

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення продуктивності сушарки насіння з
удосконаленням камери сушіння

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

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Буяновський О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня **бакалавр**
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю **208 Агроінженерія**
(шифр і назва спеціальності)

студенту **Буяновському Олександру Степановичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Підвищення продуктивності сушарки насіння з
удосконаленням камери сушіння**

Керівник роботи **Бабій Андрій Васильович, д.т.н., професор**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» 01 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23.06.2025

3. Вихідні дані до роботи:

Продуктивність за основним матеріалом 750 кг/год; початкова вологість матеріалу 50%, кінцева – 12%; допустима температура нагріву матеріалу на початку сушіння 30 °С, в кінці - 40 °С; температура слою матеріалу в зоні завантаження 20 °С, в зоні розвантаження - 40°С, середня - 30°С; густина матеріалу 950 кг/м³; середній діаметр дражованого насіння 5 мм; насипна маса середня 600 кг/м³; теплоємність 0,25 ккал/(кг·°С).

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

Вступ. 1. Аналіз способів передпосівної обробки насіння.

2. Рекомендації з покращення технології протруювання насіння зернових культур

3. Проектна частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Мета і завдання дослідження; Камера сушильна; Камера газорозподільна; Переміщення матеріалу в сушарці; Дозатор; Габаритне креслення; Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Буюновський О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Мета і завдання дослідження – підвищити продуктивність сушарки дражованого насіння при удосконаленні камери сушіння.

Мета досягається шляхом удосконалення камери сушіння – її розрахунку, розрахунку нагрівальної установки та вентиляційної установки.

Мета реалізовується при вирішенні наступних завдань:

вивчити будову стаціонарної сушарки неперервної дії СДС-4 для обробки дражованого насіння;

обґрунтувати ідею вдосконалення сушарки;

встановити основні режими функціонування сушильного агрегату;

обґрунтувати вихідні дані на проектування сушильної камери;

розрахувати основні параметри сушильної камери;

провести розрахунок нагрівального пристрою;

виконати розрахунок вентиляційної установки.

Об'єктом дослідження – технологічний процес сушіння дражованого насіння.

Предмет дослідження – удосконалення сушильної камери.

Практичне значення – проведене удосконалення стаціонарної сушарки неперервної дії СДС-4, її сушильної камери, дозволило отримати підвищення якості вихідного продукту – дражованого насіння цукрових буряків.

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

Ключові слова. Технологічний процес, дражоване насіння, сушильна камера, вентиляційна установка, теплоносій.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ	6
1.1 Роль сушарки при дражуванні насіння буряків	6
1.2 Стаціонарна сушарка неперервної дії СДС-4 для обробки дражованого насіння	8
1.3 Принципи керування роботою сушарки та методи регулювання технологічних параметрів.....	11
1.4 Конструкція та функціонування основних елементів сушарки.....	15
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДРАЖУВАННЯ НАСІННЯ	26
2.1 Обґрунтування ідеї вдосконалення сушарки	26
2.2 Основні режими функціонування сушального агрегату.....	27
2.3 Обґрунтування вихідних даних на проектування сушальної камери	29
2.4 Розрахунок сушальної камери.....	33
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	45
3.1 Розрахунок нагрівача пристрою	45
3.2 Розрахунок вентиляційної установки.....	47
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	51
4.1 Небезпеки, що виникають при роботі сушарки дражованого насіння.....	51
4.2 Заходи безпеки життєдіяльності та охорони праці при роботі сушарки дражованого насіння	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

Однією з ключових передумов стабільного та високопродуктивного сільськогосподарського виробництва є використання якісного посівного матеріалу, що відповідає сучасним вимогам агротехнологій. У цьому контексті процес післязбиральної доробки насіння, зокрема його сушіння, має надзвичайно важливе значення. Саме на цьому етапі формується кінцева якість насіннєвого матеріалу, що визначає його схожість, енергію проростання та стійкість до зберігання. Недостатньо ефективне сушіння або недотримання технологічних параметрів призводить до погіршення посівних властивостей насіння, підвищення втрат урожаю, а в окремих випадках — до повної непридатності насіннєвого матеріалу до використання.

Сучасні зерносушильні установки працюють в умовах постійного зростання обсягів оброблюваної продукції, що потребує не лише надійності, а й високої продуктивності обладнання. Традиційні конструкції сушарок не завжди забезпечують достатню рівномірність теплового оброблення зерна та ефективне використання теплової енергії. Особливу роль у цьому відіграє камера сушіння — ключовий структурний елемент, від технічного рівня якого значною мірою залежить загальна ефективність процесу. Тому актуальним є вдосконалення саме цієї частини сушарки з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, рівномірності сушіння, а також мінімізації втрат якості насіння.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення продуктивності насіннєвої сушарки шляхом конструктивного вдосконалення камери сушіння. Для досягнення цієї мети в дослідженні було проаналізовано основні недоліки типових конструкцій, розроблено технічні рішення щодо їх усунення, а також проведено відповідні розрахунки для обґрунтування ефективності запропонованих змін. Практична реалізація таких удосконалень дозволяє підвищити пропускну здатність обладнання, знизити витрати теплової енергії та забезпечити більш високу якість обробки насіннєвого матеріалу.

1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

1.1 Роль сушарки при дражуванні насіння буряків

Однією з найбільш ефективних сучасних технологій підвищення якості посівного матеріалу цукрових буряків є дражування — процес покриття насіння спеціальними сумішами, що містять поживні речовини, стимулятори росту, засоби захисту від хвороб і шкідників. Дражування дозволяє надати насінню кулястої форми, збільшити його масу, поліпшити рівномірність висіву та забезпечити дружне проростання в польових умовах. Водночас ця технологія вимагає суворого дотримання температурно-вологісного режиму на всіх етапах обробки, зокрема на завершальній стадії — сушінні. Саме сушарка є критично важливим елементом у дражувальній лінії, оскільки забезпечує стабілізацію структури оболонки, запобігає агрегації гранул і сприяє формуванню довготривалих посівних властивостей насіння.

Після завершення етапу нанесення дражувальної маси насіння перебуває в зволоженому стані. При цьому оболонка ще не набуває механічної стійкості, має високу пластичність і схильність до злипання. У разі несвоєчасного або неякісного сушіння можливе порушення геометрії гранули, її деформація, відшарування компонентів покриття, що, в свою чергу, призводить до зниження однорідності висіву та погіршення схожості. Нерівномірне висихання оболонки створює внутрішні напруження, які можуть спричинити мікротріщини, що порушують захисні властивості дражувального шару. Тому процес сушіння повинен бути контрольованим і поступовим, із дотриманням температурних обмежень, які не допускають перегріву біологічно активного насінневого ядра.

У технологічному циклі дражування сушарка виконує одразу кілька функцій. По-перше, вона знижує вологість оболонки до оптимального рівня, що забезпечує її стабільність під час транспортування, зберігання та висіву. По-

друге, сушіння сприяє завершенню полімеризаційних і структуроутворювальних процесів у складі покриття, особливо якщо воно містить гелієві або латексні компоненти. По-третє, завдяки правильному сушінню досягається зниження активності мікроорганізмів, які могли б розвиватися у вологому середовищі гранули. Залежно від рецептури дражувального шару (органічні або мінеральні носії), типу в'язучих компонентів, товщини покриття та типу насіння (однонасінне чи поліспермне), режим сушіння може суттєво відрізнятися.

З технологічної точки зору, сушарки для дражованого насіння повинні забезпечувати не лише необхідну інтенсивність зневоднення, але й м'який, дбайливий режим обробки, який не погіршує посівні властивості насіннєвого матеріалу. Найчастіше застосовуються барабанні або конвеєрні сушарки з регульованими температурними зонами та функцією плавного перемішування. Температурний режим зазвичай не перевищує 35–40 °C, особливо на початкових етапах сушіння, щоб уникнути передчасного висихання зовнішніх шарів при наявності вологи всередині оболонки. Занадто швидке сушіння призводить до ефекту «запечаткування» вологи, що порушує структурну цілісність покриття.

Ефективність сушарки безпосередньо впливає на такі критичні показники, як схожість насіння, час проростання, стійкість до механічних пошкоджень при висіві, а також тривалість зберігання. За результатами досліджень, дражоване насіння буряків, яке сушилося за оптимальними режимами, зберігає посівні властивості протягом 10–12 місяців без суттєвого зниження показників якості. У разі недотримання параметрів сушіння спостерігається зменшення схожості до 10–15 %, зниження енергії проростання, а також розвиток плісняви в умовах зберігання.

Таким чином, роль сушарки у технології дражування насіння буряків є надзвичайно важливою як у контексті збереження біологічної цінності насіння, так і для формування стабільних агрономічних властивостей гранули. Її технічне вдосконалення, зокрема шляхом оптимізації повітряних потоків,

температурних режимів і контролю вологості, має прямий вплив на економічну ефективність усього насінневого господарства. Подальші дослідження у цьому напрямку мають бути спрямовані на розробку адаптивних систем керування сушінням, які зможуть враховувати змінні параметри сировини та забезпечити стабільну якість продукції за мінімальних енерговитрат.

1.2 Стационарна сушарка неперервної дії СДС-4 для обробки дражованого насіння

Сушарка СДС-4 є високотехнологічною стаціонарною установкою неперервної дії, призначеною для сушіння дражованого насіння у псевдозрідженому (киплячому) шарі. Завдяки камерній архітектурі та впровадженню напівавтоматизованої системи керування технологічним процесом, агрегат забезпечує стабільність режимних параметрів та високу якість кінцевого продукту. Дистанційне керування електроприводом підвищує ергономіку експлуатації та рівень безпеки обслуговування.

Максимальна продуктивність сушарки становить до 750 кг/год готового продукту, з можливістю випаровування до 570 кг води за годину. Експлуатація установки потребує залучення лише одного оператора, що свідчить про високий рівень автоматизації. Надійність реалізації технологічного процесу досягає 0,99, що гарантує стабільну роботу навіть за ускладнених умов.

Автоматизована система керування включає сім датчиків та дві контрольні підсистеми, які забезпечують підтримання оптимальних параметрів сушіння. Вага агрегату без урахування допоміжного обладнання не перевищує 3 т. Габарити основного робочого органу складають 5200×2200×4000 мм, що забезпечує зручність інтеграції в господарське або виробниче середовище.

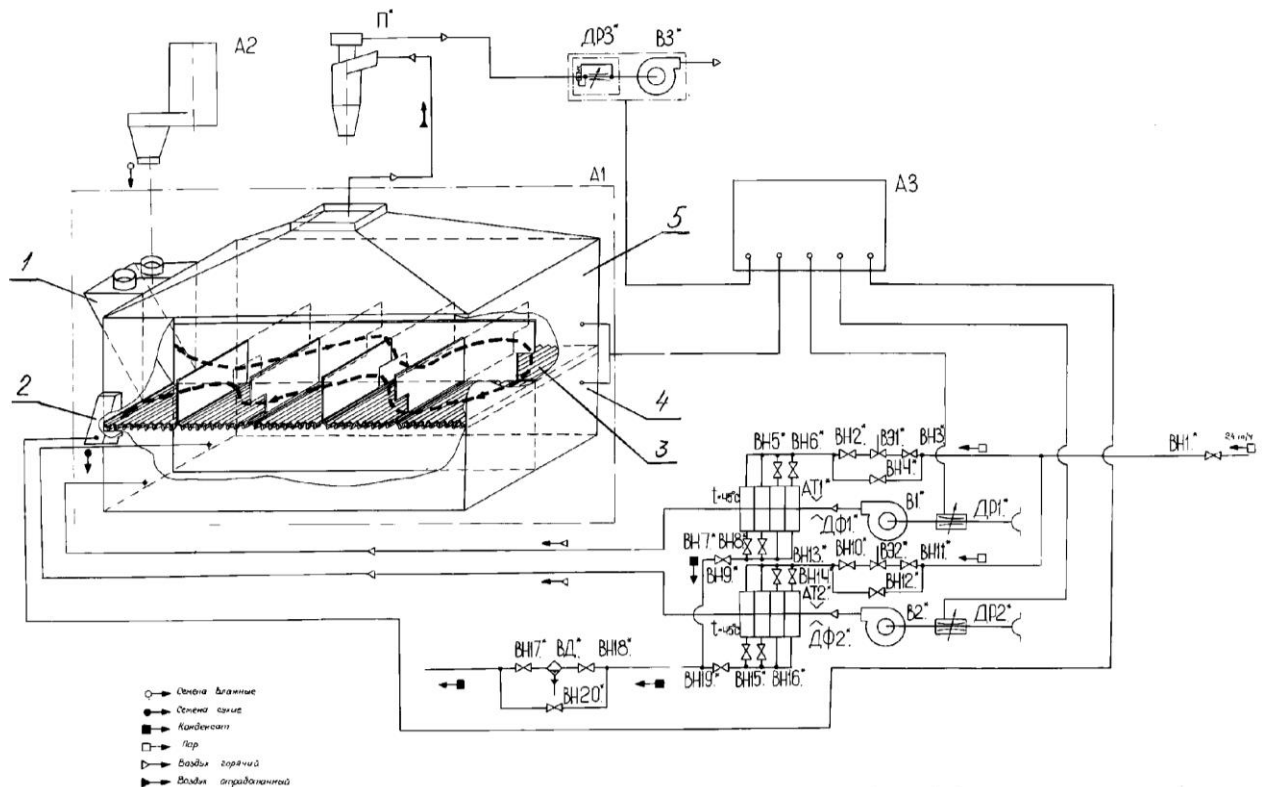
Подавання насіння до сушильної камери здійснюється за допомогою дозатора, обладнаного живильником із діапазоном подачі 0,06–1,25 кг/с. Мінімальна частота обертання тарілки – $0,3 \text{ с}^{-1}$. Дозатор має компактні розміри й масу близько 121 кг. Привід реалізовано на базі електродвигуна типу 4A71A4Y3 потужністю 0,55 кВт з частотою обертання 25 с^{-1} . Механічна передача виконана через редуктор типу 2Ч80-80-51-1-2 та клинопасовий ремінь типу Б-800Ш.

