено про тривале використання дубових шовкопрядів (*Antheraea pernyi*) як яйця-господаря для виробництва *Trichogramma dendrolimi*.

Отже, підсумовуючі вищезазначене необхідно зробити висновок про важливість операції очистки яєць зернової молі, а відповідно якість яєць зернової молі корелюється з якісними показниками трихограми (між кількістю відкладених яєць та їх величиною, а також розміром та вагою самок зернової молі встановлена пряма залежність).

1.3. Аналіз відомих пневматичних пристроїв, що застосовуються для очищення яєць зернової молі та інших сипучих матеріалів

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Оскільки виробництво трихограми пов'язане саме з живими об'єктами, тому розробленого обрання, яке використовується для очищення яєць зернової молі насправді досить мало. Але принципи пневматичного очищення з використанням повітряного потоку витримані.

Проаналізуємо відомі пристрої.

Одним із пристроїв, які використовуються для очистки яєць зернової молі є електростатичний сепаратор (рис. 1.3), в якому єдиному використовується не повітряний принцип очистки, а електростатичний. До недоліків такого пристрою слід віднести наступне, що при такому очищенні відбувається очищення лише від пилу, а інші домішки залишаються в фракціях яєць зернової молі. При залишку інших домішок у фракціях яєць зернової молі при накатуванні їх на поверхню при розведенні трихограми відбувається не максимальне заповнення стінок, а це означає, що відбувається не повне використання потенціалу трихордами і фактично це призведе до втраг виробництва лабораторії.

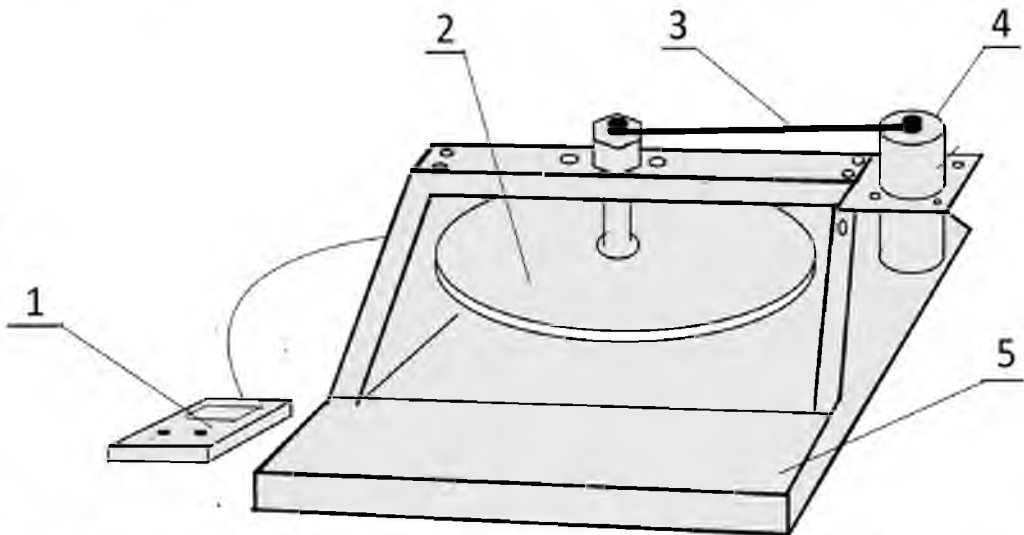


Рис. 1.3. Електростатичний сепаратор

Класичне використання повітряного потоку в системі очищення яєць зернової молі використано в пневматичній електричній віяльці (рис. 1.4). За даним принципом очистки відбувається вже повне очищення яєць зернової

НУБІП України

молі від різних домішок, які ми перераховували раніше, та пилу. Дана електрична пневматична віялка складається з рами, бункера з заслінкою та перемішуючим пристроєм, вентилятора, верхнього та нижнього решета, жолоба для видалення домішок, пиловловлювача та бункера для приймання яєць.

НУБІП України

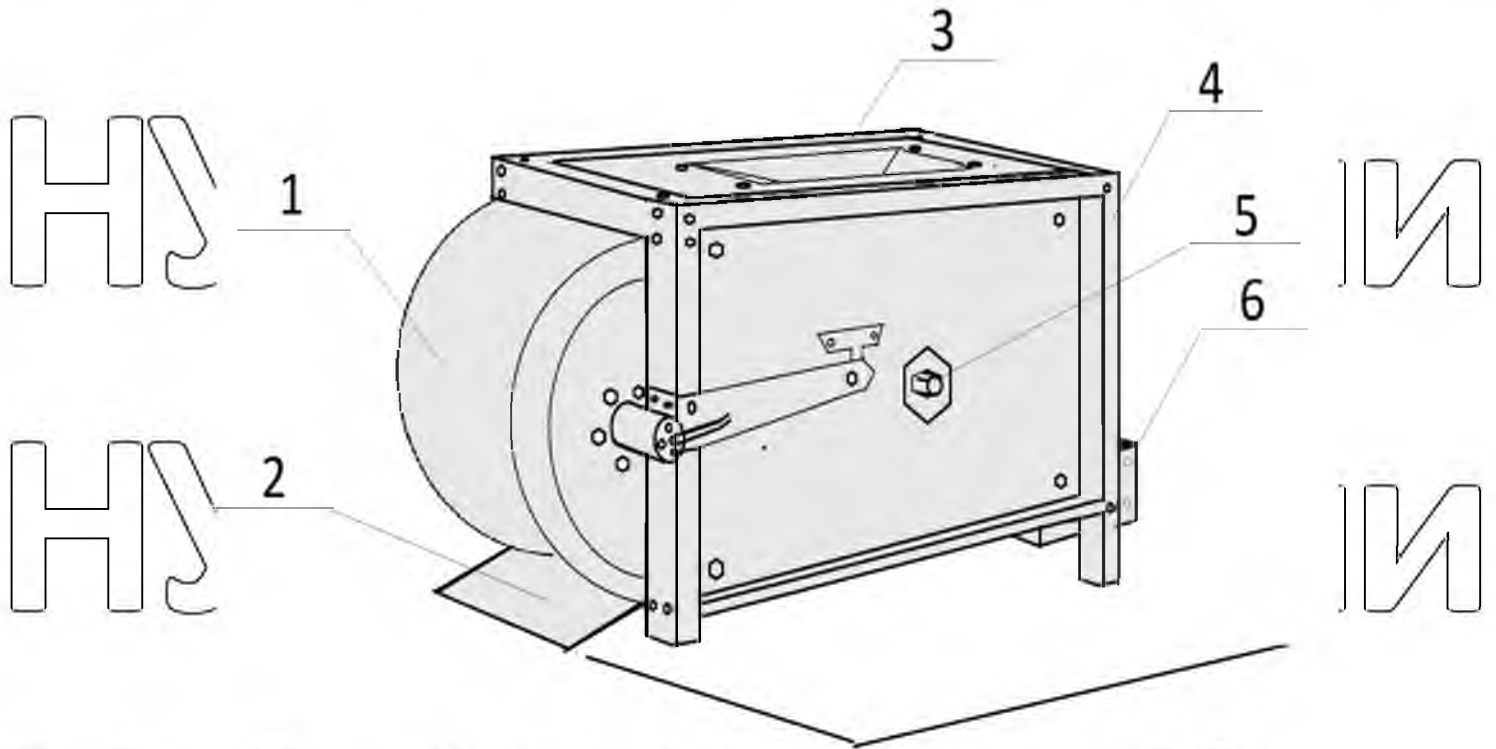


Рис. 1.4. Електрична пневматична віялка

НУБІП України

Електрична пневматична віялка працює наступним чином: отримані упродовж виробництва яйця зернової молі засипають до бункера, після відкриття заслінки яйця зернової молі потрапляють на верхній решітний стан, де відбувається початкове їх очищення. Через решітний стан циркулює повітряний потік, який утворюється за допомогою електричного вентилятора. Під час наступного етапу яйця зернової молі потрапляють на другий решітний стан (нижній) де вже з використанням повітряного потоку проходить головна очистка яєць зернової молі. Крупні домішки переміщуються до жолоба, дрібні домішки видувуються повітряним потоком

НУБІП України

НУБІП України

з машини в бункер для приймання пилу. Дана в'язка досить ефективно очищує яйця зернової молі від домішок, а також упродовж такої очистки відбувається і відділення дрібних яєць.

НУБІП України

Також для очистки яєць зернової молі використовується пневматичний очисник (рис. 1.5), який спочатку був розроблений для сортування зернових, овочевих, деяких технічних культур і трав на фракції, а потім вже перероблений для очистки яєць зернової молі. Даний очисник також використовували для різних аналізів де потрібно було відокремити різні фракції з навісок семян

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

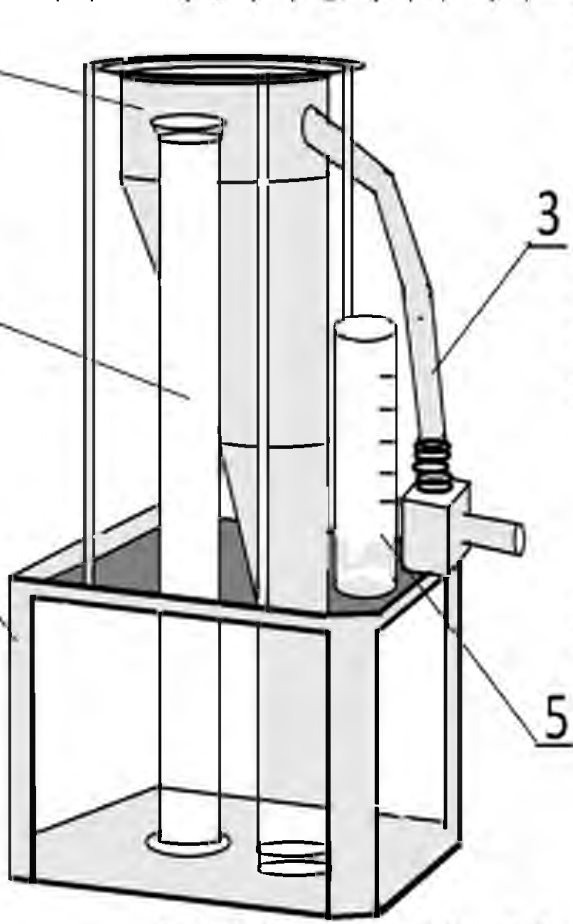


Рис 1.5. Пневматичний очисник

НУБІП України

На сьогоднішній день самим розповсюдженим пристроєм, який використовується для очистки яєць зернової молі є очисник яєць ОЯ – 1 (рис. 1.6), який був розроблений в Інженерно – технологічному інституті

НУБІП України

НУБІП України

«Біотехніка». Особливість даного очисника полягає в тому, що його можна використовувати не тільки для очистки яєць зернової молі а і для очистки заражених яєць трихограмою.

Аналіз літературних джерел показав, що розробленого спеціалізованого обладнання не багато, яке використовується для очистки яєць зернової молі, в основному значна кількість робіт пов'язана з біологічними особливостями процесу виробництва трихограми, а також з її використанням.

Тому відоме розроблене обладнання ми спробували порівняти, дані наведені у таблиці 1.1. Даний аналіз показав, що найкраще з усіх відділяє пневматичний очисник ОЯ-1, тому було прийняте рішення якраз його і вдосконалювати.

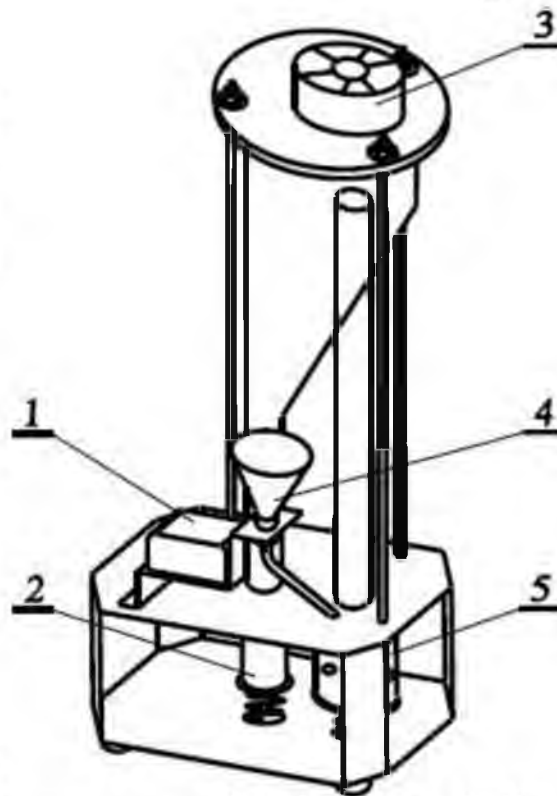


Рис. 1.6 Очисник яєць зернової молі

У продовж експлуатації очисника яєць зернової молі ОЯ-1 були виявлені наступні недоліки:

НУБІП України

Відсутність регулювання швидкості повітряного потоку, що не дозволяє виконувати якісну очистку;

Відсутнє обґрунтування швидкості повітряного потоку при якому відбувається зависання яєць зернової молі, що не дозволяє якісно їх очистити;

Неякісне очищення яєць зернової молі негативно впливає на якість розділення їх при наступній операції. Тому нами було прийнято рішення про проведення досліджень з визначення оптимальних режимів та параметрів роботи очисника.

