

Ц

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки марки ВРА-4**

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МОс-41
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

	(шифр і назва спеціальності)	
	(підпис)	Плакса А.Д. (прізвище та ініціали)
Керівники	(підпис)	Ворощук В.Я. (прізвище та ініціали)
	(підпис)	Шинкарик М.М. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кравець О.І. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Пилипець О.М. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

- | |
|---|
| 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів) |
| 1. Загальний вигляд установки марки ВРА-4 |
| 2. Структурна схема установки ВРА-4 |
| 3. Кінематична схема установки ВРА-4 |
| 4. Сушильна башта |
| 5. Розпилювальний пристрій установки ВРА-4 |
| 6. Схема складання розпилювального пристрою установки ВРА-4 |

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи хорони праці	доц. Кравець О.І.		
Нормоконтроль	доц. Кравець О.І.		

7. Дата видачі завдання 03.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Аналітична частина	03.02. 2026-20.03.2026	
2	2. Конструкторська частина	01.03.2026-15.04.2026	
3	3. Технологічна частина	01.04.2026-10.05.2026	
4	4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2026-10.06.2026	
5	Висновки.	10.06.2026-15.06.2026	
6	Графічна частина		
7	Загальний вигляд установки марки ВРА-4	03.02. 2026-10.03.2026	
8	Структурна схема установки ВРА-4	01.03.2026-15.04.2026	
9	Кінематична схема установки ВРА-4	01.03.2026-15.04.2026	
10	Сушильна башта	10.03.2026-10.04.2026	
11	Розпилювальний пристрій установки ВРА-4	10.04.2026-25.04.2026	
12	Схема складання розпилювального пристрою установки ВРА-4	15.04.2026-01.05.2026	
13	Графічне представлення технологічного процесу механічної обробки шківів	01.05. 2026-25.05.2026	
14			

Студент

(підпис)

Плакса А. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівники роботи

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Шинкарик М.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Плакса Андрій Дмитрович. Розроблення заходів з технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки марки ВРА-4.

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз конструктивних особливостей та умов роботи розпилювального пристрою сушильної установки ВРА-4, проведено огляд аналогічних розпилювальних установок та їхній порівняльний аналіз. Виконано технологічний та енергетичний розрахунок сушарки, розрахунок розпилювального диску, приводу та пасової передачі розпилювача, розрахунок вала розпилювача. Розроблено комплексну систему технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки ВРА-4, включаючи графік планово-попереджувального ремонту та технологію відновлення зношених деталей вузла. Розроблено заходи із безпеки життєдіяльності і охорони праці.

Ключові слова: розпилювальний пристрій, установка ВРА-4, технічне обслуговування, ремонт, розпилювальна сушарка, сухе молоко.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плакса А.Д.			Анотація	Літ.	Арк.
Перевір.		Шинкарик М.М.					3
Реценз.						гр. МОс-41	
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					

Abstract

Plaksa Andrii. Development of measures for maintenance and repair of the spraying device of the VRA-4 unit.

The qualification thesis analyses the design features and operating conditions of the spray device of the VRA-4 spray drying installation, reviews analogous installations and performs their comparative analysis. The technological and energy calculations of the dryer, calculations of the spray disc, drive and belt transmission of the atomizer, and shaft calculation have been performed. A comprehensive system of maintenance and repair measures for the spray device of the VRA-4 installation has been developed, including a preventive maintenance schedule and restoration technology for worn parts. Measures for life safety and labour protection have been developed.

Keywords: spray device, VRA-4 installation, maintenance, repair, spray dryer, dry milk.

					<i>КРБ 363.00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Плакса А.Д.</i>			<i>Abstract</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Шинкарик М.М.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кравець О.І.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Пилипець О.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						3	
					<i>зр. МОс-41</i>		

Зміст

Завдання	1
Анотація	3
Abstract	3
Зміст.....	4
Вступ	6
1. Аналітична частина.	8
1.1. Аналіз умов роботи і технічних характеристик.....	8
1.2. Опис будови і принципу роботи сушарки для молока марки ВРА-4.....	9
1.3. Огляд конструкцій розпилювальних сушарок.....	12
1.4. Мета і задачі кваліфікаційної роботи	20
2. Конструкторська частина.....	21
2.1. Технологічний розрахунок сушарки для молока марки ВРА-4.....	21
2.2. Енергетичний розрахунок.....	24
2.3. Структурний аналіз розпилювальної сушарки	26
2.4. Кінематичний аналіз розпилювальної сушарки	28
2.5. Розрахунок розпилювального диска	29
2.6. Розрахунок приводу розпилювача	32
3. Технологічна частина	35
3.1. Розробка схеми монтажу сушарки моделі ВРА-4	35
3.1.1. Вибір такелажного оснащення та схеми монтажу сушарки моделі ВРА-4	35
3.1.2 Вибір методів сушарки моделі ВРА-4 на фундаменті. Вибір інструментів та пристосувань	37
3.2. Розробка технології ремонту вузла розпилювального пристрою сушарки моделі ВРА-4.....	41

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Плакса А.Д.			Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Шинкарик М.М.								4	
Реценз.								гр. МОс-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

3.2.1. Аналіз характерних причин виходу із ладу сушарки моделі ВРА-4.	41
4. Розробка графіка планово-попереджувального ремонту сушарки моделі ВРА-4	41
3.2.2. Розробка технологічної документації на проведення ремонту сушарки моделі ВРА-4.....	48
3.2.3. Дефектування і сортування деталей	53
3.3. Розробка технологічного маршруту механічної обробки шківів сушарки моделі ВРА-4.....	57
3.3.1 Опис призначення та конструкції шківів. Аналіз технічних умов сушарки моделі ВРА-4.....	57
3.3.2. Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки шківів сушарки моделі ВРА-4.....	59
3.3.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки шківів сушарки моделі ВРА-4	61
3.3.4. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки шківів сушарки моделі ВРА-4.....	62
3.3.5. Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю.....	63
3.3.6. Розрахунок режимів різання по операціях при механічній обробці шківів сушарки моделі ВРА-4	66
3.3.7. Технічне нормування розробленого технологічного процесу виготовлення шківів сушарки моделі ВРА-4	67
4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.	69
4.1 Заходи з охорони праці та техніки безпеки.....	69
4.2. Заходи з безпеки життєдіяльності.....	73
4.2.1. Техногенні аварії.....	73
4.2.2. Засоби вибухозахисту герметичних систем.....	76
4.2.3. Пожежний захист виробничих об'єктів	78
Висновки	80
Перелік посилань	82
Додатки	

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вступ

Сушіння молока є однією з найважливіших технологічних операцій у молочній промисловості, спрямованою на збереження поживних якостей продукту, продовження терміну його зберігання та розширення можливостей його використання в харчовій промисловості та виробництві кормів. Розпилювальні сушарки, як найбільш розповсюджена технологія сушіння рідких продуктів, забезпечують високу якість сухого молока та вирівнюють гранулометрию продукту.

Установка ВРА-4 є сучасною розпилювальною сушаркою, що широко застосовується на молокопереробних підприємствах України та країн сусідів. Розпилювальний пристрій установки виконує одну з найбільш відповідальних функцій у технологічному процесі — розпилення гарячого молока на дрібні крапельки для їх висушування гарячим повітрям. Якість роботи розпилювача прямо впливає на якість кінцевого продукту, рівномірність висушування, вихід готового продукту та енергетичні витрати процесу.

Практика експлуатації установки ВРА-4 показує, що розпилювальний пристрій є найбільш вразливим вузлом сушарки. Накопичення молочних відкладень, корозія деталей, механічне зношування тертьових пар призводять до погіршення якості розпилення, неповного використання камери сушіння та виході з ладу обладнання. Недостатня увага до технічного обслуговування цього критичного вузла призводить до передчасних відмов, непланових простоїв виробництва та значних економічних втрат.

Актуальність теми [1] зумовлена необхідністю розроблення і впровадження комплексної системи технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки ВРА-4, яка б забезпечила надійність його роботи, стабільність технологічних параметрів процесу сушіння та зниження витрат на відновлення працездатності обладнання.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плакса А.Д.			Вступ		
Перевір.		Шинкарик М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						6	
					гр. МОс-41		

Розроблені заходи технічного обслуговування та ремонту можуть бути впроваджені на молокопереробних підприємствах для підвищення надійності установки ВРА-4, покращення якості сухого молока та оптимізації витрат на утримання обладнання.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Аналітична частина.

1.1. Аналіз умов роботи і технічних характеристик

Сушильна установка марки ВРА-4 використовується для розпилення і подальшого висушування незбираного або знежиреного молока, знаходячи широке застосування на підприємствах молокопереробної та харчової промисловості. Основна функція установки полягає в швидкому видаленні вологи з термочутливої молочної сировини без втрати її біологічної цінності, поживних властивостей та здатності до швидкого відновлення (розчинення).

Продуктивність цієї сушарки, розрахована безпосередньо по випареній волозі, становить 1000 кг/год, що визначає її як обладнання середньої та високої потужності, здатне переробляти значні об'єми рідкої сировини за робочу зміну. Стабільне функціонування установки передбачає її обов'язкове розміщення у закритому виробничому цеху із базовою температурою навколишнього середовища 20°C. Підтримання цього температурного режиму в приміщенні є критично важливим, оскільки саме з цеху забирається повітря для технологічних потреб і пневмотранспорту, а надмірні коливання зовнішньої температури можуть призвести до порушення теплового балансу всієї системи та перевитрати енергоносіїв.

Процес зневоднення сировини базується на інтенсивному, майже миттєвому тепло- і масообміні між дрібнодисперсними краплями молока та гарячим теплоносієм. Гаряче сушильне повітря надходить у робочу камеру із чітко контрольованою температурою 190°C. Цей рівень температури є оптимальним: він забезпечує максимальну рушійну силу процесу випаровування, але завдяки миттєвому охолодженню при випаровуванні вологи сухі речовини молока не піддаються тепловій деструкції (не відбуваються процеси карамелізації лактози чи денатурації білків).

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плакса А.Д.			1. Аналітична частина.	Літ.	Арк.
Перевір.		Шинкарик М.М.					8
Реценз.						гр. МОс-41	
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					

Після завершення повного циклу випаровування відпрацьовані повітряні маси виходять із сушильної камери, маючи температуру 90°C. Даний параметр ретельно контролюється, оскільки зниження температури на виході нижче критичної межі може викликати зворотне зволоження порошку та його налипання на стінки камери, а надмірне підвищення свідчитиме про неефективне використання теплової енергії.

Технологічний цикл розрахований на переробку рідкого знежиреного молока з початковим рівнем вологості 55% (що зазвичай відповідає попередньо згущеному в вакуум-апаратах молоку). Такий підхід дозволяє суттєво підвищити техніко-економічні показники установки, оскільки видалення основної маси води у згущувачах є значно дешевшим, ніж безпосередньо в розпилювальній сушарці. На виході з установки процес дозволяє отримати високоякісний сухий концентрований порошок із кінцевою вологістю не більше 5%. Такий низький вміст залишкової вологи гарантує тривалий термін зберігання готової продукції, зупиняє розвиток будь-якої мікрофлори та запобігає злежуванню й комкуванню порошку під час транспортування і пакування.

1.2. Опис будови і принципу роботи сушарки для молока марки ВРА-4

Прямотоківі розпилювальні установки останнім часом набули надзвичайно великого поширення як у вітчизняній молочній промисловості, так і на провідних закордонних підприємствах завдяки своїй високій продуктивності та дбайливому збереженню корисних властивостей продукту.

Основу конструкції сушильної установки становить вертикальна сушильна башта, яка в нижній частині оснащена спеціальним конічним днищем для збору сухої фракції, а також комплексом високопродуктивних циклонів і різноманітних допоміжних пристроїв. Внутрішній діаметр циліндричної частини цієї башти становить 5,5 м при висоті циліндра 3 м, тоді як загальна габаритна висота всієї конструкції досягає 7,55 м. Вся внутрішня поверхня сушильної камери, яка безпосередньо контактує з харчовим продуктом, виготовлена з

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високоякісної нержавіючої сталі. Ефективна теплоізоляція корпусу виконана з мінеральної вати, яка ззовні надійно захищена та покрита листовим алюмінієм для запобігання втратам тепла в цех.

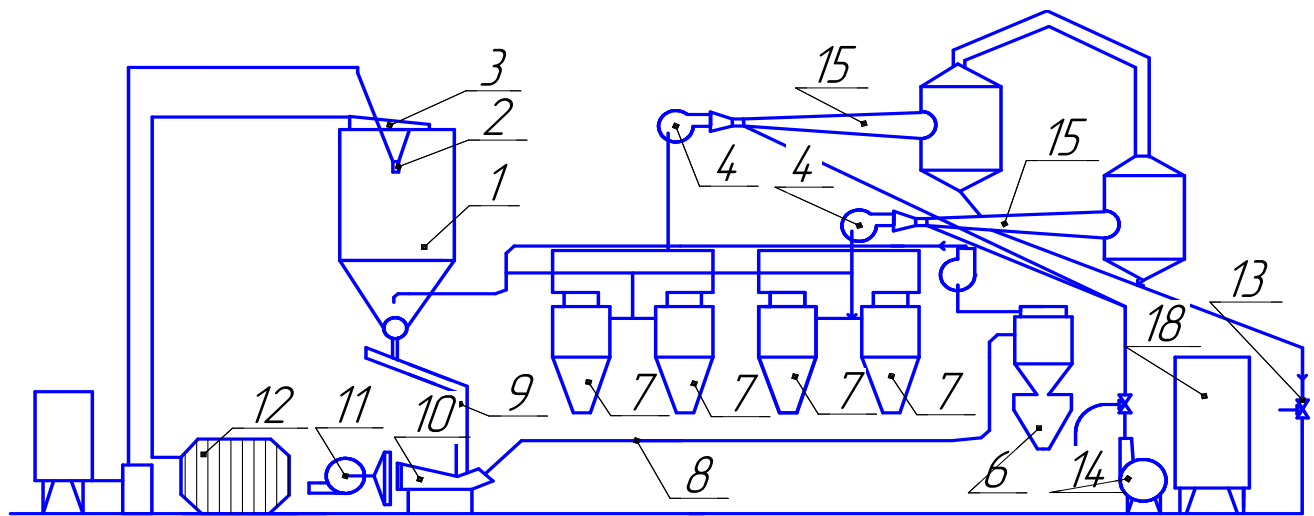


Рисунок 1.1.– Загальний вигляд сушильної установки

У самому центрі верхньої кришки сушильної башти змонтовані спеціальні повітрерозподілювачі і високоефективний дисковий розпилювач, частота обертання якого підтримується в межах від 200 до 300 с⁻¹ для забезпечення дрібнодисперсного розпилу сировини. Повітря, що безперервно подається на сушку, попередньо нагрівається в паровому калорифері при стабільному тиску гріючої пари 1,1 МПа ($11 \cdot 10^5$), при цьому загальна витрата технологічної пари на процес сушіння становить біля 1460 кг/год. Подача повітряного потоку здійснюється потужним нагнітаючим вентилятором високого тиску, номінальна продуктивність якого становить 14200 м³/год.