Енергоживлення установки здійснюється від трифазної мережі змінного струму з напругою 380 В. Загальна встановлена потужність не перевищує 250 кВт, що забезпечує повноцінне функціонування сушарки за умов інтенсивного виробництва. Агрегат призначений для обробки насіння з початковою вологістю до 50%, зниження якої відбувається до 14%. Температура теплоносія підтримується на рівні не нижче 45°C , тоді як температура оброблюваного матеріалу регулюється в межах $30\text{--}40^\circ\text{C}$. Тривалість сушіння не перевищує 1,2 години за висоти шару не менш ніж 200 мм.

Сушарка характеризується високою енергоємністю: витрата теплоносія становить до $75\,000 \text{ м}^3/\text{год}$, тепла потужність — до $3,57 \times 10^6 \text{ кДж}$, а максимальна витрата пари — до 2,4 т/год. Площа решітчастої поверхні не перевищує 10 м^2 при живому січенні не менш ніж 4,5%, що сприяє ефективному проходженню повітряного потоку. Аеродинамічний опір апарата — до 3500 Па, що свідчить про ефективну вентиляцію внутрішніх зон сушильної камери.

Конструкція сушарки демонструє високі показники надійності: напрацювання до відмови становить не менше 2850 год/сезон. Коефіцієнт готовності дорівнює 0,99, а коефіцієнт технічного використання — 0,98. Гарантований строк експлуатації — не менше 8 років при сумарному ресурсі до 22 800 годин. Рекомендований комплект включає два вентилятори типу ВДН 12,5, повітрянагрівач і пилоприймач СИОТ №10, що забезпечує екологічність та ефективне теплозабезпечення.

Конструктивно сушарка СДС-4 складається з трьох основних компонентів: сушильної камери (А1), дозувального пристрою (А2) та електрошкафа керування (А3), які формують єдиний технологічний вузол (рис. 1.1). Внутрішній простір камери розподілено решетами, що утворюють верхню зону сушіння та нижню газорозподільну камеру, куди подається підігріте повітря.



А1 – камера сушильна з камерою газорозподільною; А2 – дозатор АПК - 1.01.070; А3 – система автоматики; АТ1-АТ2 – повітрянагрівачі; В1-В2 – вентилятор ВДН 12,5; В3 – вентилятор пило приймача; 1 – бункер; 2 – лоток; 3 – решето; 4 – камера газорозподільна; 5 – камера сушильна; ВД – волого віддільник; ВН1-ВН20 – вентиль з ручним керуванням; ВЕ1-ВЕ2 – вентиль з електроприводом; ДР1-ДР3 – пневмодросьель; ДФ1-ДФ2 – діафрагма

Рисунок 1.1 – Схема сушильного комплексу

Насіння, завантажене через бункер, надходить у зону сушіння за допомогою дозатора А2. Атмосферне повітря, проходячи через теплообмінники (АТ1, АТ2), нагрівається до необхідної температури, після чого вентилятори В1 і В2 подають його в нижню частину сушарки. Підігріте повітря рухається вгору

крізь решітки, утворюючи псевдозрідений шар, що сприяє інтенсивному та рівномірному випаровуванню вологи з поверхні насіння.

Після досягнення заданої вологості насіння виводиться через випускний лоток. Водночас відпрацьоване повітря, насичене дрібнодисперсними частками, видаляється через пиловловлювач за допомогою вентилятора ВЗ, що підтримує санітарні норми та безпеку праці.

Система автоматичного керування забезпечує підтримання заданих параметрів без участі оператора. Центральне керування механізмами агрегату реалізується за допомогою електричної схеми, що містить елементи силової автоматики. Режими роботи задаються перемикачами SA1–SA3 на панелі керування, що дозволяє точно адаптувати режим сушіння до властивостей оброблюваного матеріалу.

1.3 Принципи керування роботою сушарки та методи регулювання технологічних параметрів

Система керування технологічним процесом сушіння насіння передбачає використання багаторежимних органів управління, що забезпечують адаптивне регулювання механізмів завантаження, температурного режиму, повітропостачання та контролю робочих параметрів.

Режими керування завантаженням.

Функціонування механізмів, що відповідають за подачу насіння до сушильної камери, визначається положенням перемикача SA1, який має три режими:

Режим "Д" (дистанційне/ручне керування) — забезпечує ручне управління дозатором із центрального пульта, за відсутності блокувальних сигналів від інших систем.

Режим "О" (вимкнено) — повністю блокує запуск обладнання, пов'язаного із завантаженням.

Режим "А" (автоматичне керування) — реалізує автоматичне узгоджене управління всіма механізмами подачі сирого насіння до сушильної камери.

Температурне регулювання теплоносія

Управління температурним режимом у першій та другій секціях сушарки здійснюється за допомогою перемикача SA2:

"М" (місцеве керування) — дозволяє вручну регулювати положення заслінок на паропроводах обох секцій з пульта керування.

"О" (вимкнено) — вимикає подачу пари в сушарку.

"А" (автоматичне керування) — активує автоматичну систему підтримання заданої температури теплоносія у відповідних зонах сушіння.

Регулювання повітропостачання.

Подача повітря до сушарки контролюється перемикачем SA3 з наступними режимами:

"М" (місцеве/ремонтне керування) — дає змогу керувати положенням заслінок вентиляторів локально через кнопочні пости.

"О" (вимкнено) — відключає виконавчі механізми.

"Д" (дистанційне централізоване керування) — забезпечує дистанційне регулювання заслінок вентиляторів з центрального щита керування.

Методи регулювання основних параметрів сушіння.

Регулювання подачі насіння в сушарку здійснюється шляхом зміни витрати на дозаторі. Температура сушіння контролюється подачею пари через керовані клапани на паропроводах відповідних секцій. Обсяг повітря, що подається, залежить від положення заслінок на вентиляторах, якими управляють виконавчі механізми. Аналогічним чином регулюється відведення відпрацьованого теплоносія — через заслінки вентилятора пиловловлювального пристрою.

Висота шару насіння у робочій камері регулюється за допомогою заслінки, розташованої у випускному лотку.

Засоби вимірювання та контролю параметрів.

Для забезпечення стабільності процесу сушіння використовується інтегрована система дистанційного контролю, реалізована у вигляді технологічного блоку, основні прилади якого встановлено в електрошкафі поблизу сушарки. Просторове розміщення точок контролю відображено на відповідній схемі, а індикатори — на панелі приладів.

Вимірювання температури в контрольних точках здійснюється за допомогою термопар у поєднанні з потенціометрами, із додатковою перевіркою технічними термометрами. Вологість насіння після сушіння визначається шляхом відбору проб з випускного лотка, а температура — через термометричні вимірювання з точністю до 1 °C у дерев'яних контейнерах. Температура насіння на виході не повинна перевищувати 40 °C.

Продуктивність сушильного агрегату визначається за масою сухого та вологого матеріалу шляхом зважування проб з бункера завантаження та лотка вивантаження. Стан оброблюваного продукту контролюється візуально через оглядові вікна, обладнані шкалами висоти насіннєвого шару.

Контроль тиску усередині сушильної камери здійснюється за показаннями тягоміра, з підтриманням його в межах 50–150 Па. Температурні параметри теплоносія регулюються і контролюються потенціометрами та технічними термометрами.

Система керування сушаркою та регулювання її технологічних параметрів.

Система автоматизованого керування сушильним устаткуванням передбачає три режими функціонування, які встановлюються за допомогою перемикача SA1. У режимі "Д" (дистанційне або ручне управління) оператор має змогу здійснювати контроль над дозатором із центрального пульта за відсутності блокувальних сигналів від інших частин системи. Режим "О"

(вимкнено) передбачає повне блокування роботи механізмів, пов'язаних із подачею насіння. Режим "А" (автоматичний) забезпечує інтегроване управління всіма агрегатами завантаження без участі оператора, відповідно до заданих параметрів.

Температурний режим у першій і другій секціях сушильної камери регулюється перемикачем SA2, що також має три позиції. У режимі "М" (місцеве управління) оператор здійснює ручне налаштування положення парових заслінок через пульт. У режимі "О" подача пари повністю блокується, що деактивує теплопостачання. У режимі "А" (автоматичний) система самостійно підтримує температуру теплоносія відповідно до технологічних вимог.

Керування потоками повітря здійснюється перемикачем SA3. У режимі "М" (місцеве управління) заслінки вентиляторів регулюються безпосередньо на місці встановлення обладнання за допомогою кнопочних постів. Режим "О" відключає виконавчі механізми подачі та витяжки повітря. У режимі "Д" (дистанційне централізоване управління) регулювання здійснюється централізовано з електрощита.

Методи регулювання технологічного процесу.

Регулювання об'ємної подачі насіння в сушильну камеру здійснюється шляхом налаштування дозатора. Температура теплоносія підтримується за допомогою парових клапанів, які автоматично або вручну регулюють подачу пари до секцій. Об'єм повітря, що подається до сушарки, контролюється виконавчими механізмами, які змінюють положення заслінок на вентиляторах. Аналогічний механізм регулює витяжку відпрацьованого повітря за допомогою заслінок пиловловлювального вентилятора.

Рівень насінневого шару у робочій зоні контролюється положенням заслінки, вмонтованої у випускному лотку.

Засоби вимірювання та контролю.

З метою забезпечення стабільності сушильного процесу впроваджено систему дистанційного технологічного контролю, об'єднану в єдиний інженерний блок. Основні контрольно-вимірювальні прилади змонтовані в електрошкафі, розташованому біля сушарки.

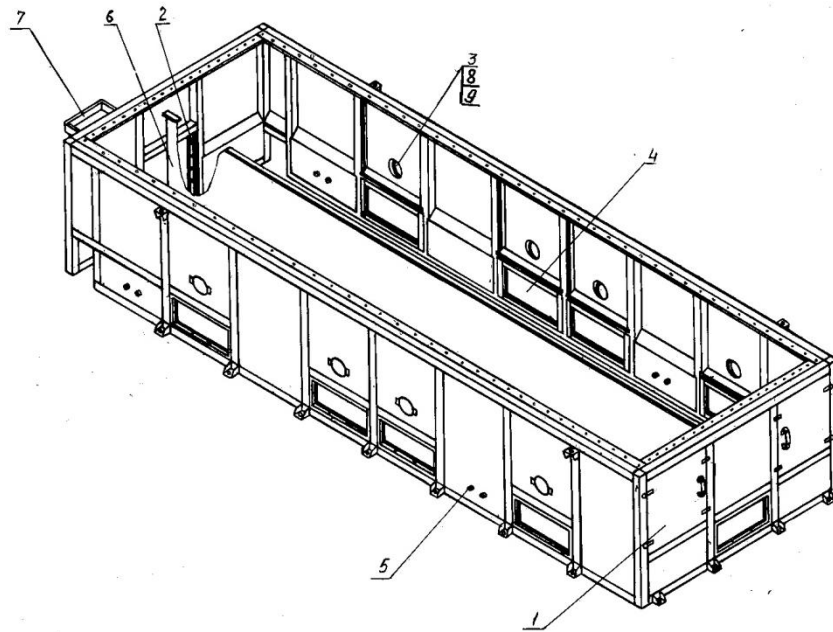
Температура у визначених зонах вимірюється термопарами у зв'язці з потенціометрами, дубльованими стандартними технічними термометрами. Для визначення вологості насіння після сушіння відбираються проби з випускного лотка. Температура самого насіння після термічної обробки контролюється шляхом забору зразків у дерев'яні контейнери з подальшим вимірюванням за допомогою термометрів з точністю до 1 °С. Гранично допустима температура насіння на виході не повинна перевищувати 40 °С.