Таблиця 1.1

Порівняльний аналіз технічних пристроїв, що використовується для очищення яєць зернової молі

Марка пристрою	Показники роботи пристроїв для очистки яєць зернової молі			
	Швидкість очищення	Енерговитрати	Якість очищення	Σ
Електростатичний сепаратор	Сер.	Вис.	Сер.	Сер.
Електрична пневматична Віялка	Вис.	Вис.	Низ.	Сер.
Пневматичний очисник	Сер.	Сер.	Сер.	Сер.
Очисник ОЯ-1	Вис.	Низ	Вис.	Вис.

Враховуючи той факт, що розробленого обладнання для очищення яєць зернової молі є незначна кількість, тому було прийняте рішення проаналізувати пристрої, які використовується для очистки зернових та сипучих сумішей.

НУБІП УКРАЇНИ

Існує велика різноманітність схем та конструкцій пневмосепараторів. За принципом дії їх можна розділити на три типи: пневмогравітаційні, пневмоімпульсні та пневмовідцентрові [1].

НУБІП УКРАЇНИ

Пневмосепаратори працюють завдяки різним режимам роботи повітряних потоків в каналах та осадочних камерах машини, які діють на зернову суміш. На рис. 1.7 наведено одну із схем пневмосепаратора з замкнутим циклом роботи повітряного потоку.

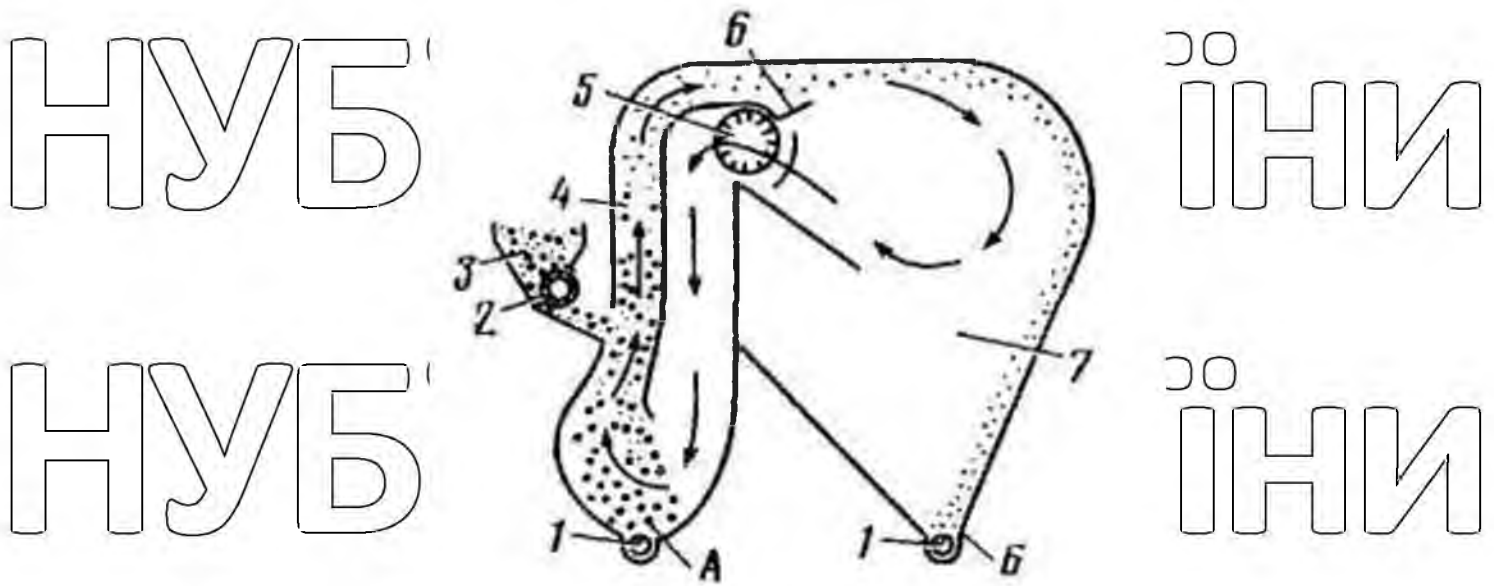


Рис. 1.7. Функціональна схема роботи пневмосепаратора (Канада):

1 - шнеки; 2 - живільний вал; 3 - бункер; 4 - пневмосепаруючий канал; 5 - діаметральний вентилятор; 6 - дросельна заслінка; 7 - осадочна камера.

Вихідним матеріалом (зернова суміш) з бункера 3 за допомогою живільного валика 2 подається у заданій кількості в пневмосепаруючий канал 4. В цьому каналі повітряним потоком виділяються і уносяться в осадочну камеру 7 легкі домішки (фракція Б), звідкіль шляхом 1 вони виводяться з машини, а очищене зерно (фракція А) падає в приймальник звідкіль воно виводиться шляхом 1. Необхідна швидкість повітряного потоку в зоні сепарування встановлюється дросельною заслінкою 6. В якості генератора повітряного потоку використаний діаметральний вентилятор 5, який дозволяє отримати рівномірне поле швидкостей повітряного потоку по усій ширині

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

пневмосепаруючого каналу, що підвищує ефективність очищення. До інших переваг таких пневмосепараторів відноситься замкнений цикл роботи повітряного потоку, який виключає потрапляння пилу й викид повітря в приміщення.

НУБІП України

На рис. 1.8 наведена схема двоканального пневмосепаратора з замкнутим циклом роботи повітряного потоку зерноочисної машини МС-4,5.

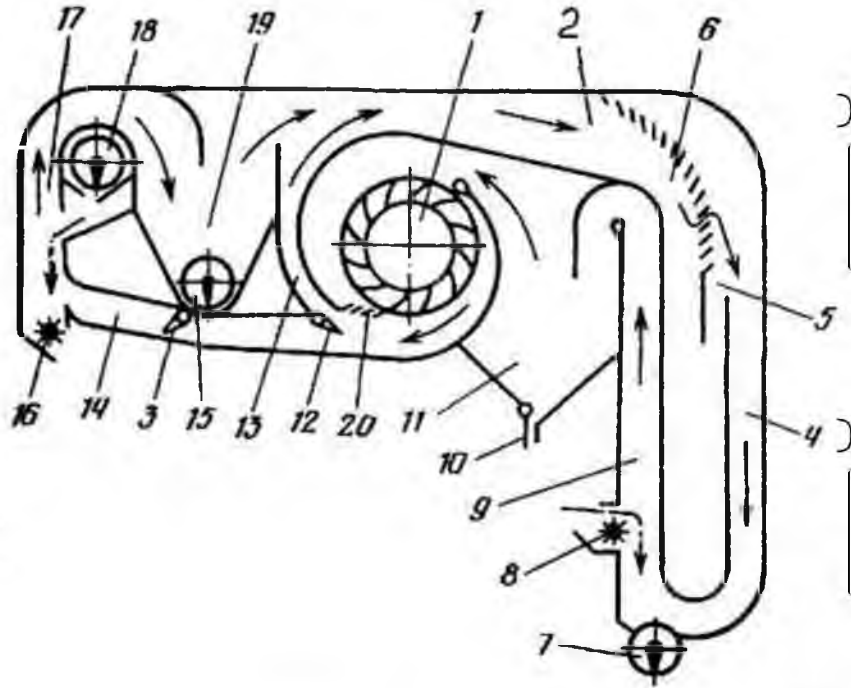


Рис. 1.8. Функціональна схема роботи пневмосистеми зерноочисної машини МС-4,5:

- 1 - діаметральний вентилятор; 2 та 5 - входне та вихідне вікна фільтра; 4 та 14 - повітропідвідні канали; 6 - фільтр очищення повітря; 7 та 16 - пристрої для виводу зерна з другої та першої аспірації; 8 - живильний валик другої аспірації; 9 та 17 - пневмосепаруючі канали другої та першої аспірації; 10 та 15 - пристрої для виводу домішок; 11 та 19 - відстійні камери; 13 - перепускний канал; 18 - пристрій для вводу зернової суміші у першу аспірацію; 20 - жалюзійна решітка.

НУБІП України

В наведеній пневмосистемі повітря нагнітається у перший канал 17 і відсмоктується з другого 9, за рахунок чого у першому каналі діє надлишковий

НУБІП України

НУБІП України

тиск, а у другому - розрідження. Для більш рівномірної подачі зернової суміші у другий канал та герметизації його живильного вікна встановлено валик 8.

Також існують пневморешітні зерноочисні машини. Розглянемо будову та принцип роботи стаціонарного скальператора з двома циліндричними решетами і пневмосепаруючої системи (рис. 1.9). Зернова суміш з бункера 3 за допомогою живильного валика та регулюючої заслінки надходить у заданій кількості до місця завантаження, яке створене зовнішньою робочою поверхнею першого циліндричного решета (основного скальператора) 2 та примикаючого до нього скатного листа, який по боках обмежений стінками. Завдяки обертання циліндричного решета зернова суміш з місця завантаження затаскується на його робочу поверхню.

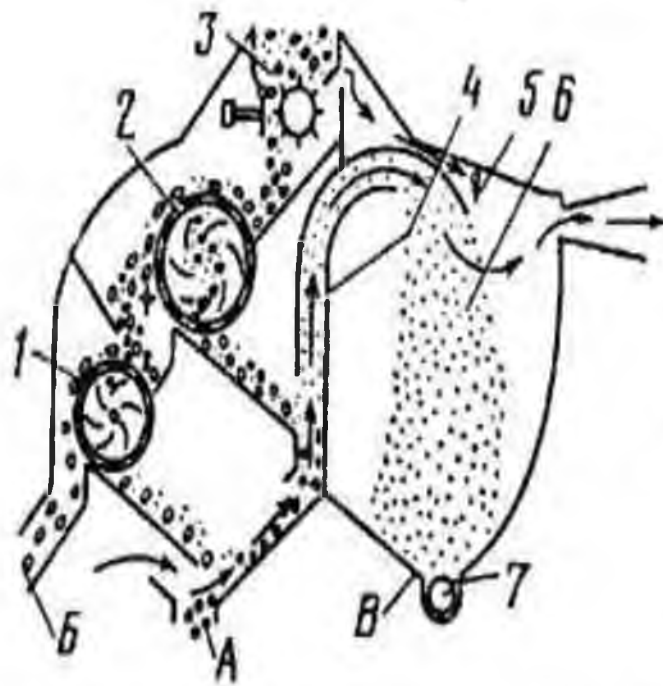


Рис. 1.9. Функціональна схема роботи машини попереднього очищення зерна (Канада):

1 - циліндричне решето (корегуючий скальператор), 2 - циліндричне решето (основний скальператор); 3 - бункер; 4 - пневмосепаруючий канал; 5 - дросельна заслінка; 6 - осадочна камера; 7 - розвантажувальний шнек, (стрілки показують напрямки потоку повітря).

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

При цьому у зоні завантаження виникає відносний рух між сумішшю та зовнішньою робочою поверхнею решета, що забезпечує інтенсивне просіювання основного зерна та дрібних домішок. Подальше просіювання

НУБІП УКРАЇНИ

зерна та дрібних домішок з суміші, яка знаходиться на робочій поверхні, відбувається на наступній так званій дузі просіювання решета при його обертання до скидання великих домішок і зерна, яке залишилось в суміші, по друге циліндричне решето (корегуючий скальпатор) 1 меншого діаметра і

НУБІП УКРАЇНИ

меншими розмірами отворів. Принцип дії корегуючого решета 1 такий же, як і першого решета 2. Виділене на першому циліндричному решеті 2 основне зерно та дрібні домішки надходять в пневмосепаруючий канал 4, а виділені на корегуючому решеті 1-у приймальник очищеного зерна (фракція 2).

З зернової суміші, яка надходить у пневмосепаруючий канал повітряним потоком виділяються і уносяться у осадочну камеру 6 легкі домішки, які виводяться з неї за допомогою розвантажувального шнека 7 (фракція В), а основне зерно падає у приймальник очищеного зерна (фракція А).

НУБІП УКРАЇНИ

Великі домішки з корегуючого решета 1 скидаються у приймальник великих домішок (фракція Б). Таким чином корегуюче решето призначено для

НУБІП УКРАЇНИ

виділення основного зерна, яке залишалось після очищення на першому решеті, тобто ліквідує витрати. Для очищення робочої поверхні першого циліндричного решета у зоні сходу великих домішок встановлюється щітка (бігер).

НУБІП УКРАЇНИ

У внутрішніх порожнинах обох циліндричних решіток закріплені спеціальні лопасті для інтефікації просіювання проходових фракцій крізь внутрішні робочі поверхні решіт, тобто для запобігання накопичення матеріалу у цих порожнинах. Швидкість повітряного потоку у пневмасепаруючому каналі регулюється за допомогою дросельної заслінки 5. Слід відмітити, що такі скальператори прості, компактні, надійні в експлуатації, мають високу продуктивність.

НУБІП УКРАЇНИ

З великого різноманіття конструкцій пневморешітних зерноочисних машин, найпростішою є віялка. Найбільш розповсюдженою віялкою в Україні є

НУБІП України

віялка сортувальна ВС - 2 (рис. 1.10), яка використовується при незначних об'ємах переробки зернової суміші.