Пройшовши через калорифер, повітря прогрівається до робочої температури 180–200°C і спрямовується безпосередньо в корінь утвореного факела розпилу рідкого молока. При цьому в повітрерозподілювачі потік гарячого повітря інтенсивно закручується в напрямку, абсолютно протилежному до вектору руху розпилених частинок продукту, що гарантує максимальну турбулізацію та швидке випаровування вологи. Після того як краплі продукту

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

втрачають свою високу початкову швидкість вильоту з диска, вони змішуються з повітрям і разом рухаються по низхідній спіралеподібній траєкторії, причому температура в цій зоні становить 85–96°C.

Відпрацьоване повітря, яке все ще несе в собі найдрібніші фракції молочного порошку, через спеціально передбачений вихідний патрубок виводиться з об'єму сушильної камери і спрямовується в батарею циклонів для первинного сухими методами очищення. З циклонів повітряні маси за допомогою вентиляторів перекачуються у два послідовно встановлені скрубери вологої очистки. Робочою змочувальною рідиною для цих скрубєрів виступає вихідне знежирене молоко, яке з накопичувального бака відцентровим насосом через трьохходовий кран подається безпосередньо в зрошувальний пристрій скрубєра, забезпечуючи уловлювання залишків пилу та одночасне підігрівання самої сировини.

Основна маса висушеного молочного порошку під дією сили тяжіння спускається по конічному днищу сушильної башти і висипається у віброкоток, з якого плавно дозується в пневмотранспортну лінію. Пневмотранспортування готового сухого молока здійснюється потоком повітря, яке забирається безпосередньо з приміщення цеху допоміжним вентилятором. Перед потраплянням у пневмотранспортну лінію це повітря проходить ретельне очищення в спеціальних фільтрах із замінними фільтрувальними елементами з крепселона.

У процесі такого транспортування молочний порошок додатково охолоджується до безпечної температури, яка лише на 10–15°C перевищує температуру засмоктуваного з цеху повітря. В цю ж пневмотранспортну лінію через дозатори потрапляє і вловлений молочний порошок з батареї циклонів. Далі по трубопроводах продукт надходить у розвантажувальний циклон, з якого ефективно осаджується в бункер-накопичувач. Через потребу в економії та доочищенні, повітря з розвантажувального циклона повертається назад у повітрехід, яким відпрацьовані гази з сушильної башти йдуть на батарею циклонів. Наприкінці процесу за допомогою герметичного шлюзового затвору,

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змонтованого під бункером-накопичувачем, готовий сухий продукт стабільно вивантажується з установки, після чого оперативно спрямовується на остаточне фасування в щільні паперові крафт-мішки.

1.3. Огляд конструкцій розпилювальних сушарок

Сухі молочні продукти, які виготовляються на сучасних розпилювальних сушильних комплексах [2-6], мають надзвичайно високий рівень розчинності у воді, що є ключовим фактором для їхнього повсюдного промислового та побутового використання. На сьогоднішній день у харчовій індустрії фактично не існує гідної альтернативи розпилювальному методу, якщо оцінювати кінцевий результат з точки зору збереження первинних властивостей, органолептичних показників та загальної якості сухого порошку.

Безпосередньо сам процес зневоднення дрібних крапель сировини всередині сушильної башти традиційно поділяють на два послідовні та принципово різні етапи. Перший етап характеризується абсолютно постійною швидкістю випаровування вологи. Він протікає на самому початку контакту сировини з теплоносієм, коли вся теплова енергія, що передається кожній мікрочастинці молока, повністю витрачається на інтенсивне випаровування вільної поверхневої води. Завдяки цьому фізичному явищу температура самої частинки не перевищує теплову межу і стабільно тримається на рівні приблизно 100°C, запобігаючи перегріву сухого залишку. Другий етап розпочинається через певний проміжок часу, коли вільна волога з поверхні вже видалена, а внутрішні шари чинять опір її дифузії. У цей момент об'єм тепла, що надходить від гарячого повітря, починає перевищувати кількість енергії, необхідну для випаровування залишків зв'язаної вологи. Як наслідок, температура сухої мікрочастинки стрімко зростає, що за умови неправильного регулювання процесу може викликати деструктивні фізико-хімічні зміни, такі як денатурація білкових фракцій або карамелізація молочного цукру.

Для мінімізації подібних теплових ризиків, суттєвого підвищення споживчих властивостей готового продукту та раціонального зниження загальних витрат енергоресурсів у сучасній практиці впроваджують прогресивне двостадійне або навіть трістадійне сушіння, стадії якого схематично зображені на рисунку 1.2. За такої схеми перша стадія реалізується безпосередньо у традиційній розпилювальній камері, а друга та третя стадії досушування відбуваються у спеціальному псевдозрідженому (псевдокиплячому) шарі. Дане обладнання киплячого шару може бути інтегроване безпосередньо в нижню частину сушильної камери або винесене за її межі у вигляді окремого автономного агрегату.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

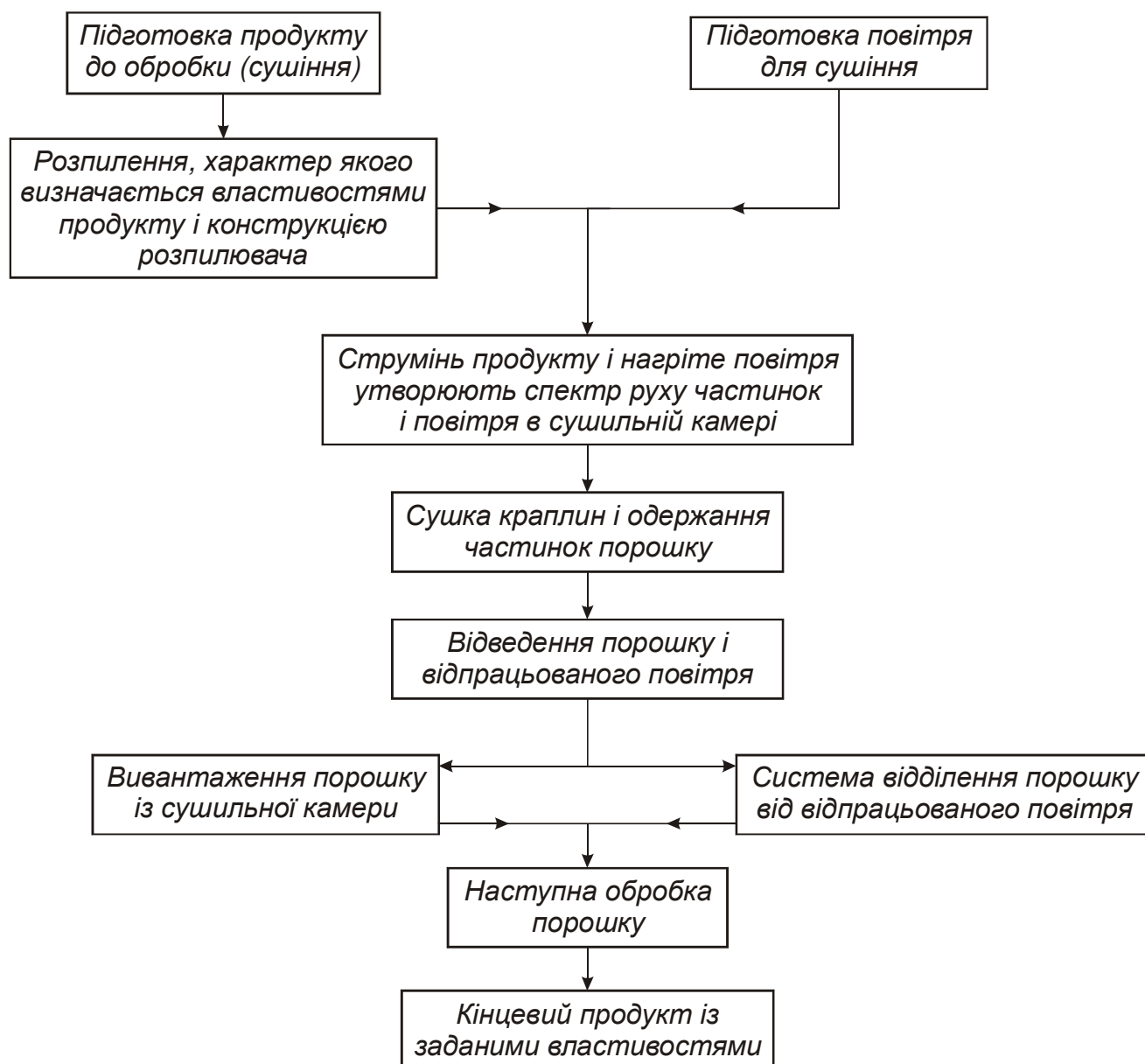


Рисунок 1.2. Стадії технологічного процесу сушіння на розпилювальних установках.

Важливим технологічним елементом сушіння методом розпилення є процес штучної агломерації, який полягає в контрольованому повторному змочуванні та подальшому об'єднанні дрібнодисперсних пилоподібних частинок у більші пористі конгломерати. Це дозволяє кардинально покращити такі важливі фізичні показники сухого молока, як швидкість розчинності, здатність

до швидкого змочування, спечуваність та сипучість (текучість) порошку під час автоматизованого пакування.

Яскравим прикладом класичного обладнання є сушильна установка марки RSM-500 виробництва Чехії (рисунок 1.3), конструктивна схема якої включає вертикальну циліндричну башту, забезпечену нижнім конічним днищем, потужний паровий калорифер для підготовки гарячого повітря, ефективну батарею циклонів для сухого вловлювання пилу, накопичувальний бункер для збору готового сухого молока, високошвидкісний дисковий розпилювач та герметичну систему пневматичного транспорту продукту.

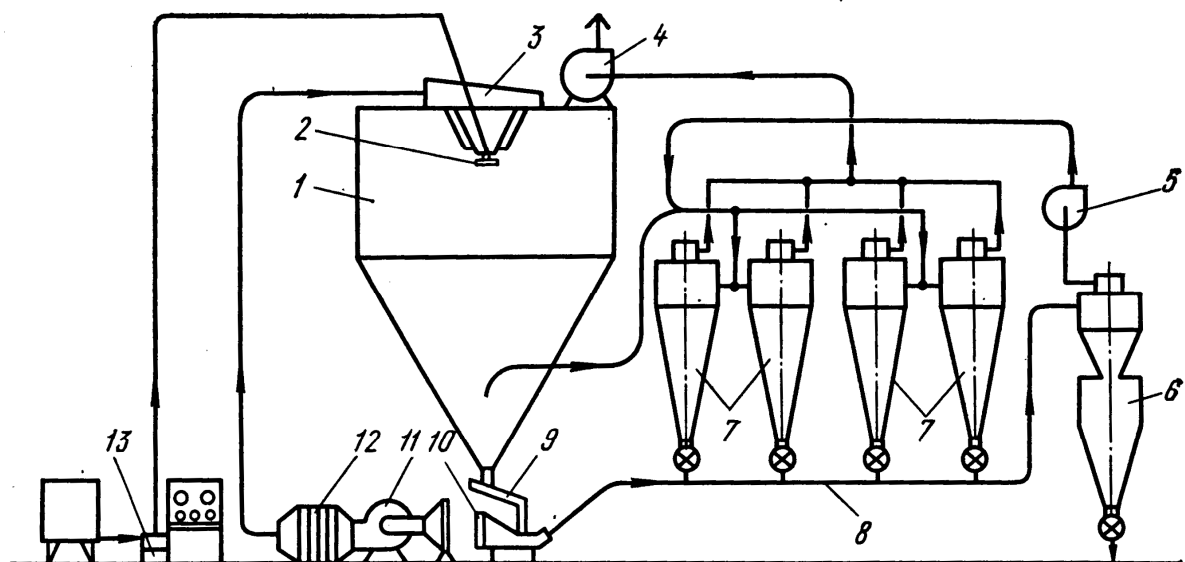


Рисунок 1.3 - Сушильна установка марки RSM-500.

Основна башта установки має внутрішній діаметр 5,5 м при висоті циліндра 3 м, тоді як її повна габаритна висота становить 7,55 м. Внутрішня робоча поверхня корпусу повністю виготовлена з високоякісної харчової нержавіючої сталі, а зовні башта надійно захищена шаром теплоізоляції та облицьована листами алюмінію. Для запобігання аварійним ситуаціям на зовнішній обшивці башти змонтовані спеціальні механічні або пневматичні молотки. Завдяки їхнім періодичним поодиноким ударам по металевому корпусу

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

відбувається регулярне струшування залишків сухого молока зі стінок камери. Це ефективно запобігає тривалому налипанню порошку, унеможливорює утворення пригару, а також нівелює небезпеку локального самозагоряння сухої маси під впливом високих температур. У самому центрі камери встановлено дисковий розпилювач, частота обертання якого підтримується в робочому діапазоні 200–250 -1.

