

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

*до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр*

на тему: «Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для
висушування зерна»

КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ГЕРАСИМЕНКО Іван

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ЛЕВЧЕНКО Юлія

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма «*Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва*»

Спеціальність 133 «*Галузеве машинобудування*»
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Івана ГЕРАСИМЕНКА

1 Тема роботи: «*Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для висушування зерна*»

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцент ЛЕВЧЕНКО Юлія,***
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *шахтна зерносушарка Cimbria AMG-40/Cimbria AEG 40-POS 10; кількість зерносушарок – 3 шт, продуктивність однієї зерносушарки – 200 т/год. Загальна продуктивність зерносушильного відділення – 600 т/год.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *загальний вигляд шахтної зерносушарки, секція сушильна, пристрій розподільчий, механізм розвантаження зерносушарки.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Іван ГЕРАСИМЕНКО

(підпис)

Керівник роботи _____ Юлія ЛЕВЧЕНКО

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 3 таблиці, 22 використаних джерела, 77 сторінок.

Об'єкт розробки – технологічний процес висушування зерна та конструктивні особливості зерносушильного обладнання.

Предмет розробки – конструктивні параметри, технологічні показники та режими роботи обладнання для висушування зерна.

Постановка актуальної технічної задачі – провести аналіз існуючих конструкцій обладнання для висушування зерна, дослідити особливості технологічного процесу сушіння зернової маси, виконати розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів зерносушильного обладнання, обґрунтувати раціональні температурні та повітряні режими його роботи, забезпечити відповідність обладнання вимогам продуктивності, енергоефективності, надійності та безпечної експлуатації. Також необхідно розглянути питання охорони праці, екологічної безпеки та економічної ефективності використання обладнання для висушування зерна.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – обґрунтувати конструктивні параметри та режими роботи обладнання для висушування зерна, визначити особливості його проектування, експлуатації та технічного обслуговування, а також виконати необхідні інженерні розрахунки.

У загальному розділі розглянуто значення процесу сушіння зерна у системі післязбиральної обробки сільськогосподарської продукції, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт, предмет і завдання роботи. Також наведено загальну характеристику зерносушильного обладнання та його роль у забезпеченні якісного зберігання зерна.

У технологічному розділі розглянуто технологічну схему приймання, очищення, сушіння та подальшого зберігання зерна. Наведено опис основного та допоміжного обладнання технологічної лінії, проаналізовано існуючі конструкції зерносушарок, особливості їх роботи, правила експлуатації, монтажу, ремонту та технічного обслуговування.

У конструкторському розділі виконано енергетичний, конструктивний та кінематичний розрахунки обладнання для висушування зерна. Визначено основні

параметри сушильного агента, витрати повітря, потужність вентиляторів, параметри приводу та інші конструктивні показники, необхідні для забезпечення ефективної роботи зерносушильного обладнання.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища розглянуто питання безпечної експлуатації зерносушильного обладнання, проаналізовано можливі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, запропоновано заходи щодо зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище, а також визначено економічну доцільність використання обґрунтованих технічних рішень.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати розрахунків і запропоновані технічні рішення можуть бути використані під час проєктування, модернізації, налаштування та експлуатації обладнання для висушування зерна на зерноприймальних підприємствах, елеваторах і в господарствах агропромислового комплексу.

Сфера застосування результатів роботи – зерноприймальні підприємства, елеватори, зернопереробні комплекси, сільськогосподарські підприємства, а також організації, що займаються проєктуванням, виготовленням, монтажем і технічним обслуговуванням зерносушильного обладнання.

Графічна частина проєкту становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагиат за допомогою сервісу Strike Plagiarism: унікальність тексту – 91,01 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена обґрунтуванню параметрів та режимів роботи обладнання для висушування зерна. У роботі проведено аналіз сучасного стану зерносушильного обладнання, розглянуто існуючі конструкції зерносушарок, досліджено особливості технологічного процесу сушіння зернової маси та виконано необхідні інженерні розрахунки.

У процесі виконання роботи визначено основні технологічні та конструктивні параметри обладнання для висушування зерна, зокрема параметри сушильного агента, температурні режими, витрати повітря, потужність вентиляторів та особливості роботи основних вузлів зерносушарки. Обґрунтовано режими роботи, які забезпечують зниження вологості зерна до нормативних

значень, підвищення ефективності процесу сушіння, зменшення енергетичних витрат і збереження якісних показників зернової продукції. Розглянуто питання монтажу, ремонту, технічного обслуговування та безпечної експлуатації обладнання.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці, захисту навколишнього середовища та економічної ефективності використання зерносушильного обладнання в умовах зерноприймальних підприємств, елеваторів і зернопереробних комплексів.

ЗЕРНО, СУШІННЯ ЗЕРНА, ЗЕРНОСУШАРКА, СУШИЛЬНИЙ АГЕНТ, ВОЛОГІСТЬ, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, ВЕНТИЛЯТОР, ТЕПЛОНОСІЙ, ЕЛЕВАТОР, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the substantiation of parameters and operating modes of equipment for grain drying. The work analyzes the current state of grain drying equipment, considers existing designs of grain dryers, investigates the technological process of grain mass drying and performs the necessary engineering calculations.

During the work, the main technological and design parameters of grain drying equipment were determined, including drying agent parameters, temperature conditions, air flow rate, fan power and operating features of the main grain dryer units. Rational operating modes were substantiated to ensure the reduction of grain moisture content to standard values, increase the efficiency of the drying process, reduce energy consumption and preserve the quality indicators of grain products. The issues of installation, repair, maintenance and safe operation of the equipment were also considered.

Particular attention was paid to occupational safety requirements, environmental protection measures and the economic efficiency of using grain drying equipment at grain receiving enterprises, elevators and grain processing complexes.

GRAIN, GRAIN DRYING, GRAIN DRYER, DRYING AGENT, MOISTURE CONTENT, TEMPERATURE MODE, FAN, HEAT CARRIER, ELEVATOR, ENERGY EFFICIENCY, OCCUPATIONAL SAFETY.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.ЗАГАЛЬНИЙ.....	8
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	10
2.1 Технологічна схема виробництва комбікормів.....	10
2.2 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації.....	13
2.3 Ремонт і монтаж обладнання.....	27
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	38
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	55
3.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання.....	55
3.2. Охорона навколишнього середовища.....	66
3.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності.....	67
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	77

КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Виконав		Герасименко І.Ю.		
Перевірів		Левченко Ю.В.		
Консульт.		Левченко Ю.В.		
Н.контр.		Левченко Ю.В.		
Зате		Попов С.В.		
ЗМІСТ				
			Літера	Аркуш
			5	76
ПДАУ 2026 р.				

ВСТУП

Розвиток сучасного агропромислового сектору тісно пов'язаний із застосуванням новітніх технологій післязбиральної обробки зернової продукції та вдосконаленням обладнання для її зберігання і подальшої переробки. Одним із ключових етапів цього процесу є сушіння зерна, адже від ефективності його проведення залежить збереження врожаю, зниження втрат продукції та забезпечення необхідних якісних характеристик. Збільшення обсягів вирощування зернових культур зумовлює потребу у вдосконаленні зерносушильного обладнання, підвищенні його продуктивності, надійності та енергетичної ефективності.

У сучасних умовах розвитку сільськогосподарського виробництва значна увага приділяється впровадженню сучасних технологій зберігання та обробки зерна. Після збирання зерно часто має підвищену вологість, що негативно впливає на його якість і може призводити до розвитку мікроорганізмів, самозігрівання та псування продукції. Тому застосування процесу сушіння є необхідною умовою забезпечення тривалого зберігання зерна та підтримання його якісних показників.

З розвитком зернопереробної галузі постійно вдосконалюються конструкції зерносушильного обладнання, підвищуються вимоги до його надійності, продуктивності, економічності та ефективності використання енергетичних ресурсів. У сучасних умовах господарювання важливого значення набуває оптимізація конструктивних параметрів обладнання та режимів його роботи, що дозволяє зменшити витрати енергії, скоротити втрати зерна та забезпечити необхідну якість висушеної продукції.

Особливе значення у процесі післязбиральної обробки зерна мають зерносушарки, які забезпечують зниження вологості зернової маси до нормативних значень. Від конструктивних особливостей обладнання та вибору режимів сушіння залежить ефективність технологічного процесу, продуктивність обладнання, якість зерна та економічні показники виробництва.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Саме тому питання обґрунтування параметрів і режимів роботи обладнання для висушування зерна є актуальним завданням сучасного аграрного машинобудування.

Мета роботи – обґрунтувати конструктивні параметри та режими роботи обладнання для висушування зерна, визначити особливості його проектування, експлуатації та технічного обслуговування, а також виконати необхідні інженерні розрахунки.

Предметом дослідження є параметри та режими роботи обладнання для висушування зерна.

Об'єктом дослідження є технологічний процес висушування зерна та конструктивні особливості зерносушильного обладнання.

У кваліфікаційній роботі поставлені наступні завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан та тенденції розвитку обладнання для висушування зерна.

2. Дослідити конструктивні особливості та принцип роботи сучасних зерносушильних установок.

3. Виконати розрахунок основних конструктивних та технологічних параметрів обладнання та обґрунтувати режими його роботи.

4. Проаналізувати можливі небезпечні фактори під час експлуатації обладнання та розглянути заходи щодо охорони праці й безпечної роботи.

5. Провести економічне обґрунтування ефективності використання обладнання для висушування зерна.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ

Зернове виробництво є однією з основних галузей агропромислового комплексу – воно забезпечує продовольством населення, кормами тваринництво та сировиною переробні підприємства. Одним із найважливіших етапів роботи з зерном є його сушіння. Без якісного просушування зберегти врожай без втрат практично неможливо: зерно псується, втрачає схожість і товарний вигляд.

Тема кваліфікаційної роботи – «Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для висушування зерна». Ця тема є актуальною, оскільки підвищення ефективності сушіння дозволяє знизити витрати газу, зменшити пошкодження зерна і покращити економічні результати роботи елеватора. Підвищення ефективності сушіння дозволяє знизити витрати газу, зменшити термічні пошкодження зерна і покращити економічні показники роботи елеватора.

Для сушіння зерна використовують спеціальні установки – зерносушарки різних конструкцій. Від того, яка конструкція обрана і як налаштовані режими роботи, залежить і якість зерна на виході, і продуктивність лінії в цілому. Хоча типів зерносушарок існує багато, сучасне виробництво постійно висуває нові вимоги – вищу пропускну здатність, менші витрати палива, більш стабільну роботу і можливість автоматизації.

Виробники зерносушарок постійно вдосконалюють конструкцію сушильних камер, рівномірність розподілу теплоносія і системи керування. Це дозволяє знижувати витрати енергії, рівномірніше просушувати зерно по всьому об'єму і збільшувати міжремонтний ресурс. навантаження на ключові вузли машини та збільшити ресурс роботи конструктивних елементів.

На підприємствах дедалі ширше впроваджують системи автоматизації. Вони відстежують температуру, вологість і продуктивність в реальному часі та утримують процес в заданих межах без постійної участі оператора.

У цій роботі розглянуто конструкцію зерносушарки, виконано розрахунок її основних параметрів, описано порядок технічного обслуговування та вимоги

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

до безпечної роботи. Також наведено оцінку економічної ефективності використання обраного обладнання.

Результати роботи підтверджують, що застосування сучасних технічних рішень у зерносушильному обладнанні дозволяє підвищити якість сушіння і покращити техніко-економічні показники підприємства.

У роботі розглянуто технологічні процеси первинної обробки зерна, проаналізовано конструкцію зерносушильного обладнання та визначено основні параметри його роботи.

До складу технологічного комплексу післязбиральної обробки зерна можуть входити транспортуючі механізми, системи очищення, зерносушильні установки, накопичувальні бункери та обладнання для зберігання зерна. Для переміщення зернової маси використовують стрічкові та скребкові конвеєри, а також норії. Для очищення зерна від домішок застосовуються повітряно-ситові та магнітні сепаратори, які забезпечують видалення легких, органічних та металевих домішок. Для зберігання зерна використовують бункери та силоси різних конструкцій.

Сушіння – один із найвідповідальніших етапів обробки зерна після збирання. Якщо процес проведено правильно, вологість знижується до нормативних значень і зерно можна тривалий час зберігати без псування. Від якості сушіння залежить і збереження якості

Сучасні зерносушарки суттєво відрізняються від машин минулих поколінь. Раніше зерно нерідко контактувало з продуктами згоряння, що негативно впливало на його якість. Сьогодні зерносушарки забезпечують рівномірний конвективний нагрів без прямого контакту із топковими газами.

Найпоширеніший спосіб сушіння – конвективний: нагріте повітря або суміш газів продувається крізь шар зерна і забирає з нього вологу. Саме за таким принципом працюють шахтні, барабанні та рециркуляційні зерносушарки – найбільш розповсюджені типи на сучасних елеваторах.

Окремо розглянуто вибір конструктивних параметрів і режимів роботи. Правильно підібрані параметри дозволяють досягти потрібної продуктивності, заощадити паливо і забезпечити рівномірне просушування зерна.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Технологічна схема виробництва висушування зерна

Сировиною для зерноприймального підприємства є зерно, яке надходить автомобільним транспортом з полів. Воно містить певну кількість вологи та різні домішки – органічні, мінеральні і феромагнітні.

Компоновка обладнання підібрана так, щоб забезпечити зручний доступ для обслуговування і ремонту при мінімальній кількості персоналу. Крім того, максимально використовується самоплив, щоб скоротити довжину транспортних механізмів.

Технологічна схема включає такі операції: приймання зерна, його очищення, сушіння та подачу на зберігання в силоси. Зерно може надходити як автомобільним, так і залізничним транспортом.

Для забезпечення належного контролю та обліку зерна, що надходить на елеватор, передбачено його попереднє зважування на автомобільних платформних вагах «Булат-А-60-Н». Ваги мають вантажопідйомність 60 т, оснащені ваговимірювальними тензодатчиками та дискретно-числовим пристроєм для відображення результатів зважування.

Після проходження зважування автомобільний транспорт спрямовується до приймального пристрою, призначеного для розвантаження автомобілів із причепами. Даний пристрій обладнаний трьома автомобілерозвантажувачами У-АРГ-16 (поз. 2). Зерно, яке надходить залізничним транспортом, розвантажується за допомогою розвантажувача залізничного вагона-саморозвантажувача УДРХ-60.

Неочищене зерно, доставлене на підприємство автотранспортом, вивантажується у три завальні ями (поз. 1.1). Під ними встановлено три скребкові конвеєри FRL-200 (поз. 3.1), продуктивність кожного з яких становить 200 т/год. Зерно, що надходить із залізничного транспорту, потрапляє у завальну яму (поз.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

1.2), після чого транспортується скребковим конвеєром FRL-600 (поз. 4.1) продуктивністю 600 т/год, встановленим в одному екземплярі.

Потім зерно з будь-якого скребкового конвеєра подається на стрічковий конвеєр FPT-600 (поз. 5.1) продуктивністю 600 т/год. Цей конвеєр переміщує зернову масу до стрічкової норії FPK-600 (поз. 6.1), яка також має продуктивність 600 т/год. За допомогою норії зерно подається у проміжний надсепараторний бункер (поз. 7), під яким встановлено магнітний сепаратор (поз. 8).

Видалення феромагнітних домішок із зернової маси здійснюється безпосередньо в потоці за допомогою електромагнітного сепаратора ПТСГ (поз. 8). Його встановлено перед наступним технологічним обладнанням для запобігання потраплянню металевих частинок у робочі органи машин та їх можливого пошкодження.

Після магнітного очищення зерно надходить на повітряно-ситовий сепаратор Texas Shaker-200 (поз. 9), продуктивність якого становить 200 т/год. У технологічній лінії передбачено чотири такі сепаратори, один із яких є резервним. На цьому етапі зернова маса очищується від різних домішок, які після відокремлення спрямовуються у бункер відходів (поз. 12). Із цього бункера відходи надалі вивантажуються на автомобільний транспорт. За потреби очищене зерно після сепаратора може одразу направлятися на відвантаження автотранспортом.

Повітря, забруднене пилом і легкими домішками, після роботи сепаратора подається на очищення у пиловіддільник JM21/30-0,64T-R (поз. 11). Його подача забезпечується вентилятором VR68/500A1-29D (поз. 10). У пиловіддільнику відбувається відокремлення легких домішок від повітряного потоку, після чого очищене повітря виводиться в атмосферу.

Після проходження етапу очищення зерно подається скребковим конвеєром FRL-600 (поз. 4.2) продуктивністю 600 т/год на стрічкову норію FPK-600 (поз. 6.2). Далі за допомогою поворотного розподільника RP-2, або дистриб'ютора (поз. 13), зерновий потік розділяється на два технологічні напрями.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Перший напрям передбачає подачу зерна з дистриб'ютора на стрічковий конвеєр FPL-600 (поз. 5.2) продуктивністю 600 т/год. Цей конвеєр транспортує зерно у проміжний бункер (поз. 14.1). Якщо вологість зернової маси знаходиться в межах 12–14 %, тобто відповідає вимогам для зберігання, зерно з цього бункера направляється безпосередньо у силоси (поз. 18).

Другий напрям використовується у випадку, коли зерно потребує додаткового сушіння. У такому разі з дистриб'ютора воно подається на стрічковий конвеєр FPL-600 (поз. 5.3) продуктивністю 600 т/год, який переміщує зернову масу в проміжний бункер (поз. 14.2). Звідти зерно за допомогою скребкового конвеєра FRL-600 (поз. 4.3) надходить на стрічкову норію FPK-600 (поз. 6.3) продуктивністю 600 т/год. Після цього стрічковим конвеєром FPL-600 (поз. 5.4) зерно спрямовується до зерносушарок Cimbriga AMG-40 – POS 10 (поз. 15). У технологічній схемі передбачено три такі зерносушарки, продуктивність кожної з яких становить 200 т/год.

Процес сушіння зерна здійснюється у двох послідовних зонах. У першій зоні температура сушильного агента підтримується на рівні 55–60 °С, а в другій зоні вона підвищується до 62–65 °С. Після завершення сушіння зерно проходить зону охолодження, де його температура знижується шляхом продування атмосферним повітрям.

Для проходження теплоносія крізь шар зерна у першій зоні сушіння застосовується відцентровий вентилятор SCRD-160 (поз. 16.1), який приводиться в дію електродвигуном. У другій зоні сушіння для цієї ж мети використовується відцентровий вентилятор SCRD-120 (поз. 16.2). Охолодження зерна забезпечується відцентровим вентилятором SCRD-200 (поз. 16.3), який подає атмосферне повітря через зерновий шар у зоні охолодження.

Для формування теплоносія у схемі передбачено топку (поз. 17), у якій відбувається спалювання газоподібного палива. подача повітря до топки здійснюється за допомогою вентилятора SCRD-200 (поз. 16.4), що також працює від електродвигуна.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після сушіння та охолодження сухе зерно відводиться від зерносушарок трьома скребковими конвеєрами FRL-200 (поз. 3.2) продуктивністю 200 т/год кожний. Далі воно подається на стрічкову норію FPK-600 (поз. 6.4) продуктивністю 600 т/год, після чого надходить на стрічковий конвеєр FPT-600 (поз. 5.5). З цього конвеєра зерно направляється у силоси (поз. 18) для подальшого зберігання.