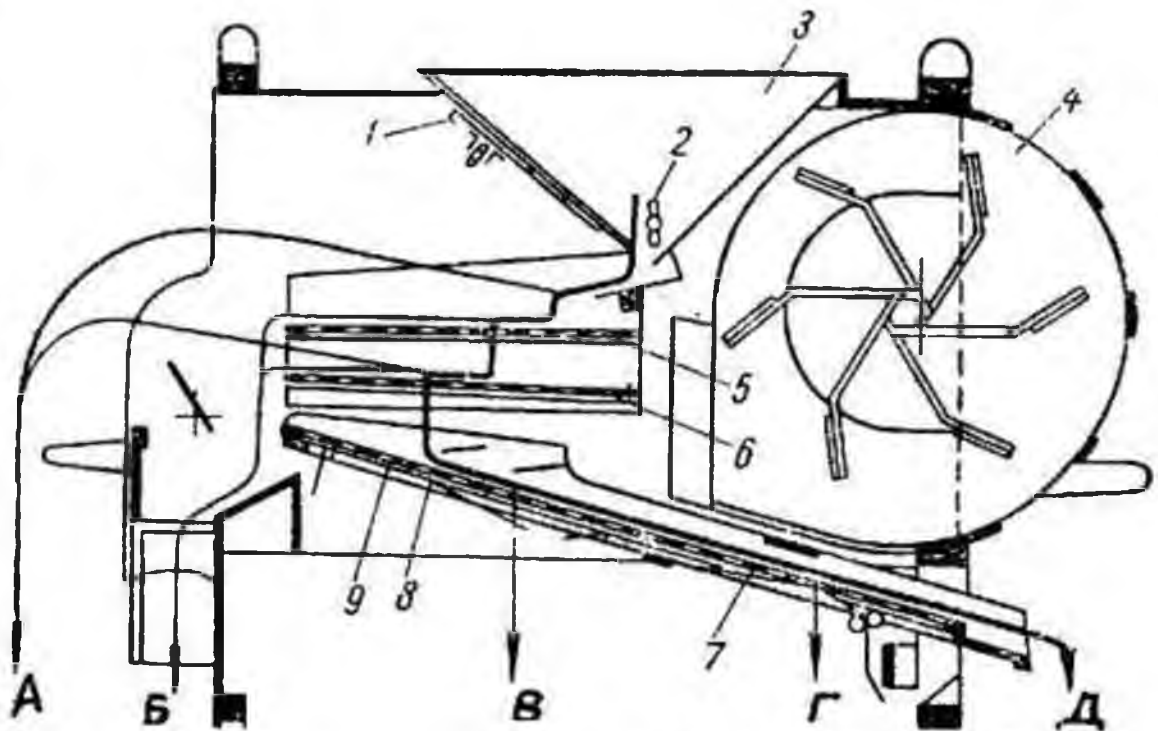


Рис. 1.10. Функціональна схема віялки сортувальки ВС - 2:

1 - заслінка; 2 - ворошилка; 3 - засипний кіш; 4 - вентилятор; 5 та 6 - решета верхнього решітного стану; 7 та 9 - решета нижнього решітного стану; 8 - підбивальник; А та В - легкі домішки; Б - великі домішки; Г - дрібне зерно та насіння буряку; Д - очищене зерно.

Основними частинами віялки-сортувальки є засипний кіш 3 з ворошилкою 2, яка обертається, і заслінкою 1, вентилятор 4, верхній та нижній решітні стани з чотирма решетами. Решітні стани рухаються у протилежних один одному напрямках.

Зернова суміш подається у засипний кіш 3 і надходить на решета 5 та 6 верхнього решітного стану, який продувається струменем повітря від вентилятора 4. Легкі домішки видувуються з машини (вихід А), а великі сходять з решіт і виводяться по обидва боки машини (вихід Б). Зерно та дрібні

НУБІП України

важкі домішки просиваються крізь отвори решіт і надходять на підсівне решето 9 нижнього стану. З нього зерно потрапляє на сортувальне решето 7, де поділяється на два сорти: перший (вихід Д) і другий (вихід І). Дрібне сміття та

НУБІП України

насіння бур'яну проходять крізь отвори підсівного решета нижнього стану, відводяться під машину (вихід В).

НУБІП України

Відомі без решітні сепаратори аеродинамічний САД-4 (рис. 1.11), які здатні очищати та виділяти за питомою вагою в кошик насіння зернових,

НУБІП України

зернобобових, технічних та інших культур, виконувати очищення всіх видів круп та продуктів їх виробництва. Така сепарація часто використовується для

НУБІП України

посівних матеріалів і дозволяє отримати насіння, що має високі посівні якості.

Сепаратор аеродинамічний САД-4 (рис. 1.12) складається з рами 12, бункера-живильника 6, відбивача 7, робочої камери 8, струменевого генератора 3, збірників основних фракцій 11, проміжних 13, ящика для збору відходів 15.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 1.11. Аеродинамічний сепаратор САД-4 [24]

НУБІП України

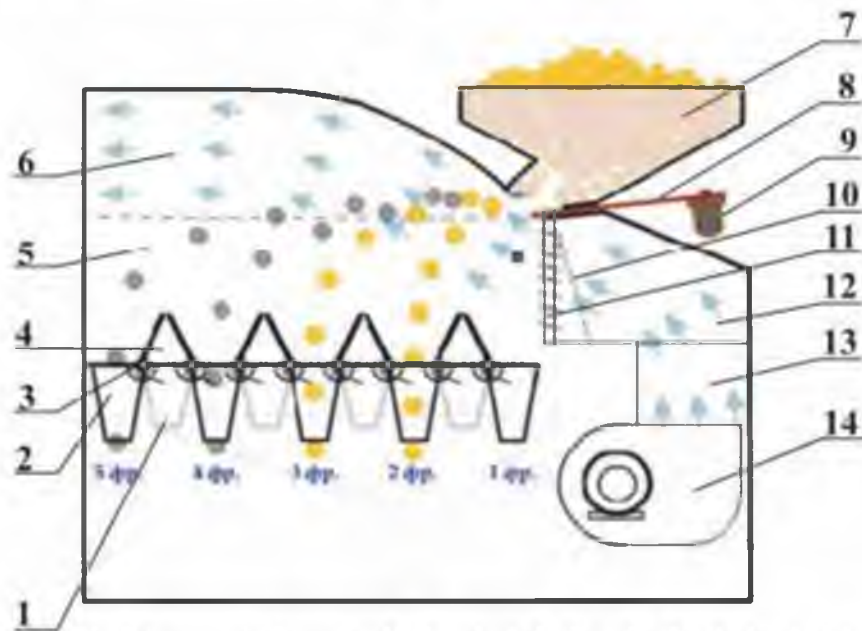


Рис. 1.12. Схема роботи пневматичного сепаратора САД-4 [24]

На рисунку 1.13 зображений схожий фракційний аспіратор, який ефективно очищає всі типи насіння та зерна. Принцип роботи в нього подібний за попередній ту машин, але система збору домішок дещо інша. Вентилятор створює повітряний потік, який розділяє різні фракції, зберігаючи аеродинамічну форму.



Рис. 1.13. ISM Separator - фракційний аспіратор [22]

НУБІП України

На рис. 1.14 зображений очисник з іншою барабанною системою очистки, але починається саме з повітряної очистки (рис. 1.14). Насіння проходить через повітряну систему для видалення домішок з подальшим сортуванням.

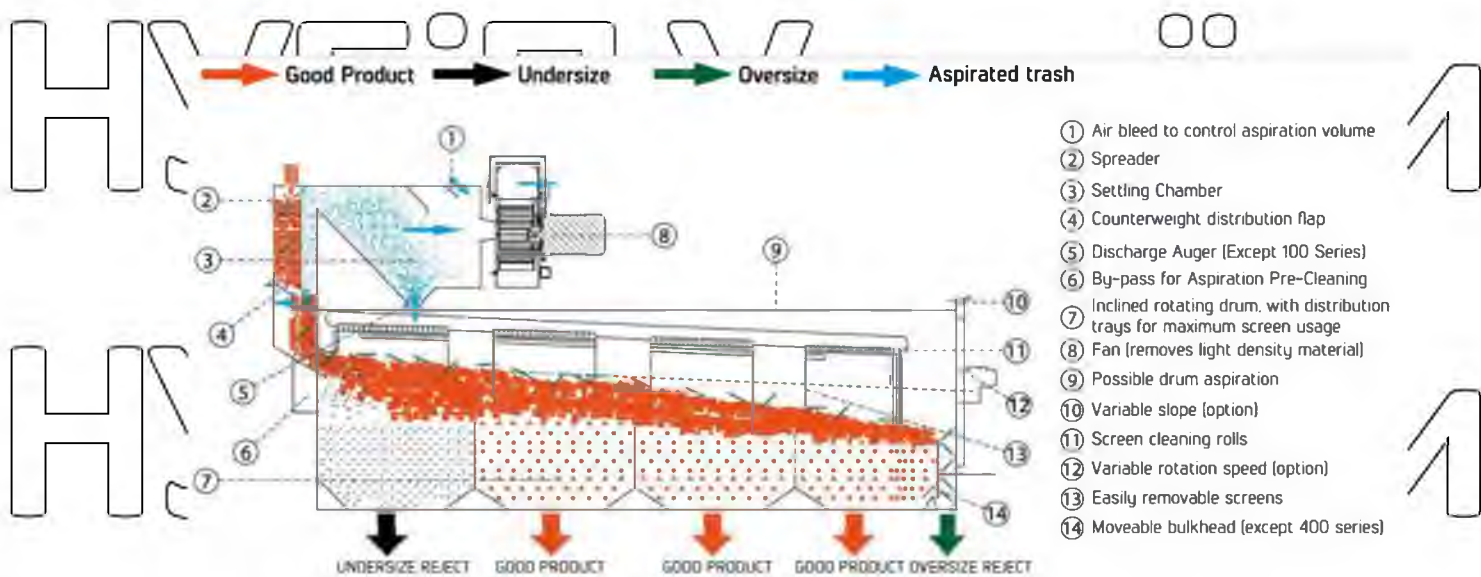


Рис. 1.14. Барабанний роторний очисувач

НУБІП України

Також відомі пневматичні аспіратори (рис. 1.15), які можна інтегрувати у схему видалення пилу. Принцип роботи такого аспілятора пов'язаний не з нагнітанням повітряного потоку, а з всмоктуванням.

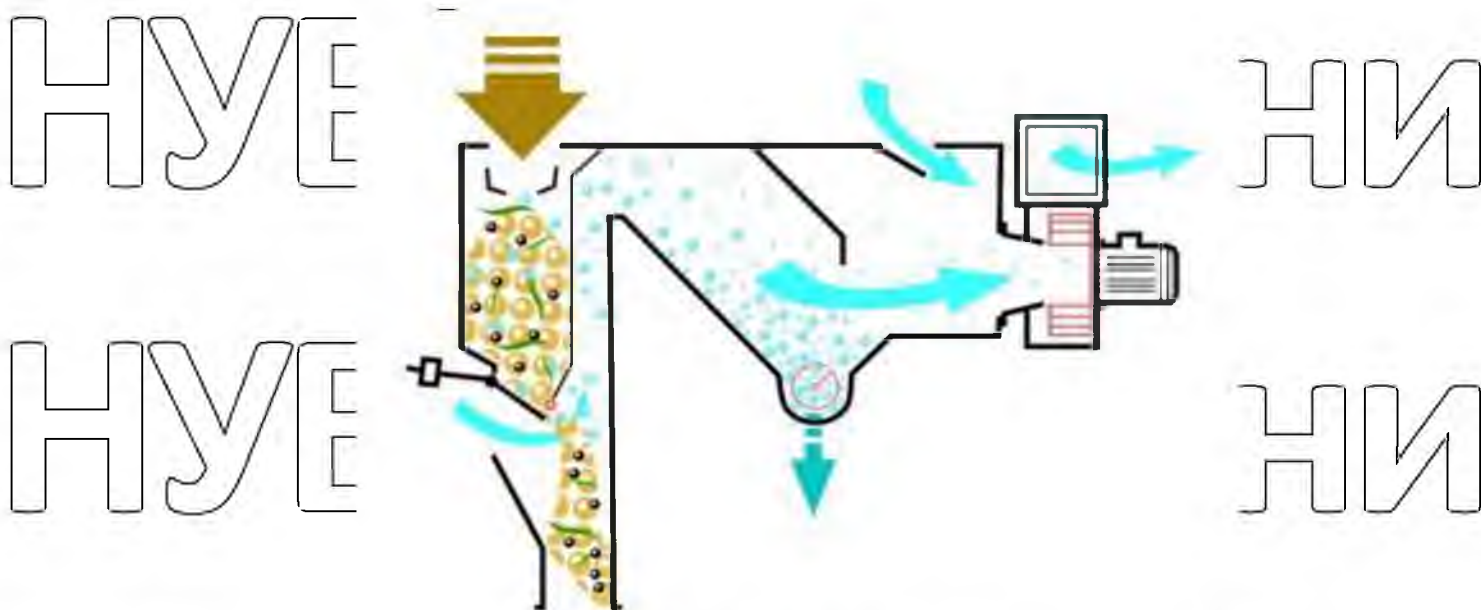


Рис. 1.15. Аспіраційний очисник

НУБІП України

НУБІП України

Також відомі Світові компанії такі як Vantage, які виробляють решітні очисники (рис. 1.16), які виконують чистку, розділення, сортування [23].

НУБІП



аїни

НУБІП

аїни

НУБІП України

Рис. 1.16. Решітний очисник сумішей [23]

Але використання подібних складних очисних пристроїв для очищення або розділення яєць зернової молі може призвести до їх пошкодження або деформування, тому використання таких типів обладнання повинно для біологічних об'єктів повинно супроводжуватись додатковими дослідженнями.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РУХУ ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ ПО ПОХИЛИХ ПОВЕРХНЯХ РОЗДІЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

НУБІП України

2.1. Аналіз відомих теоретичних досліджень, що описують процеси очищення дрібнофракційних сумішей з використанням вібраційних пристроїв

В технологічних процесах виробництва трихограми, що здійснюється в біологічних лабораторіях та станціях; очищення яєць зернової молі від домішок та пилу займає значне місце та має велике значення. Усі способи очистки та сепарування різних сумішей засновані на відмінності фізико-механічних властивостей їх компонентів.