Продуктивність сушарки визначається шляхом зважування зразків сирого та висушеного насіння, відібраних з бункера завантаження та лотка вивантаження. Візуальний контроль якості сушіння здійснюється через оглядові вікна з нанесеною шкалою для вимірювання висоти шару продукту.

Рівень тиску всередині сушарки контролюється тягоміром, що дозволяє підтримувати тиск у межах 50–150 Па. Температура теплоносія додатково контролюється за допомогою потенціометрів і аналогових термометрів, що дозволяє гарантувати дотримання теплотехнічного режиму сушіння.

1.4 Конструкція та функціонування основних елементів сушарки

Основний процес сушіння відбувається у спеціальній камері, зображеній на рис. 1.2. Вона розміщується у верхній частині сушильного апарата, над решітчастою секцією, і поділена на дві ізольовані зони за допомогою внутрішньої перегородки (поз. 6).

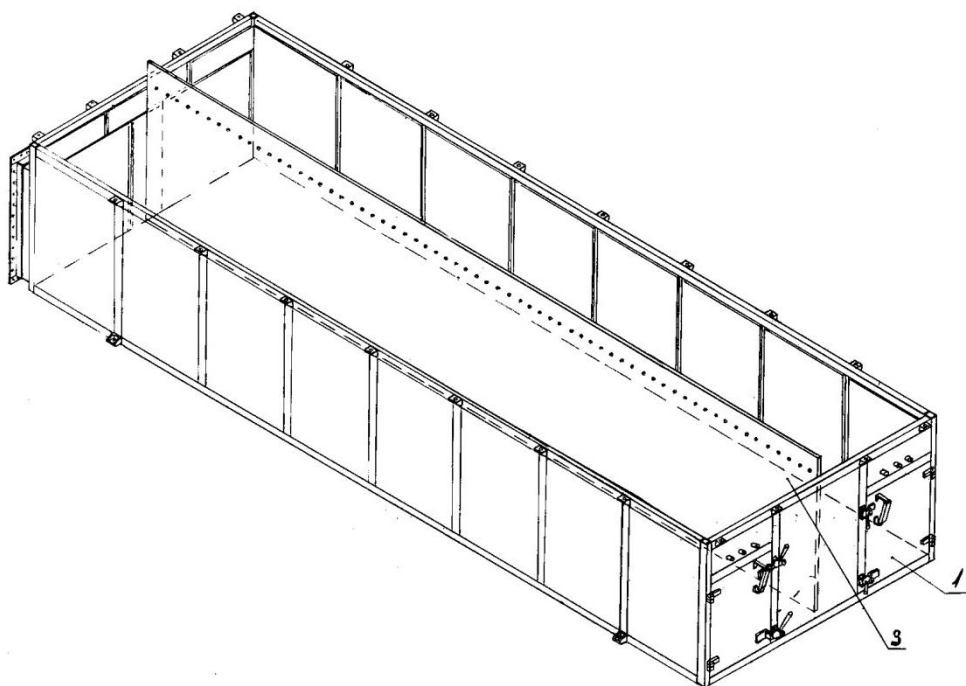


1 – дверка; 2 – фланець; 3 – кришка; 4 – вікно; 5 – заглушки; 6 – перегородка; 7 – скоба; 8 – ущільнення; 9 – ущільнення

Рисунок 1.2 – Камера сушильна

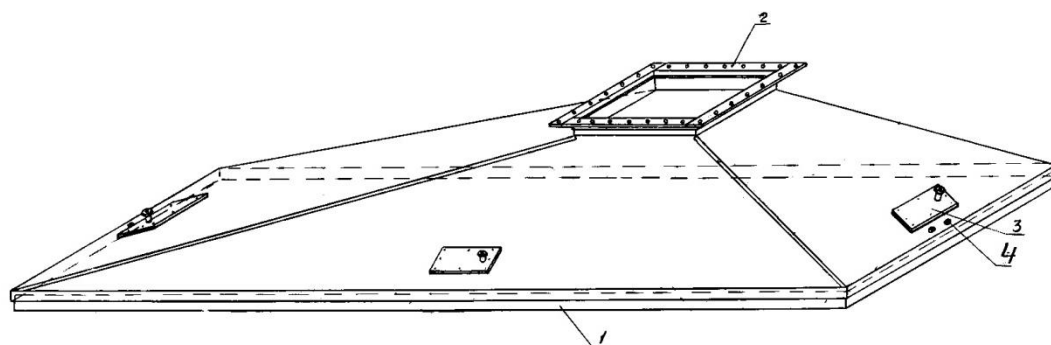
Стіни камери обладнані кількома функціональними елементами: оглядовими вікнами (поз. 4) для візуального контролю за ходом процесу, сервісними дверцятами (поз. 1) для проведення обслуговування та налагодження, а також знімними кришками (поз. 3), через які можна брати проби матеріалу без зупинки машини. Завантаження насіння здійснюється через фланцеве з'єднання (поз. 2), до якого під'єднується завантажувальний бункер. Окремі технологічні отвори закриті заглушками (поз. 5), що можуть бути демонтовані за потреби. Для зручного відбору проб пробовідбірник підвішується на спеціальній скобі (поз. 7), розміщеній на зовнішній частині камери.

Нижня частина конструкції займається газорозподільною камерою (рис. 1.3), яка виконує роль збірника теплоносія.



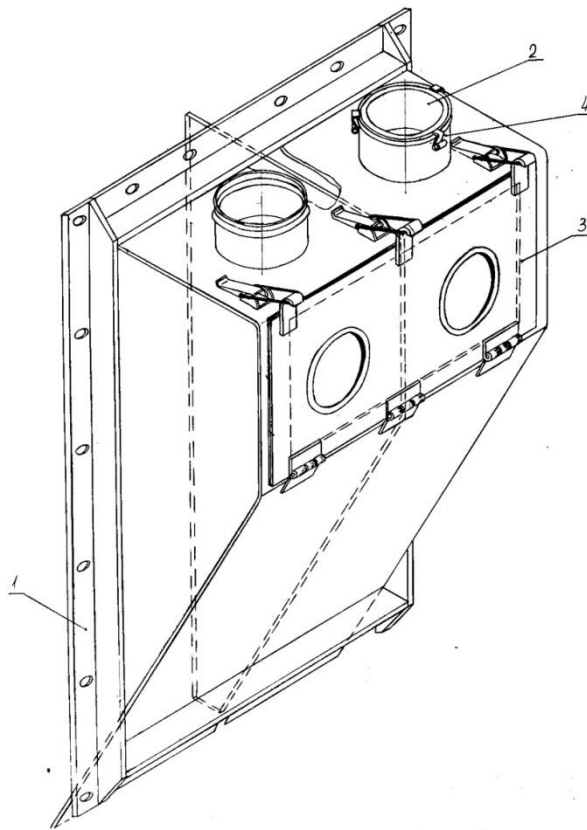
1 – дверка; 2 – патрубок; 3 – перегородка
Рисунок 1.3 – Камера газорозподільна

Вона також поділена на дві ізольовані частини перегородкою (поз. 3) і забезпечує рівномірний розподіл повітряного потоку перед подачею в зону сушіння. На торцевій частині цієї камери розташовані патрубки (поз. 2) для підключення до повітроводів або калориферів, а також технічні дверцята (поз. 1), які відкривають доступ до внутрішнього простору для монтажних або ремонтних робіт.



1 – фланець; 2 – фланець; 3 – кришка; 4 – заглушка
Рисунок 1.4 – Кришка

Кришка сушарки (рис. 1.4) має кілька функціональних фланців: один (поз. 1) — для з'єднання з сушильною камерою, інший (поз. 2) — для підключення каналу відведення використаного теплоносія. Поверх кришки встановлюється світильник (поз. 3), а також передбачені гнізда з заглушками (поз. 5). Після демонтажу заглушок у ці гнізда монтуються термопари або ніпелі, що з'єднуються з тягоміром для вимірювання тиску повітряного потоку.



1 – фланець; 2 – кришка; 3 – кришка; 4 – патрубок АПК

Рисунок 1.5 – Бункер

Завантажувальний бункер (рис. 1.5) виконує функцію перехідного вузла між дозатором і сушильною камерою. Його корпус — зварної конструкції — кріпиться до сушарки за допомогою фланця (поз. 1). У верхній частині бункера передбачена кришка (поз. 3), через яку проводиться відбір проб для перевірки об'ємної подачі насіння. Пробовідбірник закріплений поблизу бункера і знаходиться в зоні легкого доступу. Конструкція також включає два патрубки (поз. 4), один з яких резервний та зазвичай закритий кришкою (поз. 2).

Запасний патрубок може бути задіяний у разі необхідності змінити напрямок або спосіб вивантаження матеріалу в умовах виробництва.

Схема руху матеріалу в межах сушарки показана на рисунку 1.6, де відображено основні етапи його переміщення від дозатора до виходу після сушіння.

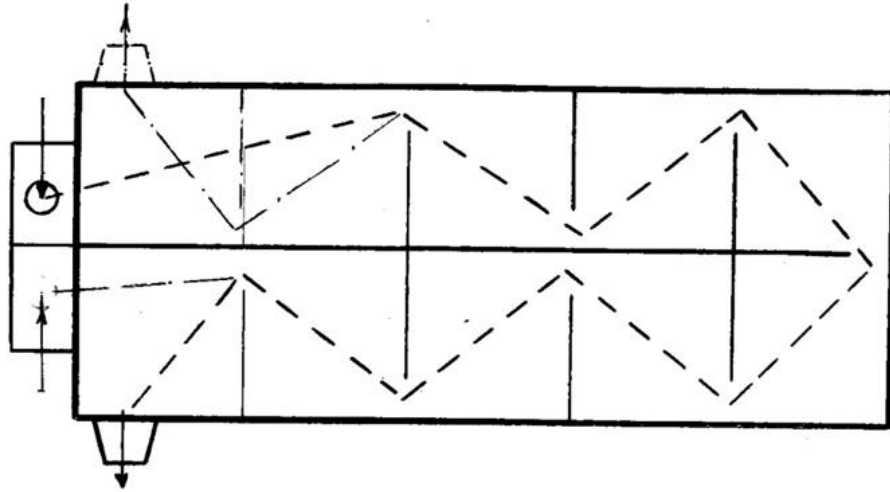
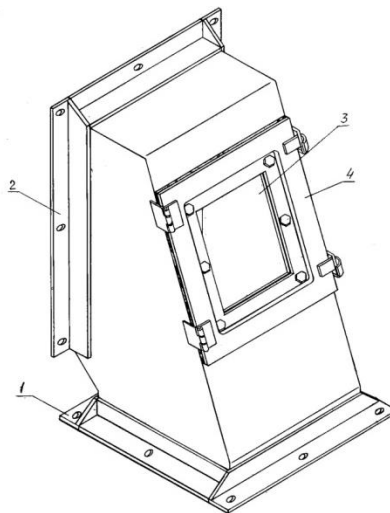


Рисунок 1.6 – Переміщення матеріалу в сушарці

Лоток (рис. 1.7) призначений для розвантажування готового матеріалу на транспортний засіб.

Лоток складається із зварного корпусу, приєднувальних фланців 1 і 2, кришки 4, в котрій розташовано вікно 3. Через кришку відбирають проби на контроль вологості.