2.2 Опис існуючих конструкцій та запроєктованого обладнання. Правила експлуатації

Технологічний процес роботи елеватора складається з кількох основних операцій, які виконуються у визначеній послідовності. Спочатку зерно приймають на підприємство, після чого його переміщують територією елеватора за допомогою транспортного обладнання: скребкових і стрічкових конвеєрів, а також норій. Далі зернова маса проходить очищення від домішок на магнітних та повітряно-ситових сепараторах, після чого за потреби направляється на сушіння у шахтні зерносушарки. Завершальним етапом є подача підготовленого зерна у силоси для подальшого зберігання.

Підприємство приймає зерно різної вологості, в тому числі сире. Тривало зберігати без ризику псування можна тільки сухе зерно з вологістю не більше 14,5–15,0%.

Головний засіб для збереження вологого зерна – його просушування в зерносушарках.

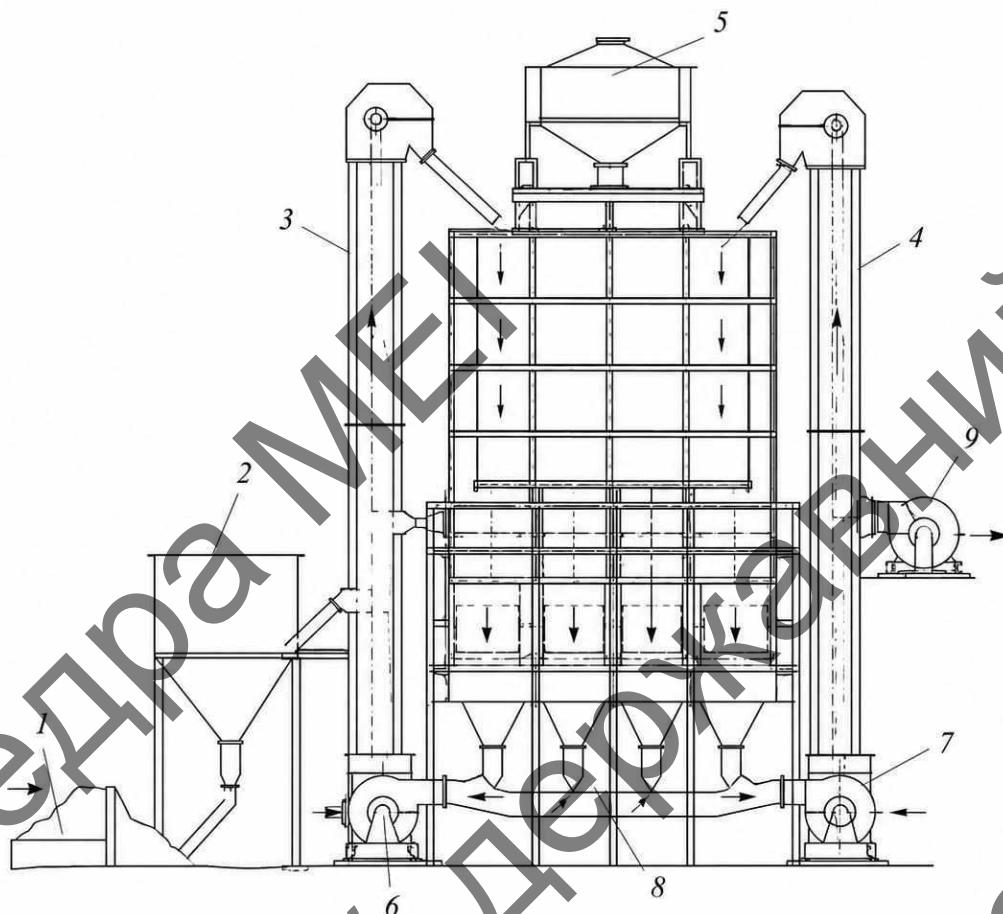
На якість зерна в процесі сушіння впливають кілька основних факторів: температура нагрівання зернової маси, температура сушильного агента, швидкість його проходження крізь шар зерна, а також тривалість перебування зерна під дією підвищеної температури. Від правильного поєднання цих параметрів залежить рівномірність видалення вологи, збереження фізико-механічних властивостей зерна та його придатність до подальшого зберігання чи переробки. Для сушіння зернової продукції застосовують різні типи

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

зерносушарок, серед яких досить поширеними є зерносушарки шахтного типу. У таких сушарках може використовуватися одноступінчастий або двоступінчастий режим сушіння. За одноступінчастого режиму сушительний агент подається в камеру нагрівання одним потоком з однаковою температурою по всій зоні сушіння. За двоступінчастого режиму камера нагрівання умовно поділяється по висоті на дві окремі зони: у першу зону подається сушительний агент з нижчою температурою, а в другу – з дещо вищою. Такий спосіб дозволяє поступово прогрівати зернову масу, зменшити ризик її перегрівання та забезпечити більш якісне і рівномірне сушіння.

У сучасному зерносушильному виробництві все ширше застосовуються рециркуляційні зерносушарки, конструкції яких за останні роки значно вдосконалилися. Особливу увагу привертають установки з інтенсивним нагріванням зерна, зокрема газові та пневмогазові рециркуляційні сушарки. Порівняно із шахтними зерносушарками вони мають низку переваг, оскільки можуть працювати у безперервному режимі та забезпечувати сушіння зерна з різною початковою вологістю. При цьому процес потребує меншої кількості ручної праці, а якісні показники зернової маси зберігаються краще. Саме тому рециркуляційні зерносушарки набули поширення на підприємствах зернопереробної та елеваторної галузі. Як приклад такого обладнання можна розглянути газову зерносушарку «Целинная-50», схема якої наведена на рисунку 3.1. Її продуктивність становить 50 т/год.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



1 – подача сирого зерна; 2 – бункер; 3 – норія сирого і рециркуляційного зерна; 4 – норія сухого зерна; 5 – надшахтний бункер; 6, 7, 9 – вентилятор; 8 – охолоджувальні шахти.

Рисунок 3.1 - Зерносушарка «Целина – 50»

У газово-рециркуляційних зерносушарках є можливість одночасно висушувати кілька партій зерна з різною початковою вологістю, орієнтовно в межах 17–30 %, доводячи його до потрібних кондицій навіть без попереднього очищення. Під час такого сушіння поліпшуються окремі якісні показники зернової маси: зростає її об'ємна маса, а вміст сирогої клейковини може збільшуватися приблизно на 1 %. Крім того, у процесі нагрівання із зернової маси виносяться підсушені легкі домішки, завдяки чому зменшується загальна засміченість зерна. Важливою перевагою цього способу є те, що при дотриманні правильних режимів сушіння зберігаються насінневі властивості зерна. Пневмогазові рециркуляційні зерносушарки працюють за подібним принципом,

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

однак у них зерно переміщується знизу вгору потоком сушильного агента по пневмогазовій трубі, де відбувається його основне нагрівання та часткове видалення вологи.

Зерносушарка типу РД-2 використовується для сушіння зернових культур підвищеної вологості, зокрема пшениці, вівса та ячменю, які можуть містити певну кількість домішок. Конструктивно сушарка складається з двох окремих частин, кожна з яких здатна працювати самостійно та забезпечувати сушіння окремої партії зерна. До складу кожної частини входять камера нагрівання, вентилятор, бункер, розміщений над камерою нагріву, завантажувальний пристрій, тепловологообмінник, шахти проміжного й кінцевого охолодження, осадова камера з циклонами, топка, дифузори та система тепловентиляції.

Подача сушильного агента до камери нагрівання здійснюється через дифузор, який розташований у нижній частині камери над теплообмінником. Після проходження через зернову масу відпрацьований сушильний агент відводиться з камери нагрівання через осадову камеру. Температура агента сушіння на вході в камеру нагріву становить 250–350 °С, а на виході вона не повинна перевищувати 80 °С, що дає змогу контролювати процес нагрівання зерна та не допускати його перегріву.

Осадова камера призначена для відокремлення легких домішок із потоку відпрацьованого сушильного агента. За конструкцією вона являє собою прямокутний бункер, нижня частина якого виконана у вигляді зрізаної піраміди. Усередині верхньої секції камери встановлено відбивний щит, а також передбачено отвір для відведення відпрацьованого сушильного агента. Для проведення огляду, очищення та технічного обслуговування у верхній частині камери розміщено люк і драбину.

Тепловологообмінник у зерносушарці РД-2 застосовується для вирівнювання температури та часткового перерозподілу вологи між рециркуляційним і сирим зерном, що надходить на сушіння. Крім того, він сприяє більш рівномірному розподілу температури й вологи всередині зернівки. Для випуску зерна із шахти встановлюються безприводні випускні механізми.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання пропускної здатності сушарки здійснюється за допомогою двостулкової гвинтової засувки, розміщеної у випускному патрубку. Випускне обладнання безприводного типу складається з окремих вузлів, які монтуються безпосередньо під час встановлення сушарки. Охолодження зерна забезпечується подачею повітря вентилятором у напірно-розподільчу камеру, а відпрацьований сушильний агент відводиться повітродомом діаметром 640 мм у два циклони.

Принцип роботи зерносушарки полягає в послідовному переміщенні сирого та рециркуляційного зерна через основні робочі зони обладнання. Сире зерно з бункера разом із рециркуляційним зерном, яке надходить із шахти проміжного охолодження, подається до норії. Далі ця суміш норією транспортується у бункер, розміщений над камерою нагрівання. Із бункера зерно за допомогою випускного механізму надходить у камеру нагріву з гальмівними елементами. У цій камері зернова маса рухається назустріч потоку сушильного агента, унаслідок чого відбувається її нагрівання та часткове видалення вологи. Після камери нагрівання зерно спрямовується у тепловологообмінник, де вирівнюється температура зернової маси та частково перерозподіляється волога як між окремими зернівками, так і в усьому об'ємі зерна. При цьому більш сухе й нагріте рециркуляційне зерно передає тепло сирому зерну, а сире зерно, у свою чергу, віддає частину вологи рециркуляційному.

У конструкції зерносушарки передбачено можливість дистанційного запуску та зупинки всіх електродвигунів. Також обладнання оснащено світловою сигналізацією, яка дає змогу контролювати роботу вентиляторів, стан основних механізмів і датчиків рівня зерна в бункерах сушарки. Система керування, блокування та сигналізації транспортних машин і механізмів, а також подача сирого зерна і відведення висушеного зерна організуються відповідно до прийнятої технологічної схеми.

Для забезпечення безпечної експлуатації зерносушарки під час спалювання рідкого палива передбачено спеціальні захисні заходи. Зокрема, подача палива автоматично припиняється у разі згасання факела, зниження рівня зерна в

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

бункерах над камерою нагрівання або падіння тиску повітря у форсунці. Такі рішення дозволяють запобігти аварійним ситуаціям і підвищують надійність роботи сушильного обладнання.

Зерносушарка А1-ДСП-50 призначена для сушіння насіння соняшнику, кукурудзи, пшениці та інших зернових культур. Вона забезпечує інтенсивне видалення вологи із зернової маси, а також очищення відпрацьованого сушильного агента і повітря від легких домішок, що утворюються під час технологічного процесу. Конструкція зерносушарки включає дві вертикальні сушильні шахти, теплообмінник та охолоджувальну камеру, які об'єднані в одну систему з металевих секцій. Крім того, до складу обладнання входять випускні механізми та надсушильний бункер. Додатково зерносушарка А1-ДСП-50 комплектується топкою, шафою керування, вентиляторами В-Ц4-76-10Ж-02, вентилятором високого тиску АВД для роботи на дизельному паливі, газовим пальником Р93АМ-.PR.S.UA.A.4.80, заслінками ЗРЭ-300, перекидним клапаном 5937.00.00.00, датчиками рівня ДУСМ-03 та термоперетворювачем опору ТСМ.

Зерносушарка А1-ДСП-50 належить до рециркуляційного типу обладнання та має два контури рециркуляції зернової маси. Основні вузли й деталі сушарки, зокрема секції, випускні затвори, надсушильний бункер, опалювальне обладнання та інші елементи, є взаємозамінними, оскільки мають однакові габаритні та приєднувальні розміри. Як агент сушіння використовується суміш топкових газів з атмосферним повітрям. При цьому сушильні шахти працюють у режимі нагрівання, а охолоджувальна шахта – у режимі всмоктування.

Робота зерносушарки відбувається за такою схемою. Сире зерно з оперативного бункера разом із гарячим сухим зерном, що надходить із другої шахти, подається норією №1 у надсушильний бункер першої шахти. Цей бункер одночасно виконує функцію теплообмінника. Далі зернова маса надходить у першу сушильну шахту, після чого проходить через тепломасообмінник і норією №2 подається до надсушильного бункера другої шахти, а потім – у її сушильну зону.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Якщо бункер заповнений, частина зерна через переливний клапан повертається у першу шахту на рециркуляцію. Коли друга шахта звільняється від певної порції зерна, така сама кількість зернової маси направляється в неї на досушування. Після проходження другої шахти зерно переміщується через нагрівальні та охолоджувальні камери, а потім через випускний механізм потрапляє в норію сухого зерна.

Під час роботи сушарки важливо, щоб кількість зерна, яке виходить із обладнання, відповідала кількості зерна, що подається до сушарки норією №1. Це регулюється за допомогою налаштування заслінки бункера. Якщо вологість зерна на виході перевищує встановлену норму, що контролюється вологоміром, недосушене зерно знову повертається на досушування. Режим роботи випускного механізму другої шахти коригується залежно від фактичної вологості зерна на виході із сушарки за показаннями вологоміра.

Сушильний агент, що надходить із топки, разом із повітрям, яке відбирається з охолоджувальної шахти, подається вентиляторами на змішування. Після цього утворена суміш через дифузор спрямовується в напірну камеру сушильних шахт, проходить крізь щільний шар зернової маси та після завершення процесу видаляється в атмосферу. Для регулювання об'єму повітря, яке використовується для охолодження та формування сушильного агента, у конструкції передбачені дросельні заслінки.

Основним робочим елементом зерносушарки є зерносушильні шахти, які складаються з окремих металевих секцій. Внутрішні розміри кожної секції становлять 3200 × 985 мм, а висота – 1650 мм. У бокових стінках шахт передбачені спеціальні гнізда для встановлення коробів. Частина коробів призначена для підведення сушильного агента до зернової маси, тому вони називаються підвідними. Інші короби забезпечують відведення відпрацьованого сушильного агента і називаються відвідними. Виготовляються вони з листової сталі товщиною 1,5 мм.

Процес сушіння відбувається за такою схемою: суміш топкових газів і повітря, що надходить з охолоджувальних зон, відсмоктується вентиляторами,

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після чого змішується та подається у сушильні зони. У цих зонах сушильний агент проходить через шар зерна, нагріває його та сприяє випаровуванню вологи.

Охолоджувальна шахта використовується для зниження температури зерна після сушіння, а також для часткового видалення залишкової вологи. Вона складається з трьох секцій, які за своєю конструкцією, обладнанням і габаритними розмірами подібні до сушильних секцій. Охолодження зернової маси здійснюється атмосферним повітрям, яке нагнітається вентиляторами. Перед змішуванням із топковими газами відпрацьоване повітря частково очищується у жалюзійній осадовій камері.

Сушильні та охолоджувальні шахти зерносушарки монтуються на спеціальні опорні основи, які передають навантаження на фундаменти. Під шахтами розміщуються випускні механізми, за допомогою яких здійснюється виведення зерна після проходження відповідних технологічних зон. Для виконання ремонтних і монтажних робіт, а також для доступу обслуговуючого персоналу до розподільчих камер, у торцевих стінках передбачені люки розміром 700 × 1000 мм. Обслуговування сушильних і охолоджувальних шахт, завантажувальних пристроїв, а також доступ до розподільчих та осадових камер забезпечується за допомогою вертикальної металевої драбини з огороженнями і робочими площадками. Опалювальне обладнання розміщується поруч із зерносушаркою в окремому спеціальному приміщенні, яке може бути виконане з цегли або металевих конструкцій. Газове обладнання включає блоковий пальник СІВ-UNIGAZ P93A M-PR.S.UA.A.4.80, систему керування, датчики, контрольно-вимірювальні прилади, трансформатор запалювання, фотодатчик, форкамеру та іскрогасник. Комплект обладнання для роботи на дизельному паливі складається з форсунки Ф-1, форкамери, вентилятора АВД, паливопроводу, апаратури для регулювання й контролю процесу горіння, а також іскрогасника.

В опалювальному приміщенні додатково передбачені спеціальні канали, через які здійснюється забір атмосферного повітря. Під час роботи обладнання це повітря змішується з продуктами згорання палива, у результаті чого

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюється газоповітряна суміш температурою 250–300 °С. Надалі вона змішується з відпрацьованим повітрям, що надходить з охолоджувальної шахти, і таким чином формується сушильний агент. Його подача до сушильних зон здійснюється відцентровими вентиляторами. Цими ж вентиляторами відсмоктується повітря з охолоджувальної зони, після чого воно разом із топковими газами спрямовується в напірно-розподільчу камеру сушильних шахт. Для подачі повітря у форсунку Ф-1 використовується вентилятор високого тиску. Дифузори мають теплоізоляційне покриття, яке виконується ще на етапі їх виготовлення.

Випускний механізм періодичної дії має 16 випускних отворів і складається з двох рам, установлених одна над одною із регульованим зазором 3–5 мм. Верхня рама залишається нерухомою, а нижня може переміщуватися в горизонтальному напрямку вперед і назад. У нижній рамі розміщені шибери, які перекривають отвори верхньої рами. Коли затвор відкритий, щілини між шиберами збігаються зі щілинами між коробами верхньої рами, що забезпечує проходження зерна. Така конструкція дає можливість рівномірно відбирати зерно із шахти по всьому її перерізу. Відкривання та закривання затвору здійснюється електроприводом, який періодично вмикається за допомогою реле часу.

На підприємстві передбачено встановлення трьох зерносушарок Cimbria AMG-40, продуктивність кожної з яких становить 200 т/год. Загальний вигляд даної зерносушарки наведено на рисунку 3.2. Основними перевагами цього обладнання є висока продуктивність та забезпечення якісного сушіння зернової маси. Завдяки цьому підприємство може досягати значної потужності переробки зерна при використанні меншої кількості сушильних установок.