НУБІП України

Принцип повітряної сепарації використовується в багатьох машинах, що очищають, розділяють та сепарують. Пояснюється це порівняльною простотою пневмосепаруючих пристроїв та різними аеродинамічними властивостями основної культури та домішок. Для оцінки можливості поділу та очистки яєць зернової молі за аеродинамічними властивостями необхідно знати взаємодію повітряного потоку із яйцями зернової молі. Знання траєкторій частинок, що сепаруються, їх швидкості та прискорення дозволяє отримати правильне уявлення про процес сепарування та очистки сипучої суміші яєць зернової молі та домішок і тих фактори, що впливають на ефективність цього процесу, що, зрештою, і визначає вибір проектних параметрів та режимів пневмосепаруючої установки.

НУБІП України

На тіло, поміщене у вертикальному повітряному потоці (каналі), діють сила тяжіння P та сила опору повітряному потоку R . Якщо $P > R$, то тіло падає. При $R > P$ тіло рухається вгору. Якщо $P = R$, тіло перебуває у зваженому стані. Воно нерухоме щодо стінок каналу. Швидкість вертикального повітряного потоку, коли тіло перебуває у зваженому стані, називають швидкістю зависання чи критичної швидкістю $V_{кр}$ даного тіла.

НУБІП України

НУБІП України

Суміш зернової молі та домішок можна розділити повітряним потоком тільки в тому випадку, якщо критичні швидкості яєць та домішок є різними.

Значення $V_{кр}$ можна визначити за формулою:

НУБІП України

$$V_{кр} = \sqrt{g/K_{п}} \quad (2.1)$$

де g - прискорення вільного падіння;

$K_{п}$ – коефіцієнт парусності.

НУБІП України

Так як $K_{п}$ залежить від декількох факторів, що змінюються, то значення $V_{кр}$ зазвичай визначають на вітрильному класификаторі або в аеродинамічній трубі.

Критична швидкість і коефіцієнт парусності одного й того ж тіла неправильної форми – непостійні величини, оскільки залежать від площі поверхні тіла на яку діє потік повітря.

НУБІП України

Тіла поділяють по аеродинамічних властивостях за допомогою пневмосепараторів або аспіраційних систем, вбудованих в пневмоочисні машини. Пневмосепаратори застосовують для очищення сумішей. Повітряним потоком виділяють від яєць зернової молі пил, частинки тіла зернової молі (лапки, крила і т.д.).

Н

У загальному випадку яйце, яке перебуває у повітряному потоці і знаходиться під дією сил, буде рухатись в напрямку дії результуючої сили P , яка є сумою сили опору R та сили тяжіння G (рис. 2.1).

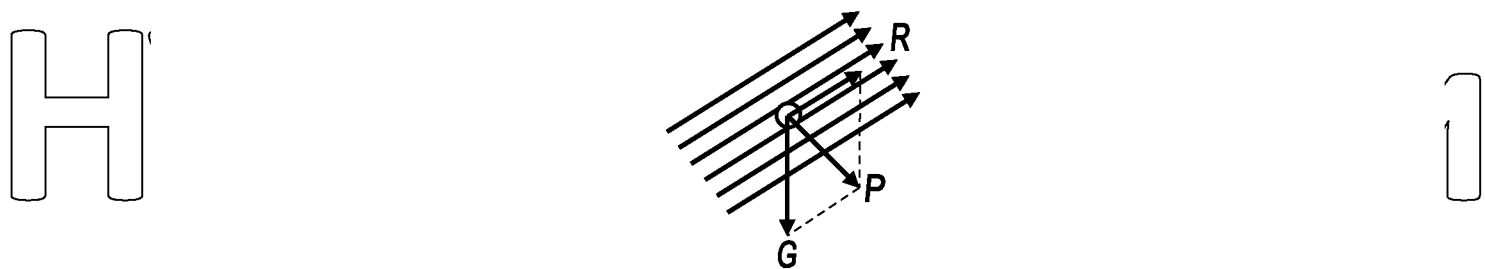


Рис. 2.1. Схема дії сил на яйце в похилому повітряному потоці.

НУБІП України

НУБІП України

У вертикальному повітряному потоці сила опору і сила тяжіння діють у протилежні напрямки (рис. 2.2).

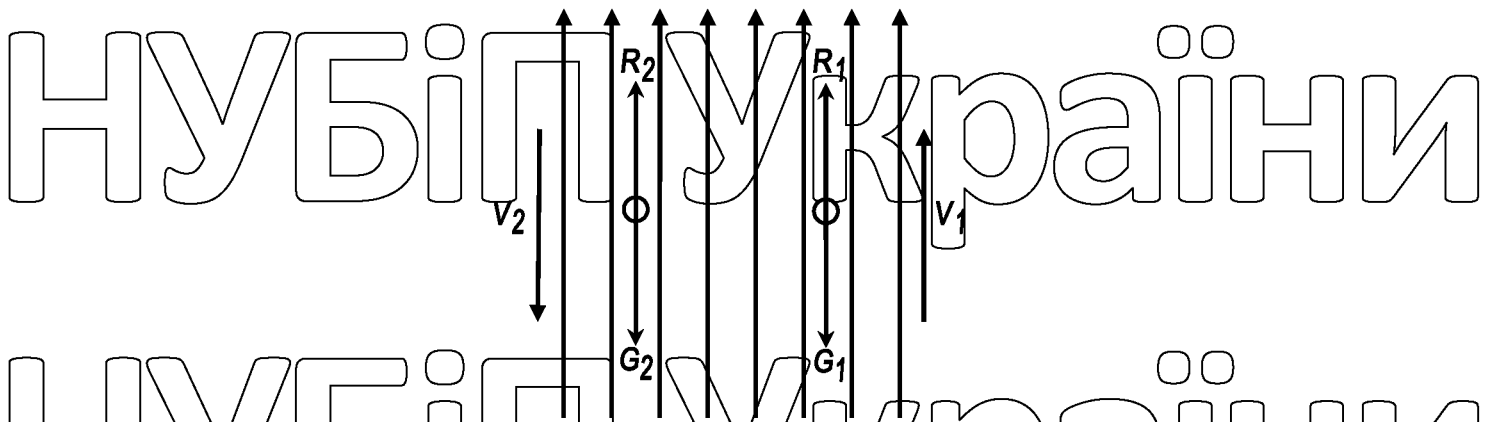


Рис. 2.2. Схема дії сил на яйце у вертикальному повітряному потоці

Тоді сила ваги G стає рівною силі опору R . Цю швидкість називають швидкістю зависання або вітання яйця.

3.2. Здійснення теоретичних досліджень, що дозволяють визначити параметри руху яєць зернової молі по патрубку їх подачі, що виконує гармонічні вібраційні коливання, до бункера збору яєць

Рух по патрубку, як зазначено на рис. 2.3, складається з двох етапів: 1 етап – яйця зернової молі з бункера через дозатор потрапляють у патрубок подачі; 2 етап – яйця за рахунок вібраційного пристрою починають свій рух по похилій поверхні патрубку і далі потрапляють вже у вертикальний канал, де вже і відбувається очищення яєць зернової молі.

Те, що кут поверхні патрубку β більше кута тертя яйця φ , тобто $\beta > \varphi$, дозволяє яйцям, потрапляючи у патрубок подачі, знаходитись у стані спокою, а вібраційний пристрій, за рахунок створення коливань, утворює рівномірний потік яєць по ньому.

НУБІП України

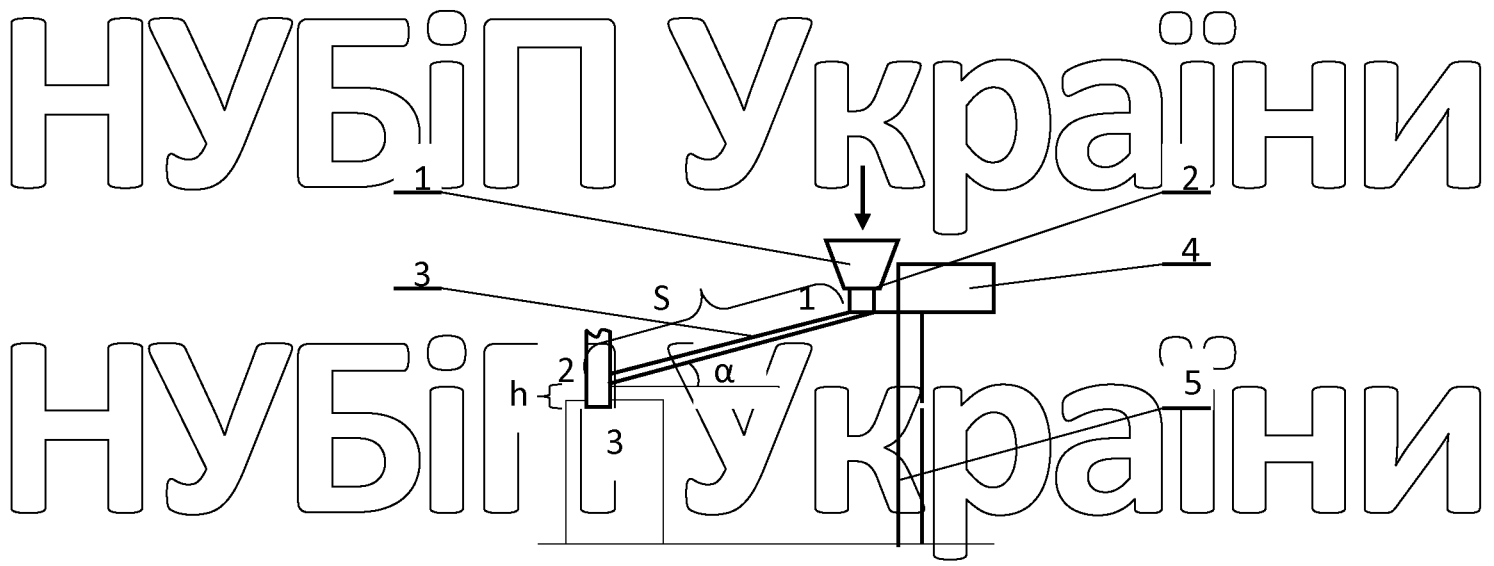


Рис. 2.3. Частина калібратора яєць фітофагів з пневматичним розділенням: 1 – бункер, 2 – дозатор, 3 – патрубок, 4 – вібраційний пристрій, 5 – камера розділення

Використовуючи наукові праці Заики П.М. [11] про рух плоскої частинки по нахиленій площині, що здійснює гармонійні коливання, проведемо дослідження нашого випадку.

Загальновідомо, що на яйця зернової молі, які рухаються по похилій поверхні патрубку, діє сила тяжіння (рис. 2.4.):

$$G = mg, \quad (2.2)$$

де G – сила тяжіння, Н;

m – маса яйця зернової молі, кг;

$g = 9,81$ – прискорення сили тяжіння, м/с²,

сила опору тертя, що виникає при ковзанні одного тіла по іншому, яка направлена протилежно напрямку швидкості руху частинок

$$F = fN, \quad (2.3)$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання, відносних од.,

N – сила, що направлена по нормалі до опорної поверхні, Н,

НУБІП УКРАЇНИ

та сила інерції переносного руху I . Так як переносний рух поступальний, то кориолісова сила інерції поворотного руху відсутня (дорівнює нулю).

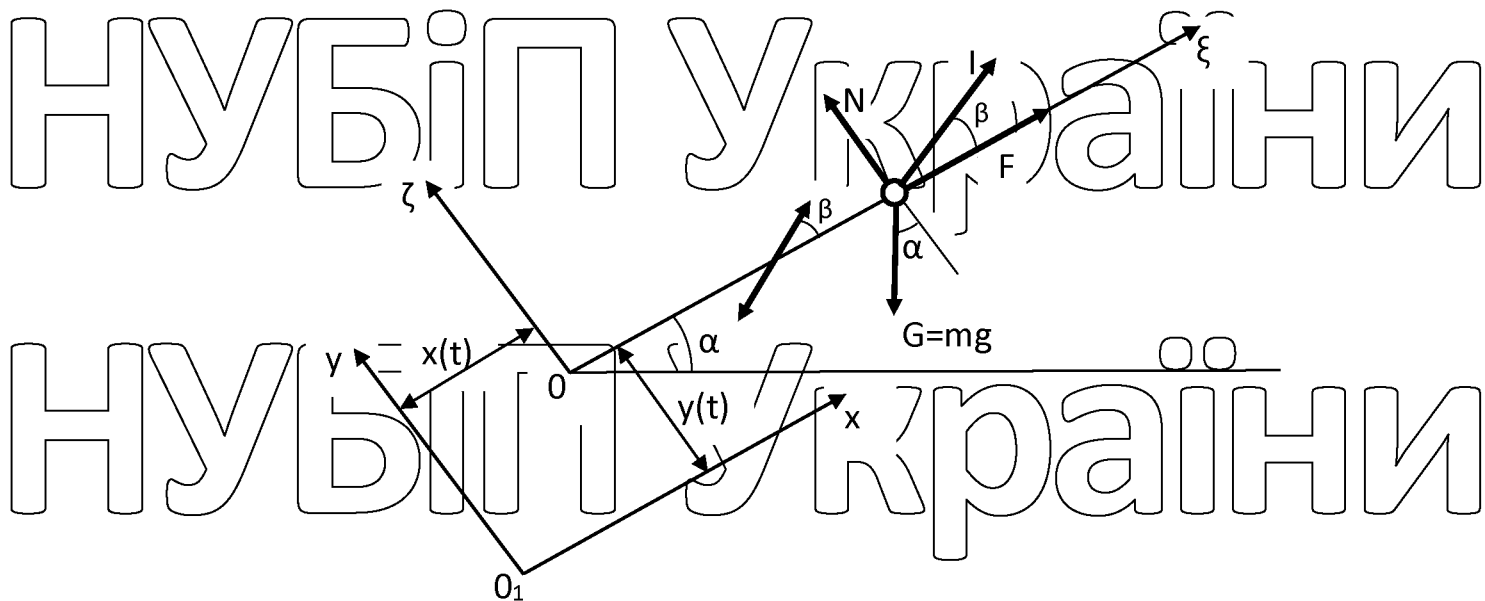


Рис. 2.4. Схеми дії сил на яйця зернової молі під час руху по похилій поверхні патрубку, що виконує коливальний рух

Кут нахилу траєкторії коливання площини – β ; амплітуда прямолінійних гармонійних коливань площини – A ; колова частота коливань площини – ω ; площина виконує прямолінійні гармонійні коливання в вертикальній площині по закону $y = A \sin \omega t$; t – час; коефіцієнт тертя спокою яйця, що лежить на поверхні – f_0 ; кут тертя ковзання яйця по поверхні $\varphi = \arcsin f_0$; кут тертя спокою яйця, що лежить на поверхні $\varphi_1 = \arcsin f_1$. Прямолінійні гармонійні патрубка співпадають з площиною її найбільшого скочування.