1 – фланець; 2 – фланець; 3 – вікно; 4 – кришка

Рисунок 1.7 – Лоток

На жорсткій зварній рамі, зібраній з металевих кутників, встановлюється дозатор, який закріплюється безпосередньо до кронштейна сушарки (див. рис. 1.8). Ця конструкція забезпечує стабільну фіксацію дозувального пристрою, дозволяючи точно подавати насіння у сушильну камеру.

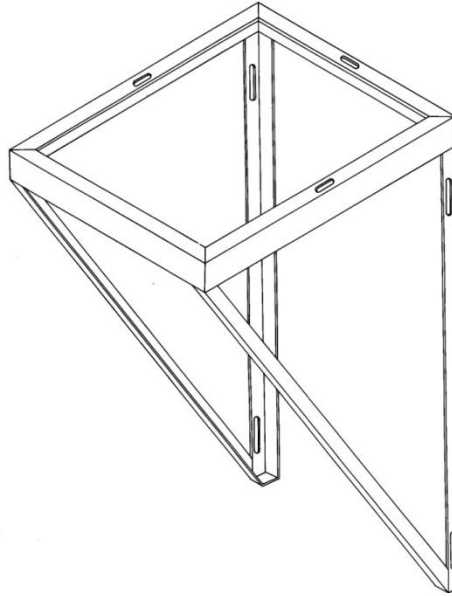
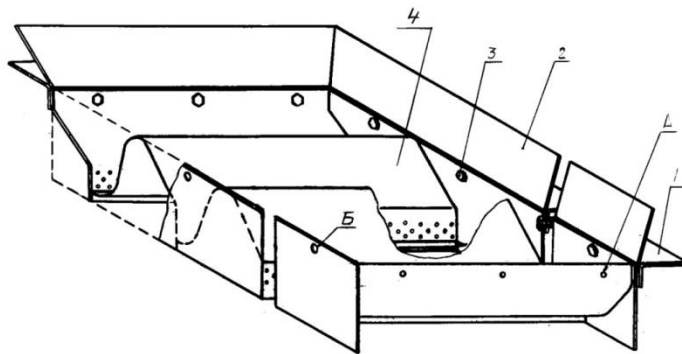


Рисунок 1.8 – Рама

Решітна система сушарки має збірну конфігурацію, що включає десять окремих решіток (поз. 4 на рис. 1.9). Вони виготовлені з хвилеподібного листа з нержавіючої сталі та слугують основним газорозподільним елементом, що рівномірно розподіляє потік теплоносія по всьому поперечному перерізу камери.

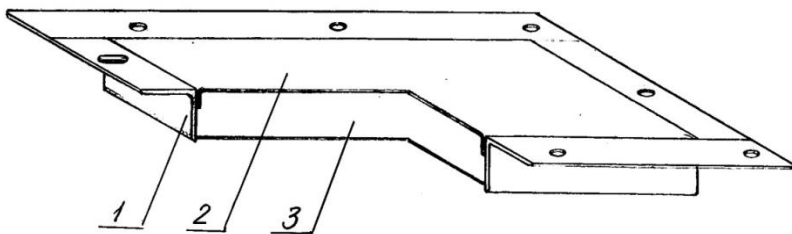


1 – фланець; 2 – планка; 3 – болт М8×16.46.019; 4 – решітка

Рисунок 1.9 – Решітка в зборі

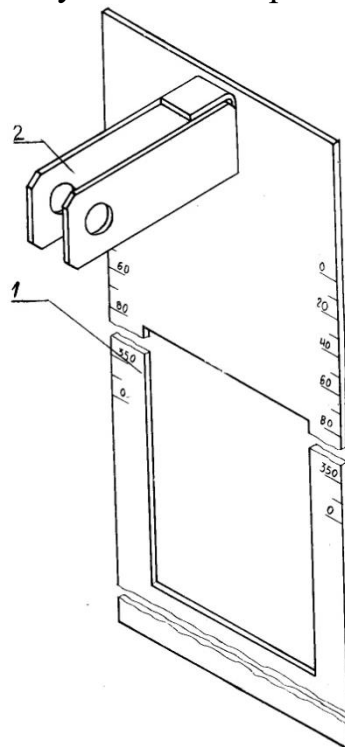
Найперша решітка встановлюється разом з фланцями (поз. 1) і напрямними планками (поз. 2) в зоні початку руху насіння. Живе січення цієї решітки становить 5%, тоді як у решти — 4,5%. Монтаж виконується за отворами типу А, тоді як отвори типу Б використовуються для кріплення фланців та планок до внутрішньої перегородки сушарки. Планки запобігають накопиченню матеріалу поблизу стінок, а фланці слугують опорними елементами під час встановлення.

Запасний вихід для матеріалу, у випадку зміни конфігурації роботи, закривається зварною кришкою (рис. 1.10), яка складається з фланця та двох глухих стінок.



1 – фланець; 2 – стінка; 3 – стінка

Рисунок 1.10 – Кришка



1 – заслінка; 2 – кронштейн

Рисунок 1.11 – Заслінка

Для регулювання висоти шару насіння в сушильній камері використовується заслінка (рис. 1.11), обладнана шкалою і механізмом фіксації положення. Кронштейн із зубчастим колесом дозволяє точно налаштувати положення заслінки. У крайньому нижньому положенні (0) заслінка повністю відкриває прохід, що забезпечує повне вивантаження матеріалу.

Відбір проб для контролю вологості та продуктивності виконується за допомогою спеціального пристрою — пробовідбірника (рис. 1.12). Він встановлюється в отвори бункера (див. рис. 1.5) під кутом до упору, і дозволяє спрямувати потік насіння в контрольну тару. В робочому стані отвори бункера закриті кришкою (поз. 3).

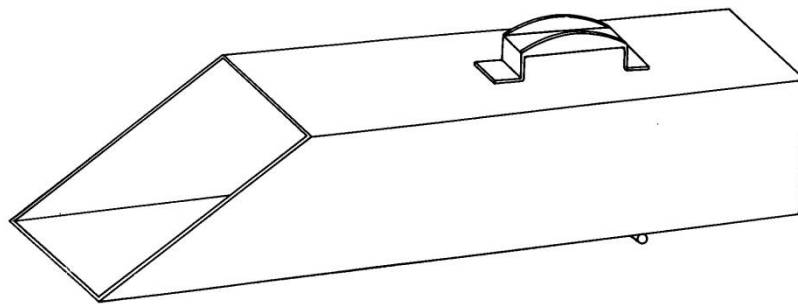
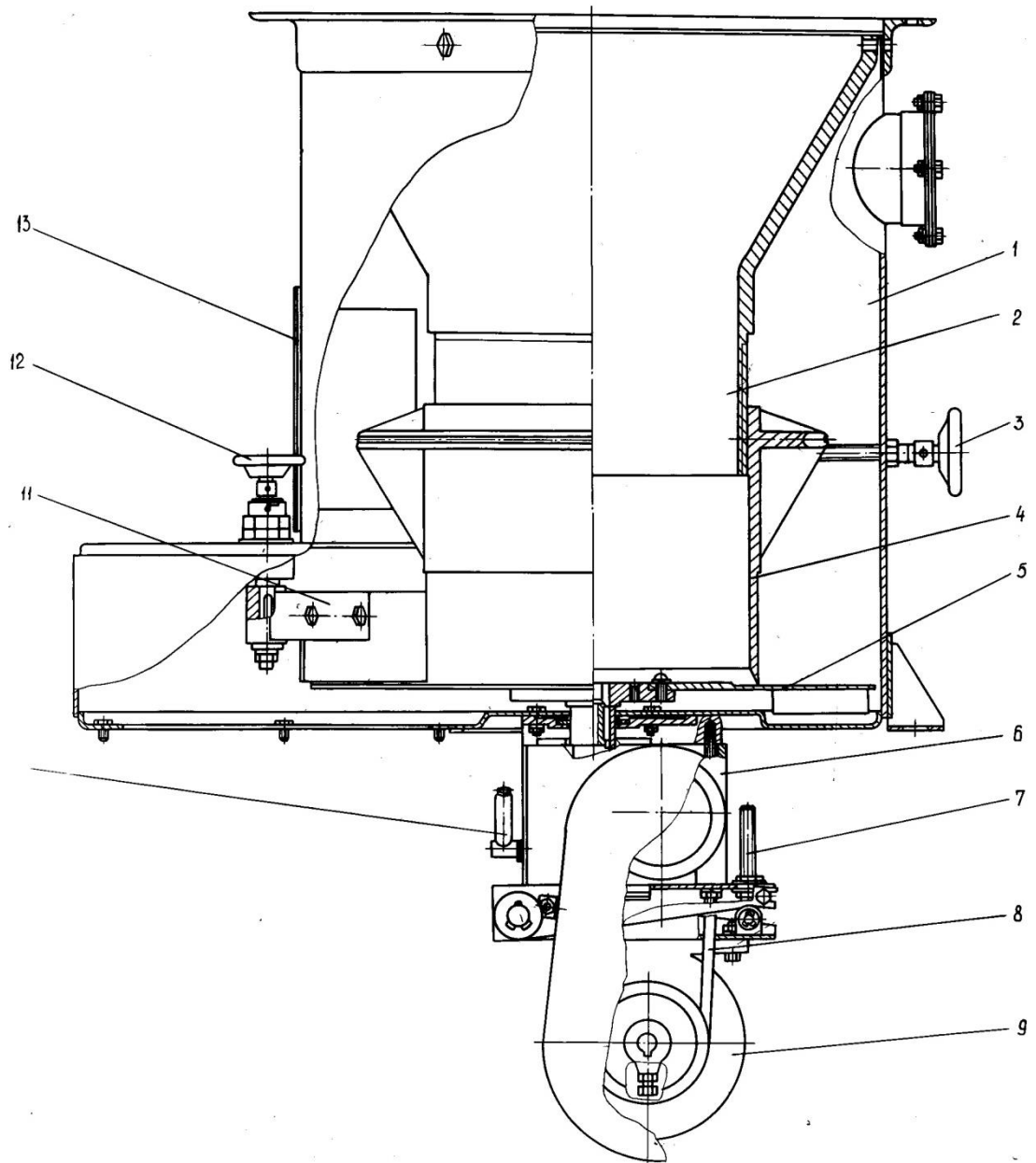


Рисунок 1.12 – Пробовідбірник

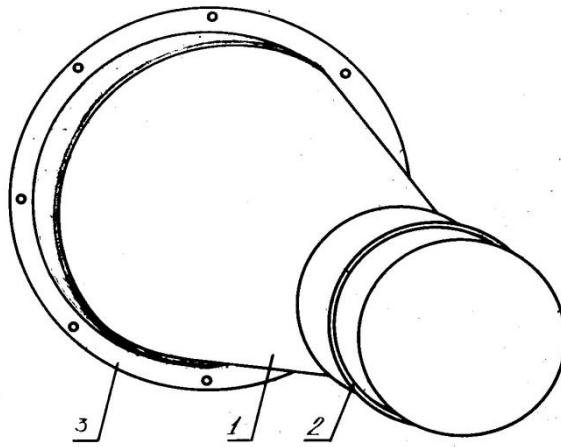
Основне завдання дозатора (рис. 1.13) — подача дражованого насіння до сушильної камери. Його корпус має зварну конструкцію (поз. 1) із вмонтованою різьбою M280×6 для навинчування рухомого стакана (поз. 4). Продуктивність регулюється за рахунок зміни зазору між тарілкою (поз. 5) і стаканом — шляхом його обертання. Для фіксації положення служить ручка (поз. 3). Обертання тарілки здійснюється від електродвигуна (поз. 9) через клинопасову передачу з ременем (поз. 8) та редуктором (поз. 6). Штуцер (поз. 10) призначений для заповнення редуктора мастилом, а натяг ременя виконується стяжкою (поз. 7). Щоб розвантажити матеріал з тарілки, застосовується ніж-шкала (поз. 11), положення якого регулюється ручкою (поз. 12). Оглядовий отвір закривається кришкою (поз. 13).



1 – корпус дозатора; 2 – стакан; 3 – ручка; 4 – стакан; 5 – тарілка; 6 – редуктор 2Ч80 – 80 – 51 – 1 – 2; 7 – стяжка; 8 – ремінь Б – 800 Ш ; 9 – двигун 4A71A4УЗ (1M1081); 10 – штуцер; 11 – ніж – шкала; 12 – ручка; 13 – кришка

Рисунок 1.13 – Дозатор

Воронка (рис. 1.14) слугує сполучною ланкою між дозатором і завантажувальним бункером. Вона закріплюється до дозатора фланцем (поз. 3), а до патрубку бункера — через з'єднувальний патрубок (поз. 2).