Зерносушарка Cimbria AMG-40 належить до шахтних прямоточних сушарок безперервної дії. Вона призначена для висушування зернових продуктів із початковою вологістю до 35 %. Конструктивно сушарка складається з двох основних зон: зони сушіння, яка включає 34 секції, та зони охолодження, що складається з 6 секцій.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

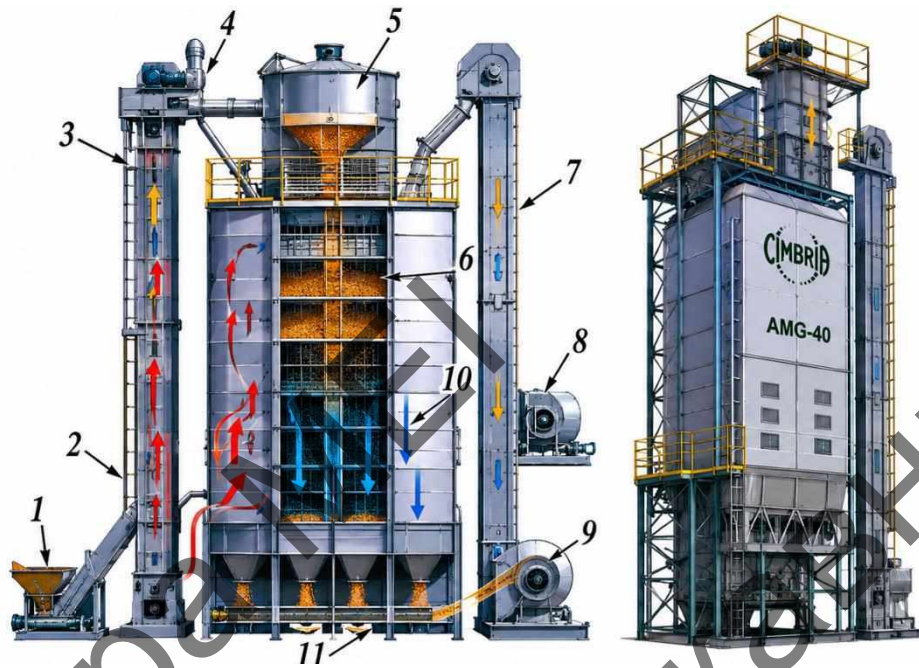


Рисунок 3.2 - Зерносушарка Cimbria AMG-40

Конструкція сушарки виконана з металу, розрахованого на роботу в умовах інтенсивної експлуатації. Для підвищення довговічності металеві листи та профільована сталь мають оцинковане покриття. Основою обладнання є профільований каркас (поз. 1), на якому закріплені шахти сушарки. Загалом зерносушарка складається з двох функціональних зон: зони сушіння та зони охолодження. Кожна шахта набрана з окремих секцій, які з'єднуються між собою болтовими з'єднаннями з використанням ущільнювальних елементів.

У сушильній зоні встановлено 34 секції (поз. 2), а зона охолодження включає 6 секцій (поз. 3). Над секціями сушильної зони розташований надсушильний бункер (поз. 5), обладнаний розподільчим механізмом (поз. 4), який виконаний у вигляді металевих ребер і забезпечує рівномірний розподіл зернового потоку.

Під зоною охолодження розміщено бункер сухого зерна (поз. 8) та розвантажувальний пристрій (поз. 6). Секції зони сушіння умовно поділені на шість окремих груп, кожна з яких оснащена власним вентилятором (поз. 9). Вентилятори забезпечують проходження сушильного агента крізь шар зерна у

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

відповідних секціях. З протилежного боку до секцій приєднано повітропровід (поз. 13), через який подається сушильний агент.

Особливістю конструкції зерносушарки є те, що до завантажувального пристрою (поз. 5) приєднані дві секції, у яких відбувається розподіл зернового потоку. У цих секціях продування зерна сушильним агентом не здійснюється.

Наступна група з шести секцій під'єднана до підвідного повітропроводу сушильного агента (поз. 13). Кожна така група обладнана власним вентилятором (поз. 9), який забезпечує проходження нагрітого повітря крізь шар зерна, а також відвідним повітропроводом (поз. 11). Пропускна здатність відвідного повітропроводу регулюється за допомогою заслінки (поз. 12). Наступні групи секцій, кожна з яких також складається із шести секцій, мають аналогічну будову. Зона охолодження включає шість з'єднаних між собою секцій (поз. 3), вентилятор (поз. 10) та відвідний повітропровід (поз. 11). Для охолодження зернової маси використовується атмосферне повітря, яке надходить у сушарку через канали холодного повітря (поз. 14).

Принцип роботи сушарки полягає в тому, що у топці, розташованій поряд із зерносушаркою, відбувається спалювання газоподібного палива. Утворені топкові гази захоплюються вентилятором і подаються через калорифер, де змішуються зі свіжим атмосферним повітрям, яке попередньо проходить через повітряний фільтр (поз. 7). Після нагрівання повітря окремими повітропроводами (поз. 13) надходить до відповідних наборів сушильних секцій (поз. 2). Вологе зерно безперервно переміщується вниз від розподільчих секцій (поз. 4), проходячи між коробами-пластинами, які змінюють напрямок його руху та сприяють кращому контакту із сушильним агентом. Вентилятор (поз. 9) створює розрідження на виході із секції, завдяки чому сушильний агент проходить крізь шар зерна в секціях (поз. 2), нагріває його та виносить вологу, що виділяється під час сушіння. Після цього відпрацьований сушильний агент по відповідному повітропроводу під тиском видаляється в атмосферу. Тривалість перебування зерна у сушильній зоні (поз. 2) та зоні охолодження (поз. 3) регулюється розвантажувальним механізмом (поз. 6), який залежно від

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності сушарки може складатися з 3, 5 або 7 бункерів. Бункери поділені на дві групи, що по чергово заповнюються та розвантажуються, завдяки чому забезпечується додаткове перемішування зерна. Випускний отвір кожного бункера між циклами наповнення і розвантаження перекривається секторним клапаном.

Під час одного відкривання секторного клапана через випускний отвір може проходити до 25 кг зерна. Процес відкривання клапана, а також інтенсивність розвантаження зернової маси регулюються за допомогою панелі керування. Передбачено три положення регулювання, які дозволяють забезпечити відкривання клапана з частотою до 24 разів за хвилину.

Секторний клапан оснащений двостороннім натяжним пристроєм, що приводиться в дію електродвигуном потужністю 0,75 кВт. Після виходу з розвантажувальних отворів зерно надходить на відповідний скребковий конвеєр.

Кожна секція сушильної зони (поз. 2) та зони охолодження (поз. 3) має два ряди коробів, або похилих пластин, по вісім штук у кожному ряду. Обсяг сушильного агента, який проходить крізь шар зерна в секції, регулюється за допомогою жалюзі, розміщених у корпусі вентилятора.

Для зручного доступу до основних вузлів під час огляду та обслуговування сушарка обладнана драбиною (поз. 16) і робочою площадкою з огороженням (поз. 15). Каркас зерносушарки (поз. 1) встановлено на чотирьох опорах (поз. 17), що забезпечують стійкість конструкції під час роботи.

Перед введенням зерносушарки в роботу необхідно провести огляд її основних вузлів і переконатися у справності обладнання, захисних огорожень, решіток та інших запобіжних пристроїв. Це потрібно для забезпечення безпечних умов праці обслуговуючого персоналу. Окремо слід перевірити стан електропроводки, пускової апаратури та переконатися, що всі елементи системи керування працюють справно.

Також необхідно впевнитися, що електродвигуни, електрообладнання та труби, у яких прокладені електричні проводи, мають надійне заземлення. Електропроводка й освітлювальна арматура повинні бути виконані у

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
							24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

захищеному виконанні, що відповідає умовам експлуатації зерносушильного обладнання.

Під час роботи сушарки оператор повинен постійно контролювати хід технологічного процесу. Особливу увагу слід приділяти вологості зерна після сушіння, оскільки вона має відповідати заданим технологічним показникам. Під час роботи вентиляторів відкривати оглядові люки повітропроводів забороняється, оскільки це може призвести до порушення режиму роботи обладнання та створити небезпечну ситуацію.

Необхідно регулярно стежити за справністю вибухорозрядних клапанів топки. У разі виявлення витоку мастила або інших змащувальних матеріалів потрібно негайно прибрати забруднення та усунути причину несправності. Наявність мастила на підлозі створює небезпеку падіння працівників і значно підвищує ризик травмування.

Усі роботи з усунення несправностей, ліквідації завалів зерна, очищення та ремонту зерносушарки дозволяється виконувати тільки після повної зупинки обладнання. Перед початком ремонтних робіт необхідно вимкнути електродвигун, відключити пускову апаратуру та вивісити попереджувальну табличку з написом «Не вмикати, працюють люди».

Для обслуговування обладнання, розміщеного на значній висоті, необхідно передбачати надійні та стійкі драбини з робочими площадками. Такі площадки повинні мати перила висотою не менше 1 м, а також нижню бортову зашивку висотою 150 мм для запобігання падінню інструментів або інших предметів.

Проводити ремонт, регулювання чи змащування рухомих і обертових частин механізмів під час їх роботи категорично забороняється. Усі подібні операції допускається виконувати лише після повної зупинки обладнання та його відключення від джерела живлення.

У конструкції системи керування має бути передбачена можливість запуску та зупинки машин і механізмів як із центрального пульта управління, так і безпосередньо з робочого місця. Це дає змогу оперативно реагувати на зміну режиму роботи обладнання або виникнення аварійної ситуації.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед запуском зерносушарки після тривалої перерви в роботі оператор разом з інженером з охорони праці повинні особисто перевірити технічний стан обладнання, наявність і справність огорожень, решіток, запобіжних пристроїв та засобів індивідуального захисту. Особливо уважно необхідно оглянути вузли, які могли втратити справність під час простою.

Пуск топок після тривалої зупинки, перед початком сушильного сезону або після виконання ремонтних робіт повинен здійснюватися лише у присутності начальника дільниці. Це необхідно для додаткового контролю безпечності запуску та правильності роботи паливної системи.

До обслуговування зерносушарки допускається тільки персонал, який пройшов відповідний інструктаж з правил пожежної безпеки під час роботи на сушильному обладнанні. Працівники повинні знати порядок дій у разі виникнення несправностей, пожежі або інших небезпечних ситуацій.

Паливна система зерносушарки включає резервуари для зберігання палива, паливопроводи та інше допоміжне обладнання. Усі її елементи мають бути захищені від відкритого вогню, іскор, нагрітих поверхонь і повинні мати надійне заземлення.

У топках, де використовується газоподібне паливо, обов'язково повинні встановлюватися пристрої автоматичного припинення подачі палива у випадку згасання факела. Це дозволяє запобігти накопиченню газу та виникненню аварійної ситуації.

Електродвигуни, світильники, електропроводку та інші елементи електрообладнання необхідно регулярно очищати від пилу. Таке очищення слід проводити не рідше одного разу на тиждень, оскільки накопичення пилу підвищує ризик перегрівання, короткого замикання та загоряння.

Після завершення роботи оператор повинен повідомити старшого зміни або механіка про всі виявлені несправності чи відхилення в роботі обладнання. Якщо неполадки можуть бути усунені самостійно відповідно до інструкцій з

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експлуатації конкретної машини або механізму, оператор діє згідно з установленим порядком та вказівками відповідальної особи.

Для забезпечення стабільної, якісної та безпечної роботи зерносушарки необхідно своєчасно проводити контрольні огляди, технічні перевірки та профілактичне обслуговування обладнання. Це дозволяє своєчасно виявляти можливі несправності й запобігати аварійним зупинкам під час сушильного процесу.

2.3 Ремонт і монтаж обладнання

У роботі розроблено потокову лінію приймання, сушіння і зберігання зерна. Центральним елементом лінії є зерносушарка.

Перед монтажем, введенням в експлуатацію і ремонтом будь-якого обладнання необхідно чітко вивчити інструкцію та технічну документацію на нього.

Монтаж і ремонт скребкового конвеєра

Перед монтажем скребковий конвеєр ділять на блоки: блок привідної станції, блок натяжної станції,

Після вивірки горизонтальності блоків і встановлення напрямних для ланцюга в одній площині (допустиме відх

Підключивши привід до контуру заземлення силової мережі, перевіряють транспортер на холостому ходу протягом 3...4 год. Він повинен працювати плавно, без різких стуків та вібрацій.

Перед експлуатацією транспортеру перевіряють наявність мастила в корпусах підшипників та редукторів (1 раз на 6 місяців), спрацьовування захисту від обриву ланцюга шляхом різкого послаблення затяжки гвинтів натяжної станції, натяг скребкового ланцюга (щотижня), щільність прилягання кришок, днищ, стінок у всіх секціях, а також щільність з'єднання секцій між собою. Наявність щілин між фланцями недопустиме. Кожні 6 місяців проводять ревізію всіх вузлів транспортеру.

									КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

В процесі роботи скребкового транспортера можлива поява таких неполадок:

-якщо транспортер не забезпечує паспортної продуктивності, то можливо погнута чи зламана частина скребків – виправляється шляхом випрямлення або заміни пошкоджених скребків;

-якщо відбувається заклинювання скребкового ланцюга, то можливо в короб потрапив сторонній предмет, в такому випадку потрібно зупинити транспортер і видалити його;

-якщо при русі ланцюга спостерігаються сильні ривки, то можливо це є наслідком підвищеного спрацювання зубців приводної зірочки або в натяжній станції накопичився продукт, в такому випадку потрібно відремонтувати (замінити) приводну зірочку чи очистити натяжну станцію;

-якщо скребки зачіпаються за краї розвантажувальних отворів, труться об стінки короба та верхніх направляючих, то можливо це є наслідком того, що короб встановлено не прямолінійно або слабо натягнутий ланцюг чи спрацювалися направляючі, в такому випадку потрібно вивірити та вирівняти короб або відрегулювати натяг ланцюга чи замінити зношені направляючі;

-якщо заклинило заслінку розвантажувальної секції, то можливо це є наслідком того, що направляючі пази забиті продуктом або відбувся перекид заслінки, в такому випадку потрібно очистити пази або виправити заслінку (перевірити кріплення рейки);

-якщо короб не повністю очищається від продукту, то можливо це є наслідком того, що відірвались чи зносились гумові накладки скребків, в такому випадку потрібно встановити нові накладки.

Найбільш схильні до зносу такі деталі скребкового конвеєра: тяговий ланцюг, скребки, зірочки, корпус жолоба і гвинто

Під час ремонту привідної станції для відновлення зірочки, яку ремонтують по загальній технології, бічну стінку привідної станції роблять знімною. Перевіряють також роботу відсікача, який встановлюють для виводу із зачеплення ланок збігаючого ланцюга перед зірочкою. Гумову щітку,

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

встановлену під відсікачем для видалення продукту з ланцюга, при спрацюванні замінюють.

Під час ремонту натяжної станції відновлюють вісь, зірочку, направляючі і замінюють спрацьовані підшипники. Гвинти натяжного пристрою повинні вільно обертатися, якщо різьба на них зірвана, її відновлюють або гвинт замінюють на новий.

Під час ремонту короба дотримуються прямолінійності збирання секцій, кріплять до короба направляючі смуги і розпірки верхньої смуги, герметизують секції, замінюючи ущільнювачі; ремонтують заслінки для завантаження і розвантаження продукту; забезпечують вільне ковзання шибера по направляючих.

Під час ремонту ланцюга із скребками спрацьовані ланки замінюють на нові. Деформовані пластини і пальці ланцюга правлять, закріплюючи слабкі ланки, спрацьовані ділянки ланцюга чи весь ланцюг замінюють на новий, встановлюючи його на зірочки з натягом і склепкою стикових з'єднань. На скребках встановлюють очисники (через 15 скребків). Закінчивши ремонт ланцюга і приступаючи до його вкладання, потрібно слідкувати, щоб всі скребки нижньої гілки знаходилися ближче до днища короба і своєю відігнутою частиною були направлені в бік привідної станції.

Після ремонту конвеєра і в процесі його приймання під час роботи потрібно забезпечити правильне збігання ланцюга, добре зчеплення ланцюга та зірочок, відсутність тертя ланцюга об стінки короба, паралельність осей зірочок, а також дотримання технічних умов на ремонт конвеєра.

Монтаж і ремонт стрічкової норії

Перед початком монтажу норії з її деталей і вузлів необхідно видалити захисне антикорозійне покриття за допомогою відповідного розчинника. Після цього готують місце для встановлення обладнання: бетонують фундаменти та перевіряють їх горизонтальність за рівнем.

Головку норії разом із приводом встановлюють у проектне положення, вирівнюють за рівнем і надійно закріплюють. Далі виконують центрування валів

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

барабана та редуктора. Після цього на фундамент встановлюють башмак норії, перевіряючи його положення за відвісом. При цьому необхідно забезпечити, щоб осі валів барабанів башмака і головки знаходилися в одній вертикальній площині.

Потім вимірюють відстань між фланцями кожуха головки та башмака. Для уточнення монтажної довжини виконують контрольне складання труб норії на горизонтальному майданчику, підганяючи їх до потрібного розміру. Після цього монтують норійні труби, встановлюючи гумові або картонні ущільнення та звертаючи особливу увагу на герметичність стиків.

На висоті приблизно 1900 мм від нижньої частини башмака на труби встановлюють рамки заслінок. Після перевірки вільного переміщення заслінок рамки приварюють до труб. Далі за шаблоном у стрічці пробивають отвори під болти для кріплення ковшів, дотримуючись необхідного кроку між отворами.

Стрічку заводять на барабан за допомогою вантажопідйомних механізмів так, щоб її кінці знаходилися в натяжному люку. Потім за допомогою спеціальних стягувальних пристроїв кінці стрічки з'єднують між собою, використовуючи з'єднувальні кутики відповідно до прийнятої схеми з'єднання.

Після встановлення стрічки на неї монтують і закріплюють ковші. Далі встановлюють огороження рухомих частин, а також пускорегульовальну апаратуру з датчиками, реле контролю швидкості та датчиками рівня. Після цього виконують заземлення електродвигуна і пускорегульовальної апаратури, а башмак та головку норії під'єднують до аспіраційної мережі.

На наступному етапі до головки норії приєднують вибухорозрядник, заповнюють підшипникові вузли та редуктор мастилом, після чого проводять пробний пуск норії без навантаження. Під час пробної роботи спостерігають за станом обладнання, перевіряють плавність ходу, відсутність сторонніх шумів, вібрацій та інших відхилень.

У разі виявлення недоліків їх усувають, після чого норію запускають під навантаженням. Якщо обладнання працює справно і всі недоліки ліквідовано,

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

норію передають в експлуатацію. Завершальним етапом є оформлення акта виконаних монтажних робіт і проведених випробувань.

Ремонт кожухів башмака та головки норії виконують шляхом відновлення пошкоджених ділянок електрозварюванням. У випадку значного зношення або деформації кожухи доцільно замінити новими.

Відновлення труб норії полягає в усуненні нещільностей і щілин. Для цього можуть застосовувати шпаклівку або тимчасові манжети. Люки та дверцята при необхідності вирівнюють, після чого встановлюють на нові ущільнювальні прокладки, щоб забезпечити щільність з'єднань і запобігти просипанню зерна та потраплянню пилу в робочу зону.

Якщо стрічка має незначне спрацювання, її можна відремонтувати без демонтажу з труб норії. У такому разі краї стрічки обшивають шпагатом або встановлюють невеликі латки на пошкоджені місця. При значному зношенні стрічку замінюють повністю або ремонтують шляхом вставлення окремих ділянок із нової чи менш зношеної стрічки.

Окремі зношені або деформовані ковші відновлюють виправленням їх форми та точковим зварюванням. Якщо ківш має серйозні пошкодження і не підлягає ремонту, його замінюють новим. Заміна несправних ковшів може виконуватися через натяжний люк норії.

Монтаж стрічкового конвеєра розпочинають із встановлення стійок рами та їх кріплення до фундаменту за допомогою анкерних болтів. Після цього елементи рами з'єднують між собою болтовими з'єднаннями та перевіряють правильність її положення.