Необхідно прийняти наступні системи координат: O_1xyz – нерухома система координат; $O\xi\zeta$ – рухома система координат, що нерозривно пов'язана з робочим органом.

Рівняння відносного руху яйця в проекціях на вісі рухомої системи координат записують наступним чином:

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

$$m\ddot{\xi} = G_{\xi} + F + I_{\xi}; \quad (2.4)$$

$$m\ddot{\zeta} = G_{\zeta} + N + I_{\zeta}; \quad (2.5)$$

де G_{ξ} , G_{ζ} – проекції сили тяжіння на вісі рухомої системи координат:

НУБІП України

$$\begin{aligned} G_{\xi} &= -G \sin \alpha = -mg \sin \alpha; \\ G_{\zeta} &= -G \cos \alpha = -mg \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.6)$$

де I_{ξ} , I_{ζ} , проекції переносної сили інерції на вісі рухомої системи координат:

НУБІП України

$$\begin{aligned} I_{\xi} &= -m\ddot{x} = -m(A \cos \beta \sin \omega t) = mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t; \\ I_{\zeta} &= -m\ddot{y} = -m(A \sin \beta \sin \omega t) = mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t. \end{aligned} \quad (2.7)$$

З врахуванням (2.6.) та (2.7) диференціальне рівняння (2.4) та (2.5) можна записати в наступному вигляді:

НУБІП України

$$m\ddot{\xi} = mA\omega^2 \sin \omega t \cos \beta - mg \sin \alpha + F; \quad (2.8)$$

$$m\ddot{\zeta} = mA\omega^2 \sin \omega t \sin \beta - mg \cos \alpha + N. \quad (2.9)$$

При русі яйця без відриву від поверхні, що коливається $\xi \neq 0$, $\zeta = 0$ сила тертя визначається співвідношеннями:

НУБІП України

$$F = \begin{cases} -fN & \text{при } \dot{\xi} > 0; \\ fN & \text{при } \dot{\xi} < 0. \end{cases} \quad (2.10)$$

Нормальна реакція в цьому випадку визначається з (2.9) по формулі:

НУБІП України

$$N(t) = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \beta \sin \omega t. \quad (2.11)$$

У безвідривному режиму пересування реакція $N(t)$ повинна бути позитивною протягом всього періоду коливань патрубку, в тому числі, коли

НУБІП України

НУБІП України

другий член правої частини приймає максимальне значення $\omega t = \pi/2$, а $\sin \omega t = 1$. Звідси випливає умова безвідривного руху яйця:

$$N(t) > 0, \quad (2.12)$$

яке з врахуванням (2.11) можна записати так.

$$W = \frac{A\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha} \leq 1. \quad (2.13)$$

Параметр W , рівний відношенню амплітуди поперечної складової переносної сили інерції $mA\omega^2 \sin \beta$ до поперечної складової сили тяжіння $g m \cos \alpha$, називають параметром перезагрузки.

При відносному спокою яйця на поверхні ($\xi = 0$, $\zeta = 0$) сила сухого тертя $F = F^{(0)}$ не визначається по (2.2.9.), а знаходиться з (2.8)

$$F^{(0)} = F^{(0)}(t) = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \cos \beta \sin \omega t. \quad (2.14)$$

Стан відносного спокою при цьому зберігається до тих пір, поки виконується умова:

$$-f_1 N(t) < F^{(0)}(t) < f_1 N(t). \quad (2.15)$$

Підставив вираз для сили тертя (2.10) в рівняння (2.8) з врахуванням (2.11), можна отримати рівняння переміщення яйця по площині ($\zeta \equiv 0$)

$$\ddot{\xi} = -g \frac{\sin(\alpha \pm \varphi)}{\cos \varphi} + A\omega^2 \frac{\cos(\beta \mp \varphi)}{\cos \varphi} \sin \omega t \quad (2.16)$$

Верхні знаки в дужках рівняння (2.16) відповідають ковзанню «вперед» ($\xi > 0$), а нижні – «назад» ($\xi < 0$).

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

Якщо виконується умова (2.13) яйце, що потрапило у віброуючий патрубок з нульовою поперечною складовою швидкості $\zeta = 0$, в подальшому залишається на поверхні патрубку.

Границі по вісі ωt під інтервалу перебування яйця на віброуючій поверхні, характерне тим, що необхідна сила тертя $F^{(0)}(t)$ не перевищує по абсолютній величині граничного значення сили статичного тертя $f_{st} N(t)$ можна визначити, підставив вирази для $N(t)$ і $F^{(0)}(t)$ з (2.11) та (2.14) в (2.15)

$$\sin \omega t > Z_{1+}; \quad (2.17)$$
$$\sigma_1(Z_{1-} - \sin \omega t) > 0, \quad (2.18)$$

де позначено

$$Z_{\pm} = \frac{g \sin(\alpha \pm \varphi)}{A \omega^2 \cos(\beta \mp \varphi)}; \quad (2.19)$$
$$\sigma_1 = \sin g \left[\pi/2 - (\beta - \varphi) \right] = \begin{cases} \sin \beta + \varphi < \pi/2, \\ \sin \beta - \varphi > \pi/2. \end{cases} \quad (2.20)$$

Тоді границі підінтервалів можна визначити з рівнянь:

$$\sin \omega t_{1+}^{(k)} = \sin \delta_{1+}^{(k)} = Z_{1+}; \quad (2.21)$$

$$\sin \omega t_{1-}^{(k)} = \sin \delta_{1-}^{(k)} = Z_{1-}. \quad (2.22)$$

Умова безвідривного руху на підставі нерівності (2.22) можна записати

Так:

$$\sin \omega t > \frac{g \cos \alpha}{A \omega^2 \sin \beta} = Z_0 > 1. \quad (2.23)$$

Тимчасові границі інтервалів безвідривного руху яйця, а також руху яйця з відривом знаходяться з рівняння:

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

$$\sin \omega t_0^{(k)} = \sin \delta_0^{(k)} = Z_0, \quad (2.24)$$

яке в момент відриву яйця від поверхні патрубку можна записати в такому

ВІГЛЯДІ:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\sin \delta_0 = Z_0 \quad (2.25)$$

Позначимо через $\delta_0, \delta_{1+}, \delta_{1-}$ - корні рівнянь (2.21), (2.22) та (2.24) для границь інтервалів і підінтервалів, що визначаються співвідношеннями:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\delta_0 = \arcsin Z_0; \quad (2.26)$$

$$\delta_{1+} = \arcsin Z_{1+}; \quad (2.27)$$

$$\delta_{1-} = \begin{cases} \pi - \arcsin Z_{1-} \text{ при } \delta = 1, \beta + \varphi < \pi/2 \\ \arcsin Z_{1-} \text{ при } \delta = -1, \beta + \varphi > \pi/2, \end{cases} \quad (2.28)$$

де під $\arcsin Z$ мається на увазі головне значення функції, що лежить в межах $[0, 0,5\pi, 0,5\pi]$.

Всі інші корні вказаних рівнянь можуть бути виражені через величини $\delta_0, \delta_{1+}, \delta_{1-}$.

НУБІП УКРАЇНИ

Диференціальне рівняння (2.16) можна записати в більш зручному для подальшого використання, вигляді:

$$\ddot{\xi} = A\omega^2 \frac{\cos(\beta \mp \varphi)}{\cos \varphi} \left[\sin \omega t - \frac{g \sin(\alpha \pm \varphi)}{A\omega^2 \cos(\beta \mp \varphi)} \right] \quad (2.29)$$

Позначимо

НУБІП УКРАЇНИ

$$\delta = \omega t; \quad (2.30)$$

$$a_{\pm} = A\omega^2 \frac{\cos(\alpha \mp \varphi)}{\cos \varphi}; \quad (2.31)$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$Z_{\pm} = \frac{g \sin(\alpha \pm \varphi)}{A \omega^2 \cos(\beta \mp \varphi)} \quad (2.32)$$

Рівняння (2.29) можна записати наступним чином:

$$\ddot{\xi} = a_{\pm} (\sin \delta \mp Z_{\pm}) \quad (2.33)$$

Випадки руху яйця, що розглядали, обмежимо областю значення кутів α та β , при яких суми та різниці цих кутів в формулах (2.31) і (2.32) знаходяться в межах від $-0,5\pi$ до $0,5\pi$. Тоді $a_{\pm} > 0$; $Z_{+} > 0$, $Z_{-} < 0$, так як прийнята умова (2.17).

Позначимо фазові кути δ , при яких починається відносно ковзання яйця в позитивних або від'ємних напрямках, відповідно δ'_{+} та δ'_{-} , а фазові кути закінчення цих рухів відповідно δ''_{+} та δ''_{-} .

Ковзання яйця в позитивному напрямку може початись при умові, якщо $\ddot{\xi} > 0$, тобто при

$$\sin \delta'_{+} \geq Z_{+}. \quad (2.34)$$

Необхідною умовою початку ковзання яйця в від'ємному напрямку буде $\ddot{\xi} \leq 0$ при

$$\sin \delta'_{-} \leq Z_{-}. \quad (2.35)$$

Гранично можливі умови початку ковзання в обох напрямках визначаються рівністю:

$$\sin \delta'_{0+} = Z_{+} = \frac{g \sin(\alpha + \varphi)}{A \omega^2 \cos(\beta - \varphi)}; \quad (2.36)$$

НУБІП УКРАЇНИ

$$\sin \delta_{0-} = Z_- = \frac{g \sin(\alpha - \varphi)}{A \omega^2 \cos(\beta + \varphi)} \quad (2.37)$$

Якщо до кожного з кутів δ_{0+} та δ_{0-} - яйце знаходилося у відносному спокою, тобто попереднє ковзання вже скінчилось, то $\delta'_+ = \delta_{0+}$ та $\delta'_- = \delta_{0-}$.
 Визначити виконання цієї умови можливо проінтегрувавши рівняння відносного руху (2.33) та визначив фазові кути δ''_+ та δ''_- , відповідні зупинкам яйця кожного з переміщень в запропонованому, що вони почались при $\delta'_+ = \delta_{0+}$ та $\delta'_- = \delta_{0-}$, тобто інтервалів спокою. При інтегруванні слід відмітити співвідношення

НУБІП УКРАЇНИ

$$\delta = \omega t; \quad d\delta = \omega dt; \quad \xi = \frac{d^2 \xi}{dt^2} = \frac{d\xi}{dt} = \omega \frac{d\xi}{d\delta} \quad (2.38)$$

Перші інтеграли рівняння (2.33) для інтервалів відносного руху яйця в позитивному та від'ємному напрямленнях відповідно мають вигляд:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\xi = \frac{a_+}{\omega} [(\cos \delta_{0+} - \cos \delta) - Z_+ (\delta - \delta_{0+})]; \quad (2.39)$$

$$\xi = \frac{a_-}{\omega} [(\cos \delta_{0-} - \cos \delta) - Z_- (\delta - \delta_{0-})] \quad (2.40)$$

Праві частини цих рівнянь повинні переходити в нуль при припиненні ковзання, тобто коли кути δ приймуть значення кутів δ''_+ та δ''_- . Тому

$$\cos \delta_{0+} - \cos \delta''_+ = Z_+ (\delta''_+ - \delta_{0+}); \quad (2.41)$$

$$\cos \delta_{0-} - \cos \delta''_- = Z_- (\delta''_- - \delta_{0-}). \quad (2.42)$$

Рішенням трансцендентних рівнянь (2.41) та (2.42) визначають значення фазових кутів δ''_+ та δ''_- , відповідних зупинках яйця при русі її в позитивному і від'ємному напрямленнях вісі ξ .