Подача свіжого повітря здійснюється потужним нагнітальним вентилятором, який проганяє потік через паровий калорифер. На виході з калорифера нагріте до 180–200°C повітря спрямовується в зону розподілу, причому вектор його закрутки є строго протилежним напрямку обертання розпилювального диска та траєкторії вильоту частинок. Внаслідок такого зустрічного турбулентного руху мікрокраплі молока швидко втрачають свою кінетичну енергію і починають плавно опускатися вниз по спіралеподібній траєкторії. Евакуація відпрацьованого повітря забезпечується потужним витяжним вентилятором, продуктивність якого свідомо закладена дещо вищою, ніж у нагнітального. Завдяки такій різниці потужностей всередині башти створюється стабільне невелике розрідження (близько 5 мм рт. ст. або 660 Па), що додатково сповільнює осадження частинок і збільшує корисний час їхнього перебування в зоні сушіння для гарантованого видалення вологи. Готовий молочний порошок з камери скидається в систему пневмотранспорту, куди одночасно дозується і вловлений дрібний продукт із батареї циклонів. Транспортування сухого молока здійснюється за допомогою повітряного потоку, який допоміжний вентилятор забирає безпосередньо з приміщення цеху, завдяки чому в процесі руху порошок ефективно охолоджується, а відокремлене транспортує повітря очищується на фінальних циклонах.

Іншим поширеним типом обладнання є вітчизняна установка А1-ОР2Ч, загальний вигляд та компонування якої представлено на рисунку 1.4. Цей апарат призначений для сушіння як знежиреного молока (перегону), так і незбираної сировини. До складу комплексу входить вертикальна сушильна камера, розгалужена система безперервної подачі рідкого продукту, калориферний

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нагрівач повітря, батарея високопродуктивних циклонів, лінія пневмотранспорту готового порошку, надійна насосна одногвинтова установка марки П8-ОНТ, потужний плунжерний гомогенізатор для молока К5-ОГА-1,2, фірмовий розпилювач Н7-ОРБ, автономний тепловий агрегат МЗС-320, а також автоматизований вузол для фасування та пакування сухої продукції. Дана установка належить до апаратів прямотечійного типу. Її сушильна камера виконана у формі вертикального циліндра, але замість традиційного глибокого конуса вона обладнана механічним скребковим пристроєм, повітрерозподільником та збиральним розвантажувальним шнеком.

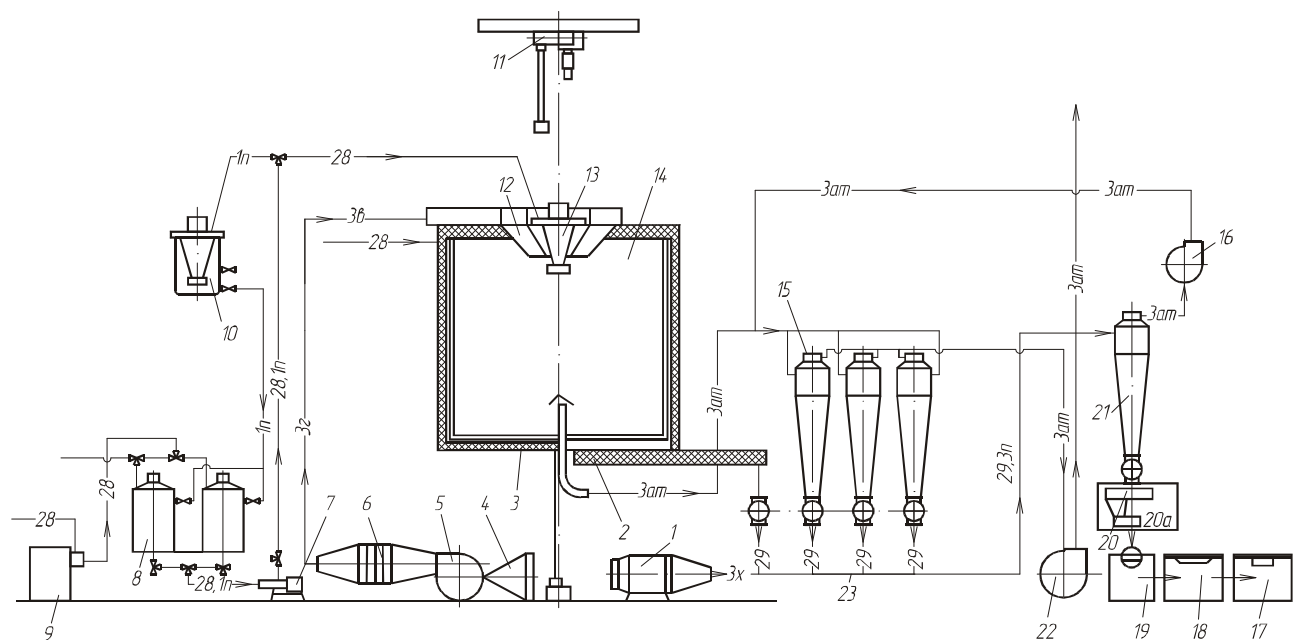


Рисунок 1.4.– Установка А1-ОР2Ч

Технологічний процес на установці А1-ОР2Ч організований таким чином: попередньо згущене молоко під тиском проходить крізь гомогенізатор для подрібнення жирових кульок, надходить у проміжну буферну ємність, звідки гвинтовим насосом подається на високошвидкісний розпилювальний диск, що обертається із частотою 200 с-1. Гаряче повітря з температурою близько 160°C подається у верхню частину башти прямотечійно, тобто в одному напрямку з розпиленням молока. Висушений порошок, що осідає на плоске дно камери, безперервно згрібається механічним скребковим пристроєм у приймальний

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

шнек, який перевантажує його в систему пневмотранспорту. Засвідчене практикою застосування рухомого скребкового механізму дозволило радикально зменшити загальну висоту сушильної камери, оскільки відпала потреба в монтажі високого і громіздкого конічного дна. У процесі переміщення по трубах транспортне повітря паралельно охолоджує молочний порошок до безпечної температури. Після проходження розвантажувального циклона-осаджувача повітряний потік спрямовується на фінальну санітарну очистку в батарею циклонів, а сухе молоко періодичними порціями виводиться з пневмомагістралі на пакування. Номінальна продуктивність цієї установки становить 500 кг випареної вологи за годину, при цьому питоме напруження робочого об'єму сушильної башти по волозі дорівнює $5 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$. Питомі витрати пари становлять близько 3,0 кг на кілограм видаленої води, а загальна конструктивна висота всього комплексу досягає 12,5 м.

Для більш прогресивного перероблення молока використовується розпилювально-вібраційна установка моделі ОСВ-1 (рисунок 1.5), яка також призначена для сушіння незбираного молока та маслянки або знежиреного молока. Особливістю даної технології є чіткий поділ сушіння на дві ізольовані стадії. Перша стадія, яка відрізняється надвисокою швидкістю видалення основної маси вільної вологи, реалізується всередині головної сушильної башти. Друга стадія, під час якої швидкість випаровування внутрішньокапілярної вологи значно знижується, перенесена в горизонтальну вібраційну конвективну сушарку киплячого шару. Така комбінована організація процесу повністю виключає ризик небажаного грудкування молочного порошку при підвищеній початковій вологості та забезпечує м'яке делікатне досушування. Згущена сировина під тиском подається на розпилювальні форсунки, диспергується до стану туману і висушується в камері в супутньому потоці гарячого повітря. Отриманий напівсухий порошок вивантажується через нижній гранулятор і самопливом надходить для остаточного досушування та охолодження у вібраційні конвективні сушарки, після чого вертикальним елеватором подається на вібросито для класифікації за розміром частинок. Кондиційний порошок

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системи конвеєрів через перемикаючий розподільник завантажується в силоси тимчасового зберігання, звідки надходить на лінії безпосереднього фасування. У базовий комплект установки ОСВ-1 обов'язково входить інтегрована система безрозбірного миття внутрішніх поверхонь башти, циклонів та бункерів за допомогою автоматичних високотискових гідромоніторів. Також безпека виробництва підвищена завдяки передбаченій системі екстреної подачі насиченої пари безпосередньо в об'єм камери на випадок виникнення вогнищ самозагоряння сухого пилю. Загальна продуктивність установки ОСВ-1 становить від 900 до 1000 кг/год по готовій продукції. Температура робочого повітря на вході в камеру утримується в межах 160–180°C, на виході з камери вона знижується до 95°C, а всередині камери підтримується стабільний вакуум (розрідження) на рівні 20–25 Па.

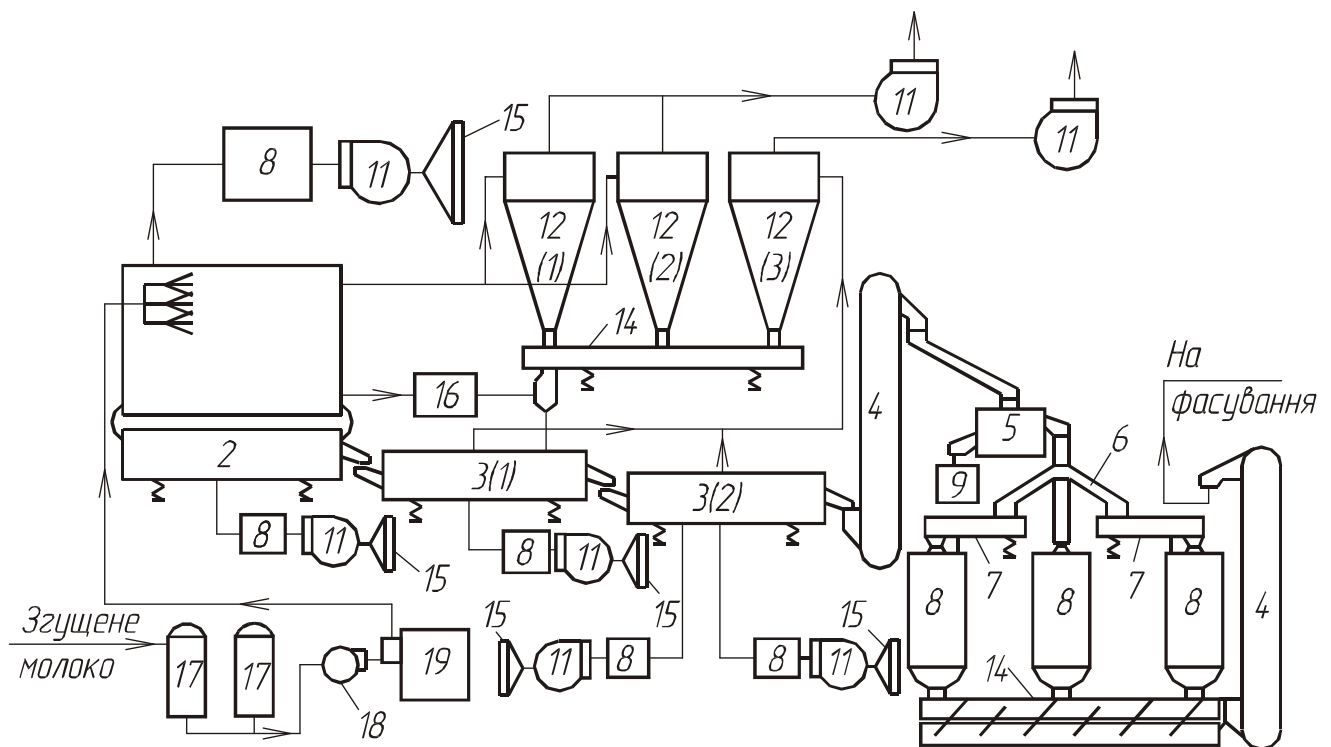


Рисунок 1.5.– Установка ОСВ-1

Подібний тристадійний принцип реалізовано і в імпорتنій сушильній установці комбінованого типу від відомої данської фірми "Ніро-Атомайзер", принципова схема якої наведена на рисунку 1.6. У цій системі згущене

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

висококонцентроване молоко високотисковим насосом подається на дисковий розпилювач, де воно миттєво змішується з прямотечійним потоком нагнітаного гарячого повітря. На виході з нижньої частини башти молочний порошок, який має підвищену проміжну вологість на рівні 6–8%, безпосередньо скидається в спеціальний інстантайзер, який являє собою вібраційну конвективну сушарку, конструктивно розділену на три ізольовані технологічні секції. У межах перших двох секцій здійснюється інтенсивне досушування продукту та його одночасна теплова агломерація для отримання швидкорозчинних властивостей, а в третій секції порошок остаточно охолоджується зустрічним струменем холодного повітря. Завдяки високій загальній ефективності та раціональному розподілу тепла по зонах, температура відпрацьованого повітря на виході з головної сушильної башти даного комбінованого комплексу вдається підтримувати на 10–15°C нижчою, ніж у класичних одностадійних сушарках розпилювального типу, що забезпечує колосальну економію енергоносіїв.

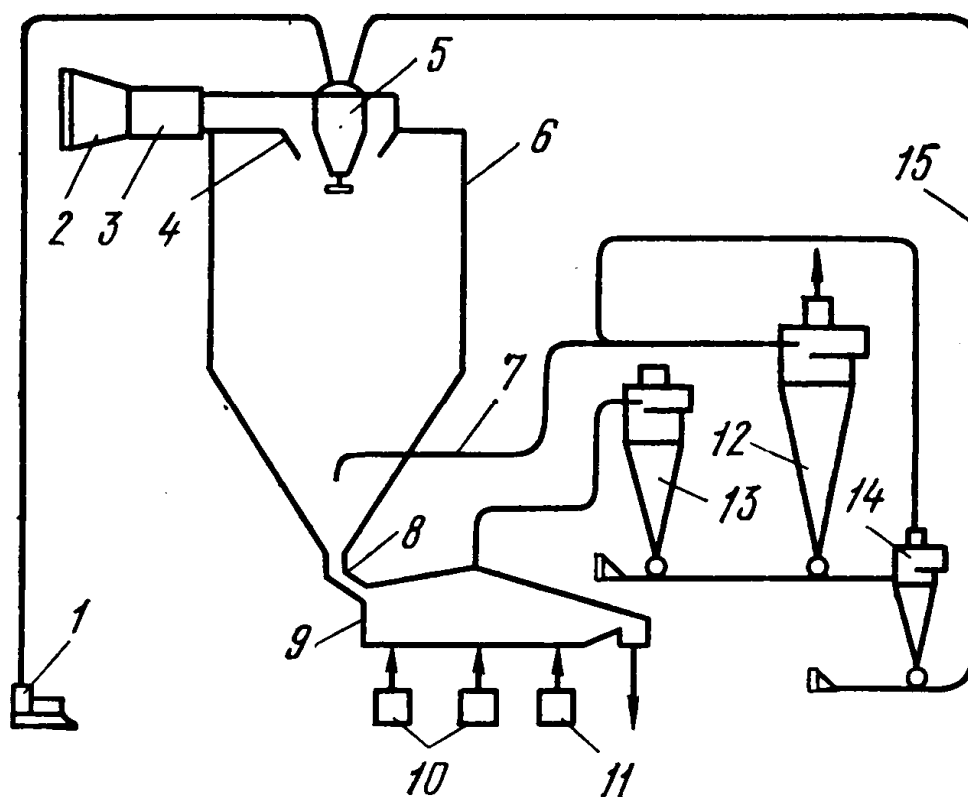


Рисунок 1.6.– Схема сушильної установки комбінованого типу фірми “Ніро-Атомайзер”

1.4. Мета і задачі кваліфікаційної роботи

Мета роботи полягає у розробленні комплексної системи обґрунтованих організаційно-технічних заходів з технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки ВРА-4. Реалізація цієї системи має забезпечити підвищення надійності та довговічності критичного вузла сушарки, стабільність технологічних параметрів процесу сушіння молока, поліпшення якості готового сухого молока та суттєве зниження експлуатаційних витрат на утримання установки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити [7,8] такі завдання:

Проаналізувати конструктивні особливості та функціональні характеристики розпилювального пристрою установки ВРА-4.