Далі встановлюють приводний барабан. При цьому необхідно забезпечити, щоб вісь барабана була перпендикулярною до осі конвеєра. Допустиме відхилення від перпендикулярності не повинно перевищувати 1 мм. Після встановлення приводного барабана монтують роликоопори, на яких у подальшому буде розміщуватися конвеєрна стрічка.

Наступним етапом є натягування стрічки. Її укладання виконують з боку натяжної станції. Для цього рулон зі стрічкою підвішують на металевій трубі,

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яку встановлюють на спеціальні катки. Під час розмотування рулону вільний кінець стрічки спочатку укладають на нижні прямі ролики, після чого за допомогою талі або лебідки протягують стрічку до кінця конвеєра. Далі стрічку огинають навколо барабана приводної станції та укладають на верхні ролики. Стики стрічки на її верхній робочій гілці з'єднують відповідним способом.

Перед випробуванням стрічкового конвеєра на холостому ходу необхідно перевірити та підтягнути всі болтові з'єднання. У картер редуктора заливають мастило, а в прес-маслянки підшипників закладають солідол або інший передбачений мастильний матеріал.

Під час пробного пуску конвеєра без навантаження перевіряють правильність положення стрічки відносно ширини барабана і роликів, вільне обертання всіх роликів, а також центрування приводної станції. Тривалість такого випробування зазвичай становить 2-4 години. Після завершення перевірки виявлені недоліки усувають, а обладнання готують до подальшої роботи під навантаженням.

Монтаж зерносушарки розпочинають лише після повного завершення будівельних робіт, зокрема після влаштування фундаментів під металоконструкції та підготовки місць для встановлення основних вузлів обладнання. Монтаж виконують вузловим способом: спочатку збирають великі конструктивні блоки, а потім встановлюють їх у проектне положення. Шахту зерносушарки монтують у напрямку знизу вгору. Перед початком монтажу перевіряють правильність розміщення фундаментних болтів, після чого збирають випускний пристрій, до складу якого входять випускні конуси, випускні механізми та тяги. Зібрані елементи встановлюють на фундамент шахт, далі з'єднують між собою частини каркаса та монтують нижню перегородку камери холодної зони. Після встановлення основних стійок каркаса закріплюють стійки лазів і дифузорів, а потім монтують секції охолоджувальної зони та повітропроводи холодного повітря.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Після завершення монтажу охолоджувальної частини переходять до встановлення секцій зон сушіння. Коли встановлюються останні секції, розпочинають підйом і монтаж надсушильного бункера. Після складання шахт закріплюють драбину та металеві площадки для обслуговування обладнання. З цих площадок виконують монтаж вентиляторів зон сушіння й охолодження, а також під'єднують повітропроводи сушильного агента і холодного повітря. Після встановлення всіх секцій шахт монтують електроприводи секторних заслінок розвантажувального механізму та проводять його випробування на холостому ході. Під час перевірки приводи затворів повинні працювати рівномірно, без ривків і забезпечувати повне відкривання та закривання випускних отворів. У закритому положенні затворів зерно не повинно просипатися через отвори. Регулювання клапанів здійснюється за допомогою натяжного ланцюгового пристрою.

Монтаж топчного обладнання

Монтаж топчного обладнання виконують після завершення основних будівельно-монтажних робіт та підготовки місця для його встановлення. Перед початком монтажу необхідно перевірити стан фундаменту, правильність розміщення монтажних отворів, наявність підвідних комунікацій, а також відповідність обладнання технічній документації. Топку встановлюють у спеціально передбаченому приміщенні або на окремій площадці поруч із зерносушаркою з дотриманням вимог пожежної безпеки та зручності подальшого обслуговування. Під час встановлення топчного агрегата його положення перевіряють за рівнем, після чого обладнання надійно закріплюють на основі. Далі монтують пальниковий пристрій, форкамеру, іскрогасник, повітропроводи, паливопроводи, запірну та регулювальну арматуру, а також контрольно-вимірювальні прилади й елементи автоматики. Особливу увагу приділяють герметичності з'єднань паливної системи, правильності підключення повітряних каналів і надійності кріплення всіх вузлів.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після механічного монтажу виконують під'єднання топочного обладнання до системи подачі палива, електроживлення та автоматики керування. Усі електродвигуни, шафи керування, металеві корпуси та трубопроводи повинні бути заземлені. Перед пробним запуском перевіряють справність пальника, датчиків контролю полум'я, тиску повітря і палива, а також роботу пристроїв автоматичного відключення подачі палива у випадку згасання факела або порушення нормального режиму горіння. Паливопроводи й арматуру перевіряють на щільність, а повітропроводи – на відсутність підсосу повітря та механічних пошкоджень. Після завершення перевірок проводять пробний пуск топки без навантаження, контролюючи стабільність горіння, роботу вентилятора, подачу повітря та температуру газоповітряної суміші. У разі виявлення несправностей обладнання зупиняють, недоліки усувають і лише після повторної перевірки допускають топочне обладнання до роботи разом із зерносушаркою. Завершальним етапом є оформлення результатів монтажу та випробування відповідним актом.

Наладка перед роботою

Після завершення монтажу зерносушильного обладнання необхідно виконати його перевірку, налагодження та підготовку до роботи. Перед введенням зерносушарки в експлуатацію насамперед контролюють якість виконаних монтажних робіт, правильність встановлення основних вузлів, надійність кріплення металоконструкцій, герметичність з'єднань шахт, дифузорів, люків, бункерів і повітропроводів. Особливу увагу приділяють перевірці заземлення електродвигунів, пускорегулюючої апаратури та металевих частин обладнання, оскільки від цього залежить безпека обслуговуючого персоналу. Також перевіряють наявність і справність захисних огорожень, решіток, блокувальних пристроїв, датчиків рівня зерна, ланцюгів блокування електродвигунів та системи аварійного вимкнення.

Перед першим пуском зерносушарку необхідно випробувати на холостому ходу. Тривалість такої обкатки становить приблизно 3 години безперервної роботи. У цей період перевіряють правильність обертання роторів вентиляторів,

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу електродвигунів, нагрів підшипникових вузлів, справність редукторів, відсутність стороннього шуму, стукоту, вібрації та перегрівання окремих елементів. Крім того, контролюють правильність під'єднання електричних ланцюгів, роботу пускової апаратури, датчиків, реле та сигнальних пристроїв. Якщо під час обкатки виявляються несправності, обладнання зупиняють, недоліки усувають, після чого перевірку повторюють.

До початку роботи зерносушарки надсушильні бункери, сушильні та охолоджувальні шахти повинні бути заповнені зерном. Це необхідно для забезпечення рівномірного руху зернової маси через робочі зони та запобігання перегріванню окремих ділянок обладнання. Після заповнення сушарки зерном проводять регулювання кількості повітря, яке відсмоктується з охолоджувальної зони. Для цього поступово перекривають шиберні клапани в патрубках забору повітря до моменту, коли починає спостерігатися винос зерна з коробів охолоджувальної зони, після чого клапани фіксують у потрібному положенні. Аналогічним способом регулюють витрату сушильного агента за допомогою шиберних клапанів, установлених у патрубках вентиляторів забору агента сушіння із шахт.

Під час налагодження важливо правильно встановити режими сушіння, оскільки від них залежить якість готового зерна. Основними параметрами, які контролюються в процесі роботи, є температура нагрівання зерна, температура сушильного агента, швидкість його руху через шар зернової маси та тривалість перебування зерна в нагрітому стані. Надмірне підвищення температури може призвести до пошкодження зернівки, зниження схожості насінневого матеріалу та погіршення якості продукції. Недостатня температура або мала витрата повітря, навпаки, не забезпечують потрібного зниження вологості. Тому під час наладки необхідно досягти такого режиму, за якого зерно висушується до встановлених показників без перегрівання і зайвих витрат енергії.

У процесі експлуатації зерносушарки значну увагу приділяють роботі вентиляторів, оскільки вони забезпечують подачу сушильного агента та повітря для охолодження зерна. Однією з найпоширеніших несправностей вентиляторів

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

є розбалансування робочого колеса, що проявляється підвищеною вібрацією, шумом і нерівномірною роботою. Для зменшення коливань необхідно перевірити надійність кріплення кожуха, станини, підшипникових вузлів і з'єднань. За потреби робоче колесо врівноважують за допомогою противаг, які встановлюють у протилежних точках. Перед запуском вентиляторів після ремонту або тривалої зупинки їх проточну частину необхідно продути повітрям або інертним газом, щоб видалити пил, залишки продукту та можливі сторонні частинки.

Поширеною несправністю під час роботи вентиляторів є також зношування підшипників кочення. У разі появи підвищеного шуму, перегрівання або люфту підшипники необхідно замінити новими. Під час ремонту лабіринтових ущільнень і ущільнень вала вентилятора потрібно стежити, щоб не пошкодити ущільнювальні прокладки та не допустити появи подряпин на валу в зоні роботи лабіринту. Після завершення ремонту вентилятор перевіряють на легкість обертання, відсутність зачіпання робочого колеса за корпус і нормальну роботу під час пробного пуску.

Наладка зерносушильного обладнання також передбачає перевірку роботи розвантажувальних механізмів, заслінок, секторних клапанів, транспортерів, норій і конвеєрів, які забезпечують безперервне переміщення зернової маси. Усі механізми повинні працювати плавно, без ривків, затримок і заклинювання. Необхідно перевірити правильність натягу стрічок і ланцюгів, стан приводів, редукторів, підшипників та захисних кожухів. Під час пробного запуску контролюють, щоб зерно рівномірно надходило в сушарку, не зависало в бункерах і не створювало завалів у шахтах або транспортних механізмах.

Робота елеватора в цілому складається з кількох взаємопов'язаних етапів: приймання зерна, його транспортування територією підприємства за допомогою скребкових і стрічкових конвеєрів та норій, очищення на магнітних і повітряно-ситових сепараторах, сушіння у шахтних зерносушарках і подальше зберігання у силосах. Оскільки підприємство приймає зерно з різною початковою вологістю, у тому числі сире, правильно налагоджена робота сушарки має

									КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

важливе значення. Тривале та безпечно зберігання можливе лише для зерна, вологість якого не перевищує приблизно 14,5–15,0 %. Тому сушіння є основним способом підготовки вологого зерна до зберігання.

Таким чином, наладка обладнання перед роботою є важливим етапом підготовки зерносушарки до експлуатації. Вона включає перевірку монтажу, герметичності з'єднань, справності електрообладнання, вентиляторів, приводів, системи подачі сушильного агента, розвантажувальних механізмів і засобів безпеки. Якісно проведене налагодження забезпечує стабільну роботу зерносушарки, знижує ризик аварійних ситуацій, покращує якість сушіння зерна та підвищує ефективність роботи всього елеваторного комплексу.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

Визначаємо кількість випареної вологи (в кг/год) у першій зоні сушіння [1, ст.69]

$$W_1 = G_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega'_2}{100 - \omega_1} = 120000 \cdot \frac{25 - 17}{100 - 25} = 12800 \quad (4.1)$$

де $G_1 = 120000$ кг/год – продуктивність сушарки;

$\omega_1 = 25\%$ - початкова вологість зерна;

$\omega'_2 = 17\%$ - вологість зерна на виході із першої зони сушіння.

Визначаємо кількість випареної вологи (в кг/год) у другій зоні сушіння [1, ст.69]

$$W_2 = (G_1 - W_1) \cdot \frac{\omega'_2 - \omega''_2}{100 - \omega'_2} = (120000 - 12800) \cdot \frac{17 - 14}{100 - 17} = 3874,7 \quad (4.2)$$

де $\omega''_2 = 14\%$ - вологість зерна на виході із другої зони сушки.

Визначаємо різницю доданої і витраченої теплоти (в кДж/кг) в сушильній камері першої зони сушки [1, ст.75]

$$\Delta' = C_v \cdot \Theta_1 - (q'_{пр} + q'_{o.c}) \quad (4.3)$$

де $C_v = 4,187$ кДж/кг · К – питома теплоємність води;

$\Theta_1 = 10$ °С – температура зерна на вході в сушарку;

$q'_{пр}$ – питомі витрати тепла на нагрівання зерна в першій зоні, кДж/кг;

$q'_{o.c} = 20$ кДж/кг – питомі втрати теплоти в навколишнє середовище.

Визначаємо питомі витрати тепла (в кДж/кг) на нагрівання зерна в першій зоні [1, ст.75]

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$q'_{\text{пр}} = \frac{100 - \omega_1}{\omega_1 - \omega'_2} \cdot C'_2 \cdot (\theta'_2 - \theta_1) \quad (4.4)$$

де C'_2 – питома теплоємність зерна при вологості ω'_2 ; кДж/кг · К

$\theta'_2 = 35$ °С – температура зерна на виході із першої зони сушіння.

Визначаємо питому теплоємність зерна (вкДж/кг · К) при вологості ω'_2 [1, ст.75]

$$C'_2 = \frac{C_{\text{сп}} \cdot (100 - \omega'_2) + C_{\text{в}} \cdot \omega'_2}{100} = \frac{1,55 \cdot (100 - 17) + 4,187 \cdot 17}{100} = 2 \quad (4.5)$$

де $C_{\text{сп}} = 1,55$ кДж/кг · К - питома теплоємність абсолютно сухої речовини зерна;

Підставляємо дані в формулу 4.4 і одержуємо

$$q'_{\text{пр}} = \frac{100 - 25}{25 - 17} \cdot 2 \cdot (35 - 10) = 468,75 \text{ кДж/кг}$$

Підставляємо дані в формулу 4.3 і отримуємо

$$\Delta' = 4,187 \cdot 10 - (468,75 + 20) = - 446,88 \text{ кДж/кг.}$$

Визначаємо різницю доданої і витраченої теплоти (в кДж/кг) в сушильній камері другої зони сушки [1, ст.76]

$$\Delta'' = C_{\text{в}} \cdot \theta''_2 - (q''_{\text{пр}} + q''_{\text{о.с}}) \quad (4.6)$$

де $q''_{\text{пр}}$ – питомі витрати тепла на нагрівання зерна в другій зоні, кДж/кг;

$\theta''_2 = 62$ °С – температура сушки в другій зоні.

Визначаємо питомі витрати тепла (в кДж/кг) на нагрівання зерна в другій зоні [1, ст.76]

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$q''_{\text{пр}} = \frac{100 - \omega'_2}{\omega'_2 - \omega''_2} \cdot C''_2 \cdot (\theta''_2 - \theta'_2) \quad (4.7)$$

де C''_2 - питома теплоємність зерна при вологості ω''_2 , кДж/кг · К.

Визначаємо питому теплоємність зерна (кДж/кг · К) при вологості ω''_2 [1, ст.75]

$$C''_2 = \frac{C_{с.р} \cdot (100 - \omega''_2) + C_{в} \cdot \omega''_2}{100} = \frac{1,55 \cdot (100 - 14) + 4,187 \cdot 14}{100} = 1,92 \quad (4.8)$$

Підставляємо дані в формулу 4.7 і отримуємо

$$q''_{\text{пр}} = \frac{100 - 17}{17 - 14} \cdot 1,92 \cdot (62 - 35) = 1434 \text{ кДж/кг.}$$

Підставляємо дані в формулу 4.6 і отримуємо

$$\Delta'' = 4,187 \cdot 62 - (1434 + 20) = -1194,4 \text{ кДж/кг.}$$

Переходимо до побудови на I-d діаграмі процесів зміни стану сушильного агента. I-d діаграма для першої зони сушіння зображена на рисунку 4.1, а для другої зони сушіння на рисунку 4.2.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
							40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