1 – конус; 2 – патрубок; 3 – фланець
Рисунок 1.14 – Воронка

Перегородки сушильної камери (рис. 1.15) виготовляються з листової сталі та приварюються до корпусу сушарки за допомогою металевих кутників. Їх функція — поділ простору камери для організації циркуляції теплоносія.

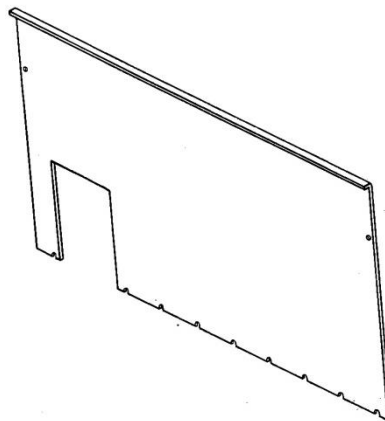
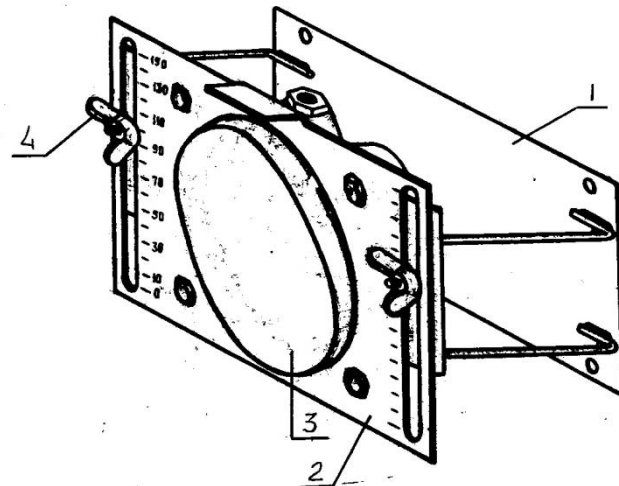


Рисунок 1.15 – Перегородка

Шафа керування є ключовим вузлом, де встановлено все електрообладнання сушарки. Тут розміщені прилади контролю й управління основними параметрами технологічного процесу. Органи управління розташовані на дверцятах шафи, де також змонтовано мнемосхему для наочності. Доступ до внутрішніх елементів шафи здійснюється за допомогою спеціального ключа.

Пристрій рівнеміра (рис. 1.16) являє собою зварену конструкцію, яка складається з основи (поз. 1), що кріпиться до корпусу сушарки. На монтажній плиті (поз. 2) фіксується первинний перетворювач рівня ПП-07-2 системи СУС-2. У плиті передбачено подовжні пази, які дозволяють точно налаштувати висоту установки датчика. Фіксація здійснюється за допомогою спеціальних барашкових гайок (поз. 4). Вторинна частина сигналізатора рівня встановлена у керувальній шафі.



1 – основа; 2 – плита; 3 – первинний перетворювач сигналізатора рівня; 4 – гайка М10.7Н.6.

Рисунок 1.16 – Пристрій рівнеміра

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДРАЖУВАННЯ НАСІННЯ

2.1 Обґрунтування ідеї вдосконалення сушарки

Процес дражування насіння є надзвичайно важливим етапом у вирощуванні цукрових буряків та інших сільськогосподарських культур. Саме від якості насіння значною мірою залежить успішність подальшого вирощування та кінцевий урожай. Якщо в ґрунт буде висіяне неналежним чином оброблене насіння, жодна агротехнічна операція надалі не зможе компенсувати втрати, і це призведе до значних збитків для виробника.

З огляду на таку відповідальність технології дражування, темою даної кваліфікаційної роботи обрано вдосконалення ключових елементів сушарки, яка безпосередньо забезпечує якісне завершення цього процесу. Метою розробки є не лише оптимізація окремих вузлів, а й підвищення загальної ефективності роботи агрегату. Зокрема, передбачається збільшення продуктивності сушарки, а також доведення її технічних характеристик до рівня сучасних зразків, що використовуються у світовій практиці.

Для досягнення поставлених цілей необхідно провести низку технічних розрахунків, що базуються на вихідних даних, зазначених у технічному завданні. Серед ключових етапів – обчислення параметрів сушильної камери, системи нагрівання, вентиляційного блоку, а також проведення додаткових допоміжних розрахунків, які забезпечать узгодженість і надійність функціонування всього обладнання в цілому.

2.2 Основні режими функціонування сушильного агрегату

Сушильний агрегат функціонує у двох режимах: ручному та автоматичному. Ручне керування переважно застосовується на етапах початкового запуску, калібрування систем та налагодження технологічних параметрів. Основний технологічний процес сушіння здійснюється в автоматичному режимі.

Підготовка до запуску.

Для приведення установки у робочий стан необхідно здійснити відповідне налаштування перемикачів: SA1 слід встановити у положення "Д" (дистанційне керування), SA2 — у положення "М" (локальне керування), після чого SA3 знову переводиться у положення "Д". У ході наладки можливе короткочасне перемикання SA3 у режим "М". Послідовність дій виконується відповідно до електричної схеми.

Початковий пуск здійснюється натисканням кнопки SB13.2 ("Пуск"), що активує перший нагнітальний вентилятор. Його ввімкнення підтверджується індикацією лампи HL7 на мнемосхемі. Далі, за допомогою кнопки SB6.1, активується виконавчий механізм заслінки, яка поступово відкривається до досягнення стабільного надлишкового тиску у першій секції сушарки (500–800 Па).

Аналогічні дії здійснюються для другого вентилятора: кнопка SB14.2 активує пристрій, а індикатор HL8 сигналізує про його роботу. Відкриття відповідної заслінки проводиться кнопкою SB8.1 до досягнення робочого тиску (500–800 Па) у другій секції.

Підготовка до сушіння.

Після запуску основних вентиляторів вмикається система пилоочищення натисканням кнопки SB15.2, після чого загоряється лампа HL6. Відкриття заслінки виконується кнопкою SB10.1 до встановлення розрядження всередині камери на рівні 20–100 Па.

До подачі теплоносія необхідно переконатися, що вихідна заслінка сушарки повністю закрыта. Потім відкривається вентиль ВН (рис. 1.1) на основному трубопроводі, що забезпечує подачу пари або гарячої води до калориферів.

Подальші дії включають активацію клапанів подачі теплоносія в сушильні секції: натискання SB2.1 відкриває подачу до першої секції, температура якої регулюється потенціометром P2 (до 45 °С), а SB3.1 — до другої секції з налаштуванням температури за потенціометром P3 (також 45 °С).

Пуск подачі матеріалу.

Подавання сировини здійснюється запуском електродвигуна дозатора за допомогою кнопки SB1.2, що супроводжується активацією сигнальної лампи HL4. У процесі завантаження необхідно контролювати стабільність подачі та уникати нерівномірного поступлення матеріалу. Тиск у секціях поступово підвищується до 3000–3500 Па — оптимального для початку сушіння.

Коли висота шару насіння в камері досягає 200–250 мм, режим дозування перемикається на постійну продуктивність. Контроль температури на виході з сушарки здійснюється до стабілізації у межах 36–38 °С. Після цього заслінка на виході обережно відкривається та фіксується відповідно до висоти шару 250 мм. Ці параметри є показниками нормального перебігу сушильного процесу з досягненням кінцевої вологості 11–12 %.

Регулярний контроль вологості здійснюється шляхом відбору проб і коригування висоти шару шляхом регулювання заслінки. Підтримання висоти шару реалізується в автоматичному режимі за рахунок періодичного вмикання або вимикання електродвигуна дозатора в залежності від зміни умов у сушильній камері.

Перехід в автоматичний режим.

Після стабільної роботи протягом 1,5–2 годин можливий перехід у повністю автоматичний режим. Для цього перемикачі SA1 та SA2 встановлюються у положення "А", що активує автоматичне регулювання

температури в обох секціях та контроль подачі насіння. Це забезпечує сталу температуру шару, підтримання висоти завантаження і необхідної вологості матеріалу на виході (11–12 %).

Контроль температури насіння здійснюється термометром, розташованим на виході з камери, та потенціометрами. Періодично проводиться відбір проб у дерев'яні ємності з кришками (750–1000 г) для підтвердження відповідності температурного режиму. Максимально допустима температура — не більше 40 °С.

Завершення процесу сушіння.

Після завершення сушіння подачу теплоносія припиняють, калорифери вимикаються, а залишки матеріалу видаляються через повне відкриття вихідної заслінки та збільшення повітряного потоку. Після очищення перевіряється стан решіток; за потреби отвори очищуються щіткою.

Поведінка у разі короткочасної зупинки.

У разі нетривалих зупинок (до 1–2 змін) матеріал із камери можна не вивантажувати. Рекомендується знизити температуру теплоносія до 20–30 °С, зупинити дозатор, зафіксувати висоту шару та закрити вихід. Протягом 25–35 хвилин проводиться продування повітрям, після чого вентилятори вимикаються. Відновлення роботи здійснюється одразу в автоматичному режимі шляхом відкриття заслінки до попереднього положення, що забезпечує економію часу та виключає потребу в повторному налаштуванні системи.

2.3 Обґрунтування вихідних даних на проектування сушильної камери

Сушарка дражованого насіння цукрового буряку є одним із найважливіших етапів технологічного процесу дражування.

Висока вологість, низька механічна міцність оболонки та інші специфічні показники дражування насіння є головним фактором, визначаючим механізм

процесу сушіння.

Проектування і розрахунок сушильної установки мають базуватися на відомих загальних принципах технології сушіння – вибирається найбільш раціональний метод і оптимальний режим сушіння і на цій основі проводиться вибір і розробка конструкції сушарки та її розрахунок.

Паралельно з розрахунком були закладені дослідження по сушці дражованого насіння.

Дані досліджень вийшли в розрахунок сушарки і сушильного агрегату в цілому.

Розрахунок і розробка конструкції виготовляється на підставі вибраного методу і режиму сушарки. Сформуємо задачі для розрахунку.

Проектowana установка розраховуватиметься за такою схемою:

1. Розрахунок сушильної камери.
2. Розрахунок нагрівальної установки.
3. Розрахунок вентиляційної установки.
4. Складання техніко – економічної характеристики.