Виконати відповідні конструктивні розрахунки.

Провести комплексне дослідження характерних несправностей розпилювального пристрою та встановити закономірності їх виникнення у процесі експлуатації.

Розробити обґрунтовану систему технічного обслуговування розпилювального пристрою з визначенням переліку операцій, їх послідовності та оптимальної періодичності.

Розробити детальну технологію проведення ремонтно-відновлювальних робіт розпилювального пристрою.

Виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованої системи заходів ТО та ремонту.

Розробити заходи з охорони праці і БЖД.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Конструкторська частина

2.1. Технологічний розрахунок сушарки для молока марки ВРА-4

Для виконання [9-11] технологічного розрахунку сушильної установки приймаємо вихідні параметри процесу, що характеризують початковий стан продукту та умови тепломасообміну в сушильній камері.

Зокрема, встановлюються такі технологічні умови:

$\omega_1 = 55 \%$ – початкова вологість згущеного молока, яке подається на сушіння;

$\omega_2 = 5 \%$ – кінцева вологість готового сухого продукту;

$W_1 = 1000$ кг/год – масова кількість води, що видаляється в процесі сушіння;

$t_0 = 20^\circ\text{C}$ – температура повітря в приміщенні, яке використовується як первинне;

$t_1 = 190^\circ\text{C}$ – температура нагрітого повітря на вході в сушильну камеру;

$t_2 = 90^\circ\text{C}$ – температура відпрацьованого сушильного агента на виході з установки.

На основі прийнятих вихідних даних визначається кількість сировини, яка подається на сушіння, з урахуванням її вологості та масового балансу процесу.

$$m = \frac{W}{1 - \frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2}}, \text{кг/год}$$

Отримане значення дозволяє перейти до подальших етапів розрахунку технологічної схеми.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Плакса А.Д.			2. Конструкторська частина			Літ.		Арк.	Аркушів
Перевір.		Шинкарик М.М.								21	
Реценз.								гр. МОС-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

$$m = \frac{1000}{1 - \frac{100 - 55}{100 - 5}} = 1900 \text{ кг / год}$$

Далі, виходячи з продуктивності установки по вхідному продукту та заданих значень початкової і кінцевої вологості, визначається продуктивність сушильної системи за масою готового сухого матеріалу, що є основним вихідним показником роботи обладнання.

$$G = m \cdot \left(\frac{100 - \omega_1}{100 - \omega_2} \right) = 1900 \cdot \left(\frac{100 - 55}{100 - 5} \right) = 900 \text{ кг / год}$$

Кількість вологи, яка видаляється з матеріалу в процесі термічної обробки, визначається на основі балансу масообміну в сушильній камері.

$$W_2 = m - G = 1900 - 900 = 1000 \text{ кг / год}$$

З урахуванням реальних умов експлуатації обладнання та втрат енергії, продуктивність коригується відповідно до коефіцієнта корисної дії, який для даного типу установок знаходиться в межах 80–85 %. Для подальших розрахунків приймається $\eta = 83 \%$, після чого виконується уточнення продуктивності.

$$G_{\text{прод}} = G \cdot 0,83 = 900 \cdot 0,83 = 750 \text{ кг / год}$$

Геометричні параметри сушильної камери визначаються з умови забезпечення необхідної інтенсивності тепло- та масообміну. На основі продуктивності по випареній волозі розраховується діаметр сушильної камери.

$$D = 1.05 \cdot \sqrt{\frac{1000}{4.5}} = 6.36 \text{ м}$$

де W_1 – годинна продуктивність за випареною вологою;
 q – допустиме об'ємне навантаження камери ($q = 4,5$).

Після підстановки отриманих значень виконується розрахунок:

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = 1.2 \cdot D = 1.2 \cdot 6.36 = 7.6 \text{ м}$$

Висота сушильної камери приймається конструктивно з урахуванням умов рівномірного розподілу потоку повітря та стабільності процесу сушіння.

$$V_k = \frac{W}{A}$$

Загальний об'єм сушильної камери визначається з урахуванням її геометричної форми та режиму роботи установки.

$$V_k = \frac{900}{5} = 180 \text{ м}^3$$

де $A = 5 \text{ кг} / \text{м}^3 \cdot \text{с}$ – коефіцієнт, який залежить від фізико-хімічних властивостей продукту, параметрів сушильного агента та конструктивних особливостей сушарки.

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot H_{\text{кон}} (R_k^2 + r_{\text{кон}}^2 + R_k \cdot r_{\text{кон}})$$

де: R_k – значення радіусу камери, м;

$H_{\text{кон}}$ – висота конічної частини, м.

$r_{\text{кон}}$ – мінімальний радіус конуса, м;

Об'єм конічної частини камери визначається окремо, оскільки вона має інші умови руху повітряного потоку та частинок продукту.

$$V_{\text{кон}} = \frac{1}{3} \cdot 3.14 \cdot 6 (3^2 + 0.5^2 + 3 \cdot 0.5) = 67.51 \text{ м}^3$$

Для подальших конструктивних розрахунків приймається висота конічної частини $H_{\text{кон}} = 6 \text{ м}$.

$$V_{\text{ц}} = V_k - V_{\text{кон}} = 180 - 67.51 = 112.5 \text{ м}^3,$$

Об'єм циліндричної частини визначається як різниця загального об'єму та конічної частини.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_u = \frac{V_u}{\frac{\pi}{4} \cdot D_k^2} = \frac{112.5}{\frac{3.14}{4} \cdot 6^2} = 4,5 \text{ м}$$

Відповідно, висота циліндричної частини визначається з геометричного співвідношення.

$$H_u = \frac{V_u}{\frac{\pi}{4} \cdot D_k^2} = \frac{112.5}{\frac{3.14}{4} \cdot 6^2} = 4,5 \text{ м}$$

2.2. Енергетичний розрахунок

Продуктивність за випареною вологою становить 1000 кг/год, що відповідає розрахунковому режиму роботи сушильної установки.

Температура гарячого повітря, яке подається в сушильну камеру, приймається 190°C, що забезпечує необхідну інтенсивність випаровування води з продукту.

Температура повітря у виробничому приміщенні становить 20°C і використовується як початковий стан повітряного середовища.

Температура відпрацьованого повітря після проходження сушильної камери приймається 90°C.

Початкова вологість знежиреного молока становить 55 %, а кінцева вологість готового продукту – 5 %.

Загальні витрати теплоти на процес сушіння визначаються через кількість енергії, необхідної для нагрівання повітря в калорифері.

$$Q = G_B (I_1 - I_0),$$

де I_0 та I_1 – ентальпія повітря до та після калорифера;
 G_B – витрата сушильного повітря.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата повітря визначається на основі маси випареної вологи та зміни вологовмісту повітря в процесі сушіння.

$$G_B = 1000W / (d_2 - d_0),$$

де W – обсяг вологи, яка випарена в сушильній башті;

d_2, d_0 – вологовміст повітря, на виході з сушильної башти і на вході до сушильної башти.

Для визначення термодинамічних параметрів повітря використовується I–d діаграма, яка дозволяє встановити стан повітря на різних етапах процесу.

Початковий стан повітря визначається за температурою сухого та мокрого термометрів. При $t = 20^\circ\text{C}$ і $t_m = 16^\circ\text{C}$ встановлюється точка А, яка відповідає:

$$\varphi = 60 \%;$$

$$d_0 = 6,5 \text{ г/кг сухого повітря};$$

$$I_a = 32 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}.$$

Далі повітря надходить у калорифер, де відбувається його нагрівання за сталого вологовмісту до 190°C . У результаті отримується точка В, яка характеризує стан повітря перед входом у сушильну камеру.

Після проходження сушильної камери процес приймається теоретично адіабатичним, тому ентальпія повітря залишається сталою.

На основі кінцевої температури 90°C визначається точка С, яка характеризує стан відпрацьованого повітря.

Після встановлення всіх параметрів виконується розрахунок витрати повітря.

$$G_B = \frac{1000 \cdot 1000}{45 - 6,5} = 26000 \text{ кг}$$

Кількість теплоти на сушіння визначається з енергетичного балансу процесу.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 26000 \cdot (211 \cdot 10^3 - 32 \cdot 10^3) = 4,6 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Витрата пари на підігрів повітря визначається через тепловий баланс калорифера.

$$D = \frac{Q}{(i_n - i_k) \cdot \eta},$$

Ентальпія пари приймається за табличними даними, а ентальпія конденсату визначається розрахунковим шляхом.

$$D = \frac{4,6 \cdot 10^9}{(247 \cdot 5500 - 613200) \cdot 0,05} = 26000 \text{ кг/год}$$

Після підстановки всіх значень визначається витрата пари.

$$r = \frac{(t - t_k)}{(t - t_c)};$$

Термічний коефіцієнт процесу сушіння визначається як відношення температурних перепадів у системі.

$$r = \frac{(190 - 90)}{(190 - 20)} = 0,57$$

Кількість вологи, що видаляється з продукту, є одним із ключових показників ефективності процесу.

$$\lg B_p = 0,014454\varphi + \lg(1,423 + 0,00543t),$$

Рівноважна вологість визначається залежно від параметрів повітряного середовища.

$$\lg B_p = 0,014454 \cdot 60 + \lg(1,423 + 0,00543 \cdot 20) = 1,05$$

У результаті отримано, що з продукту видаляється 53,9 % вологи.

2.3. Структурний аналіз розпилювальної сушарки

Розпилювальна сушарка є складною технологічною системою, у якій реалізується поєднання механічних і тепломасообмінних процесів. Основними

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочими операціями в ній є обертальний рух розпилювального диска та диспергування рідкого продукту на дрібнодисперсну фазу.

Структурна схема розробляється на початковому етапі проєктування нового обладнання або під час аналізу існуючих конструкцій з метою їх удосконалення. Вона дозволяє систематизувати складові частини машини, визначити їх функціональне призначення та встановити логічні зв'язки між окремими вузлами.

З позиції принципу дії дана сушильна установка відноситься до обладнання безперервної дії з механічним приводом робочого органа.

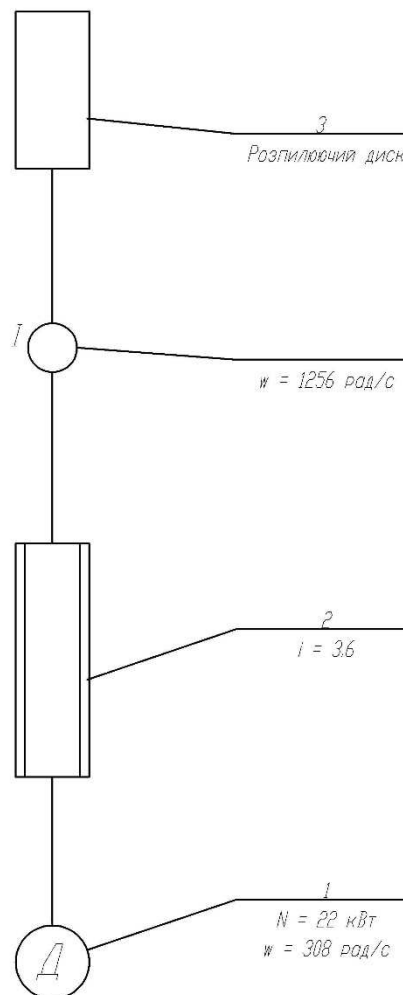


Рисунок 3.2 – Структурна схема розпилювальної сушарки.

До складу основних елементів системи входять електродвигун, передавальний механізм (пасова передача) та робочий орган у вигляді розпилювального диска.