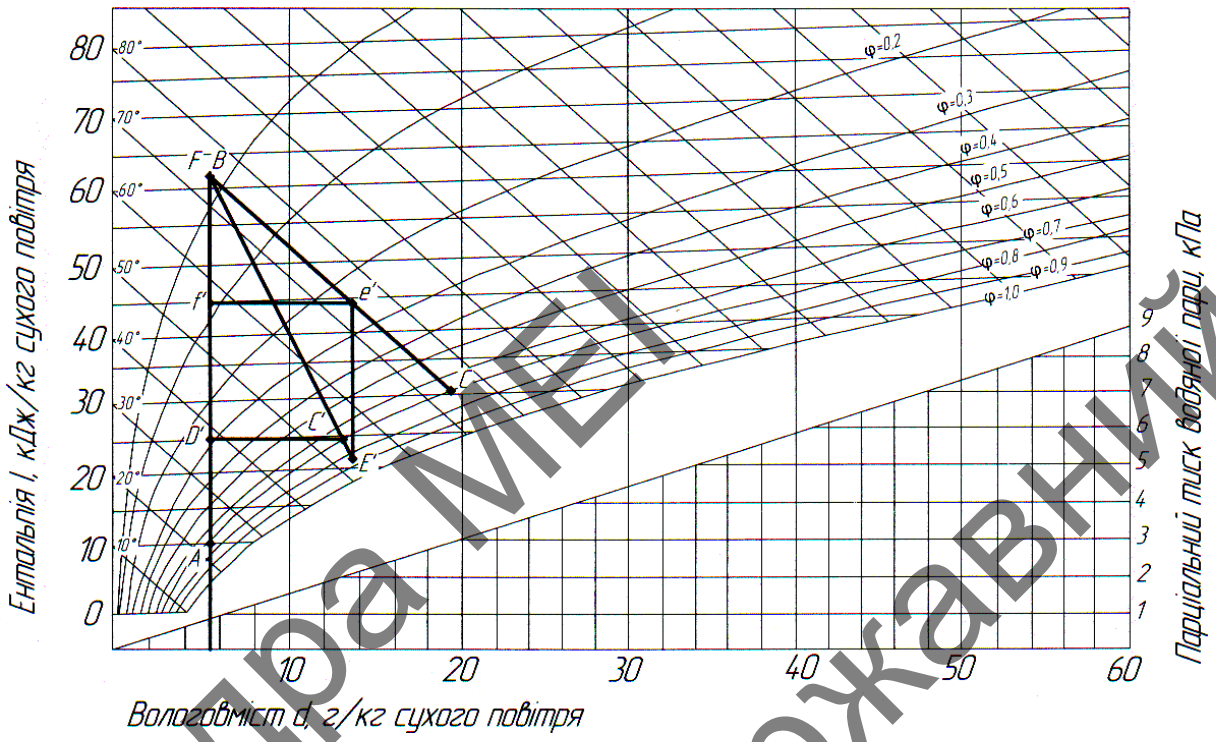


Рисунок 4.1 – I-d діаграма для першої зони сушіння

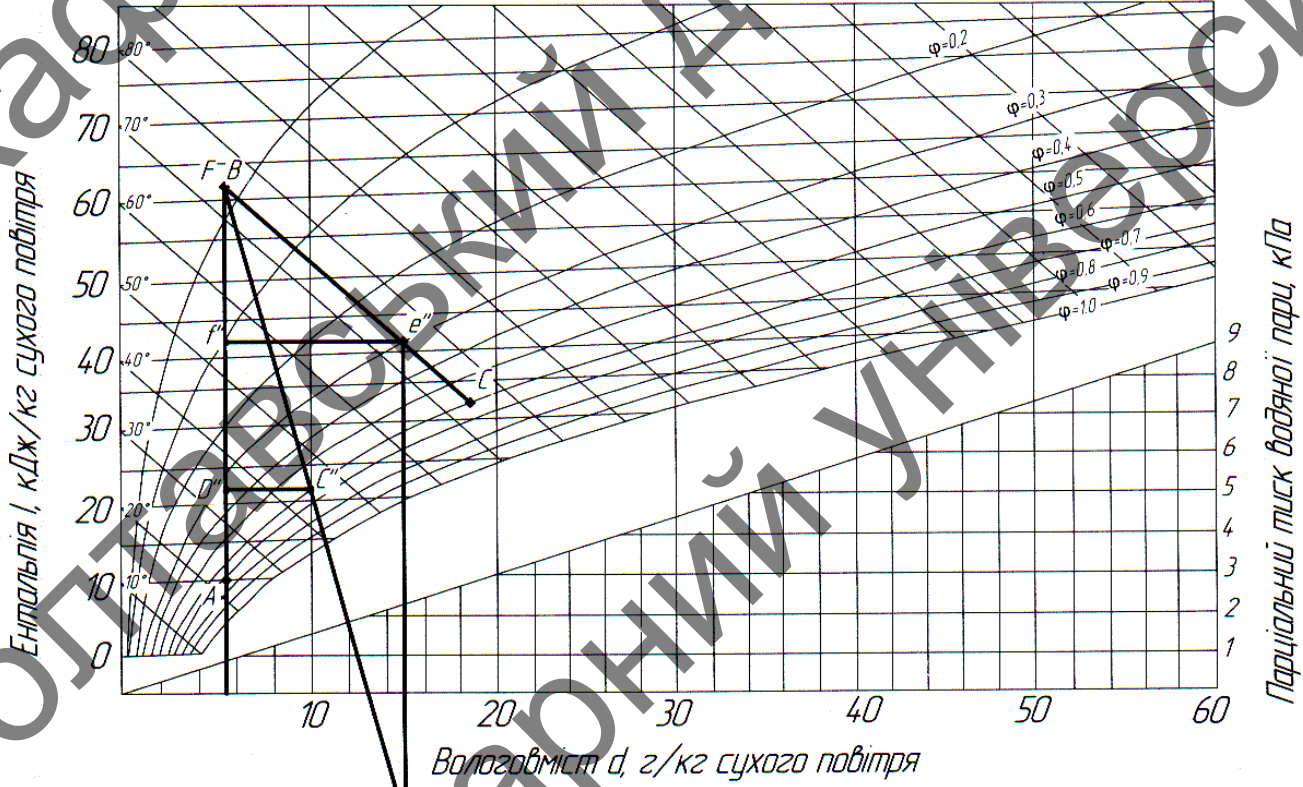


Рисунок 4.2 – I-d діаграма для другої зони сушіння

За заданими значеннями початкової температури повітря $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ та відносної вологості $\phi_0 = 75 \%$ на I-d діаграмі визначаємо точку А. Для цієї точки встановлюємо основні параметри стану повітря: вологовміст $d_0 = 5,8 \text{ г/кг}$ та ентальпію $I_0 = 23 \text{ кДж/кг}$.

Оскільки процес нагрівання повітря відбувається без зміни його вологовмісту, то з точки А проводимо лінію $d_0 = \text{const}$ до перетину із заданою ізотермою $t_1 = 62 \text{ }^\circ\text{C}$. Отримана точка В відповідає стану повітря перед входом у сушарку. За діаграмою для цієї точки визначаємо ентальпію $I_1 = 77 \text{ кДж/кг}$.

У сушарці процес теплообміну відбувається за сталої ентальпії повітря. Тому з точки В рухаємося вздовж лінії $I_1 = I_2 = I'_2 = 77 \text{ кДж/кг}$ до перетину з кривою заданої відносної вологості повітря на виході з першої зони сушіння $\phi_2 = 70 \%$, а також до перетину з кривою відносної вологості повітря на виході з другої зони сушіння $\phi'_2 = 60 \%$. У результаті отримуємо відповідно точки С та С', які характеризують стан повітря після першої і другої зон сушіння.

Після цього на лінії сталої ентальпії I_1 , що проходить через точку В, вибираємо довільні точки e' та e'' . Через ці точки проводимо горизонтальні лінії до їх перетину з лінією АВ у точках f' та f'' . Далі вимірюємо довжини відрізків $e'f'$ і $e''f''$ у міліметрах.

$$e'f' = 19; \quad e''f'' = 23.$$

Далі розраховуємо величини відрізків $e'E'$, $e'E''$ (в мм) [1, ст.81]

$$eE = ef \cdot \frac{\Delta}{1000} \cdot \frac{m_d}{m_i} \quad (4.9)$$

В першій зоні:

$$e'E' = 19 \cdot \frac{-446,88}{1000} \cdot \frac{1}{0,4} = -21,2$$

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

В другій зоні:

$$e''E'' = 23 \cdot \frac{-1194,4}{1000} \cdot \frac{1}{0,4} = -68,7$$

де $m_d = 1 : 0,4$; $m_i = 1$ – масштаби вологовмісту і ентальпії на I-d діаграмі.

Від точок e' та e'' відкладаємо по вертикалі вниз відповідно відрізки $e'E'$ і $e''E''$, оскільки значення Δ є від'ємними. Після цього через точки B і E' , а також через точки B і E'' проводимо прямі лінії до їх перетину з лініями заданої відносної вологості відпрацьованого сушильного агента: $\varphi'_2 = 70\%$ та $\varphi''_2 = 60\%$.

У місці перетину з лінією φ'_2 отримуємо точку C' , яка відповідає стану відпрацьованого сушильного агента на виході з першої зони сушіння. Відрізок BC' відображає процес зміни параметрів агента сушіння у першій зоні.

Аналогічно, у місці перетину з лінією φ''_2 визначаємо точку C'' . Вона характеризує стан відпрацьованого сушильного агента після проходження другої зони сушіння. Лінія BC'' показує характер зміни стану агента сушіння в другій зоні.

Далі через точки C' і C'' проводимо горизонтальні лінії до їх перетину з лінією AB . У результаті отримуємо відповідно точки D' і D'' . Після цього вимірюємо довжини відрізків $C'D'$ та $C''D''$ у міліметрах.

$$C'D' = 18; C''D'' = 11.$$

Визначаємо питомі витрати сухого повітря (в кг с.п./кг вип. вол.) [1, ст.81]

$$l = \frac{1000}{CD \cdot m_d} \quad (4.10)$$

В першій зоні:

$$l' = \frac{1000 \cdot 0,4}{18} = 22,2$$

В другій зоні:

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l'' = \frac{1000 \cdot 0,4}{11} = 36,4.$$

Визначаємо масові витрати сухого повітря (в кг с.п./год) [1, ст.81]

$$L = l \cdot W \quad (4.11)$$

В першій зоні сушки:

$$L' = 22,2 \cdot 12800 = 284160.$$

В другій зоні сушки:

$$L'' = 36,4 \cdot 3874,7 = 141039.$$

Визначаємо об'ємні витрати сушильного агента, що поступає в зони сушіння (в м³/год) [1, ст.81]

$$V = L \cdot (V_0)_1 \quad (4.12)$$

де - $(V_0)_1$ – питомий об'єм вологого повітря, віднесений до маси його сухої частини, м³/кг с.п.; $(V_0)'_1 = (V_0)''_1 = 0,97$ [1, ст.336].

На вході в першу зону сушки:

$$V'_1 = 284160 \cdot 0,97 = 275635,2.$$

На вході в другу зону сушки:

$$V''_1 = 141039 \cdot 0,97 = 136807,4.$$

Розрахуємо процес охолодження зерна. Процес охолодження зерна супроводжується випарюванням вологи.

Визначаємо кількість випарюваної вологи (в кг/год) [1, ст.71]

$$W''' = (M_1 - W' - W'') \cdot \frac{\omega''_2 - \omega''_1}{100 - \omega''_2} \quad (4.13)$$

$$W''' = (120000 - 12800 - 3874,7) \cdot \frac{14-13}{100-13} = 1187,6$$

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			44

Для визначення витрати повітря на охолодження зерна в відповідності з методикою графоаналітичного розрахунку необхідно побудувати на I-d діаграмі процес зміни стану атмосферного повітря в зоні охолодження зерна.

Визначаємо різницю доданої і витраченої теплоти в зоні охолодження (в кДж/кг в.в.) [1, ст.78]

$$\Delta''' = (C_B \cdot \theta''_2 + q'''_{\text{пр}}) - q'''_{\text{ос}} \quad (4.14)$$

де $q'''_{\text{пр}}$ - кількість тепла, що віддається нагрітим зерном в процесі охолодження, кДж/кг в.в.

Визначаємо кількість тепла, що віддається нагрітим зерном в процесі охолодження (в кДж/кг в.в.) [1, ст.78]

$$q'''_{\text{пр}} = \frac{100 - \omega''_2}{\omega''_2 - \omega'''_2} \cdot C'''_2 \cdot (Q''_2 - Q'''_2) \quad (4.15)$$

де C'''_2 - питома теплоємність зерна вологістю ω'''_2 , кДж/кг·К.

Визначаємо питома теплоємність зерна вологістю ω'''_2 (в кДж/кг·К) [1, ст.75]

$$C'''_2 = \frac{C_{\text{ср}}(100 - \omega'''_2) + C_{\text{вл}} \cdot \omega'''_2}{100} = \frac{1,55 \cdot (100 - 13) + 4,187 \cdot 13}{100} = 1,89 \quad (4.16)$$

Підставляємо дані у формулу 4.15 і отримуємо

$$q'''_{\text{пр}} = \frac{100 - 14}{14 - 13} \cdot 1,89 \cdot (15 - 62) = -7639,38 \text{ кДж/кг в.в.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.20 і отримуємо

$$\Delta''' = (4,187 \cdot 62 - 7639,38) - 20 = -7399,8 \text{ кДж/кг в.в.}$$

Переходимо до побудови на I-d діаграмі процесу зміни стану атмосферного повітря в зоні охолодження, що зображена на рисунку 4.3.

						КРБ.133ГМбД_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

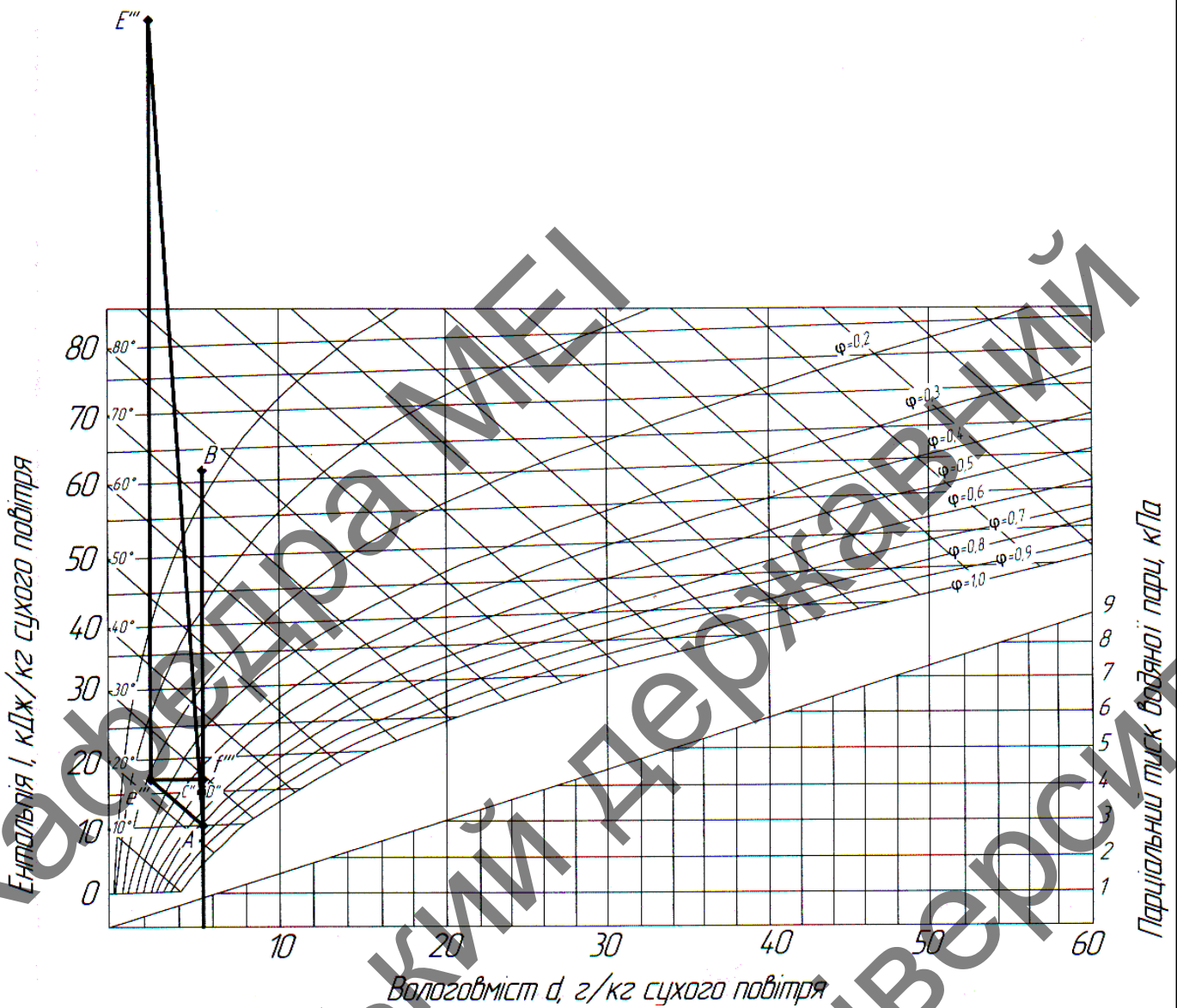


Рисунок 4.3 – I-d діаграма для зони охолодження

На лінії постійної ентальпії I_0 , що проходить через точку А, вибираємо довільну точку e''' . проводимо через неї горизонтальну лінію до перетину з АВ в точці f''' . Вимірюємо довжину відрізка $e'''f'''$ (в мм)

$$e'''f''' = 7 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину $e'''E'''$ по формулі 4.9

$$e'''E''' = 7 \cdot \frac{-7399,8}{1000} \cdot \frac{1}{0,4} = -129,5 \text{ мм.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від точки e''' по вертикалі вгору відкладаємо відрізок $e'''E'''$. Після цього через точки A та E''' проводимо пряму лінію до її перетину з ізотермою $t'''_2 = 15$ °С, яка відповідає температурі відпрацьованого повітря на виході із зони охолодження зерна. Отримана лінія AC''' характеризує процес зміни стану атмосферного повітря під час проходження через зону охолодження. Далі через точку C''' проводимо горизонтальний відрізок до перетину з лінією AB , у результаті чого отримуємо точку D''' . Після цього вимірюємо довжину відрізка $C'''D'''$ у міліметрах.

$$C'''D''' = 1 \text{ мм.}$$

Визначаємо питому витрату сухого повітря на охолодження зерна по формулі 4.10

$$l''' = \frac{1000 \cdot 0,4}{1} = 400 \text{ кг с.п./кг в.в.}$$

Визначаємо масову витрату сухого повітря по формулі 4.11

$$L''' = 400 \cdot 1187,6 = 475040 \text{ кг с.п./год}$$

Визначаємо об'ємну витрату атмосферного повітря, що поступає в зону охолодження зерна по формулі 4.12

$$V'''_1 = 475040 \cdot 0,825 = 391908 \text{ м}^3/\text{год}$$

де $(V_0)'''_1$ - питомий об'єм вологого повітря, віднесений до маси сухої його частини в $\text{м}^3/\text{год}$ сухого повітря при $t_0 = 10^\circ\text{C}$ і відносної вологості $\varphi_0 = 75\%$ (в точці A на $I-d$ діаграмі), знаходимо по таблиці [1, ст.336]; $(V_0)'''_1 = 0,825 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначення питомих витрат теплоти в зонах сушки проводимо графічно-аналітичним методом на $I-d$ діаграмі.

Проводимо через точку A пряму лінію $d_0 = \text{const}$ до перетину з лініями постійної ентальпії $I'_1 = I''_1$.

На перетині отримуємо точку F . Вимірюємо довжину відрізка AF (в мм) $AF=52$. Визначаємо питому витрати теплоти (в кДж/кг в.) [1, ст.81]

$$q = \frac{AF \cdot m_i}{CD \cdot m_d} \cdot 1000 \quad (4.17)$$

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
							47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

В першій зоні сушки:

$$q' = \frac{52 \cdot 0,4}{18 \cdot 1} \cdot 1000 = 1155,6.$$

В другій зоні сушки:

$$q'' = \frac{52 \cdot 0,4}{11 \cdot 1} \cdot 1000 = 1891.$$

Визначаємо загальну витрату теплоти (в кДж/год) [1, ст.81]

$$Q = q \cdot W \quad (4.18)$$

В першій зоні:

$$Q' = 1155,6 \cdot 12800 = 14791680.$$

В другій зоні:

$$Q'' = 1891 \cdot 3874,7 = 7327054.$$

Визначаємо сумарну витрату теплоти у всій зерносушарці (в кДж/год) [1, ст.82]

$$Q = Q' + Q'' = 14791680 + 7327058 = 22118734. \quad (4.19)$$

Визначаємо питому витрату тепла на 1 кг випареної вологи (в кДж/кг в.в.) [1, ст.82]

$$g = \frac{Q}{W} \quad (4.20)$$

де W – загальна кількість випареної вологи в зерносушарці, кг/год.

Визначаємо загальна кількість випареної вологи в зерносушарці (в кг/год) [1, ст.82]

$$W = M_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 120000 \cdot \frac{25-14}{100-14} = 15348,8 \quad (4.21)$$

Підставляємо дані в формулу 3.20 і отримуємо

$$g = \frac{22118738}{15348,8} = 1441 \text{ кДж/кг в.}$$

4.2 Енергетичний розрахунок

Проведемо розрахунок і підбір вентиляторів для подачі сушильного агенту та охолоджувального повітря.

Визначаємо тиск (в Па), що створюється вентилятором [2, ст.112]

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_H = \Delta P_{ск} + \Delta P_{ст} \quad (4.22)$$

де $\Delta P_{ск}$ - швидкісний перепад тисків, Па;

$\Delta P_{ст}$ - статичний перепад тисків, Па.

Визначаємо швидкісний перепад тисків (в Па) [2, ст.112]

$$\Delta P_{ск} = \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.23)$$

де $v=6$ м/с - швидкість повітря в сушильній камері;

ρ – густина повітря при температурі сушки, кг/м³ [4, ст.169]

В зонах сушки:

$$\Delta P_{ск 1,2} = \frac{1,06 \cdot 6^2}{2} = 19,08 \text{ Па.}$$

В зоні охолодження:

$$\Delta P_{ск 3} = \frac{1,247 \cdot 6^2}{2} = 22,45 \text{ Па.}$$

Визначаємо втрати тиску (в Па), обумовлені опором сушильної установки [2, ст.113]

$$\Delta P_{ст} = \Delta P_{тр} + \Delta P_m + \Delta P_c \quad (4.24)$$

де $\Delta P_{тр}$ - опір тертя повітря об стінки трубопроводів, Па;

ΔP_m - опір обумовлений сумою місцевих опорів, Па;

ΔP_c - опір сушильної камери, обумовлений опором, що створює матеріал при проходженні через нього повітря, і конструктивними особливостями камери, Па.