Вихідні дані для розрахунку зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Найменування	Умовне позначення	Значення
1. Продуктивність готового матеріалу, кг/год	G_2	750
2. Вологість матеріалу, %		
- початкова	U_1	50
- кінцева	U_2	12
3. Допустима температура нагріву матеріалу, °C		
- на початку сушки		30
- в кінці сушки		40
4. Температура слою матеріалу, %		
- в зоні завантажування	$t_{сл.1}$	20
- в зоні розвантажування	$t_{сл.2}$	40
- середня	$t_{сл}$	30
5. Температура матеріалу, °C		
- на вході	Q_0	15
- на виході	Q_2	40

Продовження табл. 2.1

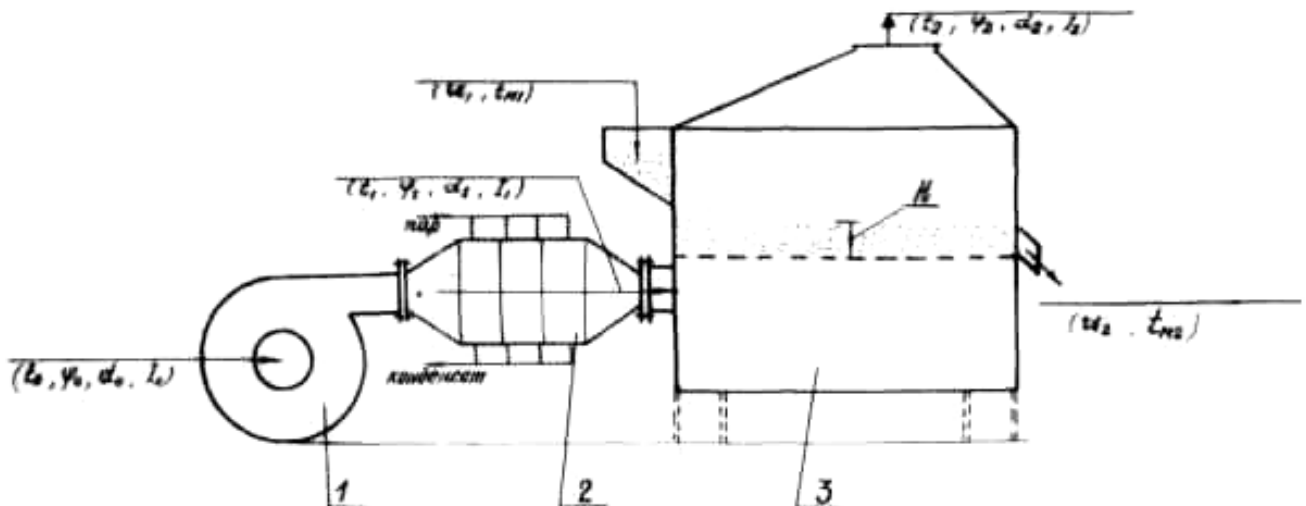
6. Температура теплоносія, °C - на вході - на виході (відпрацьованого)	t_1 t_2	50 30
7. Характеристика матеріалу (дражованого насіння) 7.1. Діаметр, мм - мінімальний - максимальний - середній 7.2. Густина, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ 7.3. Насипна маса, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - вологого - сухого - середня 7.4. Теплоємність, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	$d_{\min}$ $d_{\max}$ d ρ_m γ γ_m C_m	4 6 5 $0.95 \cdot 10^3$ 650 570 600 0.25
8. Характеристика повітря в тому числі: 8.1. Атмосферного 8.1.1. Температура, °C - літом - зимою - середня 8.1.2. Об'ємна маса, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ 8.1.3. Теплоємність, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ 8.1.4. Відносна вологість, % - літом - зимою 8.1.5. Волого місткість, $\frac{\text{кг}}{\text{кгс.в}}$ - літом - зимою 8.1.6. Ентальпія, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$ - літом - зимою	t_{01} $t_{02} (t_H)$ t_0 γ_0 C_0 φ_{01} φ_{02} d_{01} d_{02} I_{01} I_{02}	19.9 - 6 7 1.2 0.24 69 89 0.01 0.0025 14.8 4

Закінчення табл. 2.1

8.2. Сушильного агенту		
8.2.1. Температура, °C	t_k	60
8.2.2. Густина (при t_2), $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	ρ_r	1.11
8.3. Обробленого теплоносія		
8.3.1. Об'ємна маса, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	γ_2	1.16
8.3.2. Вологість, %	ϕ_2	35
9. Характеристика пару		
9.1. Тиск, атм	P	4...6
9.2. Перепад температур, °C		132...142
9.3. Середня температура, °C		135
9.4. Запас (по витратам), %	t_n	20

Схема об'єкту розрахунку

Схема сушильної установки показана на рис. 2.1



1 – вентилятор; 2 – колорифери; 3 – камера сушильна

Рисунок 2.1 – Схема установки для сушіння

2.4 Розрахунок сушильної камери

Визначення матеріального балансу сушарки зводиться до наступного:

а) продуктивність по вологому матеріалу визначається за формулою

$$G_1 = \frac{G_2(100 - u_2)}{100 - u_1}, \quad (2.1)$$

де G_2 – продуктивність по готовому продукту, кг/год;

U_1, U_2 – вологість відповідно вологого і сухого матеріалу, %.

Підставивши значення

$$G_1 = \frac{750(100 - 12)}{100 - 50} = 1320 \text{ кг/год};$$

б) продуктивність по випарованій волозі визначається за формулою

$$U = G_1 - G_2, \quad (2.2)$$

Тоді

$$U = 1320 - 750 = 570 \text{ кг/год};$$

в) маса вологи, яка приходить на 1 кг сирого матеріалу

$$\frac{U}{G_1} = \frac{570}{1320} = 0.430 \text{ кг/кг};$$

г) маса вологи, яка приходить на 1 кг. висушеного матеріалу

$$\frac{U}{G_2} = \frac{570}{750} = 0.760 \text{ кг/кг}.$$

Визначення розходів газу і тепла:

а) тепломісткість поступаючого в калорифер повітря визначається за формулою

$$I_0 = c_0 \cdot t_0 + \frac{d_0}{1000} (597 + 0.44t_0), \quad (2.3)$$

де C_0 – теплоємність сухого повітря, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

t_0 – середньорічна температура (для Києва), визначається за формулою

$$t_0 = \frac{t_{01} + t_{02}}{2}, \quad (2.4)$$

де t_{01} , t_{02} – відповідно температура літом і зимою (для Києва)

$$t_0 = \frac{19.9 + (-6)}{2} = 7^\circ\text{C};$$

$\frac{d_0}{1000}$ – волого місткість, $\frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{с.в}};$

$597 + z_0$ – теплота пароутворення, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}};$

$0.44 + C_{\text{п}}$ – теплоємність пари, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}};$

$$I_0 = 0.24 \cdot 7 + 0.0025 (597 + 0.44 \cdot 7) = 3.18 \frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{с.в}};$$

б) тепломісткість газу що виходить з калорифера визначається за формулою

$$I_1 = C_0 \cdot t_1 + \frac{d_1}{1000} (597 + 0.44 \cdot t_1), \quad (2.5)$$

де t_1 – температура газу що виходить з калорифера (теплоносія), °C

d_1 – теплоємність теплоносія, $d_1 = d_0$.

Тоді

$$I_1 = 0,24 \cdot 50 + 0,025 (597 + 0,44 \cdot 50) = 13,54 \frac{\text{кж}}{\text{кгс.в}}.$$

в) розхід тепла на підігрів матеріалу визначається за формулою

$$g_{\text{мат}} = \frac{G_2 c_m (Q_2 - Q_0)}{U}, \quad (2.6)$$

де G – продуктивність по сухому (готовому) матеріалу, кг/год;

C_m – теплоємність матеріалу, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$;

Q_0, Q_2 – температура матеріалу, відповідно на вході і виході, °C

U – продуктивність по випареній волозі, кг/год;

$$g_{\text{мат}} = \frac{750 \cdot 0,25(40 - 15)}{570} = 8,2 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.вл}}.$$

г) розхід тепла на сушіння визначається за формулою

$$g_{\text{суш}} = 597 + 0,44Q_2 + g_{\text{мат}} - c_B \cdot Q_1, \quad (2.7)$$

де C_B – теплоємність води, $C_B = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.вл}}$;

Тоді

$$g_{\text{суш}} = 597 + 0,44 \cdot 40 + 8,21 \cdot 15 = 607,8 \frac{\text{ккал}}{\text{кг.вл}};$$

д) втрати тепла в навколишнє середовище визначаються за формулою

$$g_{nom} = 0.1 \cdot g_{суш}, \quad (2.8)$$

Тут

$$g_{nom} = 0.1 \cdot 607.8 = 60.78 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{вл}};$$

е) теплові втрати на 1 кг випаровуваної вологи визначається за формулою

$$D = g_{mat} + g_{nom} - C_B \cdot Q_0, \quad (2.9)$$

маємо

$$D = 8.2 + 60.78 - 1 \cdot 15 = 54 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{вл}};$$

ж) вологовміст відпрацьованого теплоносія визначається рішенням системи рівнянь:

$$\begin{cases} D = \frac{I_1 - I_2}{d_2 - d_1}; \\ I_2 = 0.24t_2 + d_2(597 + 0.44t_2); \end{cases} \quad (2.10)$$

$$d_2 = \frac{I_1 - d_1 D - 0.24t_2}{D + 0.44t_2 + 597}; \quad (2.11)$$

Підставляючи значення,

$$d_2 = \frac{13.54 - 0.0025 \cdot 54 - 0.24 \cdot 30}{54 + 0.44 \cdot 30 + 597} = 0.0098 \frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{с.в.}}.$$

Тепловміст відпрацьованого теплоносія відповідно дорівнює:

$$I_2 = 0,24 \cdot 30 + 0,0098 (597 + 0,44 \cdot 30) = 13,18 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{с.в.}};$$

з) питомий розхід тепла визначається за формулою

$$g = \frac{I_1 - I_0}{d_2 - d_1}, \quad (2.12)$$

маємо

$$g = \frac{13.54 - 3.18}{0.0098 - 0.0025} = 1420 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{вл}}.$$

і) загальний розхід тепла визначаємо за формулою

$$Q = Ug, \quad (2.13)$$

тоді

$$Q = 570 \cdot 1420 = 810000 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}.$$

к) питомий розхід теплоносія визначаємо за формулою

$$l = \frac{1}{d_2 - d_1}, \quad (2.14)$$

$$l = \frac{1}{0.0098 - 0.0025} = 143 \frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{вл}};$$

л) загальний розхід теплоносія визначаємо за формулою

$$Z = U \cdot l = 570 \cdot 143 = 81500 \text{ кг/Год.} \quad (2.15)$$

Об'ємний розхід теплоносія, рівний

$$V = \frac{Z}{\gamma_{50}}, \quad (2.16)$$

де γ_{50} – об'ємна вага теплоносія при 50 °С;

$$\gamma_{50} = 1,093 \text{ кг/м}^3 ;$$

Тоді об'ємний розхід теплоносія

$$V = \frac{81500}{1.093} = 74500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розхід атмосферного повітря (зимою) становить

$$Z_a = Z(1 + d_0); \quad (2.17)$$

Визначаємо значення

$$Z_a = 81500(1 + 0.0025) = 81800 \frac{\text{кг}}{\text{год}}.$$

Об'ємний розхід атмосфери повітря зимою становить

$$V_a = \frac{Z_a}{\gamma_{-6}}, \quad (2.18)$$

де γ_{-6} – об'ємна вага повітря при -6°С, $\gamma_{-6} = 1,32 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

Визначаємо об'ємний розхід атмосфери повітря

$$V_a = \frac{81800}{1,32} = 62000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначення енергетичного коефіцієнту корисної дії сушильного пристрою. Розраховуємо за формулою

$$\eta_{en} = \frac{g_{кор}}{g_{затр}}, \quad (2.19)$$

де $g_{кор}$ – корисне використання енергії (тепло).

Приймаємо, що для сушарки корисно використане тепло – це то тепло, яке затрачено на випаровування при температурі слою – це питома теплота пароутворення, $r = 580 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$, $g_{затр}$ - затрачена енергія (тепло), $g_{затр} = g$

$$\eta_{en} = \frac{580}{1420} \cdot 100\% = 41\%.$$

Гідродинамічний розрахунок .

а) швидкість газового потоку по поверхні зваженого слою визначаємо за формулою

$$A_r = \frac{d^3 \rho_m g}{\nu^2 \rho_r}, \quad (2.20)$$

де d – середній діаметр дражованого насіння, м;

ρ_m – густина матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

g – прискорення вільного падіння;

ν – кінематична в'язкість при температурі слою, $\nu = 16 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$;

ρ_r – густина газу при температурі слою

$$\rho_r = 1,293 \frac{273}{273 + t_{cl}}, \quad (2.21)$$

тоді

$$\rho_r = 1,293 \frac{273}{273 + 30} = 1,17 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3},$$

тут

$$A_r = \frac{(5 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 0,95 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{(16 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 1,17} = 3,9 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

б) критерій Рейнольда визначаємо за формулою Тодеса

$$\text{Re}_{\text{вум}} = \frac{A_r}{18 + 0,61 \sqrt{A_r}}, \quad (2.22)$$

підставляючи значення

$$\text{Re}_{\text{вум}} = \frac{3,9 \cdot 10^6}{18 + 0,61 \cdot 3,9 \cdot 10^6} = 3,2 \cdot 10^3;$$

в) швидкість витання дражованого насіння визначаємо за формулою

$$g_{\text{вум}} = \frac{\text{Re}_{\text{вум}} \cdot \nu}{d}, \quad (2.23)$$

тут

$$g_{\text{вум}} = \frac{3,2 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-16}}{5 \cdot 10^{-3}} = 10,2 \text{ м/с;}$$

г) геометричний симплекс решітки (живе січення) визначаємо за формулою

$$\Gamma = 0,7 \dots 3,9 \cdot 10^{-3} A_r 0,445 + 1,1, \quad (2.24)$$

маємо

$$\Gamma = 0,7...3,9 \cdot 10^{-3} (3,9 \cdot 10^6)^{0,445} + 1,1 = 1,7...4,45.$$

Таке ж значення Γ одержано при $Re_{BX} = 9000$

Приймаємо $\Gamma = 4,5 \%$.