2.4. Кінематичний аналіз розпилювальної сушарки

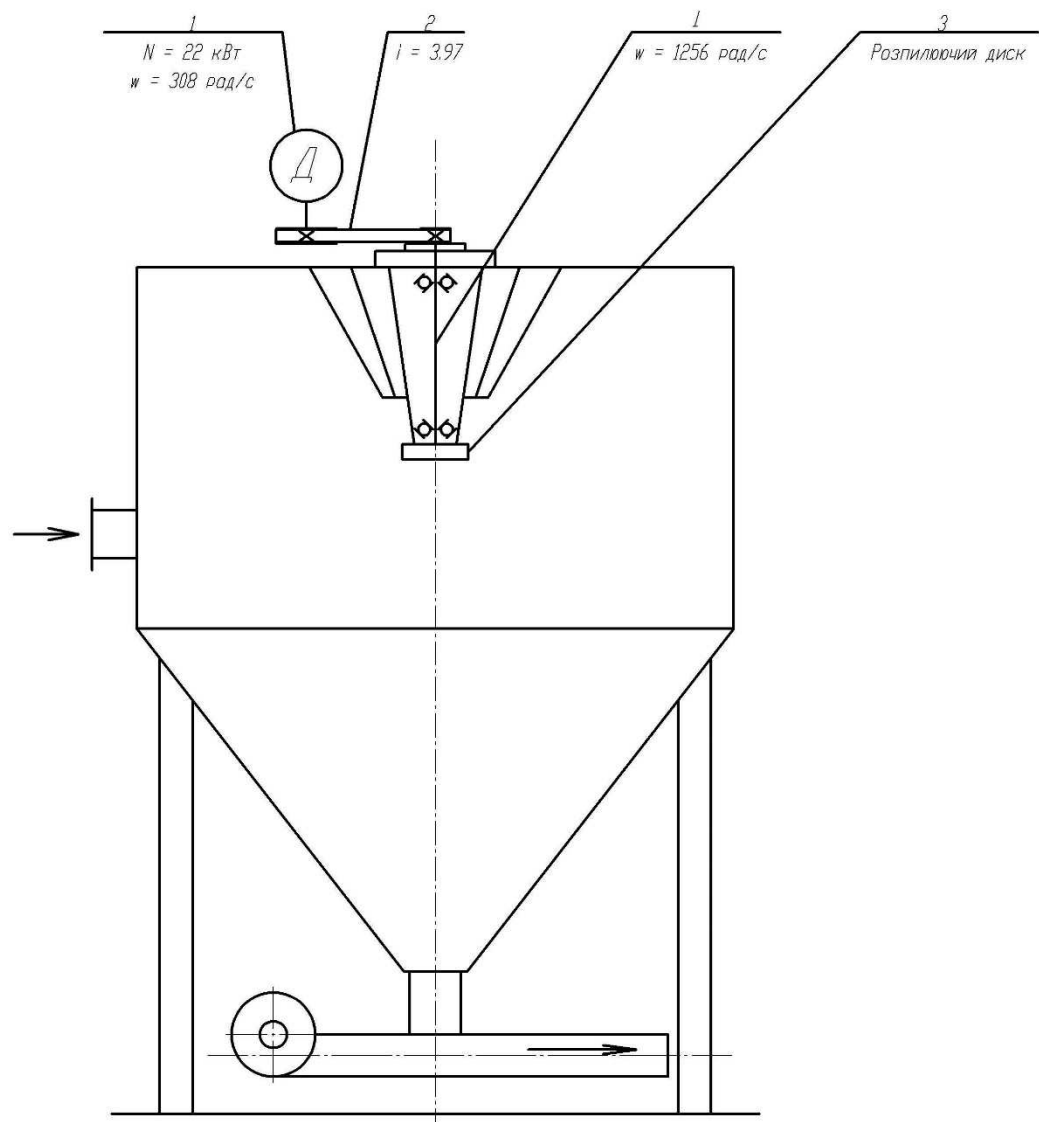


Рисунок 3.3 – Кінематична схема розпилювальної сушарки.

Кінематична схема є базовим проєктним документом, який використовується при розробці нових машин або модернізації існуючих

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

технологічних систем. Вона слугує основою для виконання подальших кінематичних, динамічних і силових розрахунків.

Графічно кінематична схема являє собою умовне зображення всіх механічних елементів установки, що відображає характер їх взаємодії та спосіб передачі руху від джерела енергії до робочого органа. Вона також дозволяє визначити передаточні відношення, розподіл навантажень і кінематичні зв'язки між окремими вузлами.

2.5. Розрахунок розпилювального диска

Під час проектування розпилювального вузла сушарки основна увага приділяється забезпеченню стабільного процесу диспергування молока та формуванню дрібнодисперсного факела, що безпосередньо впливає на інтенсивність випаровування вологи. У даному розрахунку як базові приймаються параметри існуючого розпилювального диска, що дозволяє забезпечити наступні вихідні характеристики процесу.

До основних вихідних умов належать:

швидкість вильоту крапель з поверхні диска = 150 м/с;

середній діаметр крапель $d < 50$ мкм;

максимальна дальність польоту крапель, обмежена радіусом сушильної камери 3 м;

частота обертання диска 12000 об/хв.

На основі частоти обертання визначається геометричний діаметр розпилювача, який безпосередньо впливає на формування швидкісного поля та енергію розпилення.

$$D = \frac{\omega}{\pi \cdot n}$$

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де n – частота обертання диска, об/хв.

Після підстановки вихідних даних отримуємо:

$$D = \frac{60 \cdot 150}{3.14 \cdot 12000} \approx 0.25 \text{ м} = 250 \text{ мм.}$$

Далі виконується перевірка умов формування факела розпилення, яка дозволяє оцінити ефективність роботи диска та відповідність траєкторії руху крапель геометрії сушильної камери. Для цього використовується залежність, що враховує початкову та кінцеву швидкість руху крапель, а також фізичні властивості середовища.

$$R_{\phi} = \frac{21.7 \cdot d \cdot \rho_m^{cp}}{C \rho_n} \cdot \lg \frac{\omega_n}{\omega_k}$$

де:

ω_n – початкова швидкість руху краплі ($\omega_n = 150$ м/с);

ω_k – кінцева швидкість падіння краплі ($\omega_k = 0,5$ м/с);

$\rho_m^{cp} = \frac{\rho_m^g + \rho_m^k}{2}$ – середня густина розпилюваного продукту;

$\rho_m^g = 1080$ кг/м³, $\rho_m^k = 800$ кг/м³ – густина продукту на початку та в кінці процесу.

Після підстановки числових значень:

$$\rho_m^{cp} = \frac{1080 + 800}{2} = 940 \text{ кг / м}^3$$

Середня густина визначається як проміжна характеристика між початковим і кінцевим станом продукту:

$$\rho_m^{cp} = \frac{\rho_m^g + \rho_m^k}{2};$$

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатково враховується вплив аеродинамічного опору повітряного середовища, який суттєво впливає на траєкторію руху крапель. Для цього використовується коефіцієнт опору $C = 1,3$ та густина повітря.

ρ_n - густина повітря; $\rho_n = 1,27 \text{ кг/м}^3$;

Діаметр крапель при дисковому розпиленні визначається з урахуванням поверхневого натягу рідини та конструктивних параметрів диска, що дозволяє оцінити ступінь диспергування.

$$d = \frac{98.5}{n} \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{\rho_i \cdot R_d \cdot g}}$$

де:

σ — поверхневий натяг рідини;
 R_d – радіус диска.

Після виконання розрахунків отримано середній діаметр крапель 46 мкм, що відповідає вимогам ефективного сушіння.

Додатково визначається траєкторія польоту краплі в робочій зоні сушильної камери, що дозволяє оцінити ризик осідання продукту на стінках апарата.

$$R_\phi = \frac{21.7 \cdot 46 \cdot 10^{-6} \cdot 940}{1,3 \cdot 1,27} \cdot \lg \frac{150}{0,5} = 1,4 \text{ м}$$

Отримані результати показують, що середня довжина польоту крапель є меншою за радіус камери 3 м, що підтверджує правильність вибраних конструктивних параметрів.

Діаметр каналів сопел визначається виходячи з необхідної витрати продукту та кількості розпилювальних елементів.

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{m}{i \cdot \rho_m \cdot \omega}};$$

де i – кількість сопел ($i = 6$).

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підстановки:

$$d_c = 18.8 \sqrt{\frac{1900}{6 \cdot 1080 \cdot 150 \cdot 3600}} = 0.014 \text{ м} = 14 \text{ мм};$$

Таким чином, результати розрахунку підтверджують працездатність запропонованої конструкції розпилювального диска та її відповідність вимогам технологічного процесу. Водночас встановлено, що підвищення продуктивності можливе без суттєвої зміни геометрії сушильної камери.

З метою інтенсифікації процесу приймається рішення про збільшення подачі молока з 1900 кг/год до 2090 кг/год. Це забезпечує зростання продуктивності установки за сухим продуктом до 990 кг/год, а з урахуванням ККД – до 825 кг/год, при цьому кількість видаленої вологи становить 1100 кг/год.

Геометричні параметри сушильної башти при цьому залишаються незмінними, що дозволяє уникнути додаткових капітальних витрат на модернізацію корпусу.

Для реалізації підвищеної продуктивності пропонується конструктивне вдосконалення розпилювального диска, зокрема збільшення кількості сопел з 6 до 8 одиниць, що забезпечує рівномірніший розподіл потоку та покращення диспергування.

2.6. Розрахунок приводу розпилювача

Проектування приводу розпилювального вузла виконується з метою забезпечення необхідної потужності для стабільного обертання диска та подолання всіх механічних і гідродинамічних опорів у процесі роботи.

Розрахунок починається з визначення необхідної потужності на валу розпилювача, яка залежить від геометричних параметрів диска, швидкості його обертання та умов роботи в повітряному середовищі.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{(\kappa_0 \cdot D^2 \cdot \omega + 0.37 \cdot m) 10^{-4} \cdot \omega}{\eta_m};$$

де:

κ_0 – емпіричний коефіцієнт, що враховує режим роботи (35–55);

D – діаметр диска;

ω – колова швидкість;

η_m – механічний ККД приводу.

Після виконання підстановки визначається необхідна потужність, яка забезпечує нормальну роботу розпилювача без перевантажень.

$$N = \frac{(35 \cdot 0,25^2 \cdot 150 + 0.37 \cdot 2090) 10^{-4} \cdot 150}{0,83} = 19,9 \text{ кВт};$$

Додатково враховується потужність, що витрачається на подолання опору сопел. За експериментальними даними МТХП встановлено, що при швидкості обертання 12000 об/хв і довжині сопла 0,075 м витрата потужності на одне сопло становить 100 Вт.

З урахуванням кількості сопел визначається сумарна додаткова потужність:

$$N_p = N + 8 \cdot N_{\text{сопла}} = 19,9 + 8 \cdot 0,1 = 20,7 \text{ кВт}$$

Після цього виконується визначення крутного моменту на валу розпилювача, що є важливим параметром для оцінки міцності валу та вибору елементів передачі.

$$T_p = 9550 \frac{N_p}{n_p} = 9550 \frac{20,7}{12000} = 16,47 \text{ Нм}$$

Далі визначається потужність на валу електродвигуна з урахуванням втрат у підшипниках і пасовій передачі.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\dot{a}\hat{a}} = \frac{N_p}{\eta_1 \cdot \eta_2}$$

де:

$\eta_1 = 0,99$ – ККД підшипникових опор;
 $\eta_2 = 0,96$ – ККД пасової передачі.

Після розрахунку отримано значення потужності:

(кВт)

Крутний момент на валу електродвигуна визначається з урахуванням його частоти обертання.

$$T_{\partial\hat{c}} = 9550 \frac{N_{\partial\hat{c}}}{n_{\partial\hat{c}}} = 9550 \frac{22}{2945} = 74.33 \text{ Нм}$$

Для приводу приймається стандартний електродвигун 4А 180S2У3 потужністю 22 кВт, що забезпечує необхідний запас по навантаженню та стабільність роботи системи.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічна частина

3.1. Розробка схеми монтажу сушарки моделі ВРА-4

3.1.1. Вибір такелажного оснащення та схеми монтажу сушарки моделі ВРА-4

Складові елементи сушарки упаковують у дерев'яний ящик типу П-1.10 відповідно до вимог ГОСТ 10198-78. Перед укладанням обладнання в тару з каркасної основи демонтують опори, які розміщують на дні ящика між опорними брусами. Транспортувальні вузли та складові частини сушарки закріплюють до кронштейнів, установлених на брусах днища, за допомогою чотирьох болтів із шайбами. Для запобігання втраті кріпильних елементів болти додатково фіксують дротом до кронштейнів. Запасні електронні компоненти упаковують в окремий ящик, який жорстко кріпиться до днища основного транспортного контейнера. Комплект запасних та змінних деталей, за винятком змінних захватів, також розміщують в окремому ящику разом з інструментом, допоміжним приладдям та іншими запасними частинами. Даний ящик аналогічно закріплюють усередині основної тари. Комплект експлуатаційної документації упаковують у герметичний поліетиленовий пакет і розміщують усередині основного ящика в захищеному від механічних пошкоджень місці.

Розпакування сушарки виконують у визначеній технологічній послідовності. Спочатку знімають кришку та бокові щити ящика, після чого розконтрюють кріпильні болти, розташовані в нижній частині тари. Далі вивертають чотири болти, що з'єднують обладнання з транспортними кронштейнами. За допомогою вантажопідіймального механізму сушарку піднімають на висоту, достатню для встановлення опор. Після цього з днища ящика витягують чотири опори, розміщені між брусами, і вкручують їх у різьбові отвори каркасної конструкції. На завершальному етапі сушарку плавно опускають на підлогу поза межами ящика та готують до подальших монтажних робіт.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	3. Технологічна частина		
Розроб.		Плакса А.Д.					
Перевір.		Шинкарик М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						35	
					гр. МОс-41		

Технологія монтажу обладнання, яке постачається окремими агрегатами та блоками, передбачає виконання комплексу взаємопов'язаних операцій. До їх складу входять транспортування обладнання з приоб'єктного складу до майданчика укрупненого складання, розпакування та розконсервація вузлів, укрупнювальне складання відповідно до проєкту виконання робіт (ПВР), виконання необхідних зварювальних і такелажних операцій у межах монтажно́ї зони, розмітка місць встановлення обладнання, монтаж сушарки у проєктне положення, вивірка її просторового розташування та проведення випробувань на холостому ходу.

Переміщення обладнання до місця монтажу здійснюють переважно механізованим способом із використанням автомобільного транспорту або спеціальних саней. Для транспортування складових елементів сушарки від складу до монтажного майданчика цеху використовують салазки, а з метою зменшення сили тертя під них підкладають котки (рисунок 4.1). У середині виробничого приміщення окремі вузли та деталі переміщують за допомогою спеціальних платформних візків вантажопідйомністю від 0,5 до 3 т, оснащених прогумованими колесами. За невеликих навантажень такі візки переміщують вручну, а при транспортуванні більш масивних вузлів застосовують електрокари або інші засоби малої механізації.

Монтаж окремих елементів сушарки виконують із використанням електричного тельфера, підвішеного до монорейкової колії. Схему встановлення сушарки на фундамент наведено на рисунку 4.2. Монтажні роботи розпочинають із приєднання звареної каркасної основи 2 до гака тельфера 1 за допомогою двогілкової стропи 3, оснащеної двома гаками. Для виконання підйомних операцій застосовують стропу типу 90×4М вантажопідйомністю 3 т і розрахунковим розривним зусиллям 190 кН. Після підйому каркасну основу встановлюють на підготовлені стояки або безпосередньо на фундамент, після чого виконують ретельну вивірку її положення.