Визначаємо опір тертя повітря об стінки трубопроводів (в Па) [2, ст.113]

$$\Delta P_{тр} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.25)$$

де λ – коефіцієнт опору тертю, що залежить від діаметра труби ді швидкості повітря v на відповідному участку трубопровода;

l – довжина трубопровода, м.

Довжина трубопровода для кожної з зон матиме наступний вигляд

$$l = l_1 + h + l_2 \quad (4.26)$$

В загальному випадку формула для знаходження коефіцієнта опору тертю має вигляд [3, ст.37]

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\lambda = f \cdot \left(R_e \frac{k}{d}\right) \quad (4.27)$$

де R_e – критерій Рейнольдса.

Визначаємо критерій Рейнольдса [3, ст.29]

$$R_e = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (4.28)$$

де ν - кінематична в'язкість, m^2/c [4, ст.169];

$d = 1050$ мм – діаметр повітропровода.

Для зон сушіння:

$$R_{e1,2} = \frac{6 \cdot 1050}{1,86 \cdot 10^{-5}} = 338709,677 \approx 3,4 \cdot 10^4$$

Для зони охолодження:

$$R_{e3} = \frac{6 \cdot 1050}{1,41 \cdot 10^{-5}} = 446808511 \approx 4,5 \cdot 10^8$$

При даних значеннях R_e справедлива формула для знаходження коефіцієнта опору тертю [3, ст.39]

Для зон сушіння:

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg \frac{R_e}{100} + 2)^2} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg \frac{3,4 \cdot 10^4}{100} + 2)^2} = 5,19 \cdot 10^{-3} \quad (4.29)$$

Для зони охолодження:

$$\lambda_3 = \frac{1}{(1,82 \lg \frac{4,5 \cdot 10^8}{100} + 2)^2} = 5,02 \cdot 10^{-3}$$

Підставляємо дані в формулу 4.25 і отримуємо

Для першої зони сушіння:

$$\Delta P_{тр1} = 5,19 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2+25,604+2}{1,05} \cdot \frac{1,06 \cdot 6^2}{2} = 2,8 \text{ Па}$$

Для другої зони сушіння:

$$\Delta P_{тр2} = 5,19 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2+19,284+2}{1,05} \cdot \frac{1,06 \cdot 6^2}{2} = 2,2 \text{ Па}$$

Для зони охолодження:

$$\Delta P_{тр3} = 5,02 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2+4,116+2}{1,05} \cdot \frac{1,247 \cdot 6^2}{2} = 0,87 \text{ Па}$$

Визначаємо опір обумовлений сумою місцевих опорів (в Па) [2, ст.113]

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (4.30)$$

						КРБ.133ГМбД_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів (коліно $90^\circ - 0,98$; металеві сітки – $0,07$) [5, ст.266]

Для зон сушіння:

$$\Delta P_{m1,2} = (0,92 \cdot 2 + 0,07) \cdot \frac{1,06 \cdot 6^2}{2} = 36.$$

Для зони охолодження:

$$\Delta P_{m3} = (0,92 \cdot 2 + 0,07) \cdot \frac{1,247 \cdot 6^2}{2} = 43.$$

Визначаємо опір сушильної камери (в Па), обумовлений опором, що створює матеріал при проходженні через нього повітря, і конструктивними особливостями камери [2, ст.113]

$$\Delta P_c = A \cdot h \cdot v^n = 1,44 \cdot 1800 \cdot 0,3^{1,43} = 463. \quad (4.31)$$

де A, n – коефіцієнти, що залежать від розміру, форми і ступеню ущільнення матеріалу. Для ячменю $A=1,44$;

$n = 1,43$; $v = 0,3$ м/с [6, ст.155];

$h = 1800$ м – товщина слою;

$v = 0,3$ м/с - швидкість повітря, віднесена до перетину камери.

Підставляємо дані в формулу 4.24 і отримуємо

Для першої зони сушіння:

$$\Delta P_{ст1} = 2,8 + 36 + 463 = 501,8 \text{ Па.}$$

Для другої зони сушіння:

$$\Delta P_{ст2} = 2,2 + 36 + 463 = 501,2 \text{ Па.}$$

Для зони охолодження:

$$\Delta P_{ст3} = 0,87 + 43 + 463 = 596,87 \text{ Па.}$$

Підставляємо дані в формулу 4.22 і отримуємо

Для першої зони сушіння:

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$\Delta P_{H1} = 19,08 + 501,8 = 520,88 \text{ Па.}$$

Для другої зони сушіння:

$$\Delta P_{H2} = 19,08 + 501,2 = 520,28 \text{ Па.}$$

Для зони охолодження:

$$\Delta P_{H3} = 22,45 + 506,87 = 529,32 \text{ Па.}$$

Розраховуємо потужність (в кВт), що використовує вентилятор [2, ст.113]

$$N = \frac{V \cdot \Delta P_1}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_{\pi}} \quad (4.32)$$

Для першої зони сушіння:

$$N_1 = \frac{275635,2 \cdot 520,88}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,75 \cdot 0,97} = 55.$$

Для другої зони сушіння:

$$N_2 = \frac{136807,8 \cdot 520,28}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,81 \cdot 0,97} = 25.$$

Для зони охолодження:

$$N_3 = \frac{391908 \cdot 529,32}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,78 \cdot 0,95} = 74.$$

де η_v – ККД вентилятора;

$\eta_{\pi} = (0,95 - 1)$ - ККД передачі.

Підбираємо вентилятори по каталогу [7, ст.21, 24, 26]

Для першої зони сушіння: SAVIOSCRD 180; $\eta_v = 75\%$.

Для другої зони сушіння: SAVIOSCRD 130; $\eta_v = 81\%$.

Для зони охолодження: SAVIOSCRD 200; $\eta_v = 78\%$.

Проведемо розрахунок і підбір вентиляторів для відсмоктування сушильного агенту та охолоджувального повітря на виході з сушарки.

Визначаємо тиск (в Па), що створюється вентилятором за формулою 4.22

$$\Delta P_H = \Delta P_{ск} + \Delta P_{ст}$$

де $\Delta P_{ск}$ - швидкісний перепад тисків, Па;

$\Delta P_{ст}$ - статичний перепад тисків, Па.

Швидкісний перепад тисків дорівнює:

					КРБ.133ГМбД_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В зонах сушки:

$$\Delta P_{\text{ск } 1,2} = 19,08 \text{ Па.}$$

В зоні охолодження:

$$\Delta P_{\text{ск } 3} = 22,45 \text{ Па.}$$

Визначаємо втрати тиску (в Па), обумовлені опором сушильної установки будуть дорівнювати опору сушильної камери, обумовленої опором, що створює матеріал при проходженні через нього повітря, і конструктивними особливостями камери

$$\Delta P_{\text{ст}} = \Delta P_{\text{с}} \quad (4.33)$$

За формулою 4.30 визначили що $\Delta P_{\text{с}} = 463 \text{ Па}$. Тоді $\Delta P_{\text{ст } 1,2,3} = 463 \text{ Па}$

Підставляємо дані в формулу 4.22 і отримуємо

Для зони сушіння:

$$\Delta P_{\text{н } 1,2} = 19,08 + 463 = 482,08 \text{ Па.}$$

Для зони охолодження:

$$\Delta P_{\text{н } 3} = 22,45 + 463 = 485,45 \text{ Па.}$$

Підставляємо дані в формулу 4.32 і розраховуємо потужність (в кВт), що використовує вентилятор

Для першої зони сушіння:

$$N_1 = \frac{275635,2 \cdot 482,08}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,85 \cdot 0,97} = 45.$$

Для другої зони сушіння:

$$N_2 = \frac{136807,8 \cdot 482,08}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,85 \cdot 0,97} = 22,2.$$

Для зони охолодження:

$$N_3 = \frac{391908 \cdot 485,45}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,85 \cdot 0,97} = 64.$$

де $\eta_{\text{в}} = 85\%$ – ККД вентилятора;

$\eta_{\text{п}} = (0,95 - 1)$ - ККД передачі.

Підбираємо вентилятори по каталогу [8, ст.13]

Для першої зони сушіння: NovexACG 1120 в кількості 3 шт згідно конструкції зерносушарки.

									Арк.
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ				

Для другої зони сушіння: NovexACG 1120 в кількості 3 шт згідно конструкції зерносушарки.

Для зони охолодження: NovexACG1400 в кількості 1шт згідно конструкції зерносушарки.

Кафедра МЕІ
Полтавський державний аграрний університет

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Заходи щодо безпечної експлуатації обладнання

Охорона праці на виробництві — це не формальність, а конкретна система заходів, що захищає здоров'я і працездатність кожного працівника.

Охорона праці – це система правових, організаційно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Охорона праці в Україні регулюється Конституцією, Кодексом законів про працю, Законом «Про охорону праці» та цілою низкою підзаконних актів. Ключові вимоги встановлюють постанови Кабінету Міністрів, накази профільних міністерств і галузеві норми.

Закон зобов'язує підприємства будь-якої форми власності мати службу охорони праці. Вона організовує профілактичні заходи, контролює дотримання норм і координує роботу підрозділів у питаннях виробничої безпеки.

Служба охорони праці на підприємстві є окремим структурним підрозділом, діяльність якого спрямована на створення безпечних і належних умов праці для працівників. Її робота полягає не лише у контролі за виконанням вимог безпеки, а й у плануванні, організації та впровадженні заходів, які дозволяють зменшити вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Особливе значення має профілактична робота, оскільки вона дає змогу попередити виробничий травматизм, професійні захворювання, аварійні ситуації та інші випадки, що можуть становити загрозу життю або здоров'ю персоналу.

Одним із важливих напрямів діяльності служби охорони праці є формування та постійне вдосконалення системи управління охороною праці на підприємстві. Це передбачає розроблення внутрішніх положень, інструкцій, планів і заходів, які регулюють безпечну організацію виробничого процесу. Крім того, служба охорони праці бере участь у впровадженні більш безпечних технологічних

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

рішень, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту, а також контролює правильність їх використання працівниками під час виконання виробничих завдань.

Основні функції служби охорони праці охоплюють підготовку комплексних заходів щодо поліпшення умов праці, запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням, а також розроблення відповідних програм спільно з іншими підрозділами підприємства. Працівники цієї служби готують проекти наказів з питань охорони праці, подають їх на розгляд керівництву, організують і проводять інструктажі для персоналу, здійснюють перевірки дотримання вимог нормативно-правових актів з охорони праці на робочих місцях.

Крім цього, служба охорони праці веде облік випадків виробничого травматизму, аналізує причини їх виникнення та розробляє пропозиції щодо недопущення подібних ситуацій у майбутньому. Важливою частиною її роботи є правильне оформлення, ведення та зберігання документації з охорони праці. Разом із керівниками структурних підрозділів складаються переліки професій, посад і видів робіт, для яких необхідно розробити інструкції з охорони праці та безпечного виконання робіт. За потреби служба охорони праці надає методичну допомогу під час підготовки таких інструкцій.

Під час експлуатації потокової лінії приймання, сушіння та зберігання зерна працівники можуть зазнавати впливу різних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони пов'язані з роботою транспортного обладнання, зерносушарок, вентиляторів, електроприводів, систем аспірації, а також із наявністю зернового пилу, підвищеного шуму, рухомих частин машин і можливістю виникнення пожежо- та вибухонебезпечних ситуацій. Перелік основних шкідливих і небезпечних чинників, що виникають під час обслуговування обладнання потокової лінії приймання, сушіння і зберігання зерна, наведено в таблиці 4.1.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1

Джерела виникнення небезпечних та шкідливих виробничих чинників	Шкідливі і небезпечні виробничі чинники
<p>Розвантажувач залізничних вагонів-зерновозів У9РХ-60 (1 шт.)</p> <p>Автомобілерозвантажувач УАРГ-16 (3 шт.)</p> <p>Автомобільні ваги Булат-А-60-Н (3 шт.)</p> <p>Стрічкові конвеєра FRL-600 (5 шт.)</p> <p>Норії FPK-600 (4 шт.)</p> <p>Скребокві конвеєра FRL-200 (6 шт.)</p> <p>FRL-600 (3 шт.)</p> <p>Повітряно-ситовий сепаратор TexasShaker-200 (4 шт.)</p> <p>Пиловіддільник JM21/30-0,64T-R (4 шт.)</p> <p>Дистриб'ютор RP-2 (1 шт.)</p>	<p>Електричний струм, зерновий пил</p> <p>Електричний струм, зерновий пил</p> <p>Високий тиск</p> <p>Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, виробничий шум</p> <p>Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, виробничий шум</p> <p>Зерновий пил, електричний струм, швидкообертові деталі, вібрація, виробничий шум</p> <p>Зерновий пил, електричний струм, вібрація, виробничий шум</p> <p>Зерновий пил, електричний струм, вібраці</p> <p>Зерновий пил</p>

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ					

На підприємстві використовуються транспортні галереї і ділянки, де переміщується зерно насипом; робочі приміщення і силосні корпуси елеваторів; зерносушарки; приймально-відпускні пристрої; очисне обладнання; виробничі лабораторії, які відносяться до пожежонебезпечних приміщень класу П-П.

Інструкція з охорони праці при обслуговуванні шахтної зерносушарки
Cimbria AEG 40-POS 10

1. Загальні вимоги безпеки

До обслуговування шахтної зерносушарки Cimbria AEG 40-POS 10 допускаються працівники, які досягли встановленого віку, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктаж з охорони праці, навчання з безпечних методів роботи, інструктаж з пожежної безпеки та перевірку знань щодо правил експлуатації зерносушильного обладнання. Працівник повинен знати будову зерносушарки, принцип її роботи, порядок запуску та зупинки обладнання, правила користування засобами індивідуального захисту, а також дії у разі виникнення аварійної ситуації.

Під час обслуговування зерносушарки на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори: рухомі частини механізмів, обертові елементи вентиляторів і приводів, підвищена температура поверхонь і сушильного агента, зерновий пил, шум і вібрація, електричний струм, можливість падіння з висоти під час обслуговування площадок і драбин, а також пожежо- та вибухонебезпечність пилоповітряної суміші.

Працівник, який обслуговує зерносушарку, повинен працювати у справному спецодязі, користуватися засобами індивідуального захисту: захисним одягом, рукавицями, захисним взуттям, за потреби – респіратором, захисними окулярами та засобами захисту органів слуху. Забороняється працювати у вільному одязі, з незастібнутими рукавами, у взутті, що ковзає, а також перебувати біля рухомих механізмів із розпущеним волоссям або предметами, які можуть бути захоплені обладнанням.

Працівник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена керівником зміни або відповідальною особою, не допускати сторонніх осіб до

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зерносушарки, не залишати працююче обладнання без нагляду та негайно повідомляти керівництво про всі виявлені несправності, порушення режиму роботи, підвищений шум, вібрацію, перегрівання вузлів, запах диму, газу або інші ознаки аварійної ситуації.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи оператор повинен оглянути зерносушарку Stribia AEG 40-POS 10 та переконатися у справності основних вузлів і механізмів. Необхідно перевірити стан сушильних і охолоджувальних секцій, завантажувальних та розвантажувальних пристроїв, вентиляторів, повітропроводів, заслінок, бункерів, приводів, датчиків рівня зерна, температурних датчиків, системи автоматики та сигналізації.

Слід переконатися, що всі захисні огороження, решітки, люки, площадки обслуговування, драбини та перила знаходяться на своїх місцях і надійно закріплені. Оглядові люки та дверцята мають бути щільно закриті. Забороняється запускати сушарку при знятих огороженнях, відкритих люках, пошкоджених повітропроводах або несправних запобіжних пристроях.

Перед пуском необхідно перевірити справність електрообладнання, пускової апаратури, заземлення електродвигунів, шафи керування, кабельних ліній і металевих частин обладнання. Пускові кнопки, аварійне вимкнення, світлова та звукова сигналізація повинні працювати справно. У разі виявлення пошкодження ізоляції, перегрівання електродвигуна, іскріння або запаху горілої ізоляції запуск обладнання забороняється.

Також потрібно перевірити справність топки, пального пристрою, подачі газоподібного палива, вентилятора подачі повітря, запірної арматури, датчиків контролю полум'я та системи автоматичного припинення подачі палива у разі згасання факела. Перед запуском слід переконатися у відсутності витоку газу, сторонніх предметів у зоні роботи обладнання, завалів зерна та надмірного накопичення пилу.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3. Вимоги безпеки під час роботи

Під час роботи зерносушарки оператор повинен постійно контролювати технологічний процес сушіння, температуру сушильного агента, температуру зерна, вологість зерна на виході, роботу вентиляторів, розвантажувального механізму, транспортерів і норій. Режим роботи обладнання має відповідати встановленим технологічним параметрам. Не допускається перегрівання зерна, різке підвищення температури сушильного агента, порушення рівномірності подачі зерна або зупинка розвантажувального механізму при працюючій топці.

Під час роботи вентиляторів забороняється відкривати оглядові люки повітропроводів, знімати захисні кожухи, торкатися рухомих частин механізмів, виконувати очищення, ремонт, змащування або регулювання вузлів. Усі ремонтні та налагоджувальні роботи дозволяється виконувати тільки після повної зупинки обладнання, відключення електроживлення та вивішування попереджувальної таблички «Не вмикати, працюють люди».

Оператор повинен стежити за відсутністю стороннього шуму, підвищеної вібрації, перегрівання підшипників, електродвигунів і редукторів. При появі нехарактерних звуків, стуку, запаху диму, підвищеного нагрівання, просипання зерна або порушення роботи автоматики необхідно зупинити обладнання і повідомити відповідальну особу.

Під час експлуатації зерносушарки необхідно не допускати накопичення зернового пилу на обладнанні, електродвигунах, світильниках, кабельних трасах, площадках і біля топкового обладнання. Зерновий пил може утворювати вибухонебезпечну суміш з повітрям, тому очищення робочої зони повинно проводитися регулярно, без застосування відкритого вогню та способів, які можуть спричинити іскроутворення.

Забороняється перебувати під піднятими вантажами, заходити у бункери, шахти або інші замкнені простори без дозволу відповідальної особи, без попереднього відключення обладнання та без виконання заходів безпеки. Роботи на висоті дозволяється виконувати лише з використанням справних драбин, площадок, огорожень і за потреби страхувальних засобів.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

4. Вимоги безпеки під час аварійних ситуацій

У разі виникнення аварійної ситуації, пожежі, запаху газу, задимлення, загоряння зерна, перегрівання обладнання, зупинки подачі зерна, відмови вентилятора, несправності пальника або раптового вимкнення електроживлення оператор повинен негайно зупинити зерносушарку відповідно до встановленого порядку та повідомити керівника зміни або відповідальну особу.

При згасанні факела в топці подача палива повинна бути автоматично припинена. Повторний запуск пальника дозволяється виконувати тільки після провітрювання топки, з'ясування причини згасання та усунення несправності. Забороняється повторно запускати топку при наявності запаху газу, несправній автоматичній системі захисту або відсутності контролю полум'я.