д) швидкість теплоносія в отворах решітки визначаємо за формулою

$$\nu_{BX} = \frac{Re_{ex}}{d}, \quad (2.25)$$

тут

$$\nu_{BX} = \frac{9 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ м/с};$$

е) робочу швидкість (швидкість на повне січення решітки) визначаємо за формулою

$$\nu_p = \frac{\nu_{ex} \cdot \Gamma}{100}, \quad (2.26)$$

маємо

$$\nu_p = \frac{30 \cdot 4,5}{100} = 1,35 \frac{м}{с}.$$

Враховуючи дисперсійний склад матеріалу і для забезпечення інтенсивності переміщення слою, робочу швидкість вибираємо з запасом 25...30%

$$\nu_p = 1,25 \cdot \nu_p, \quad (2.27)$$

тут

$$\nu_p = 1,25 \cdot 1,35 = 1,7 \frac{м}{с}.$$

ж) кількість теплоносія, який приходить на 1 м^2 площі (поверхні слою) для забезпечення нормальних умов гідродинаміки складе

$$Z_1 = 3600 \cdot F_1 \cdot v \cdot \rho_z, \quad (2.28)$$

де F_1 – площа в м^2 , $F_1 = 1 \text{ м}^2$;

ρ_z – густина теплоносія при $50 \text{ }^\circ\text{C}$, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

$$Z_1 = 3600 \cdot 1 \cdot 1.7 \cdot 1.11 = 6750 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}};$$

$$\text{або } V_1 = 6100 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}.$$

з) січення слою (площа решітки) отримуємо з співвідношення кількості теплоносія, який забезпечує гідродинаміку слою

$$F_{cl} = \frac{Z}{Z_1} = \frac{V}{V_1}, \quad (2.29)$$

тоді

$$F_{cl} = \frac{81500}{6750} = \frac{74500}{6100} = 12.2 \text{ м}^2;$$

і) висоту слою визначаємо із співвідношення мінімального часу перебування матеріалу в слою, для чого:

визначаємо масу матеріалу, який знаходиться в слою під час сушки

$$Q_{cl} = \tau \cdot G_{сер}, \quad (2.30)$$

де τ – час перебування матеріалу в сушці 1,2 год. (на основі досліджень)

$G_{сер}$ – маса матеріалу (середня), яка знаходиться в сушці, кг

$$G_{сер} = \frac{G_1 + G_2}{2}, \quad (2.31)$$

$$G_{сер} = \frac{1320 + 750}{2} = 1000 \text{ кг.}$$

тут

$$G_{сл} = 1.2 \cdot 1000 = 1200 \text{ кг.}$$

Визначаємо об'єм матеріалу в слою

$$V_{сл} = \frac{G_{сл}}{\gamma_m}, \quad (2.32)$$

підставляючи,

$$V_{сл} = \frac{1200}{600} = 2 \text{ м}^3.$$

Визначаємо висоту слою за формулою

$$H_{сл} = \frac{V_{сл}}{F_{сл}}, \quad (2.33)$$

маємо

$$H_{сл} = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ м}^2.$$

Для стійкості гідродинамічного режиму висоту нерухомого слою приймаємо рівною 200 мм., тоді площа решіток складе:

$$F = \frac{V_{сл}}{h_0}, \quad (2.34)$$

тут

$$F = \frac{2}{0.2} = 10 \text{ м}^2.$$

Отже, загальна витрата теплоносія (на площу) складе

$$V_0 = 3600 \cdot \nu \cdot F, \quad (2.35)$$

де ν – швидкість теплоносія, м/с.

F – площа решіт (загальна площа), м²

$$V_0 = 3600 \cdot 1.7 \cdot 10 = 61500 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок нагрівача повітря

Для підігріву зовнішнього повітря прийнято застосовувати калорифери, які обігрівають парою (або водою). Розрахунок калориферів зводиться до підбору визначених калориферів.

Місцезнаходження калориферів в технологічній лінії показано на рис. 2.1.

Розрахунок кількості калориферів.

Кількість тепла, отримане повітрям, визначається за формулою

$$Q_k = Z c_b (t_k - t_n), \quad (3.1)$$

де Z – розхід атмосферного повітря, кг/год;

$$Z = Z_0 = 81800 \text{ кг/год};$$

c_b – теплоємність повітря, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$;

t_k – температура кінцева, °C;

t_n – температура початкова, °C

$$Q_k = 81800 \cdot 0.24 (60 - (-6)) = 1300000 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}.$$

Визначаємо характеристику калориферної установки за формулою

$$y = \frac{Q_k}{Z_a^m (t_n' - t_{cep})}, \quad (3.2)$$

де m – емпірична величина показника степені, приймаємо для калорифера типу

КФБ, $m = 0,42$;

t_n – температура пару, °C

$t_{сер}$ – середня температура повітря

$$t_{сер} = \frac{t_H + t_K}{2}. \quad (3.3)$$

Підставляємо значення

$$t_{сер} = \frac{-6 + 60}{2} = 27^\circ C$$

Приймаємо 20% запасу для тепло виробництва, тоді

$$y = \frac{1.2 \cdot 1300000}{81800^{0.42} (135 - 27)} = 120.$$

З таблиці значень характеристик приймаємо комбінацію калориферів (КФБ 10) 11 – 2 (дві пачки – 11 – 4).

Вагову швидкість визначаємо за формулою

$$\omega f = \frac{\nu a}{3600 \cdot f}, \quad (3.4)$$

де f – живе січення по повітря, $f = 0,558 \text{ м}^2$

$$\omega f = \frac{81800}{3600 \cdot 0.558 \cdot 4} = 10.2 \frac{\text{кДж}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$$

($0,558 \cdot 4$ – загальна площа для проходу повітря через комбінацію калориферів).

Тоді опір по повітрю складе

$$H_k = 16,8 \cdot 4 = 68 \text{ мм. вод. ст.},$$

де 16,8 – опір одного калорифера.

Розхід пари визначаємо за формулою

$$G_n = \frac{a_k}{r}, \quad (3.5)$$

де r – питома теплота паро виникнення при температурі слою, $r = 580 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$.

$$G_n = \frac{1300000}{580} = 2400 \frac{\text{кг}}{\text{год}} = 2,4 \text{ т / год}.$$

3.2 Розрахунок вентиляційної установки

Нагнітаючий вентилятор подає теплоносії в сушильну камеру під тиском, долаючи опір калориферів, повітря введів, апарата – решітка – слій.

Для більшої маневреності сушильної установки вентилятори вибираються з резервною продуктивністю – 20...30%, а також, враховуючи можливість підвищення сумарного опору в результаті відкладання пилу в повітря вводах, вибираємо вентилятор з резервом по напору на 20...30%.

Визначаємо необхідний тиск для підбору вентилятора.

$$H = 1,3 H_{\Sigma}, \quad (3.6)$$

де 1,3 – запас по напору;

H_{Σ} – сумарний тиск

$$H_{\Sigma} = H_k + H_p + H_{cl} + H_B, \quad (3.7)$$

де H_k – опір калорифера, мм. вод. ст.

H_p – опір решітки

$$H_p = \frac{\zeta \rho_z \cdot v^2}{2q}, \quad (3.8)$$

де ζ – коефіцієнт опору решітки, $\zeta = 1390$;

ρ_z – густина теплоносія, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

v – швидкість теплоносія перед фронтом решітки;

q – прискорення вільного падіння.

$$H_p = \frac{1390 \cdot 1.1 \cdot 1.7^2}{2 \cdot 9.81} = 220 \text{ мм.вод.ст.}$$

H_{cl} – опір слою, мм. вод. ст.

$$H_{cl} = \gamma_m h_0, \quad (3.9)$$

де γ_m – насипна маса матеріалу, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

h_0 – висота нерухомого слою, м.

$$H_{cl} = 600 \cdot 0,2 = 130 \text{ кгс/м}^2 \text{ (мм. вод. ст.)};$$

H_B – опір повітря введів, приймаємо $H_B = 50$ мм. вод. ст.

$$H_{\Sigma} = 68 + 225 + 130 + 50 = 473 \text{ мм. вод. ст.}$$

$$H = 1,3 \cdot 473 = 600 \text{ мм. вод. ст.}$$

Продуктивність вентилятора буде рівна:

$$V_B = 1,3 \cdot V, \quad (3.10)$$

де 1,3 – коефіцієнт запасу

V – розхід повітря, $V = V_a = 62000 \text{ м}^3/\text{год}$,

$$V_B = 1,3 \cdot 62000 = 80000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

На підставі розрахунку рекомендовано вентилятор ВМІ 5 з характеристикою:

Діаметр робочого колеса, мм.....	1500
Частота обертання, об/хв.....	1480
Продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	до 57000
Повний тиск, мм. вод. ст.....	до 800
Повний найбільший ККД, %	0,82
Споживана потужність, кВт.....	110
Загальна вага, кг.....	3430
Тип.....	з автоматичним регулюючим строєм
Кількість.....	2

Контролюючи потужність визначаємо за формулою

$$N_n = 1,2N, \quad (3.11)$$

де N – потужність на валу вентилятора, кВт

$$N = \frac{V_B \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta}, \quad (3.12)$$

тоді

$$N = \frac{(80000 : 2)600}{3600 \cdot 102 \cdot 0.82} = 80 \text{ кВт},$$

маємо

$$N_n = 1,2 \cdot 80 = 95 \text{ кВт}.$$

Установочну потужність визначаємо за формулою

$$N_y = 1.1 \cdot N_n, \quad (3.13)$$

тут

$$N_y = 1.1 \cdot 95 = 105 \text{ кВт}.$$

Рекомендації по вибору вентилятора для пилоочистки.

Вентилятор вибирається по продуктивності, відповідаючої сумарному об'єму сушільних газів, з врахуванням підсосів, величина котрих при нормальній роботі складає 15 – 20%.

Напір, який створюється вентилятором, має бути достатнім для подолання опору пиловстановлюючих пристроїв. На основі досвіду експлуатації сушарок “киплячого слою” встановлено, що сумарний опір пиловстановлюючого тракту має не більше 200 – 250 мм. вод. ст.

На основі сказаного раніше, рекомендується застосувати для підсосу відпрацьованого теплоносія вентилятор, відповідаючий наступній характеристиці:

продуктивність: м³/год.....90000

тиск, мм. вод. ст.....200...250

Необхідній характеристиці відповідає, наприклад, вентилятор – димосос Д (ВД) № 18.

Вентилятор рекомендується використовувати з осьовим направляючим апаратом.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Небезпеки, що виникають при роботі сушарки дражованого насіння

Функціонування сушарки в технологічному циклі дражування насіння передбачає поєднання впливу підвищених температур, циркуляції повітряних потоків, переміщення рухомих елементів та використання хімічних компонентів, що створює низку потенційних небезпек для обслуговуючого персоналу і навколишнього середовища. Забезпечення безпечних умов праці під час експлуатації сушильного обладнання потребує розуміння природи основних загроз, їхньої взаємодії та можливих наслідків для здоров'я людини та функціональної надійності обладнання.

Однією з найважливіших категорій ризиків при роботі сушарки є термічні небезпеки. Температурний режим у зоні сушіння, як правило, коливається в межах 35–45 °С, однак у разі порушення регламенту або відмови регулювальної апаратури температура може перевищувати критичні значення. Перегрів не лише негативно впливає на посівні якості насіння, а й створює реальну загрозу займання дражувального матеріалу, особливо за наявності органічних компонентів у складі оболонки. Висока температура корпусу сушарки та прилеглих елементів може спричинити термічні опіки працівників під час обслуговування або аварійного втручання.

Крім того, значну небезпеку становить утворення пилоповітряної суміші з частинок дражованого покриття, що осідають під час висихання гранул і піднімаються в повітря за допомогою вентиляційного потоку. За певних умов концентрація пилу може досягати вибухонебезпечного рівня, особливо у замкнених просторах сушарного каналу. Відомо, що дрібнодисперсний пил, зокрема на основі торфу, целюлози або мінеральних добавок, має низьку межу займання, а за наявності відкритих джерел іскор або перегрітих поверхонь

здатен викликати вибух. З цього погляду критично важливою є герметизація зон сушіння, регулярне очищення внутрішніх поверхонь і контроль рівня запиленості.