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Для постійного (безвідривного) режиму руху яйця з миттєвими зупинками початок руху в кожному із напрямлень співпадає по часу і фазовому куту с закінченням руху в протилежному напрямленні. Тоді для цього режиму

можна записати:

$$\delta'_- = \delta''_+; \quad (2.43)$$

$$\delta''_- = 2\pi + \delta'_+. \quad (2.44)$$

В загальному випадку для розгляду режиму виконуються умови

$$\delta'_+ \geq \delta_{0+} \text{ і } \delta'_- \geq \delta_{0-}. \quad (2.45)$$

Умови $\delta'_+ = \delta_{0+}$ та $\delta'_- = \delta_{0-}$ - визначають межі області існування даного режиму

Інтегруючи диференційне рівняння (2.33) в межах від $\xi_0 = 0$ до поточного значення δ при позитивному напрямленні переміщення, отримаємо:

$$\dot{\xi} = \frac{a_+}{\omega} [(\cos \delta'_+ - \cos \delta) - Z_+(\delta - \delta'_+)] \quad (2.46)$$

Для від'ємного напрямлення переміщення яйця, рівняння (2.33) інтегрують від $\xi_0 = 0$ до $\xi < 0$ і від δ'_- до δ :

$$\dot{\xi}_- = \frac{a_-}{\omega} [(\cos \delta'_- - \cos \delta) - Z_-(\delta - \delta'_-)] \quad (2.47)$$

В мить припинення ковзання $\dot{\xi} = 0$ кути δ в рівняннях (2.46) та (2.47) приймають відповідно значення $\delta = \delta'_+$ і $\delta = \delta'_-$. Після підставлення цих значень в рівняння (2.46) і (2.47) отримаємо:

НУБІП України

$$\cos \delta'_+ - \cos \delta''_+ = Z_+ (\delta''_+ - \delta'_+) \quad (2.48)$$

$$\cos \delta'_- - \cos \delta''_- = Z_- (\delta''_- - \delta'_-) \quad (2.49)$$

Підставив в рівняння (2.49) значення δ'_+ і δ''_+ з (2.44) отримаємо:

$$\cos \delta'_+ - \cos(2\pi + \delta'_+) = Z_- (2\pi + \delta'_+ - \delta''_+)$$

яке в перетвореному вигляді можна записати так:

$$\cos \delta'_+ - \cos \delta''_+ = Z_- [(\delta''_+ - \delta'_+) - 2\pi] \quad (2.50)$$

Прирівняв праві частини рівнянь (2.48) і (2.50), отримаємо:

$$\delta''_+ - \delta'_+ = 2\pi \frac{\gamma}{\gamma - 1}, \quad (2.51)$$

де γ визначається з співвідношення

$$\gamma = \frac{Z_-}{Z_+} = \frac{\sin(\alpha - \varphi) \cos(\beta - \varphi)}{\cos(\beta + \varphi) \sin(\alpha + \varphi)} \quad (2.52)$$

Введемо позначення

$$\varepsilon = \frac{\delta''_+ - \delta'_+}{2} = \pi \frac{\gamma}{\gamma - 1} \quad (2.53)$$

Записав ліву частину рівняння (2.50) в вигляді:

$$\cos \delta'_+ - \cos \delta''_+ = 2 \sin \frac{\delta''_+ - \delta'_+}{2} \sin \frac{\delta''_+ + \delta'_+}{2}$$

і підставив в рівняння (2.48) з врахуванням (2.53), отримаємо:

НУБІП УКРАЇНИ

звідки

$$2 \sin \frac{\delta''_+ - \delta'_+}{2} \sin \varepsilon = 2Z_+ \varepsilon, \quad (2.54)$$

Вважаючи $0,5 (\delta'_+ + \delta''_+)$ гострим кутом, запишемо

$$\frac{\delta''_+ - \delta'_+}{2} = \pi - \arcsin \frac{\varepsilon Z_+}{\sin \varepsilon}. \quad (2.55)$$

Вирішив разом рівняння (2.53) і (2.55), отримаємо вираз для визначення фазових кутів початку і кінця руху яйця в позитивному напрямку осі ξ :

$$\delta'_+ = \left(\pi - \arcsin \frac{\varepsilon Z_+}{\sin \varepsilon} \right) - \varepsilon; \quad (2.56)$$

$$\delta''_+ = \left(\pi - \arcsin \frac{\varepsilon Z_+}{\sin \varepsilon} \right) + \varepsilon. \quad (2.57)$$

На основі формул (2.56) та (2.57) запишемо такі співвідношення:

$$\sin \delta'_+ = \frac{\varepsilon Z_+ + \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon Z_+)^2}}{\operatorname{tg} \varepsilon}; \quad (2.58)$$

$$\sin \delta''_+ = \frac{\varepsilon Z_+ - \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon Z_+)^2}}{\operatorname{tg} \varepsilon}. \quad (2.59)$$

Для визначення переміщень яйця в позитивному і від'ємному напрямках осі ξ за один період коливань проінтегрувавши рівняння (2.2.45.) в межах від δ'_+ до δ''_+ і рівняння (2.47) від $\delta'_- = \delta''_+$ до $\delta'_- = 2\pi - \delta'_+$ з врахуванням співвідношень (2.38):

НУБІП УКРАЇНИ

$$S_+ = \frac{a_+}{\omega^2} \left[(\cos \delta'_+ + Z_+ \delta''_+) (\delta'_+ - \delta''_+) - (\sin \delta'_+ - \sin \delta''_+) - Z_+ \frac{(\delta'_+ - \delta''_+)^2}{2} \right]; \quad (2.60)$$

$$S_- = \frac{a_-}{\omega^2} \left[(\cos \delta''_- + Z_- \delta'_-) (2\pi + \delta'_- - \delta''_-) - (\sin \delta'_- - \sin \delta''_-) - Z_- \frac{(2\pi + \delta'_- - \delta''_-)^2}{2} \right]; \quad (2.61)$$

З врахуванням формул (2.31), (2.32), (2.50), (2.53), (2.56), (2.57), (2.58), (2.59), а також співвідношення

$$Z_- = \frac{\xi Z_+}{\varepsilon - \pi} \quad (2.62)$$

вираз для переміщень S_+ і S_- можна записати в такому вигляді:

$$S_+ = 2A \frac{\cos(\beta - \varphi)}{\cos \varphi} \left(1 - \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon} \right) \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon Z_+)^2}, \quad (2.63)$$

$$S_- = 2A \frac{\cos(\beta + \varphi)}{\cos \varphi} \left(1 + \frac{\pi - \varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon} \right) \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon Z_+)^2}. \quad (2.64)$$

Середня швидкість вібраційного переміщення яйця визначається як частіше від ділення результуючого переміщення яйця за один період коливань поверхні патрубку до періоду коливань поверхні

$$\dot{\xi}_{cp} = \frac{1}{2\pi} \left(\int_{\delta'_+}^{\delta''_+} \dot{\xi} d\delta + \int_{\delta''_-}^{\delta'_-} \dot{\xi} d\delta \right) \quad (2.65)$$

або

$$V_{cp} = \frac{S_+ + S_-}{T}, \quad (2.66)$$

де

$$T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП України

Підставив (2.63) і (2.64) в формулу (2.66), отримаємо вираз для визначення середньої швидкості вібропереміщення яйця в такому вигляді:

НУБІП України

$$V_{cp} = \frac{A\omega}{\pi \cos\varphi} \sqrt{\sin^2 \varepsilon - (\varepsilon Z_+)^2} \left[\left(1 - \frac{\varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon}\right) \cos(\beta - \varphi) - \left(1 + \frac{\pi - \varepsilon}{\operatorname{tg} \varepsilon}\right) \cos(\beta + \varphi) \right], \quad (2.67)$$

яке після перетворень можна записати

НУБІП України

$$V_{cp} = A\omega \cos\beta \cos\varepsilon \sqrt{1 - \left(\frac{\varepsilon Z_+}{\sin\varepsilon}\right)^2} \left[\frac{2}{\pi} \operatorname{tg}\beta \left(\operatorname{tg}\varepsilon - \varepsilon + \frac{\pi}{2}\right) - 1 \right], \quad (2.68)$$

Так як кінець патрубку подачі яєць має вертикальний канал, позиція 2-3 на рис. 2.1, перед камерою розділення, тому початкову швидкість можна записати в наступному вигляді:

НУБІП України

$$V_3 = \sqrt{V_{cp}^2 + 2gh}, \quad (2.69)$$

де h – висота вертикального каналу патрубку подачі яєць, м.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ

ОЧИСНИКА ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ

НУБІП України

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень

Переміщуючись у повітряному середовищі, будь-яке тіло долає опір повітря, що залежить від його розмірів, форми, маси та розташування в повітряному потоці. Чим більший опір повітря, тим повільніше рухається тіло, що вільно падає. На цьому принципі заснований процес виділення домішок та поділу зерна горизонтальним або вертикальним повітряним потоком. Зазвичай суміш, що розділяється, вводять у повітряний потік, створений вентилятором, або підкидають, змушуючи рухатися в повітрі.

Оскільки при очищенні яєць зернової молі є можливість підібрати такі параметри та режими роботи очисника яєць зернової молі при яких можна не тільки очистити а й відібрати дрібні яйця, які негативно впливають на якісні показники трихограми. Тому для дослідження нами були визначені об'єми партії яєць зернової молі, які очищались. Показником мінливості об'єму яєць зернової молі лежить варіаційний ряд та варіаційна крива, що отримана шляхом вимірювання розмірів яєць (в нашому випадку 100 шт.), а саме довжини і ширини.

Були встановлені в результаті замірів та підрахунків об'єми найменших та найбільших яєць. Приклад варіаційної кривої фракції яєць зернової молі показаний на рис. 3.1. По осі абсцис відкладені об'єми яєць, а по осі ординат – відносна частота яєць зернової молі.

Так як ми вже говорили, що з аеродинамічних властивостей яєць найбільш характерним, так як і для зерна, у вертикальному повітряному потоці являється критична швидкість, що утримує їх у підвищеному стані (швидкість зависання). Якщо тонкий шар маси яєць зернової молі з домішками, які мають різні швидкості вітання, піддати впливу вертикального повітряного потоку

НУБІП України

НУБІП України

певної швидкості, то вилітати з вертикальної труби будуть ті частинки, які мають меншу швидкість вітання.

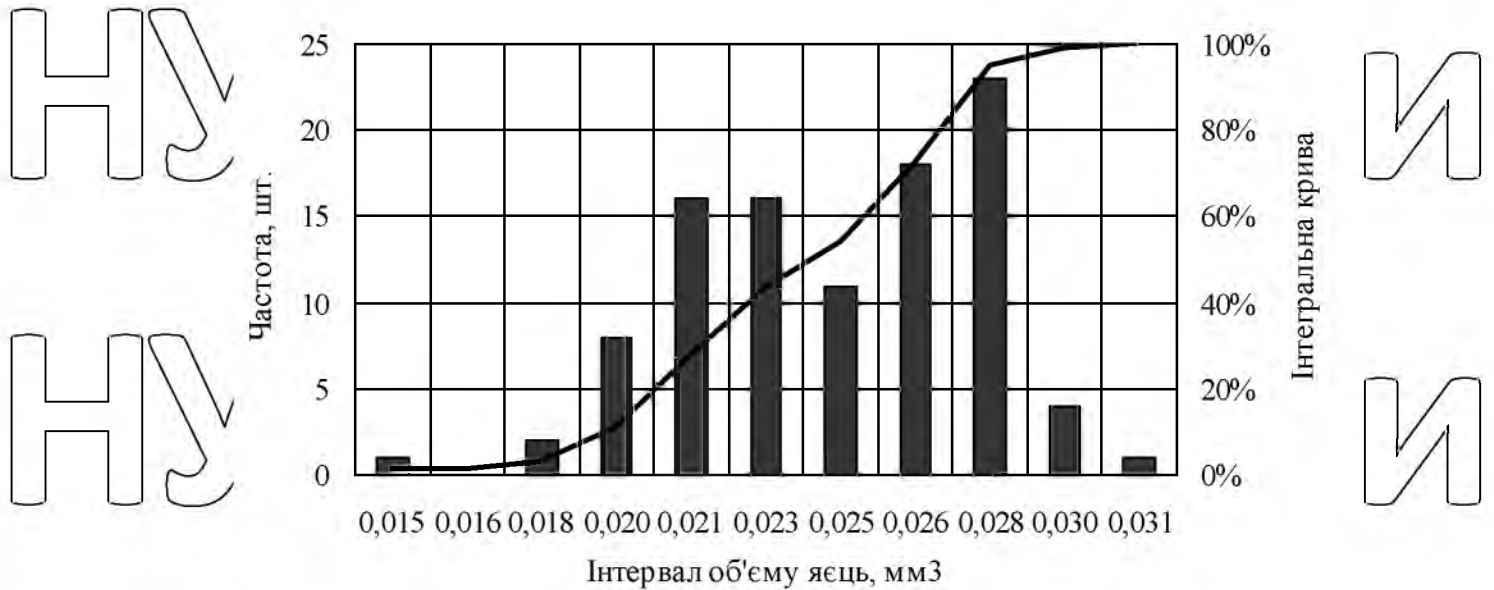


Рис. 3.1. Варіаційна крива зміни об'ємів яєць зернової молі

На якість счищення яєць зернової молі у вертикальному каналі під дією вертикального повітряного потоку впливає початкова швидкість яєць, одночасність потраплянні до вертикального каналу яєць. А швидкість яєць зернової молі по патрубку визначали за формулою:

$$v = \frac{t}{L}, \quad (3.1)$$

де t – час проходження похилої поверхні стабілізуючого патрубку, с;

L – довжина похилої поверхні патрубку, м.

Отже, для того щоб підібрати максимально оптимальну швидкість повітряного потоку при якому до бункеру будуть потрапляти лише чисті яйця зернової молі і максимально без дрібних необхідно визначити швидкості вітання яєць зернової молі при чому різних фракцій. Це критична швидкість

НУБІП України

вертикального повітряного потоку при якому утримуються яйця у підвищеному стані.