У разі загоряння необхідно вимкнути обладнання, припинити подачу палива, повідомити пожежну охорону та керівництво підприємства, після чого приступити до гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння, якщо це не створює загрози життю і здоров'ю працівника. Для гасіння електрообладнання під напругою не допускається використовувати воду.

При травмуванні працівника необхідно негайно припинити роботу обладнання, надати потерпілому першу домедичну допомогу, викликати медичних працівників і повідомити керівника робіт. До прибуття відповідальних осіб місце події бажано зберегти без змін, якщо це не загрожує життю інших працівників і не може призвести до аварії.

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після завершення роботи зерносушарку необхідно зупинити у встановленій послідовності: припинити подачу зерна, завершити процес сушіння залишкової зернової маси, вимкнути подачу палива, дати обладнанню охолонути, після чого зупинити вентилятори, транспортери та інші допоміжні механізми. Не допускається різка зупинка обладнання без урахування технологічного режиму, якщо це може спричинити перегрівання зерна або пошкодження вузлів сушарки.

Після зупинки оператор повинен оглянути обладнання, перевірити стан вентиляторів, приводів, розвантажувального механізму, повітропроводів, люків,

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

огорожень і робочих площадок. Робочу зону необхідно очистити від пилу, просипаного зерна та сторонніх предметів. Особливу увагу слід приділити очищенню місць біля електродвигунів, топки, світильників і кабельних трас.

Про всі виявлені під час роботи несправності, порушення режиму сушіння, підвищений шум, вібрацію, перегрівання або інші відхилення оператор повинен повідомити керівника зміни чи механіка. Самостійне усунення несправностей допускається тільки у межах посадових обов'язків працівника та відповідно до інструкції з експлуатації обладнання.

Дотримання вимог цієї інструкції забезпечує безпечну експлуатацію шахтної зерносушарки Cimbria AEG 40-POS 10, знижує ризик виробничого травматизму, пожежі, вибуху пилоповітряної суміші та сприяє стабільній роботі обладнання під час сушіння зерна.

Для ділянки сушіння зерна, на якій експлуатується зерносушарка, доцільно провести оцінку умов праці та визначити категорію її важкості. Відповідно до карти умов праці апаратника сушіння зерна, на робочому місці працівника діють кілька основних шкідливих і небезпечних виробничих чинників. До них належать зерновий пил фіброгенної дії, рівень якого становить $9,6 \text{ мг/м}^3$ при допустимому значенні $4,0 \text{ мг/м}^3$, а тривалість його впливу протягом робочої зміни складає 40 %. Також на працівника впливає підвищений рівень шуму – 92 дБ при нормативному значенні 80 дБ, причому час дії цього чинника становить 85 % робочого часу. Крім того, умови праці ускладнюються несприятливим мікрокліматом, зокрема зниженою температурою повітря $12 \text{ }^\circ\text{C}$, яка діє протягом 90 % робочої зміни.

Згідно з критеріями оцінювання елементів умов праці, зазначені виробничі чинники оцінюються у балах. Зерновий пил фіброгенної дії оцінюється у 4,0 бали, підвищений шум – у 4,0 бали, а знижена температура повітря також відповідає оцінці 4,0 бали. Однак для більш точної оцінки умов праці необхідно враховувати не лише інтенсивність кожного чинника, а й тривалість його дії протягом робочої зміни.

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			63

З урахуванням часу дії фактичне значення кожного чинника визначається множенням його бальної оцінки на частку часу впливу. Для зернового пилу фактична оцінка становить $4,0 \cdot 0,40 = 1,6$ бала. Для підвищеного шуму з урахуванням тривалості дії 85 % значення дорівнює $4,0 \cdot 0,85 = 3,4$ бала. Для несприятливого мікроклімату, який діє протягом 90 % робочого часу, фактична оцінка становить $4,0 \cdot 0,90 = 3,6$ бала.

Таким чином, після врахування тривалості впливу шкідливих виробничих чинників найбільше значення має несприятливий мікроклімат – 3,6 бала, дещо менший вплив має підвищений шум – 3,4 бала, а вплив зернового пилу з урахуванням часу дії становить 1,6 бала. Отримані дані використовуються для подальшого визначення інтегральної оцінки умов праці та встановлення категорії важкості праці апаратника сушіння зерна.

$$X_1 = 4 \cdot \frac{40}{100} = 1,6 \text{ бали};$$

$$X_2 = 4 \cdot \frac{85}{100} = 3,4 \text{ бали};$$

$$X_3 = 4 \cdot \frac{90}{100} = 3,6 \text{ бали}.$$

Загальна інтегральна оцінка важкості праці визначається за формулою

$$I_6 = \left[X_{\text{визн.}} + \sum X_i \cdot \frac{6 - X_{\text{визн.}}}{(n-1) \cdot 6} \right] \cdot 10 \quad (7.1)$$

де $X_{\text{визн.}}$ – визначальний елемент, який отримав найбільше балів;

$\sum X_i$ – середня арифметична сума всіх біологічно значимих елементів без врахування $X_{\text{визн.}}$;

n – загальна кількість чинників.

Визначається загальна інтегральна оцінка важкості праці за формулою 7.1

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ				

$$I_6 = \left[3,6 + 5,0 \cdot \frac{6-3,6}{(3-1) \cdot 6} \right] \cdot 10 = 46 \text{ балів}$$

На підставі проведеної інтегральної оцінки встановлюється категорія важкості праці. За отриманим результатом, який становить 46 балів, умови праці належать до III категорії важкості. Така оцінка дає змогу визначити, наскільки виробниче середовище є сприятливим або несприятливим для працівників, а також обґрунтувати необхідність впровадження заходів, спрямованих на покращення умов праці.

Для зниження впливу шкідливих і небезпечних факторів на працівників необхідно забезпечити стабільну та ефективну роботу аспіраційних систем, оскільки під час приймання, транспортування, очищення і сушіння зерна утворюється значна кількість пилу. У виробничих приміщеннях слід регулярно проводити прибирання та своєчасне видалення пилових відкладень з обладнання, підлоги, конструкцій і важкодоступних місць. На ділянках із підвищеною запиленістю працівники повинні використовувати протипилові респіратори, що дозволяє зменшити потрапляння пилу в органи дихання.

Окрему увагу необхідно приділяти зменшенню шумового навантаження. Для цього працівникам, які перебувають у зоні дії підвищеного шуму, рекомендується використовувати засоби індивідуального захисту органів слуху, зокрема беруші або протишумові навушники. Крім того, важливим профілактичним заходом є раціональна організація режиму праці та відпочинку, тобто чергування періодів роботи у шумному середовищі з перервами для відновлення працездатності. Це сприяє зменшенню втоми та знижує негативний вплив шуму на організм працівника.

Для обмеження шкідливої дії вібрації необхідно підтримувати обладнання у справному технічному стані. З цією метою слід своєчасно проводити технічне обслуговування машин, контролювати стан рухомих і обертових деталей, замінювати зношені елементи, а також перевіряти надійність кріплень. Доцільним є застосування вібропоглинальних прокладок, амортизаторів,

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глушників та інших технічних засобів, які зменшують передачу вібрації на робочі місця. Також необхідно передбачати раціональне чергування роботи й відпочинку для працівників, які тривалий час перебувають під дією вібраційного навантаження.

Отже, впровадження зазначених заходів дозволяє покращити умови праці, зменшити рівень запиленості, шуму та вібрації, знизити ризик професійних захворювань і підвищити безпеку працівників під час обслуговування обладнання потокової лінії приймання, сушіння та зберігання зерна.

3.2. Охорона навколишнього середовища

Під час роботи обладнання для висушування зерна можливий негативний вплив технологічних процесів на навколишнє середовище. Основними джерелами забруднення є пилові викиди, шум, теплові виділення та продукти згоряння палива. У процесі транспортування, очищення та сушіння зернової маси у повітря робочої зони можуть потрапляти дрібнодисперсні частинки зернового пилу, які погіршують санітарно-гігієнічні умови виробництва та можуть негативно впливати на стан атмосферного повітря.

Для зменшення впливу пилових викидів на зернопереробних підприємствах застосовуються аспіраційні системи, пиловловлювачі, циклони та фільтрувальне обладнання. Використання сучасних систем очищення повітря дозволяє суттєво знизити концентрацію пилу в робочій зоні та зменшити кількість твердих частинок, що потрапляють у навколишнє середовище.

Під час експлуатації зерносушильного обладнання можливе утворення виробничих відходів, а також використання води для господарських і технологічних потреб. Відпрацьовані стоки повинні надходити до систем водовідведення та проходити відповідне очищення перед їх скиданням. Це сприяє зменшенню негативного впливу на водні ресурси та запобігає забрудненню ґрунту.

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу небезпеку на зернопереробних підприємствах становлять аварійні ситуації, пов'язані з пожежами та вибухами. Під час виникнення пожежі у навколишнє середовище можуть виділятися продукти горіння, дим та шкідливі газоподібні речовини, які негативно впливають на стан довкілля та здоров'я людини. Крім того, пожежі можуть призводити до пошкодження обладнання, виробничих приміщень та інженерних систем.

Особливу увагу необхідно приділяти утворенню зернового пилу, оскільки його накопичення у виробничих приміщеннях здатне створювати вибухонебезпечні концентрації. За певних умов пилоповітряні суміші можуть стати причиною вибухів, які створюють загрозу для персоналу, обладнання та навколишнього середовища.

Для запобігання негативному впливу на довкілля необхідно передбачати комплекс заходів щодо екологічної безпеки: використання сучасних систем вентиляції та аспірації, встановлення вискоелективного фільтрувального обладнання, своєчасне видалення виробничих відходів, а також впровадження систем автоматичного контролю технологічних процесів і засобів пожежної безпеки.

Таким чином, застосування сучасних конструктивно-технологічних рішень у зерносушильному обладнанні сприяє не лише підвищенню ефективності процесу сушіння зерна, але й забезпечує зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

4.3. Розрахунок економічної ефективності від провадження діяльності

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показники	Кількість
1. Вартість придбання зерносушарки CIMBRIA AMG-40 POS10, грн.	500300
2. Кількість вивільнених робітників	3
3. Годинна тарифна ставка, грн.	13,35

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Показники	Кількість
4. Кількість робочих змін	2
5. Корисний фонд робочого часу одного оператора зерносушарки, год.	1200
6. Доплати, %	60
7. Тривалість зміни, год.	12
4. Відрахування на соціальне страхування і інше, %	
9. Витрати на охорону праці, %	37,26
10. Потужність двигунів на обладнанні, кВт*год:	5
- Базовий варіант	100
- Розрахунковий варіант	300
11. Тривалість роботи електродвигунів за добу, год.	24
12. Коефіцієнт використання потужності електродвигунів	0,9
13. Тариф за 1 кВт*год електроенергії, грн.	1,03
14. Норма амортизаційних відрахувань, %	15
15. Норма витрат на ремонт та утримування обладнання, % від амортизаційних відрах.	50
16. Плановий фонд робочого часу підприємства, днів	
17. Витрати на транспортування обладнання, %	180
14. Витрати на складсько-заготівельні роботи, %	4
19. Витрати на проектні роботи, %	1,25
20. Витрати на монтаж обладнання, %	4
21. Вартість замінюваних зерносушарок А1-ДСП-32, грн.	25
22. Кількість замінюваних зерносушарок	41620
23. Вага 1 замінюваної зерносушарки, кг.	4
24. Ціна 1 т металобрухту	39800
25. Коефіцієнт використання обладнання	2100
26. Витрати умовного палива на 1 пл.т, кг:	0,8
- Базовий варіант	10,9
- Розрахунковий варіант	28,9
27. Продуктивність обладнання, т/год.:	
- Базовий варіант	32
- Розрахунковий варіант	120

Проведемо розрахунок капітальних витрат на автоматизацію та механізацію виробництва.

Розрахуємо додаткові капітальні витрати (в грн.) по формулі

$$K_{\text{дод}} = K + Д - Л \quad (4.1)$$

де, К – повна початкова вартість впровадженого обладнання, грн;

Д – втрати на демонтаж замінюваного обладнання, грн.;

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			68

Л – виручка від реалізації замінюваного обладнання або вартість металобрухту, грн.

Визначаємо вартість витрат на демонтаж замінюваного обладнання (в грн.) по формулі

$$Д=(\Phi_{ст} \cdot п) \cdot 0,05 \quad (4.2)$$

де, $\Phi_{ст}$ – вартість замінюваного обладнання, грн.

п – кількість замінюваного обладнання, шт.

Підставляємо дані в формулу 4.2 і отримуємо

$$Д=41620 \cdot 4 \cdot 0,05=8324 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість металобрухту (в грн.) по формулі

$$Л=(m \cdot n) \cdot ц_m \quad (4.3)$$

де, m – вага однієї замінюваного обладнання, тонн.

Підставляємо дані в формулу 4.3 і отримуємо

$$Л=(45 \cdot) \cdot 2100=334320 \text{ грн.}$$

Визначаємо величину капітальних витрат (в грн.) по формулі

$$К = K_o + K_T + K_C + K_{ПР} + K_M \quad (4.4)$$

де $K_o = 300500$ грн - вартість придбання обладнання;

K_T - вартість транспортних витрат (5% від вартості обладнання);

K_C – вартість заготівельно-складські роботи (1,25% від вартості обладнання);

$K_{ПР}$ - вартість проектних робіт (5% від вартості обладнання);

K_M – вартість монтажних робіт (20% від вартості обладнання).

Визначаємо вартість транспортних витрат (в грн.) по формулі

$$K_T = K_o \cdot 0,05 \quad (4.5)$$

Підставляємо дані в формулу 4.5 і отримуємо

$$K_T = 500300 \cdot 0,05 = 25015 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо вартість заготівельно-складських робіт (в грн.) по формулі

$$K_C = K_0 \cdot 0,0125 \quad (4.6)$$

Підставляємо дані в формулу 4.6 і отримуємо

$$K_C = 500300 \cdot 0,0125 = 6253,75 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість проектних робіт (в грн.) по формулі

$$K_{\text{ПР}} = K_0 \cdot 0,05 \quad (4.7)$$

Підставляємо дані в формулу 4.7 і отримуємо

$$K_{\text{ПР}} = 500300 \cdot 0,05 = 25015 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість монтажних робіт (в грн.) по формулі

$$K_M = K_0 \cdot 0,25 \quad (4.8)$$

Підставляємо дані в формулу 4.8 і отримуємо

$$K_M = 500300 \cdot 0,25 = 125075 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.4 і отримуємо

$$K = 500300 + 25015 + 6253,75 + 25015 + 125075 = 681658,75 \text{ грн.}$$

Підставляємо дані у формулу 4.1 і отримуємо

$$K_{\text{дод}} = 681658,75 + 8324 - 378000 = 311982,75 \text{ грн.}$$

Проведемо розрахунок зміни поточних витрат

Визначаємо економію заробітної плати робітників (в грн.) по формулі

$$Z_{\text{п}} = T_{\text{сп}} \cdot K_{\text{ф.р.ч.}} \cdot K_{\text{д}} \cdot n \quad (4.9)$$

де $T_{\text{сп}} = 13,35$ – годинна тарифна ставка робітника II розряду, грн.;

$K_{\text{ф.р.ч.}} = 12 \cdot 2 \cdot 180 = 4320$ год. - корисний фонд робочого часу робітника;

$K_{\text{д}} = 1,5$ – коефіцієнт що враховує доплати;

$n = 3$ – кількість вивільнених робітників.

Підставляємо дані в формулу 4.9 і отримуємо

$$Z_{\text{п}} = 13,35 \cdot 4320 \cdot 1,5 \cdot 3 = 259524 \text{ грн}$$

										КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Визначаємо відрахування в фонд соціального страхування та ін. (в грн.) по формулі

$$E_{c.ст} = Z_{п} \cdot V_{c.п} \quad (4.10)$$

де $V_{c.п}=0,3726$ грн. – відрахування за соціальне страхування, %;

Підставляємо дані в формулу 4.10 і отримуємо

$$E_{c.ст} = 259524 \cdot 0,3726 = 96698,6 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на охорону праці (в грн.) по формулі

$$V_{o.п.} = Z_{п} \cdot V_{o.п.р} \quad (4.11)$$

де $V_{o.п.р}=0,05$ – витрати на охорону праці, %.

Підставляємо дані в формулу 4.11 і отримуємо

$$V_{o.п.} = 259524 \cdot 0,05 = 12976,2 \text{ грн.}$$

Визначаємо економію на електроенергії (в грн.) по формулі

$$E_{ЕЛ} = \frac{N_{ДВ} \cdot T \cdot K_{ЕВ} \cdot K_{ИТ}}{K_{ВЛ}} \quad (4.12)$$

де $N_{ДВ}$ – сумарна споживча потужність електродвигунів машини:

Базовий варіант: $100 \cdot 4 = 400$ кВт.

Розрахунковий варіант: 300 кВт.

Економія: $N_{ДВ} = 400 - 100 = 100$ кВт.

T - час роботи електродвигунів

$K_{ЕВ}=1,06$ - коефіцієнт, що враховує втрати електричної енергії в мережі заводу;

$K_{ИТ}=0,8$ - коефіцієнт використання потужності устаткування;

$K_{ВЛ}=0,9$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна.

Підставляємо дані в формулу 4.12 і отримуємо

$$E_{ЕЛ} = \frac{100 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 1,06 \cdot 0,8}{0,9} = 407040 \text{ грн.}$$

Розраховуємо величину загальної суми економії (в грн.) по формулі

$$E = Z_{п} + E_{c.ст.} + E_{o.п.} + E_{ЕЛ.ен.} \quad (4.13)$$

						КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
							71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Підставляємо дані в формулу 4.13 і отримуємо

$$E = 259524 + 96698,6 + 12976,2 + 407040 = 776238,8 \text{ грн.}$$

Визначимо подорожчання експлуатаційних витрат, що збільшуються:
(розрахунковий варіант).

Розраховуємо витрати на амортизацію обладнання (в грн.) по формулі

$$A = \frac{\Phi \cdot N_{\text{дл}}}{100} \quad (4.14)$$

де Φ - вартість обладнання; $\Phi = K_{\text{дод}}$

$N_A = 15\%$ - річна норма амортизаційних відрахувань.

Підставляємо дані в формулу 4.14 і отримуємо

$$A = \frac{355662,75 \cdot 15}{100} = 53349,4 \text{ грн.}$$

Розраховуємо витрати на ремонт та утримання (в грн.) по формулі

$$V_{\text{п.р.}} = A \cdot 0,5 \quad (4.15)$$

Підставляємо дані в формулу 4.15 і отримуємо

$$V_{\text{п.р.}} = 53349,4 \cdot 0,5 = 26674,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо загальне збільшення додаткових витрат (в грн.) по формулі

$$V_{\Sigma B} = A + V_{\text{п.р.}} \quad (4.16)$$

Підставляємо дані в формулу 4.16 і отримуємо

$$V_{\Sigma B} = 53349,4 + 26674,7 = 80024,1 \text{ грн.}$$

Проведемо розрахунок показників економічної ефективності.