Небезпеки хімічного походження виникають через особливості складу дражувальної суміші. У її структурі нерідко присутні фунгіциди, стимулятори росту, полімерні зв'язувальні речовини, які під час сушіння можуть частково випаровуватись або вступати в реакцію з киснем повітря, виділяючи потенційно токсичні сполуки. Працівники, які обслуговують сушарку, можуть зазнавати хронічного впливу парів органічних речовин, що сприяє розвитку респіраторних та алергічних захворювань. Найбільшу небезпеку становлять ситуації, коли вентиляційна система працює з порушенням режимів або фільтрація відпрацьованого повітря є недостатньою.

Також слід звернути увагу на небезпеку механічного травмування при контакті з рухомими елементами сушарного агрегату — шнеками, барабанами, приводними валиками тощо. Робота цих механізмів супроводжується високими обертовими моментами, тому будь-яке втручання в роботу обладнання без зупинки є критично небезпечним. Випадки затягування одягу, защемлення пальців чи кінцівок трапляються найчастіше під час очищення сушарки вручну або при усуненні збоїв у русі насіння.

Електротехнічні небезпеки є також невід'ємною складовою ризиків при експлуатації сушарки. Наявність електронагрівачів, систем керування, моторів вентиляторів і датчиків створює умови для ураження електричним струмом у разі порушення ізоляції, заземлення або підвищеної вологості повітря в зоні експлуатації. Особливо небезпечними є аварійні ситуації при короткому замиканні або несанкціонованому відкритті електрощитів під час роботи.

Крім безпосередньо технологічних загроз, варто враховувати і психологічні фактори небезпеки — монотонність процесу, шумове навантаження, високий рівень температур у робочому приміщенні. Такі фактори призводять до зниження концентрації уваги, що підвищує ризик

помилкових дій оператора, запізнілої реакції на аварійну ситуацію або невчасного відключення устаткування.

Таким чином, експлуатація сушарки дражованого насіння є потенційно небезпечною через комплексну взаємодію термічних, механічних, хімічних, електротехнічних та психофізіологічних чинників. Усі ці ризики потребують системного аналізу, впровадження відповідних заходів технічного захисту, автоматизації контролю параметрів, а також обов'язкового дотримання правил охорони праці персоналом. Лише інтегрований підхід до забезпечення безпечного функціонування сушильного обладнання дозволить зберегти здоров'я працівників, підвищити надійність процесу дражування та забезпечити високу якість готової продукції.

4.2 Заходи безпеки життєдіяльності та охорони праці при роботі сушарки дражованого насіння

Процес сушіння дражованого насіння є важливою складовою технологічного циклу підготовки високоякісного посівного матеріалу, однак водночас створює низку потенційно небезпечних виробничих ситуацій, пов'язаних із підвищеними температурами, запиленістю повітря, наявністю хімічних компонентів та роботою механізмів з обертовими елементами. Саме тому дотримання заходів безпеки життєдіяльності та охорони праці в умовах експлуатації сушарок є визначальним чинником збереження здоров'я працівників, недопущення аварій та забезпечення стабільної роботи технологічного обладнання.

Основою безпечної експлуатації сушарного обладнання є попередня підготовка персоналу, що передбачає проходження первинного інструктажу, перевірку знань з охорони праці відповідно до Наказу МОН та Держпраці України №15/55 від 26.01.2005 та дотримання норм ДНАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві». Працівники,

які мають доступ до сушарки, повинні чітко знати принцип її дії, особливості дражувального процесу, допустимі температурні режими, а також порядок дій у разі виникнення нештатної ситуації. Експлуатація обладнання дозволена лише особам, які пройшли навчання і мають відповідне посвідчення на право обслуговування сушильних установок.

До початку роботи необхідно провести зовнішній огляд сушарки: переконатися у справності електричних з'єднань, герметичності корпусу, наявності заземлення, відсутності залишків пилу або попередньої сировини в камері. Важливим етапом є перевірка ефективності вентиляційної системи, оскільки саме вона забезпечує видалення надлишкової вологи, пилу та парів хімічних речовин, що утворюються під час сушіння дражованого покриття. Згідно з вимогами ДСанПіН 2.2.4-171-10, концентрація шкідливих речовин у робочій зоні не повинна перевищувати гранично допустимих норм, а приміщення, де розташована сушарка, має бути обладнане припливно-витяжною вентиляцією з фільтраційною системою.

Під час роботи сушарки забороняється відкривати кришки обслуговування, очищати шнеки або барабани вручну, здійснювати будь-які втручання в роботу привідних механізмів без повної зупинки і зняття напруги з електроприводу. Усі рухомі частини мають бути захищені кожухами або бар'єрами відповідно до вимог ГОСТ 12.2.003-91, щоб виключити можливість випадкового контакту з тілом працівника або елементами одягу. У разі виявлення незвичних шумів, вібрацій або запаху горіння, оператор зобов'язаний негайно припинити роботу сушарки та повідомити відповідального за безпеку об'єкта.

Значну увагу слід приділяти засобам індивідуального захисту. Працівники, які працюють на сушильній ділянці, повинні використовувати щільно прилеглі респіратори для захисту дихальних шляхів від пилу, захисні окуляри або щитки, рукавиці з термостійкого матеріалу та спецодяг, що відповідає умовам підвищеної температури. Робота біля сушарки без ЗІЗ категорично заборонена, особливо у фазі активного видалення вологи, коли в

повітрі можуть міститися частинки оболонки та випаровування хімікатів. Крім того, згідно з Наказом МНС України №1264 від 30.12.2014, приміщення з сушильним обладнанням мають бути укомплектовані засобами первинного пожежогасіння — вогнегасниками, пісочницями та протипожежними щитами.

Регулярний технічний огляд сушарки є ще одним важливим заходом охорони праці. Згідно з вимогами ДСТУ EN 12779:2016, усі сушильні установки повинні проходити щорічне технічне обслуговування із заміною зношених деталей, перевіркою стану ізоляції електрообладнання, тестуванням систем аварійного відключення та діагностикою рівня шумового навантаження. Особливу увагу варто звертати на стан теплоізоляції корпусу, герметичність з'єднань і чистоту повітряних каналів, оскільки саме ці елементи найчастіше стають джерелами несправностей і вторинних ризиків.

Важливим аспектом є й забезпечення психофізіологічного комфорту працівників. Робоче місце повинно мати достатній рівень освітлення, мінімальний шумовий тиск, а зміна не повинна перевищувати встановлених законом норм. Персонал має регулярно проходити медогляд, оскільки хронічне вдихання пилу або перегрівання можуть викликати професійні захворювання, особливо у працівників із серцево-судинними або дихальними патологіями.

Отже, заходи безпеки життєдіяльності при роботі сушарки дражованого насіння повинні бути системними, профілактичними та технічно обґрунтованими. Їх реалізація має відбуватися на рівні як інженерного захисту, так і організаційної відповідальності — з належним інструктуванням персоналу, чітким регламентом технічного обслуговування та постійним контролем за параметрами середовища. Такий підхід забезпечує не лише збереження життя та здоров'я працівників, але й стабільну якість готової продукції у сфері насіннєвого виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основним завданням кваліфікаційної роботи було підвищення продуктивності сушарки СДС-4 та доведення її основних показників до світових аналогів, поряд з цим підвищуючи якість сушіння дражованого насіння.

При виконанні роботи було досягнуто таких результатів: в першому розділі проаналізовано особливості конструкції даної сушарки та подані основні положення щодо експлуатації даної установки;

на основі розрахунків досягнуто таких характеристик сушарки:

1. Продуктивність, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ - по сирому матеріалу - по сухому матеріалу - по випаруваній вологості	1300 750 550
2. Вологість матеріалу, % - початкова - кінцева	50 13
3. Температура теплоносія, °C	45
4. Розхід теплоносія - на процес сушки, $\text{м}^3/\text{год}$ - на одиницю площі, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ - на 1 кг. випареної води, $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$ / ч	75000 6100 143
5. Швидкість теплоносія (на площу), м/с	1,7
6. Розхід тепла - на процес сушки, $\frac{\text{ккал}}{\text{год}}$ - на одиницю площі, $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ - на 1 кг випарованої води, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{вол}}$	810000 81000 1420
7. Розхід пари, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$	2400

Розроблено техніко-економічну характеристику сушарки:

Найменування показників	Значення
1. Продуктивність, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$ - по сирому матеріалу - по сухому матеріалу - по випаруваній вологості	1300 750 550
2. Вологість матеріалу, % - початкова - кінцева	50 13
3. Температура теплоносія, °C	45
4. Розхід теплоносія - на процес сушки, $\text{м}^3/\text{год}$ - на одиницю площі, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ - на 1 кг випареної води, $\frac{\text{кг}}{\text{кг}} / \text{ч}$	75000 6100 143
5. Швидкість теплоносія (на площу), м/с	1,7
6. Розхід тепла - на процес сушки, $\frac{\text{ккал}}{\text{год}}$ - на одиницю площі, $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ - на 1 кг випарованої води, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{вол}}$	810000 81000 1420
7. Розхід пари, $\frac{\text{кг}}{\text{год}}$	2400
8. Характеристика решітка - площа, м^2 - тип - живе січення, % - опір, мм. вод. ст.	10 щілинна 4,5 225
9. Висота слою матеріалу, мм, не менш ніж	200
10. Опір слою, мм. вод. ст.	130
11. Загальна потужність електроприводу, кВт	220
12. к. к. д. сушарки, %	41

Також в роботі розглянуті питання небезпек, що виникають при роботі сушарки дражованого насіння та розроблені заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці при роботі цієї сушарки.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Konstantin Sharai, Andriy Babii, Mykola Stashkiv. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4. No. 1 (100) (2019) Engineering Technological Systems. P. 33 – 45.
2. Andreikiv O.E., Babii A.V. & Dolinska, I.Ya. Influence of the Working Media and Maneuvering Loading Mode on the Service Life of Spraying Booms of Field Sprinklers. *Materials Science*. Vol. 56. December, 2020. pp.166–173. – Scopus, Web of Science.
3. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.
4. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU*, 2020. Vol 98. No 2. pp. 99–109.
5. Babii A., Babii M. Taking impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU*, 2019. Vol. 95, No 3, P. 97–104.
6. Babii A., Levytskyi B. (2024) Research of stress-strain state of tank of small-size self-propelled sprayer. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 115, no 3, pp. 91–99. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.091.
7. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.
8. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12.

9. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.01.005.

10. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.

11. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.

12. Бабій А.В. Дослідження впливу горизонтальних коливань штанги на рівномірність обприскування. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників, 16 червня 2020 р. Редкол. : Непочатенко О.О. (відп. ред.) та ін. Умань : ВПЦ «Візаві», 2020. С. 121–123.

13. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

14. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

15. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття

освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.

16. Бабій А.В., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Пристрій для прикореневого підживлення вегетуючих рослин. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С.68-69.

17. Бабій А.В., Дзюра В.О., Головецький І.В. Дослідження впливу вертикальних коливань штанги обприскувача на рівномірність обприскування. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36)_І. С. 216-226.

18. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

19. Бабій М.В., Дзюра В.О., Бабій А.В., Рожко Н.Я., Валяшек В.Б. Обґрунтування оптимальної схеми перевезення насипних вантажів при взаємодії різних видів транспорту. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. II. С. 125-133.

20. Бабій А., Лещак Р., Барна Р. Корозійна тривкість сталі рами штангових обприскувачів у рідинному середовищі агрохімікатів. Проблеми корозії та протикорозійного захисту конструкційних матеріалів: спец. вип. журналу „Фізико-хімічна механіка матеріалів”. № 13. Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2020. С. 356–360.

21. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

22. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів:

„Новий світ–2000”, 2002. – 328 с.

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

24. Каскад. Протруювач насіння ПС-10 (власне виробництво) URL: <https://kaskadx.com/ua/protravlivatel-semyan-10-pc>

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

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

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

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

29. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

30. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтук, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

31. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

32. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

33. Сушарка дражованого насіння СДС-4. Технічний опис та інструкція з експлуатації СДС-4. Львів, 1980. 80с.
34. Хомик Н. І., Мартиню В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
35. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк , М.Я. Сташків, А.В. Бабій, Т.А. Довбуш. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 106 с.