Відбирались яйця зернової молі різних об'ємів, які відносили до різних фракцій, а саме конгломератів, крупних та дрібних яєць. Вмикали механізм, що створював повітряний потік в камеру вітання, в яку поміщали яйця зернової молі. Яйця зернової молі в вертикальному каналі розміщали на капронову сітку через яку проходить повітря, а яйця не випадали і таким чином можна було визначити швидкість вітання різних типів яєць. По черзі яйця завантажували до вертикального каналу та заслінкою виконували регулювання швидкості повітряного потоку до моменту поки яйце не зависало, далі за допомогою анеометра визначали швидкість вітання.

Для того, щоб визначити приналежність у фракції конгломератів, крупних та дрібних яєць використали мікроскоп стереоскопічний МБС – 10 (рис. 3.2).

Проводили вимірювання довжини та ширини яєць (рис. 3.3) та виконували фіксування наявності конгломерату (рис. 3.4).



Рис. 3.2. Мікроскоп МБС - 10



Рис. 3.3. Вимірювання розмірів:
а – довжина; б - ширина

НУБІП України

НУБІП України

В таблиці 3.1 приведена технічна характеристика мікроскопа стереоскопічного МБС – 10.

НУБІП України

Таблиця 3.1

Технічна характеристика мікроскопа МБС – 10

№ п/п	Назва параметру	Од. вимір.	Значення
1	Збільшення	крат	4 - 100
2	Лінійне поле зору	мм	39 - 34
3	Робоча відстань	мм	95
4	Джерело світла	В/Вт	галогенна лампа 12/20
5	Габаритні розміри:		
	довжина		265
	ширина	мм	160
	висота		475
6	Маса прибору	кг	8

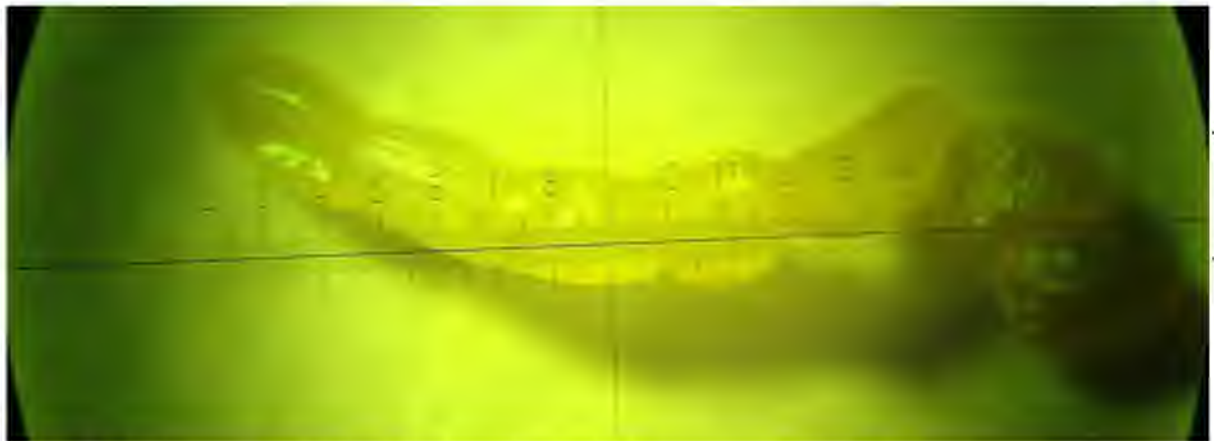


Рис. 3.4. Конгломерати яєць зернової молі

Для визначення швидкості повітряного потоку в повітряній системі калібратора яєць фітофагів використовують сучасний анемометр моделі УК-

НУБІП України

НУБІП України

2001 ТМ (рис. 3.5), який призначений для вимірювання високих та низьких швидкостей повітряного потоку та вимірювання температури.



Рис. 3.5. Анемометр YK-2001 ТМ

НУБІП України

В табл. 3.5 наведена технічна характеристика анемометра YK-2001 ТМ.

Таблиця 3.2

Технічна характеристика анемометра YK-2001 ТМ

№ п/п	Назва параметру	Од. вимір.	Значення
1	Діапазон вимірювання швидкості повітря	м/с	0,4 – 25,0
2	Діапазон вимірювання температури	°C	0 – 50
3	Максимальна допустима вологість при вимірюванні	%	80
4	Габаритні розміри: довжина ширина	мм	70 140

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

3.2. Результати досліджень визначення впливу кута стабілізуючого похилого патрубку на одночасність подачі яєць зернової молі в вертикальний повітряний канал

Кут стабілізуючого патрубка базового очисника яєць зернової молі становив 30 град., а як відомо, що якість очистки залежить від кількості матеріалу, який потрапляє одночасно в повітряний потік [15]. Нами були проведенні дослідження по визначенню впливу кута патрубка на швидкість яєць зернової молі (табл. 3.3).

На рис. 4.6 показана залежність швидкості яєць від кута стабілізуючого патрубка. При 10 град. яйця навіть за допомогою вібраційного пристрою майже не рухались по стабілізуючому патрубку, при 15 град. – частина яєць зернової молі залишалась в патрубку, а при 35 град. яйця самотьком всі рухались по патрубку, в зв'язку з чим і отримали такий стрибок швидкості проходження яєць патрубку.

Фактично у нас залишилось три кути стабілізуючого патрубка 20, 25 і 30 град. (рис. 3.6), і прийшли до висновку, що при збільшенні кута погіршується якість очистки, пояснюється це тим, що при збільшенні кута патрубка збільшується початкова швидкість яєць перед вертикальним повітряним патрубком та збільшується їх кількість, яка одночасно надходить в канал, в результаті чого вони заважають один одному і під час зіткнень перенаправляють друг друга та змінюють свою траєкторію вільного падіння.

Таблиця 3.3

Результати впливу кута патрубка на ймовірність добору крупних яєць

№ п/п	Час проходження горизонтальної частини патрубка, с	Кут стабілізуючого патрубка, град.	Швидкість яєць, м/с
1	0	10	0
2	12,8	15	0,0066

3	8,7	20	0,0092
4	6,0	25	0,0125
5	2,8	30	0,0251
6	0,6	35	0,2500

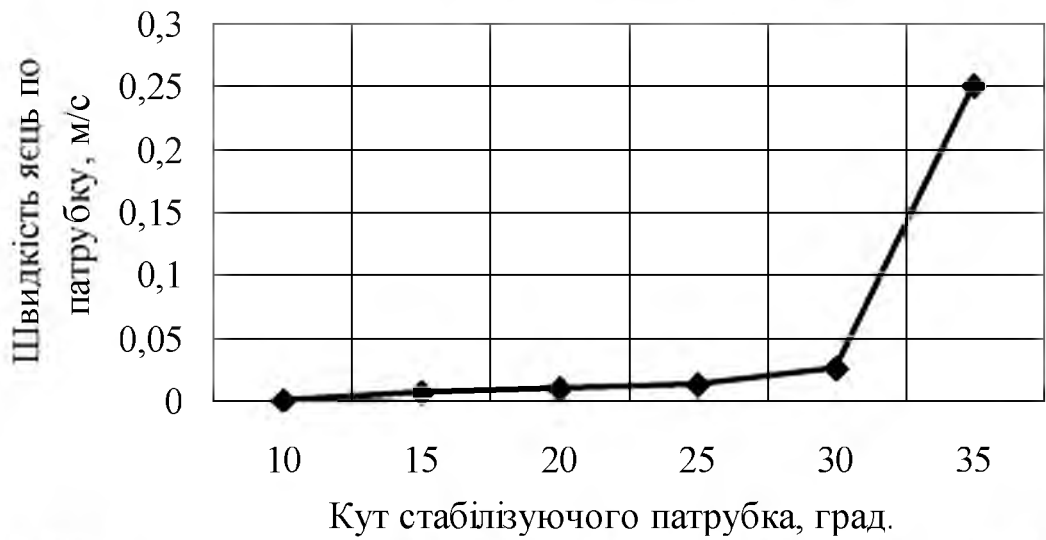


Рис. 3.6. Залежність швидкості яєць від кута стабілізуючого патрубка.

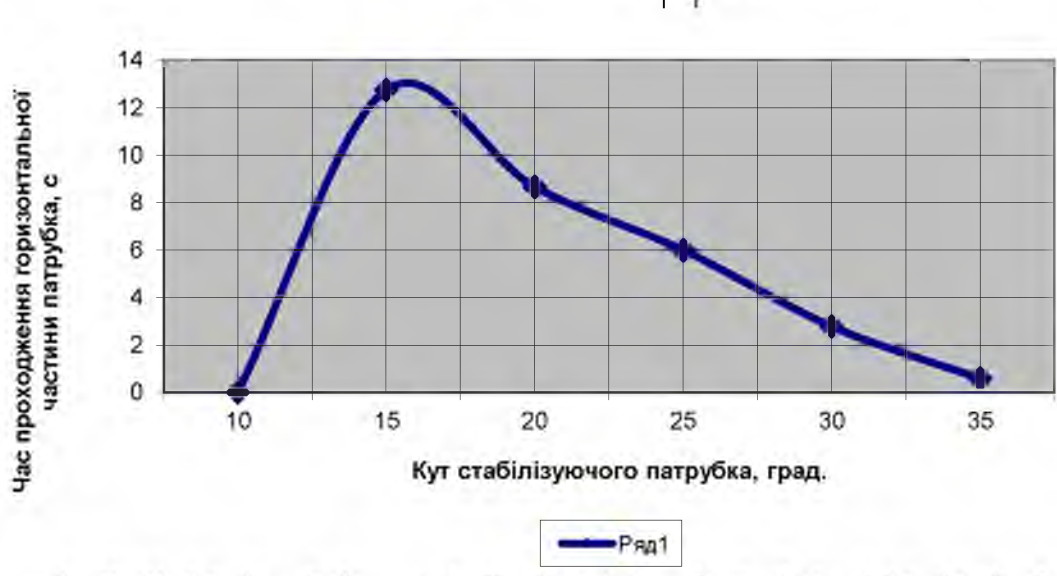


Рис. 3.7. Проходження яєць зернової молі похилій поверхні дозуючого патрубка

НУБІП України

Таким чином було визначено, що оптимальний кут стабілізуючого патрубку становить 20 град., який є граничним при встановленні мінімального кута даного патрубку.

3.3. Результати проведених експериментальних досліджень з визначення швидкостей повітряного потоку при яких відбувається зависання яєць зернової молі

При потраплянні яєць зернової молі у повітряний потік вилітати з вертикальної труби будуть віднесені ті яйця та домішки, які мають меншу швидкість вітання. Швидкість вітання визначали за допомогою приладу, який складається з магнітального механізму 1 (пилососу), камери вітання 2 (вертикальний канал), та зі встановленим анемометром 3, для вимірювання швидкості. При цьому дослідженні використовували різні види яєць, щоб побудувати залежність об'єму на швидкість вітання (рис. 3.7).

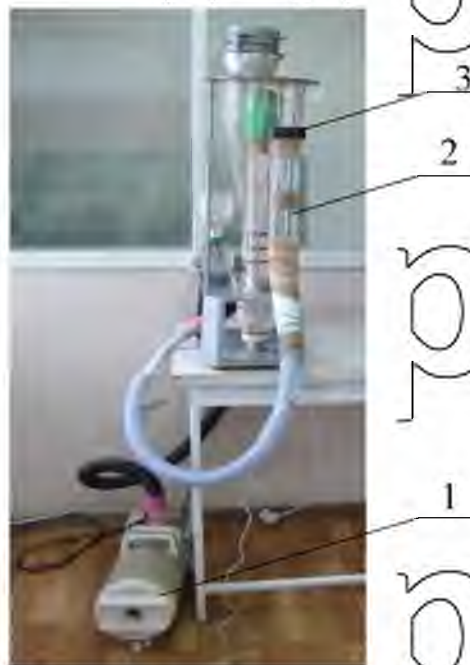


Рис. 3.7. Вимірювання швидкості зависання яєць

В табл. 3.2 показана швидкість зависання, що була визначена при теоретичних та експериментальних дослідженнях.

НУБІП України

НУБІП України

Таблиця 3.2

Швидкості зависання яєць зернової молі, що визначали при теоретичних та експериментальних дослідженнях

Об'єми яєць, що використовували при дослідженнях		Швидкість зависання яєць, м/с					
		Конгломерати			Крупні	Дрібні	
Види яєць	Об'єм, мм ³	з 2-х шт.	з 4-х шт.	з 6-ти шт.			
Теоретичні дослідження							
Конгломерати	з 2-х шт.	0,0279x2	1,9	-	-	-	-
	з 4-х шт.	0,0279x4	-	2,2	-	-	-
	з 6-ти шт.	0,0279x6	-	-	2,6	-	-
Крупні	-	0,0279	-	-	-	1,8	-
Дрібні	-	0,0217	-	-	-	-	1,7
Експериментальні дослідження							
Конгломерати	з 2-х шт.	-	1,8-2,0	-	-	-	-
	з 4-х шт.	-	-	2,0-2,4	-	-	-
	з 6-ти шт.	-	-	-	2,4-2,8	-	-
Крупні	-	0,0247-0,0306	-	-	-	1,7-1,8	-
Дрібні	-	0,0188-0,0237	-	-	-	-	1,6-1,7

Таким чином, результати експериментальних досліджень показали, що швидкість зависання у фракціях яєць в залежності від розмірів різна, а мінімальна швидкість їх повинна бути не нижче 1,7 м/с. Якщо нижче даної швидкості то частина домішок і дрібних яєць буде залишатись у загальній фракції яєць, а якщо встановлювати більшу швидкість яєць то будуть частково крупні яйця зернової молі перелітати у домішки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4.