Під час вивірки контролюють відповідність розташування обладнання проєктним відміткам, перевіряють горизонтальність і вертикальність

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції, а також площинність опорних поверхонь. За необхідності здійснюють регулювання положення сушарки за допомогою підкладок або регулювальних елементів. Після завершення монтажних робіт виконують пусконаладжувальні операції, під час яких перевіряють наявність та справність захисних пристроїв, систем блокування і аварійного вимкнення електроживлення. Особливу увагу приділяють роботі запобіжних елементів, які захищають вузли сушарки від перевантажень та забезпечують надійну й безпечну експлуатацію обладнання.

У процесі налагодження здійснюють регулювання окремих механізмів і вузлів, контролюють параметри їх роботи на всіх передбачених швидкісних режимах відповідно до паспортних характеристик. Додатково перевіряють жорсткість опорних конструкцій, відсутність деформацій, величину вібрацій, нагрівання підшипникових вузлів та інших елементів, несправності яких можуть негативно вплинути на стабільність роботи сушарки. Лише після успішного завершення всіх перевірок та випробувань обладнання допускається до введення в експлуатацію.

3.1.2 Вибір методів сушарки моделі ВРА-4 на фундаменті. Вибір інструментів та пристосувань

Монтаж сушарки моделі ВРА-4 на фундаментну основу передбачає виконання комплексу технологічно пов'язаних операцій, спрямованих на забезпечення точного розташування обладнання відповідно до проєктної документації та створення умов для його надійної й безпечної експлуатації. Процес монтажу включає підготовку місця встановлення, розміщення опорних елементів, встановлення сушарки на фундамент, контроль її просторового положення, виконання підливки та остаточне закріплення конструкції фундаментними болтами.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підготовки фундаменту та перевірки його геометричних параметрів виконують укладання опорних елементів, на які в подальшому встановлюють сушарку. За допомогою вантажопідіймального обладнання конструкцію переміщують у зону монтажу та розташовують на підготовлених опорах. На цьому етапі здійснюють попереднє встановлення обладнання, що дозволяє оцінити відповідність його положення проєктним координатам і підготуватися до проведення остаточної вивірки.

Для забезпечення необхідної точності монтажу проводять контроль положення сушарки в горизонтальній і вертикальній площинах, а також перевіряють висотні відмітки окремих базових поверхонь. Вивірка обладнання є однією з найважливіших операцій монтажного процесу, оскільки від її якості залежить правильність роботи механізмів, рівномірність розподілу навантажень та довговічність конструкції. Після завершення контрольних вимірювань простір між опорною поверхнею обладнання та фундаментом заповнюють спеціальним підливальним розчином, який забезпечує щільне прилягання конструкції до основи та рівномірну передачу навантажень на фундамент.

У випадках, коли фундамент виготовлений з високою точністю, а монтажні допуски витримані під час його спорудження, встановлення сушарки може виконуватися методом безвивірочного монтажу. Такий спосіб передбачає досягнення необхідного положення обладнання без проведення додаткових регулювальних операцій після його встановлення. Точність у цьому випадку забезпечується завчасним правильним розташуванням опорних елементів відповідно до розрахункових координат і допустимих відхилень. Використання безвивірочного монтажу дозволяє скоротити тривалість монтажних робіт, зменшити трудомісткість процесу та підвищити його ефективність.

Коригування положення сушарки в горизонтальній площині виконують із застосуванням вантажопідіймальних механізмів, монтажних пристроїв і домкратів. Необхідні переміщення здійснюють у межах технологічних зазорів між стержнями фундаментних болтів та монтажними отворами базових елементів конструкції. Якщо конструкцією передбачені колодязі для

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлення фундаментних болтів, регулювання положення обладнання виконують у межах цих колодязів до моменту остаточного закріплення. Для коригування висотного положення та забезпечення горизонтальності використовують регулювальні прокладки, клини, підкладки або інші опорні елементи спеціальної конструкції.

Після завершення всіх операцій з вивірки та отримання необхідних показників точності виконують остаточне закріплення сушарки на фундаменті. Для цього фундаментні болти затягують із розрахунковим зусиллям, визначеним технічною документацією виробника обладнання. Надійна фіксація обладнання виключає можливість його зміщення під час роботи та забезпечує стабільність технологічного процесу.

Для виконання монтажних робіт, регулювання, технічного обслуговування та проведення контрольних вимірювань використовують комплект спеціалізованого обладнання, вимірювальних приладів і монтажного інструменту. До складу основних засобів належать рулетка для визначення лінійних розмірів і контролю монтажних відстаней, нівелір для перевірки висотних відміток фундаменту та обладнання, будівельний рівень для контролю горизонтальності поверхонь, домкрати для піднімання та точного позиціонування вузлів сушарки, рим-болти для виконання такелажних операцій, а також набір слюсарно-монтажного інструменту, необхідного для складання, регулювання та закріплення окремих елементів конструкції. Оскільки сушарка встановлюється безпосередньо на фундаментну основу, вибір інструментів і пристроїв здійснюють з урахуванням умов монтажу, маси обладнання та вимог до точності його встановлення. Перелік основних інструментів, пристроїв і засобів контролю, які використовуються під час монтажу сушарки, наведено в таблиці 3.1.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1.– Матеріали та інструменти для монтажу

№ п/п	Матеріали	к-сть	№ п/п	Інструменти	к-сть
1	Манжети 12×20 ГОСТ 6969-74	4 шт.	1	Рулетка вимірювальна 5 м	1
2	Рим-болти ГОСТ 7808-70	4 шт.	2	Домкрат гвинтовий монтажний ДМ-5	1
3	Фундаментні болти з гайками та шайбами	4 компл.	3	Нівелір	1
4	Металеві регулювальні підкладки	8 шт.	4	Рівень будівельний 1000 мм	1
5	Підливальний безусадковий розчин	0,05 м³	5	Набір крейди для розмітки	1
6	Сталевий дріт для фіксації кріпильних елементів	2 кг	6	Ключ двосторонній П 22–62 ГОСТ 9106-71	1
7	Мастило консистентне для монтажу та консервації	1 кг	7	Набір різкових ключів 10–36 мм	1
8	Електроди для монтажних робіт	2 кг	8	Набір торцевих головок	1
9	Антикорозійне покриття для пошкоджених поверхонь	1 кг	9	Молоток слюсарний 0,8 кг	1
10	Прокладки регулювальні сталеві	1 комплект	10	Монтажна лопатка	1
11	Стропа двогілкова 90×4М, вантажопідйомністю 3 т	1 шт.	11	Штангенциркуль ШЦ-250	1
12	Обтиральний матеріал	2 кг	12	Висок (для перевірки вертикальності)	1
13	Кріпильні вироби (болти, гайки, шайби)	1 комплект	13	Електротельфер вантажопідйомністю 3 т	1

3.2. Розробка технології ремонту вузла розпилювального пристрою сушарки моделі ВРА-4

3.2.1. Аналіз характерних причин виходу із ладу сушарки моделі ВРА-4.

Розробка графіка планово-попереджувального ремонту сушарки моделі ВРА-4

Найбільш інтенсивному зношуванню в процесі експлуатації піддаються рухомі елементи сушарки, зокрема зубчасті та пасові передачі приводу розпилювача, підшипникові опори, а також вали приводних механізмів. Саме ці вузли працюють в умовах змінних навантажень, тертя та динамічних впливів, що значно прискорює втрату їх працездатності. Додатковими зовнішніми факторами, які негативно впливають на надійність роботи обладнання, є вібраційні навантаження, підвищена вологість робочого середовища та наявність агресивних технологічних середовищ. У сукупності ці чинники сприяють проникненню пилу, бруду та дрібнодисперсних частинок у зазори спряжених поверхонь, що призводить до інтенсифікації абразивного та корозійного зношування деталей.

У разі значного загального зносу елементів кінематичного приводу доцільним є виконання їх комплексної одночасної заміни на нові вузли, що обумовлено економічною недоцільністю відновлення окремих деталей через високу вартість ремонтно-відновлювальних технологічних операцій. Підшипникові опори рекомендується підлягати плановій заміні не рідше ніж один раз на 1,5 року експлуатації, що забезпечує стабільність роботи механізмів та зменшує ризик аварійних зупинок. У випадку зношення валів приводу відновлення їх працездатності здійснюють шляхом наплавлення зношених поверхонь з подальшою механічною обробкою, включаючи зняття надлишкового шару металу та остаточне шліфування до необхідних геометричних і шорсткісних параметрів робочих поверхонь.

Під час експлуатації технологічних трубопроводів сушарки поступово виникають характерні несправності у фланцевих, зварних та муфтових з'єднаннях, а також у запірно-регулюючій арматурі, до якої належать вентилі,

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

засувки та крани. Додатково спостерігаються корозійні ураження стінок труб, утворення тріщин і розривів, поява вібрацій, а також послаблення кріпильних елементів трубопровідних систем. Усі ці дефекти негативно впливають на герметичність і надійність роботи технологічних комунікацій.

Під час проведення поточного ремонту трубопроводів і арматури виконують усунення нещільностей у з'єднаннях шляхом підтягування різьбових з'єднань, встановлення ремонтних хомутів, заміни ущільнювальних прокладок та виконання інших відновлювальних операцій. Також здійснюється усунення дефектів кріплення трубопроводів із забезпеченням їх жорсткої фіксації у проєктному положенні. Регламентні огляди трубопровідних систем рекомендується проводити з різною періодичністю залежно від типу середовища: паропроводи та технологічні трубопроводи — не рідше 8 разів на рік, тепло- та конденсатопроводи — не менше 12 разів на рік, водопровідні системи — щонайменше 6 разів на рік.

Середній та капітальний ремонти трубопровідних систем включають комплекс відновлювальних робіт, спрямованих на відновлення їх працездатності та продовження терміну служби. До таких робіт належать заміна зношених або пошкоджених труб, переварювання стиків, місць приварювання штуцерів і ніпелів, а також заварювання тріщин і локальних дефектів. За необхідності виконують зміну діаметрів або трасування трубопроводів із відновленням їх проєктних технологічних ухилів. Також здійснюється заміна ущільнювальних прокладок у фланцевих і муфтових з'єднаннях, оновлення сальникової набивки запірної арматури, а також ремонт або повна заміна несправної запірно-регулюючої арматури, що забезпечує відновлення герметичності та надійності роботи всієї системи. Зведемо в таблицю 4.2 основні причини виходу з ладу сушарки.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2.– Перелік характерних причини виходу з ладу сушарки моделі ВРА-4 і рекомендацій з їх усунення.

№п/п	Несправність	Ймовірна причина виходу з ладу	Метод усунення
1	Не вмикається електропривід	Пошкоджено проводку	Замінити кабель
2	Надмірні вібрації при роботі	Зносився або зігнувся один або кілька валів приводу робочих органів Вийшов з ладу один або кілька підшипників	Замінити вал Замінити підшипник
3	Не передається крутний момент на розпилувач	Вийшла муфта Зрізалась одна із шпонок Розкрутилась гайка веденого шків	Замінити муфту Замінити шпонку Підтягнути фіксуючу гайку веденого шків приводу.
4	Чути шум двигуна, але робочі органи не функціонують	1. Вийшли з ладу підшипникові опори	1. Замінити підшипники
5	Сушені дріжджі мають неоднорідну комкоподібну структуру, характерна підвищена вологість	Вийшов з ладу калорифер Вийшов з ладу нагнітаючий вентилятор гарячого повітря Розгерметизувалась магістраль гарячого повітря	Відремонтувати калорифер Замінити нагнітаючий вентилятор гарячого повітря Ущільнити стики по магістралі гарячого повітря

Технічне обслуговування сушарки передбачає виконання комплексу регламентних заходів, спрямованих на підтримання її справного технічного

стану, забезпечення надійної та безпечної експлуатації, а також попередження передчасного зношування вузлів і агрегатів. Система технічного обслуговування включає щоденне, щомісячне та піврічне обслуговування, а також виконання капітального ремонту відповідно до встановлених міжремонтних інтервалів. Технічне обслуговування покупних агрегатів і комплектуючих виробів здійснюється відповідно до вимог і регламентів, наведених у їх експлуатаційній документації виробника.

Щоденне технічне обслуговування включає контроль основних робочих параметрів і візуальну перевірку стану обладнання. У процесі виконання щоденних робіт необхідно перевірити рівень мастила у відповідних вузлах, а також оцінити наявність конденсату або вологи на поверхнях і деталях сушарки; у разі її виявлення слід виконати сушіння та видалення вологи. Додатково здійснюють візуальний контроль стану електрообладнання, зокрема панелі керування, ізоляції електропроводки та надійності заземлення, підключеного до цехової системи захисного заземлення. Після цього шляхом увімкнення вимикача «СЕТЬ» і натискання кнопки «ПУСК» перевіряють працездатність основних механізмів. Обов'язково контролюють роботу блокувальних пристроїв та аварійної кнопки «СТОП». У завершальній фазі щоденного обслуговування встановлюють режим роботи «Р», запускають сушарку та за допомогою педалі керування перевіряють роботу приводних вузлів без навантаження протягом короткого проміжку часу, орієнтовно до 10 секунд.

Щомісячне технічне обслуговування включає всі операції щоденного регламенту, а також додаткові перевірки та регулювання, які виконуються після зняття захисних кожухів і кришок. На цьому етапі контролюють технічний стан муфт, перевіряють і за необхідності регулюють натяг пасових передач, а також здійснюють огляд електронних блоків, силового відсіку та внутрішніх елементів сушарки на предмет наявності вологи. У разі виявлення конденсату або підвищеної вологості проводять просушування, а також здійснюють заміну або регенерацію силікагелю, який розміщується в спеціальному мішечку під електронним блоком пульта керування. Додатково перевіряють надійність усіх

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричних контактних з'єднань, блокувальних пристроїв і клемних затискачів, при необхідності виконують їх очищення, підтягування та відновлення контакту; контакти пускачів очищають за допомогою дрібнозернистого наждачного паперу. Окремо контролюють стан колектора та щіткового вузла двигуна головного приводу, при цьому поверхню колектора протирають чистою неволокнистою тканиною, злегка змоченою в бензині або спирті. Також вимірюють опір ізоляції двигуна головного приводу після його відключення від системи керування; значення опору повинно знаходитися в межах не менше 0,5...1,5 МОм. У разі зниження показників проводять просушування електродвигуна. Додатково вимірюють опір захисного заземлення для підтвердження його справності.