Визначаємо додатковий прибуток (в грн.) по формулі

$$\Pi_{\text{дод}} = E - V_{\Sigma B} \quad (4.17)$$

Підставляємо дані в формулу 4.17 і отримуємо

$$\Pi_{\text{дод}} = 776238,8 - 80024,1 = 696214,7 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо податок на прибуток (в грн.) по формулі

$$п = П_{\text{дод}} * К_{п.п} \quad (4.18)$$

де $K_{п.п} = 18\%$ – податок на прибуток.

Підставляємо дані в формулу 4.18 і отримуємо

$$п = 696214,7 \cdot 0,18 = 125318,6 \text{ грн.}$$

Визначаємо чистий прибуток (в грн.) по формулі

$$П_{\text{ч}} = П_{\text{дод}} - п \quad (4.19)$$

Підставляємо дані в формулу 4.19 і отримуємо

$$П_{\text{ч}} = 696214,7 - 125318,6 = 570896,1 \text{ грн.}$$

Визначаємо строк окупності (в роках) по формулі

$$T_o = \frac{K_{\text{дод}}}{П_{\text{ч}}} \quad (4.20)$$

Підставляємо дані в формулу 4.20 і отримуємо

$$T_o = \frac{355662,75}{570896,1} = 0,6 \text{ років.}$$

Визначаємо коефіцієнт економічної ефективності по формулі

$$K_{\text{еф}} = \frac{П_{\text{дод}}}{K_{\text{дод}}} \quad (4.21)$$

Підставляємо дані в формулу 4.21 і отримуємо

$$K_{\text{еф}} = \frac{696214,7}{355662,75} = 1,96$$

Визначаємо річний економічний ефект (в грн.) по формулі

$$E_p = П_{\text{ч}} - E_n \cdot K_{\text{дод}} \quad (4.22)$$

де $E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності

Підставляємо дані в формулу 4.22 і отримуємо

$$E_p = 570896,1 - 0,15 \cdot 355662,75 = 517546,7 \text{ грн.}$$

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк. 73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показники економічної ефективності проведених заходів приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2

Показник	Кількість
Додатковий прибуток, грн.	696214,7
Строк окупності, роки	0,6
Коефіцієнт економічної ефективності	1,96
Додаткові капітальні вкладення, грн.	355662,75
Річний економічний ефект, грн.	517546,7

					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі на тему «Обґрунтування параметрів та режимів роботи обладнання для висушування зерна» виконано аналіз існуючих конструкцій зерносушильного обладнання та проведено розрахунок основних конструктивних і технологічних параметрів досліджуваного обладнання.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що використання сучасних технологій сушіння зерна забезпечує збереження його якісних характеристик, зменшує втрати продукції під час зберігання, підвищує ефективність технологічних процесів та створює необхідні умови для тривалого зберігання зернової продукції.

Досліджено особливості конструкцій сучасних зерносушарок, принципи їх роботи та технологічні схеми сушіння зерна. Встановлено, що найбільш ефективними є шахтні зерносушарки, які характеризуються високою продуктивністю, надійністю експлуатації, рівномірністю процесу сушіння та відносно низькими питомими витратами енергії.

У технологічному розділі виконано аналіз процесу сушіння зерна, розглянуто послідовність технологічних операцій та обґрунтовано вибір основного обладнання. Проведені технологічні розрахунки дозволили визначити основні параметри роботи обладнання та забезпечити необхідну продуктивність технологічного процесу.

У конструкторському розділі проведено енергетичний, конструктивний та кінематичний розрахунки обладнання для висушування зерна. Отримані результати дозволили визначити основні геометричні параметри робочих елементів, обґрунтувати вибір елементів приводу та забезпечити раціональні режими роботи обладнання.

У розділі охорони праці розглянуто потенційно небезпечні фактори, які можуть виникати під час експлуатації зерносушильного обладнання, а також

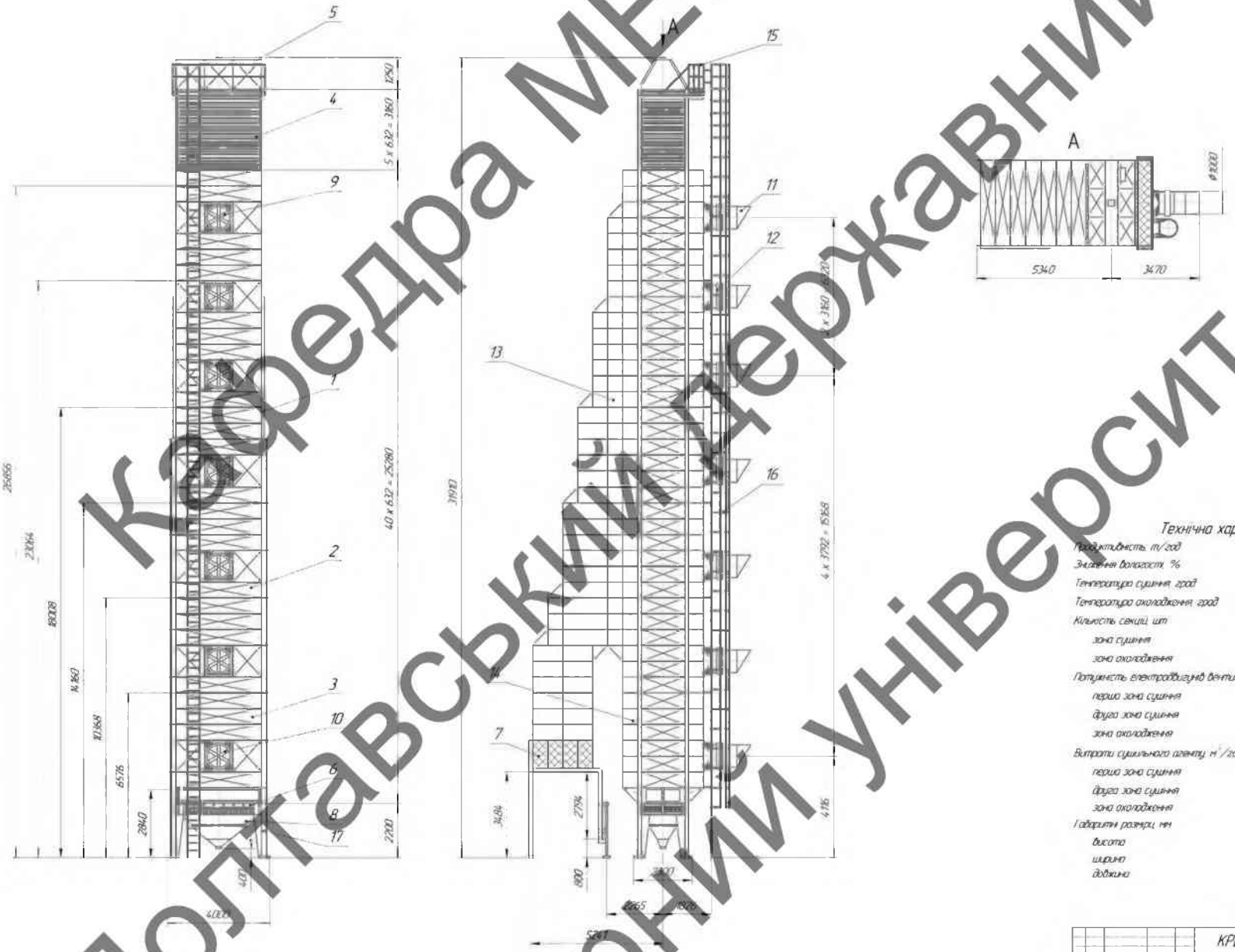
					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запропоновано заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, зниження виробничого травматизму та підвищення рівня пожежної безпеки.

У розділі охорони навколишнього середовища проаналізовано можливий вплив технологічних процесів сушіння зерна на довкілля та визначено основні заходи щодо зменшення негативного впливу шляхом застосування систем вентиляції, аспірації та очищення виробничих викидів.

Проведене економічне обґрунтування підтвердило доцільність використання запропонованих конструктивно-технологічних рішень, які сприяють підвищенню ефективності роботи зерносушильного обладнання, покращенню якості зернової продукції та зменшенню експлуатаційних витрат.

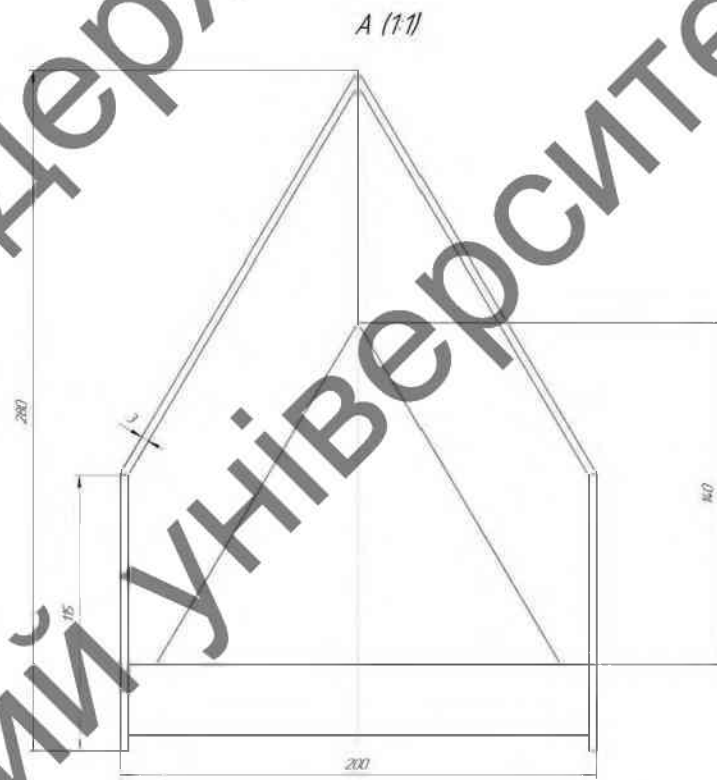
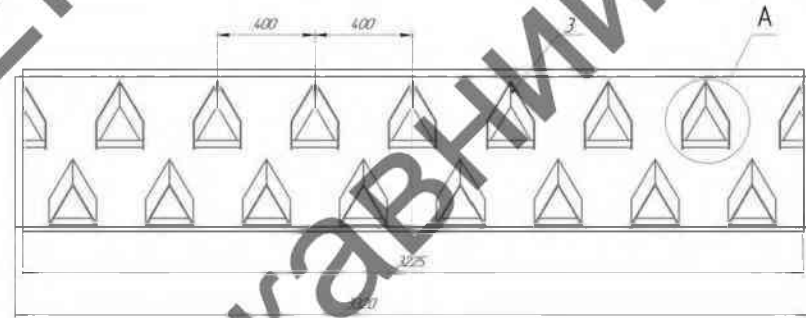
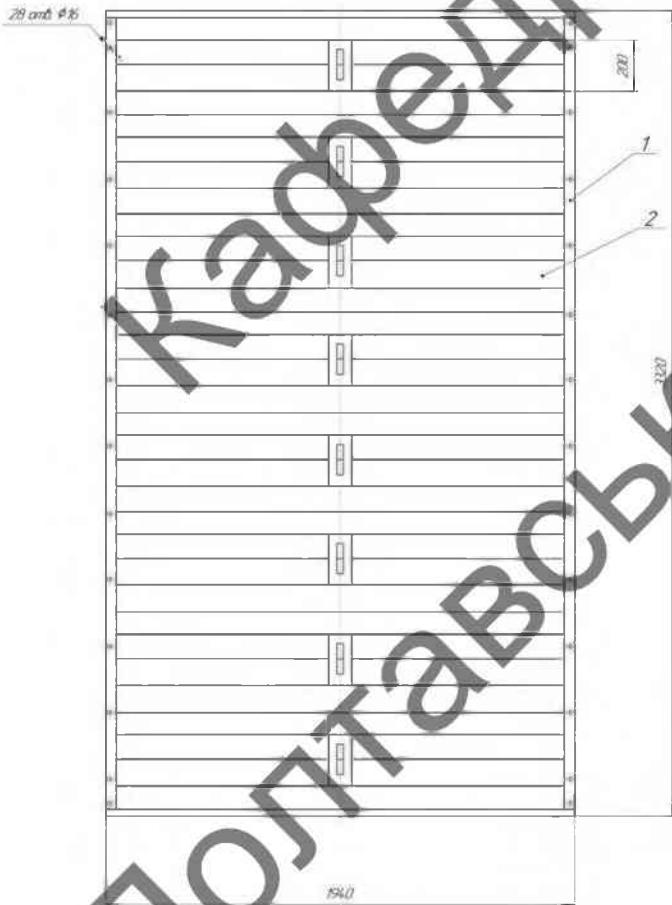
					КРБ.133ГМбд_41.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



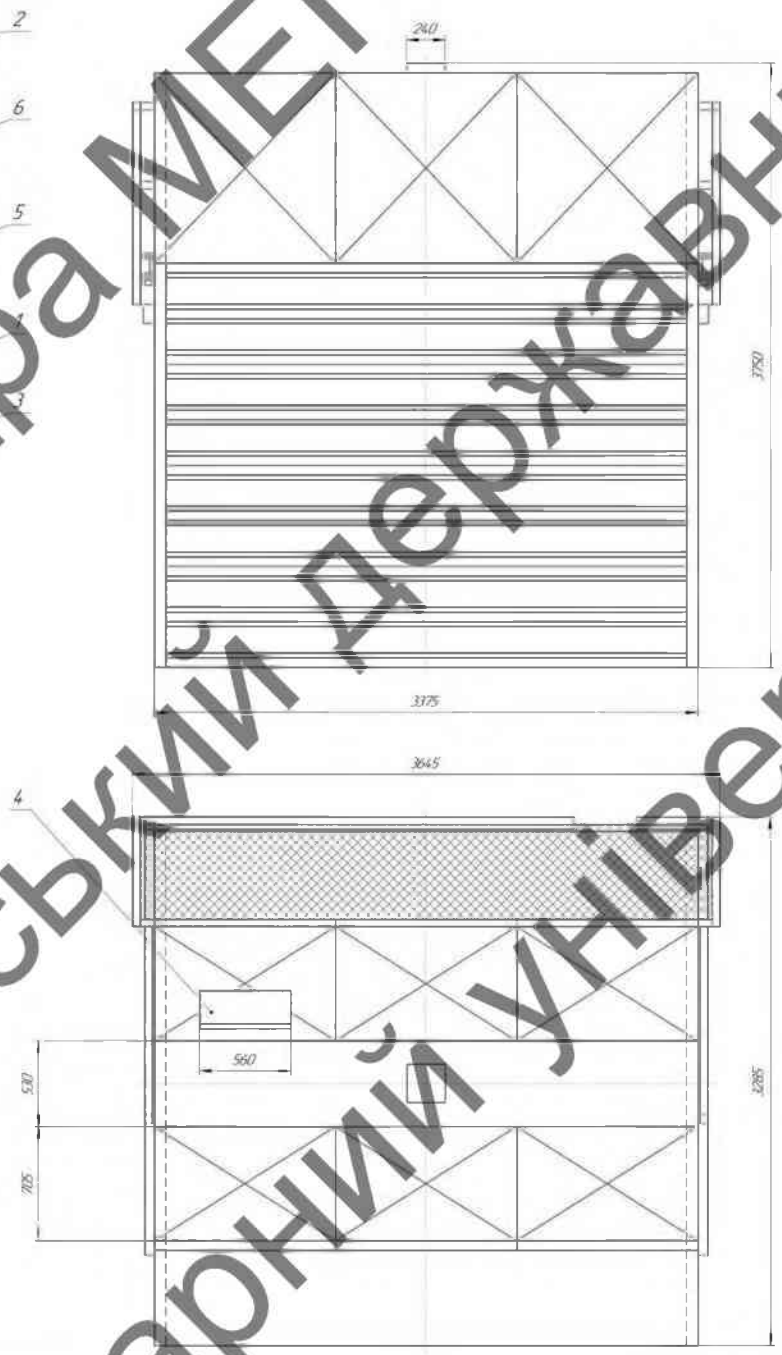
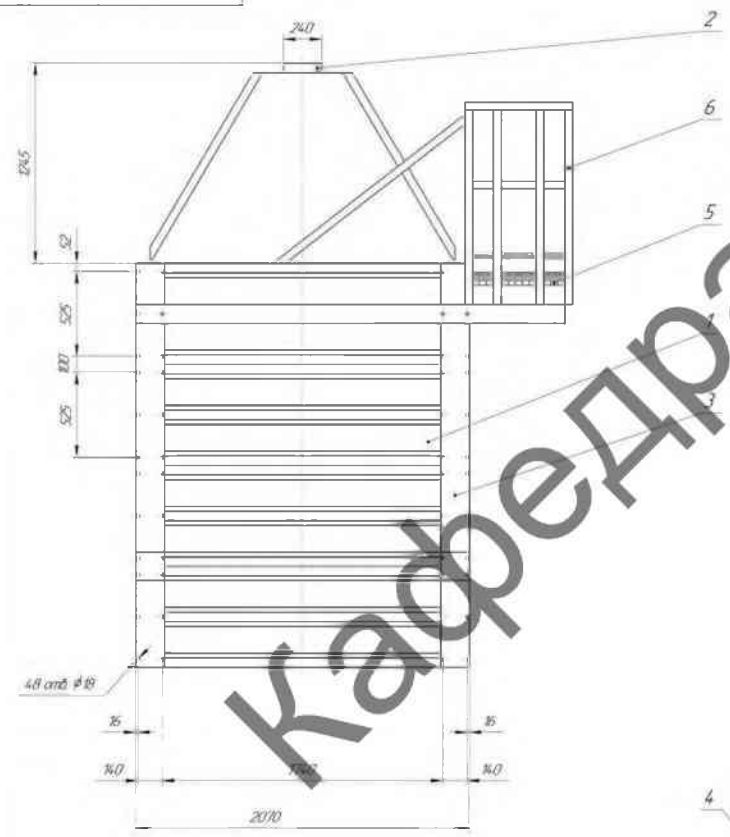
Технічна характеристика

Продуктивність т/год	120
Змішаний довгості %	25-13
Температура сушіння град	62
Температура охолодження град	15
Кількість секцій шт	
зона сушіння	34
зона охолодження	6
Потужність електродвигуна вентилятора кВт	
перша зона сушіння	55
друга зона сушіння	25
зона охолодження	78
Витрати сушильного агенту м ³ /год	
перша зона сушіння	275635,2
друга зона сушіння	136807,8
зона охолодження	391908
Габаритні розміри, мм	
висота	31910
ширина	4000
довжина	8810

КРБ.133ГМвд_4.1.16.00.00.000 СК			
№ проєкту	№ ділянки	Габарити	Дата
Зерносушарка	175	КРБ	175
Шахтна			
Масштаб	1:1		
Дата	10.04.2026		



КРБ.133ГМба_4.116.00.02.000 СК			
№ п/п	№ документа	Дата	Изменения
1	КРБ		1/01
Секция сушильна			Лист 1 из 1
Дата: 11.06.2026			Лист 1 из 1



КРБ.133ГМд_4.116.00.04.000 СК			
Пристрі розподільчий			
№	Підрозділ	Об'єкт	Лист
1	1	1	115
Листів: 4 з 4			Лист: 4 з 4
Дата: 11.04.2026			Лист: 4 з 4