НОРМАТИВНІ ПРАВИЛА З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕНТОМОФАГІВ

4.1. Масове виробництво ентомофагів здійснюється шляхом штучного розмноження на спеціалізованих підприємствах, біофабриках та біолабораторіях на підставі затверджених ТУ та технологічних регламентів

4.2. Розведення ентомофагів (крім трихограми) ведеться в інсектаріях, невеликих розвідувальних теплицях або надійно ізольованих боксах однієї теплиці.

4.3. Роботи з вирощування комах, збирання яєць та звільнення їх від гармат слід проводити в марлевій пов'язці або респіраторі під витяжкою.

4.4. Знезараження яєць хімічними реактивами проводиться у гумових рукавичках та респіраторі у витяжній шафі.

4.5. При подрібненні компонентів середовищ, їх зважуванні та приготуванні корму слід користуватись респіраторами чи марлевими пов'язками.

4.6. Роботу з гусеницями та метеликами здійснюють у марлевих пов'язках.

4.7. Не слід їсти під час роботи з комахами.

4.8. По закінченні робіт необхідно провести повне прибирання та обробку робочого місця в наступному порядку: використані посуд, пробірки, піпетки, трупи комах занурюють у 3% розчин хлораміну не менше ніж на 8 годин, після чого передають на загальне миття, потім проводять обробку поверхонь столів 3%-м розчином хлораміну або 70%-м етиловим спиртом.

4.9. Наприкінці робочого дня боксові приміщення та передбоксники опромінують бактерицидною лампою протягом 40-60 хвилин.

4.10. Підлоги лабораторії підлягають щоденній обробці 3% розчином хлораміну.

НУБІП України

4.11. Для промислового розведення трихограми використовуються механізовані лінії, що встановлюються на біофабриках та біолабораторіях.

4.12. При виробництві ентомофагів необхідно забезпечити безпеку обслуговуючого персоналу.

4.13. У трихограмних виробництвах дотримання потоковості технологічного процесу обов'язково передбачають набір наступних приміщень: для автоклавовання зерна, розведення ситотроги, розведення трихограми. Усі приміщення повинні мати достатню освітленість.

4.14. Стіни та підлогу виробничих приміщень (цехи автоклавовання зерна, зараження зерна, ситотрожного, термостатного та трихограмного) необхідно обробити метлахськими плитками, стійкими до дії води та дезінфікуючих розчинів.

На підлозі всіх цехових приміщень передбачають ухил стоку для промивних вод. Стоки повинні знезаражуватись у локальних очисних спорудах.

4.15. Слід забезпечити біофабрики та біолабораторії централізованим водопостачанням та каналізацією.

4.16. Необхідно впроваджувати автоматизацію ручних процесів на виробництвах ентомофагів.

4.17. Слід передбачити заміну відкритого способу одержання яєць зернової молі на закритий; для цього важливо забезпечити технологічні лінії герметичними барабанами з метою відокремлення метеликів від яєць зернової молі.

4.18. Виробничі приміщення мають бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією.

4.19. У робочій зоні виробничих приміщень мають бути забезпечені оптимальні поєднання величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря з урахуванням характеру виконуваних технологічних процесів та періодів року.

НУБІП України

НУБІП України

Дотримання оптимальних параметрів мікроклімату є обов'язковим при виконанні робіт операторського типу, а також у місцях тимчасового відпочинку робітників.

НУБІП України

На ділянках автоклавування та зараження зерна, вирощування ситотроги спостерігається надмірне виділення тепла, рекомендується дотримання мікрокліматичних параметрів відповідно до вимог технологічного регламенту.

4.20. Повітропроводи від кожного цеху повинні бути об'єднані в загальну систему витяжної вентиляції з установкою очисних споруд типу простих циклонів

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОЧИСНИКА

ЯЄЦЬ ЗЕРНОВОЇ МОЛІ В ТЕХНОЛОГІИ ВИРОБНИЦТВА

ТРИХОГРАМИ

НУБІП України

Повна собівартість визначається підсумовуванням прямих і непрямих витрат за формулою:

$$C = 3o + 3d + 3c + C_z + C_m + C_k + A + H_z + H_x + H_e, \quad (5.1)$$

де $3o$ - основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

$3d$ - додаткова заробітна плата виробничих робітників, грн.;

$3c$ - відрахування на соціальні потреби, грн.;

C_z - витрати на запасні частини, грн.;

C_m - витрати на матеріали, грн.;

C_k - витрати на оплату послуг та робіт, виконаних сторонніми організаціями з ремонту обладнання, грн.;

A - амортизаційні відрахування, грн.;

H_z - загальновиробничі накладні витрати, грн.;

H_x - загальногосподарські накладні витрати, грн.;

H_e - позавиробничі накладні витрати, грн.

До витрат на комунальні послуги відноситься електроенергія та вода, яка використовується для пропарювання і зволоження зерна, а також миття технологічного обладнання. Обсяг виробництва ентомологічного препарату за рік не враховував об'єм трихограми, яка виділяється на діапаузу і становить 400 г [6].

Річний економічний ефект визначається за виразом:

$$P_E = [(I_o + EK_o) - (I_H + EK_H)] W_3 T_M, \quad (5.2)$$

де: $E = 0,15$ - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

НУБІП України

W_3 - продуктивність очисника, г/год;

$K_б, K_n$ - питомі капіталовкладення очисника.

Питому заробітну плату робітників обчислюють по формулі:

НУБІП України

$$S = \sum n_i \cdot W_i \quad (5.3)$$

де: n - кількість робітників певної кваліфікації, зайнятих на виконанні

роботи;

НУБІП України

η - коефіцієнт використання робочого часу зміни;

f - оплата за 1 ч роботи залежно від кваліфікації виконавців, грн;

W - розрахункова продуктивність очисника за 1 год. роботи, г/год.

Суму амортизаційних, що припадає на одиницю роботи, знаходять по

НУБІП України

формулі:

$$A = B \cdot a / 100 \cdot W \cdot D \quad (5.4)$$

де: B - балансова вартість очисника;

a - щорічні амортизаційні відрахування, %;

НУБІП України

W_2 - зміне вироблення очисника;

D - кількість змін роботи очисника за один рік.

Кінцевою продукцією, яка реалізовується є трихограма, тому і розрахунки велись з врахування вартості кінцевого продукту – трихограми.

НУБІП України

Вартість трихограми по Україні на сьогоднішній день коливається від 30 до 35 грн. тому при розрахунках була взята ціна трихограми – 33 грн. Таким чином, собівартість виробництва 1 г ентомологічного препарату трихограми становила 19,35 грн. Процес виробництва трихограми забезпечив можливість

отримання прибутку 13,65 грн. на 1 г виробленого препарату, а термін

НУБІП України

окупності обладнання та приміщень при цьому становив 3 роки (табл. 5.1) [5].

НУБІП України

Таблиця 5.1

Експлуатаційні витрати при використанні та обслуговуванні пневматичного очисника яєць зернової молі за рік

№	Показник	Од.вим	Вдосконалена
1	Витрати електроенергії	кВт	1,75
2	Вартість електроенергії	грн.	110
3	Витрати води	м ³	1
4	Вартість води	грн.	18,00
5	Амортизаційні відрахування (15%)	грн.	450,00
6	Відрахування на технічне обслуговування і ремонт	грн.	300,00
7	Заробітна плата оператора	грн.	700,00
Всього витрат		грн.	1580,75
Вартість очисника		грн.	4500,00
Річний економічний ефект		грн	2946,95
Термін окупності очисника		грн	3

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

1. Недостатня якість очищення яєць зернової молі призводить до погіршення якісних показників трихограми, в результаті чого втрачається його ефективність, що призводить до зниження його об'ємів використання в біологічному захисті рослин, а це, в свою чергу, призводить до збільшення використання хімічних препаратів, а відповідно й до погіршення екологічного стану навколишнього середовища.

2. Результати теоретичних та експериментальних досліджень дозволили встановити, що оптимальна швидкість повітряного потоку при якому відбувається зависання яєць зернової молі в залежності від виду (крупні, дрібні та конгломерати) становить 1,8 м/с, що дозволило вплинути на покращення якості очищення фракції яєць зернової молі.

3. Результати експериментальних досліджень дозволили визначити оптимальний кут дозуючого патрубку, який становив 20 градус, що дозволило оптимізувати подачу яєць зернової молі до вертикального патрубка та покращити якість очищення.

4. За даними досліджень роботи очисника яєць зернової молі визначено техніко-економічну ефективність, яка становила 2946,95 грн., а термін окупності обладнання, при цьому не перевищує 3 років.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теленга Н.А., Щепетильникова В.А. Посібник із розмноження та використання трихограми для боротьби зі шкідниками сільського господарства, Київ, 1949. С. 99.

2. Medoni, D.F., Hermicheva, F.M., Shlyakhtych, V.A. Characteristics of an imago Trichogramma in connection with its updating. Trichogramma, 1, 1980. P. 33-38.

3. Flanders, S. E. Mass production of egg parasites of the genus Trichogramma Hilgardia, California, v. 4, n. 16, p. 465-501, 1930.

4. Федоренко В.П., Ткаленко А.П., Конверская В.П. Достижения и перспективы развития биологического метода защиты растений в Украине. Карантин і захист рослин. 2009. № 6. С. 6 – 9.

5. Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур – у виробництво: Матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених 23-25 листопада 2004 року. / Укр. акад. аграр. наук, Ін-т земл.-ва УААН. Чабани: Ін-т землеробства, 2004. 131 с.

6. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.

7. Ismuchambetov Zh., Duisembekov B. Biological method of cotton protection in Kazakhstan. Сб. Современные проблемы защиты и карантина растений. /Международ. научно-практ. конф. посвящ. 90-летию со дня рождения Ж.Т. Джиембаева. -Алматы: Алейрон. -2005. -С.107-111.

8. Kazmer, D.J. and Luck, R.F., 1995. Field tests of the size fitness hypothesis in egg parasitoid wasps. Ecology, 76: 412-425.

9. Morawicki, R.O. Handbook of Sustainability for the Food Sciences; John Wiley & Sons: West Sussex, UK, 2012.

10. Morrison, R. K. Trichogramma spp. In : SINGH, P. ; MOORE, R. F. (Ed.). Handbook of insect rearing. New York : Elsevier Mellini, 1985. p. 413-417.

НУБІП України

11. Pinto, J. D. Systematics of the North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Washington, DC: Entomological Society of Washington, 1999. p. 287.

12. Querino, R. B.; Zucchi, R. A. New species of *Trichogramma* westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with lepidopterous eggs in Brazil. *Zootaxa*, Auckland, v. 163, p. 1-10, 2003.

13. Гринберг Ш.М. Трихограмма: проблемы, перспективы разведения и применения / Ш.М. Гринберг, Г.М. Цыбульская, Н.В. Бондаренко // *Защита растений* – М., 1979 – № 9 – С. 20–23

14. Худаяров Б.М., Ражабов А.Х., Тухтабаев М.А. Скорость потока воздуха в цилиндрической трубе эжектора расселителя трихограммы // *Техническое обеспечение сельского хозяйства*. – Рязань, 2019. – № 1 (1). – С. 125-132.

15. Talibaev A., Tukhtabaev M., Obidov R., Temirov J., Khamzaev M. Innovative production of raw cotton technology // *IJARSET*. – India, 2019. № Vol. 6.

16. Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52, 81–106.

17. Roubos, C.R., Rodriguez-Saona, C., Isaacs, R., 2014. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biol. Contr.* 75, 28–38.

18. Dequech, S.T.B., Camera, C., Sturza, V.S., Ribeiro, L.d.P., Querino, R.B., Poncio, S., 2013. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. *Acta Sci. Agron.* 35, 295–300.

19. Jin, T., Lin, Y.Y., Han, S.C., Ma, G.C., Wen, H.B., Peng, Z.Q., 2019. Host performance of *Trichogramma* species on *Opisina arenosella*, and evaluation of their biological control efficacy. *J. Asia Pac. Entomol.* 22, 990–996

20. Beserra, E.B., Dias, C.T.D.S., Parra, J.R.P., 2002. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. *Fla. Entomol.* 85, 588–593.

НУБІП України

21. Голуб Г.А. Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва / Г.А. Голуб, С.М. Кухарець, О.А. Марус, С.І. Павленко, К.Г. Лопатько, Д.В. Скоробогатов // Монографія. – Київ: ВВ НУБіП України, 2017. – 431 с.

НУБІП України

22. <http://www.flamangraincleaning.com/products/fractionating-aspirator-131/#.Xt5XF9Qzbct>

23. https://www.bratney.com/media/cms/Delta_Cleaner_Brochure_GBGB_1A_C32C216AB8B.pdf

НУБІП України

24. <https://agroresurs-a.com/ua/p1463738896-separator-sad-aeromeh.html>

25. Golub, G., Marus, O. Determining the influence of the size of grain moth eggs on *Trichogramma evanescens* indicators. – *Journal of Plant Protection Research*. 2021. Vol. 61 (1), pp. 1-10.

НУБІП України

26. Голуб Г.А. Вплив крупності яєць зернової молі на якісні показники ентомологічного препарату трихограми [Електронний ресурс] / Г.А. Голуб, О.А. Марус, Н.В. Марус // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 7 (29). – 9 с.

НУБІП України

27. Marus O., Golub G., Chuba V. Investigation of influence of calibration of grain moth eggs on production of trichogramma for biological protection of plants. *Proceedings of the 19 International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, May 20-22, 2020, Jelgava, Latvia, pp. 1621-1626.

НУБІП України

28. Wanga Z.Y., He K.L., Zhang F. etc. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control*, vol. 68, 2014, pp. 136-144.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
ДОДАТКИ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України