Піврічне технічне обслуговування включає виконання всіх операцій щомісячного регламенту, а також розширену перевірку технічного стану всіх вузлів, механізмів та агрегатів сушарки. За результатами огляду оцінюють ступінь зношування деталей, перевіряють відповідність параметрів роботи паспортним характеристикам і визначають необхідність виконання ремонтних робіт або регулювання окремих систем.

Капітальний ремонт сушарки передбачає повне розбирання обладнання з обов'язковим дефектуванням усіх вузлів і деталей для визначення їх фактичного технічного стану. У процесі ремонту виконують роботи з відновлення геометричної точності деталей, відновлення експлуатаційних параметрів відповідно до технічних характеристик сушарки, а також заміну зношених або несправних покупних комплектуючих виробів. Додатково здійснюють відновлення захисних і антикорозійних покриттів. Після завершення ремонтних робіт проводять випробування сушарки з перевіркою основних технічних параметрів і працездатності всіх систем.

Окремо регламентується порядок консервації обладнання у разі його тимчасового виведення з експлуатації. Для цього металеві поверхні, включаючи таблички з маркуванням (за винятком елементів, виготовлених з корозійностійких матеріалів), покривають захисним консерваційним мастилом

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

К-17 відповідно до ГОСТ 10877-76. Незабарвлені металеві запасні частини, змінні елементи, інструмент та комплектуючі вироби додатково консервують пластичним мастилом ПВК згідно з ГОСТ 19537-83, що забезпечує їх захист від корозії під час зберігання.

Структура ремонтних циклів сушарки наступна:

К-ТО-M₁-ТО-M₂-ТО-M₃-ТО-M₄-ТО-M₅-ТО-С-ТО-M₆-ТО-M₇-ТО-M₈-ТО-
M₉-ТО-M₁₀-ТО-К

Тривалість експлуатаційного циклу до проведення чергового капітального ремонту обладнання становить 36 місяців, до середнього ремонту — 18 місяців, до малого ремонту — 3 місяці, а до технічного огляду — 1,5 місяця. Зазначені міжремонтні інтервали визначають періодичність виконання планово-попереджувальних ремонтних заходів і є базовими для формування графіків технічного обслуговування та ремонту технологічного обладнання.

Трудомісткість механічної частини ремонту технологічного обладнання визначається за залежністю:

$$T_{\text{м.ч}} = k * R_{\text{м}},$$

де k — коефіцієнт, що враховує вид ремонтного впливу на машину та його нормативну трудомісткість, люд.-год;

$R_{\text{м}}$ — категорія складності ремонту механічної частини даної машини.

Для визначення сумарної трудомісткості ремонтних робіт сушарки за трирічний період використовуються нормативні значення коефіцієнта k для різних видів технічного обслуговування та ремонтів. Зокрема, для технічного обслуговування приймається $k = 1$, для малого ремонту — $k = 7,0$, для середнього ремонту — $k = 21$, а для капітального ремонту — $k = 35$ люд.-год.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Графік планово-попереджувального ремонту сушарки моделі ВРА-4

Затверджую

Головний інженер

№ п/п	Обладнання	Тип, марка	Інвентарний номер	Час вводу в експлуатацію	Останній ремонт в попередньому році		напрацювання з часу останнього		Тривалість			План і виконання	
					Вид	Міс	Ремо нту	ТО	Ремонтного циклу	Періодів			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Сушарка моделі ВРА-4			1	2023					12/4200	3/1050	1,5/525	Строк служби, міс/год	Планові очікування
												План	
												Виконання	

Напрацювання і види ремонтів і ТО по місяцях і їх трудомісткість												Загальна трудомісткість робіт			
Січе нь	Лют ий	Бере зень	Квіт ень	Тра вень	Чер вень	Лип ень	Сер пень	Вер есен ь	Жов тень	Лис топа д	Гру день	Всь ого	Слю сарн і	Вер стат ні	Інш і
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	138	99,36	27,6	11,04
К/35	О/1	М/7		О/1	М/7		О/1	М/7		О/1	М/7				

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна трудомісткість визначається шляхом підсумовування трудових витрат за всіма видами планово-попереджувальних впливів, що виконуються протягом розрахункового періоду.

$$12 * 1 + 10 * 7 + 1 * 21 + 1 * 35 = 138 \text{ люд.-год}$$

Розрахунок виконується шляхом множення загальної трудомісткості на відповідні частки виконання робіт:

слюсарні роботи:

$$138 \times 0,72 = 99,36 \text{ люд.-год};$$

верстатні роботи:

$$138 \times 0,20 = 27,60 \text{ люд.-год};$$

інші види робіт:

$$163 \times 0,08 = 11,04 \text{ люд.-год.}$$

Отримані значення характеризують структуру трудових витрат за видами операцій і використовуються для формування планових показників завантаження ремонтного персоналу. Усі розраховані дані заносяться до відповідних граф графіка планово-попереджувальних ремонтів (ППР), що забезпечує подальше планування та контроль виконання ремонтних робіт.

3.2.2. Розробка технологічної документації на проведення ремонту сушарки моделі ВРА-4

Керівництво процесами експлуатації та ремонту технологічного обладнання, а також пов'язаних з ним технологічних споруд, інженерних комунікацій і металоконструкцій здійснюється службою головного механіка підприємства. До структури цієї служби входить ремонтно-механічний цех, який перебуває в його функціональному підпорядкуванні та виконує основний обсяг ремонтно-відновлювальних робіт.

На відділ головного механіка покладається комплекс організаційно-технічних функцій, спрямованих на забезпечення безперебійної роботи

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання та ефективної системи його технічного обслуговування. Зокрема, до основних функцій належать: систематичний контроль і нагляд за технічним станом обладнання; розроблення та формування річних і оперативних планів ремонтів; складання плану організаційно-технічних заходів у межах ремонтної служби; розробка та впровадження нових прогресивних технологічних процесів виконання ремонтних робіт із підвищенням їх продуктивності; контроль витрат і вартості ремонтних робіт; а також підготовка та подання щоквартальної звітності щодо виконання середніх і капітальних ремонтів основного технологічного обладнання.

Під час проведення ремонтних робіт обов'язковим етапом є розбирання вузлів і механізмів, деталі яких підлягають відновленню або заміні. Для забезпечення правильності виконання операцій розробляється необхідна технічна документація, зокрема схема розбирання (лист 4 графічної частини) та карта розбирання відповідного вузла, що регламентує послідовність виконання операцій.

Розбирання вузла виконується у встановленій технологічній послідовності, тоді як збирання здійснюється у зворотному порядку з обов'язковим дотриманням вимог до точності та якості складання. До складання вузлів висуваються підвищені вимоги щодо чистоти, точності посадок і стану контактних поверхонь деталей.

Перед складанням валів із встановленими на них елементами, зокрема шківками, які фіксуються за допомогою шпонкових з'єднань, здійснюють ретельну перевірку стану посадочних поверхонь деталей. У разі виявлення забоїн, задирів або заусенців їх обов'язково усувають для забезпечення правильної посадки і надійної роботи з'єднань. Розміри призматичних шпонок і відповідних шпонкових пазів повинні відповідати вимогам чинних стандартів. Під час складання шпонку встановлюють у паз із використанням легких монтажних ударів, що забезпечує її правильну посадку без пошкодження поверхонь.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед складанням підшипникових вузлів кочення виконують їх розконсервацію та ретельне очищення від консерваційних матеріалів і забруднень. Після цього підшипники промивають у бензині або в підігрітому до температури близько 80 °С мінеральному маслі з метою забезпечення чистоти робочих поверхонь і зниження ризику передчасного зношування. Монтаж підшипників на вали та в корпусні елементи здійснюють із дотриманням встановлених правил посадки та монтажу, що гарантує їх правильну роботу та довговічність.

Послідовність складання вузла розпилювального пристрою подається у вигляді технологічної карти, яку наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. – Порядок складання вузла розпилювального пристрою сушарки моделі ВРА-4.

№ п/п	Операція і переходи	Інструмент, приспосібле ння, матеріал	Технічні вимоги на складання	Профіль робітника, розряд робітника	Норма часу (хв)
1	2	3	4	5	6
1	У гільзу 20 встановити шайбу 23	Круглогубц і	встановити без перекосу	Слюсар III розряду	0,5
2	У гільзу 20 встановити підшипник 22	Молоток, оправка, гаряче мастило	підшипник нагріти мастилі до 80...90°C	-- // --	3,6
3	У гільзу 20 встановити кришку 19	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	3,2
4	На гільзу 20 встановити кришку 21	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	3,2

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6
5	Гільзу 20 в зборі встановити на вал 1	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	4,2
6	На вал 1 встановити втулку 14	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	1,5
7	На вал 1 загвинтити гайки 13	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	2,0
8	У кришку 16 встановити гільзу 15	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	2,6
9	Стягнути складені елементи болтами 37 після встановлення шайб 38	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	8,4
10	В колектор 6 встановити ущільнення 11	—	—	-- // --	1,2
11	На колектор 6 встановити гільзу 12	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	2,5
12	В колектор 6 встановити втулку 7	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	2,8
13	В колектор 6 вгвинтити штуцери 9	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	4,2
14	Приєднати до штуцерів 9 шланги 10	—	перевірити герметичність	-- // --	6,3

Продовження таблиці 3.3.

1	2	3	4	5	6
15	На вал 1 встановити підшипник 30	Молоток, оправка, гаряче мастило	підшипник нагріти мастилі до 80...90°C	-- // --	3,6
16	На вал 1 встановити втулку 32	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	2,8
17	На вал 1 загвинтити гайки 33	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	8,2
18	На вал 1 з підшипником 30 встановити кришку 28	Молоток, ручний прес	встановити без перекосу	-- // --	3,2
19	В кришку 28 вгвинтити заглушку 31	Важіль	перевірити надійність кріплення	-- // --	4,5
20	Приєднати кришку 28 до кришки 29 за допомогою болтів 35	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	15,7
21	З'єднати верхню частину розпилювача з основою 43 за допомогою болтів 38	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	18,2
22	Встановити кожух 24 і прикріпити його до основи 43 за допомогою болтів 40	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	16,4

Продовження таблиці 3.3.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

1	2	3	4	5	6
23	Встановити кільце 8 і прикрутити до нього відбивач 4	Важіль	перевірити надійність кріплення	-- // --	3,2
24	Прикрутити до колектора 6 воронку 5	Важіль	перевірити надійність кріплення	-- // --	3,6
25	З'єднати за допомогою гвинтів 41 верхній 2 та нижній 3 диски	Викрутка	перевірити надійність кріплення	-- // --	8,2
26	Зафіксувати зібраний розпилювальний диск на валу 1 за допомогою гайок 42	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	3,2
27	Приєднати кільце кожух 17 до основи 43 за допомогою болтів 40	Гайковий ключ	перевірити надійність кріплення	-- // --	16,8

3.2.3. Дефектування і сортування деталей

Підготовка обладнання до виконання ремонтних робіт повинна здійснюватися у суворій технологічній послідовності, що забезпечує збереження комплектності вузлів і деталей та виключає можливість їх переплутування або встановлення на інші одиниці технологічного обладнання. Дотримання встановленого порядку розбирання є обов'язковою умовою якісного виконання ремонтних операцій і подальшого правильного складання машини.

Розбирання обладнання виконується поетапно у визначеній послідовності: спочатку демонтують приводні елементи, далі знімають кришки корпусу, після

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чого здійснюють демонтаж розпилювального пристрою. Усі демонтовані вузли та деталі під час розбирання розміщують на спеціально підготовлених складальних щитах із невеликими бортиками, що запобігає їх зміщенню, втраті або механічному пошкодженню в процесі виконання ремонтних робіт.

У процесі розбирання проводять попередню оцінку технічного стану деталей із визначенням ступеня їх зношування. Перед початком ремонтних операцій усі деталі ретельно очищають від забруднень і залишків мастильних матеріалів, а також знежирюють для забезпечення якісного контролю поверхонь. З метою запобігання помилкам при складанні на спряжені деталі наносять однакові маркувальні позначки кернером, що дозволяє зберегти їх взаємне положення. Величину зношування деталей визначають із використанням стандартних вимірювальних методик та контрольно-вимірювального інструменту. Посадочні місця під підшипники повинні мати чисту, гладку поверхню без задирів, подряпин і тріщин, оскільки наявність дефектів може призвести до порушення правильної роботи вузла. Шпонкові канавки повинні мати паралельні, рівні стінки без механічних пошкоджень, а їх розміри перевіряються за допомогою відповідних шаблонів або калібрів.

Під час контролю різьбових з'єднань основну увагу приділяють якості поверхні різьби та її геометричній цілісності. Допустимими вважаються незначні дефекти, тоді як пошкодження у вигляді зриву різьби більше ніж на 1,5 витка є неприпустимими та вимагають заміни деталі. Незначні пошкодження можуть бути усунені шляхом відновлення різьби за допомогою мітчиків або плашок. Розтяг або деформація різьби не повинні перевищувати 0,5 кроку на кожні 10 витків різьбової частини. Також контролюють стан граней гайок і болтів, на яких не допускаються значні вм'ятини або деформації, а отвори під шплінти повинні бути чистими та без забруднень.

Перед складанням або подальшою експлуатацією підшипникові вузли змащують консистентними мастилами типу Л, М, Т, УСс-1, що забезпечує зниження тертя, захист від корозії та підвищення довговічності підшипників.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ ДЕФЕКТІВ

на _____ ремонт _____

(середній, капітальний)

(обладнання)

інв. № _____ встановленого в _____ цеху

№ п/п	Деталі, які мають дефект	Дефект	Способи усунення	Необхідна кількість Запасних деталей і матеріалів		Трудоміст - кільсть, люд.год	Оцінка стану обладнання при здачі в ремонт
				Наймену - Вання	Кількіст ь		
1	Шків	Зношення робочих поверхонь	Відновлення робочої поверхні (ремонт/напла влення з подальшою обробкою)	—	—		Задовільний
2	Підшипник	Нерівномірне обертання, наявність ривків	Заміна	1 шт.	—		Незадовільний
3	Вал	Зношення посадочних поверхонь, деформація	Заміна або відновлення (за технічним станом)	1 шт.	—		Незадовільний
4	Підшипник	Нерівномірне обертання, наявність ривків	Заміна	1 шт.	—		Незадовільний
5	Прокладка	Руйнування та значні механічні пошкодження	Заміна	1 компл.	—		Незадовільний
6	Кришка	Механічна деформація корпусної деталі	Виготовлення нової деталі	1 шт.	—		Незадовільний

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Після проведення дефектації та встановлення технічного стану деталей їх виконують сортування за ступенем придатності до подальшої експлуатації, поділяючи на три основні групи. До першої групи відносять деталі, які перебувають у задовільному стані та можуть бути використані без виконання будь-яких ремонтних операцій; такі елементи направляють безпосередньо на складання або передають на склад готових придатних деталей. До другої групи включають деталі, що потребують відновлювального ремонту перед повторним використанням; їх направляють у ремонтне відділення або розміщують на складі очікування ремонту. Третю групу становлять повністю зношені або пошкоджені деталі, які не підлягають відновленню та подальшій експлуатації; такі елементи списують і передають на склад металобрухту для подальшої утилізації.

Для забезпечення правильної ідентифікації стану деталей застосовують систему маркування. Деталі, що підлягають ремонту, позначають умовними кольоровими мітками (зеленого або жовтого кольору) у місцях, де виявлено дефекти або необхідно виконати відновлювальні операції. Забраковані деталі, які не придатні до подальшого використання, маркують червоною фарбою, що дозволяє уникнути їх повторного застосування у складанні обладнання.

Усі результати контролю, вимірювань і дефектування обов'язково фіксуються у спеціальній дефектній відомості. Її заповнення здійснюється безпосередньо в процесі розбирання обладнання, що дає змогу оперативно документувати фактичний технічний стан кожної деталі. На основі цієї відомості визначаються обсяг і характер ремонтних робіт, встановлюється перелік деталей, що підлягають заміні або відновленню, визначаються необхідні матеріали та комплектуючі, а також формується вихідна база для подальшого розрахунку вартості ремонтних робіт обладнання.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Розробка технологічного маршруту механічної обробки шківів сушарки моделі ВРА-4

3.3.1 Опис призначення та конструкції шківів. Аналіз технічних умов сушарки моделі ВРА-4

Деталь «шків» належить до деталей типу тіл обертання класу «диски», для яких характерним є значно менша довжина порівняно з діаметром, а також наявність розвинених торцевих робочих поверхонь. Така геометрична форма визначає особливості технології виготовлення, обробки та подальшого відновлення деталі під час ремонту.

Аналіз технічних вимог [12-15], заданих на робочому кресленні, дозволяє зробити висновок, що посадочна поверхня діаметром $\varnothing 96$ Н7 із заданою шорсткістю $R_a = 1,25$ мкм потребує виконання високоточних чистових операцій. Для забезпечення необхідної точності та якості поверхні доцільно застосовувати операції тонкого розточування або чистового шліфування. Такі методи обробки забезпечують необхідну геометричну точність посадки та стабільність роботи з'єднання в експлуатаційних умовах.

Інші поверхні деталі характеризуються менш жорсткими вимогами до шорсткості в межах $R_z 40$ – $R_z 100$, що не потребує виконання чистових фінішних операцій. Проте, оскільки точність виготовлення цих поверхонь відповідає 6–7 квалітетам, їх обробка повинна здійснюватися із застосуванням послідовного набору інструментів і переходів: чорнового, напівчистового та чистового оброблення з відповідним розподілом припусків. При цьому мінімальний припуск припадає на чистовий перехід, який виконується із використанням високоточного обладнання для забезпечення стабільних розмірних характеристик.

Окремі, підвищені вимоги висуваються до точності виготовлення шпонкових пазів і забезпечення їх заданої шорсткості, оскільки саме ці елементи визначають надійність передавання крутного моменту та довговічність з'єднання.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріалом виготовлення шківів є сірий чавун марки СЧ-20 згідно з ГОСТ 1412–85, який характеризується доброю оброблюваністю різанням, достатньою зносостійкістю та демпфуючими властивостями, що є важливим для деталей даного типу. Хімічний склад і механічні властивості даного матеріалу наведено відповідно в таблицях 3.4 та 3.5.

На рисунку 3.1 наведено схему з позначенням основних робочих та базових поверхонь шківів привідних, що використовуються при обробці, контролі та складанні.

Таблиця 3.4 – Хімічний склад чавуну СЧ20 (ГОСТ 1412 – 85) в %

C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
1,42-1,47	0.17-0.31	0.5-0.8	0.8	0.04	0.04	0.3

Таблиця 3.5 – Механічні властивості чавуну СЧ – 20

σ_B , МПа	σ_T , МПа	КС, Дж/м	ψ , %	a_K , кГ/см ²	НВ
200	96-245	60	30	3	200

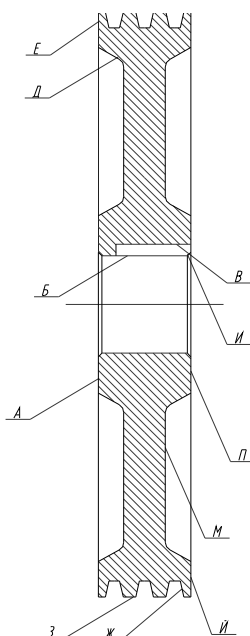


Рисунок 3.1 – Схема поверхонь шківів привідних

Таблиця 3.6 – Аналіз технічних умов виготовлення шківів

Позначення поверхні	Технічна умова, або вимога	Метод виконання	Метод контролю
Г, Д, К, М	Забезпечити точність по 16 квалітету і шорсткість Rz180мкм	Заготовка лиття	Точність- штангенциркулем, шорсткість- методом порівняння за зразками
А, Е, З, Й, Л	Забезпечити точність по 12 квалітету і Rz60	Точіння напівчистове	-//-
Б	Забезпечити точність різання по 7 квалітету, шорсткість Ra 1,25	Розточування тонке	-//-
Ж	Забезпечити точність по 8 квалітету, шорсткість Ra1,6	Точіння чистове	-//-
В	Забезпечити точність по 9 квалітету і шорсткість Rz40	Довбання	-//-

3.3.2. Вибір варіанту технологічного маршруту механічної обробки шківів сушарки моделі ВРА-4

Маршрут механічної обробки деталі «шків» формується на основі аналізу геометрії, технічних вимог та властивостей матеріалу. Послідовність операцій встановлюється з урахуванням забезпечення необхідної точності, шорсткості поверхонь та раціонального використання обладнання. Остаточний технологічний маршрут подається у табличній формі.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таблиця 3.7. – Маршрут механічної обробки шківів.

№ оп.	Назва операції (переходу)	Оброблювана поверхня	Базова поверхня	Назва обладнання
005 установ А	Токарно-гвинторізна 1.Розточити поверхню в розмір Ø55Н7 2.Підрізати торець в розмір 53мм 3.Підрізати торець в розмір 53мм 4.Точити фаску в розмір 2x45°	Б, Й, Л	Поверхня заготовки	Токарно- гвинторізний верстат 16К50П
установ Б	1.Точити поверхню в розмір Ø330 2.Точити три канавки під пас ГОСТ 4607 – 73 3.Підрізати торець в розмір 52мм 4.Підрізати торець в розмір 52мм 5.Точити фаску в розмір 2x45°	А, Е, Ж, З	Б	Токарно- гвинторізний верстат 16К50П
010	Довбальна 1.Довбати шпоночний паз в розмір 42 шириною 10Р9	В	З, Б	Горизонтальний протяжний верстат 7Б55

3.3.3. Визначення припусків та міжопераційних розмірів, проектування заготовки шківів сушарки моделі ВРА-4

На даному етапі виконується розрахунок припусків на механічну обробку та визначення міжопераційних розмірів для формування остаточних розмірних параметрів деталі. Особлива увага приділяється поверхні Б, яка є посадочною поверхнею Ø96H7 із заданою шорсткістю $R_a = 1,25$ мкм, оскільки вона визначає точність посадки та експлуатаційну надійність з'єднання.

Розрахунок припусків виконується з урахуванням технологічного маршруту обробки, вимог до точності та якості поверхні, а також характеристик заготовки. Отримані значення припусків дозволяють обґрунтувати вибір режимів обробки та забезпечити досягнення заданих параметрів деталі на завершальній операції.

Результати розрахунків, включаючи міжопераційні розміри, допуски та припуски на обробку, зводяться в узагальнену таблицю для подальшого використання при проектуванні технологічного процесу.

Таблиця.3.8 Зведена таблиця припусків і допусків на обробку шківів.

Поверхня	Розмір, мм	Припуск, мм		Допуск, мкм
		Табличний	Розрахунковий	
А, Е, Ї, Л	Торці	2,5	—	970
З	Ø330H12	2·1,5	—	1310
Б	Ø55H7	2·4,5	2·1,029	170
В	10P9	2·1,5	—	65
Ж	Канавки під пас ГОСТ 4607-73	2·2,5	—	740

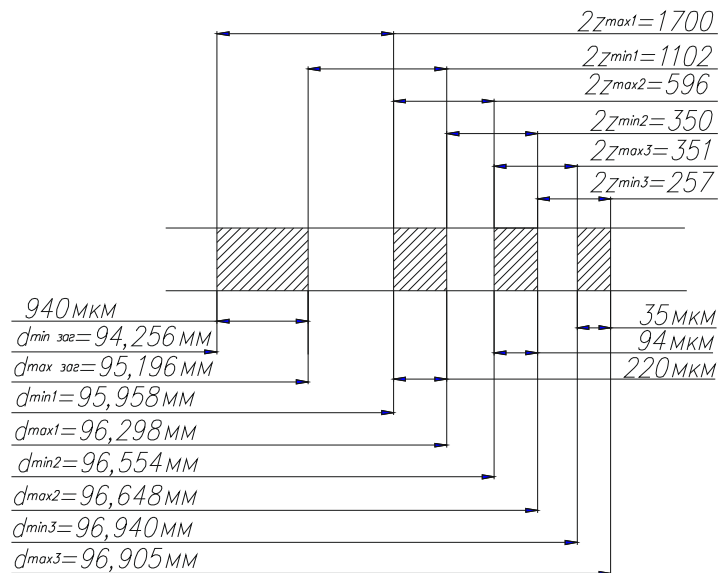


Рисунок 3.2 – Схема розподілу припусків і допусків на поверхню Ø55H7

Для інших оброблюваних поверхонь деталі «шків» значення припусків і допусків приймаються відповідно до нормативних даних, наведених у ГОСТ 7505–89. Вибір величин здійснюється з урахуванням типу заготовки, вимог до точності обробки та заданих параметрів шорсткості поверхонь. Отримані значення припусків і допусків систематизуються та заносяться до відповідної зведеної таблиці для подальшого використання при розробці технологічного процесу механічної обробки деталі..

3.3.4. Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки шківів сушарки моделі ВРА-4

Технологічний процес механічної обробки деталі «шків» формується на основі конструктивних особливостей спроектованої заготовки, а також з урахуванням типу виробництва та прийнятої організаційної форми виготовлення.

Остаточний технологічний процес оформлюється у вигляді операційного опису, де кожна операція наводиться у встановленій послідовності з детальним переліком усіх технологічних переходів, режимів обробки та використовуваного

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інструменту. Такий підхід забезпечує повну технологічну визначеність процесу виготовлення шківів та є основою для подальшого планування виробництва.

005 Операція токарна установ А

Устаткування - токарно-гвинторізний верстат 16К20

Деталь встановлюємо в трьохкулачковий клиновий пневмопатрон.

Як базу використовуємо торець заготовки.

1. Розточити поверхню в розмір $\varnothing 55H7$

2. Підрізати торець в розмір 53мм

3. Підрізати торець в розмір 53мм

4. Точити фаску в розмір $2 \times 45^\circ$

005 Операція токарна установ Б

1. Точити поверхню в розмір $\varnothing 330$

2. Точити три канавки під пас ГОСТ 4607 – 73

3. Підрізати торець в розмір 52мм

4. Підрізати торець в розмір 52мм

5. Точити фаску в розмір $2 \times 45^\circ$

010 Довбальна.

Устаткування – довбальний верстат 7А412

Заготовка встановлюється в пристосуванні – верстатні лещата.

1. Довбати шпоночний паз 10Р9

3.3.5. Вибір різального і допоміжного інструменту, методів та засобів технічного контролю

Вибір різального, допоміжного та вимірювального інструменту для механічної обробки деталі «шківів» здійснюється з урахуванням матеріалу заготовки, вимог до точності розмірів і шорсткості поверхонь, а також прийнятого технологічного маршруту обробки, при цьому різальний інструмент підбирається відповідно до виконуваних операцій (точіння, свердління, розточування, фрезерування та шліфування) і забезпечує досягнення заданих

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

геометричних параметрів, допоміжний інструмент включає пристрої для базування та закріплення заготовки, різцетримачі, оправки та патрони, що забезпечують стабільність і точність процесу, а вимірювальний інструмент і засоби технічного контролю застосовуються для перевірки лінійних розмірів, шорсткості та взаємного розташування поверхонь на всіх етапах обробки, що в сукупності дозволяє забезпечити відповідність виготовленої деталі вимогам креслення, а результати підбору інструменту систематизуються у вигляді таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. – Вибір ріжучого і вимірювального інструменту.

Номер операції	Назва операції	Інструмент	
		Ріжучий	Вимірювальний
1	2	3	4
005 установ А	Токарно-гвинторізна 1.Розточити поверхню в розмір Ø55H7 2.Підрізати торець в розмір 53мм 3.Підрізати торець в розмір 53мм 4.Точити фаску в розмір 2x45°	Різець розточний 2334 ГОСТ 18463-73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870-73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870-73 Різець прохідний відігнутий 2507 ГОСТ 18941-73	Штангенциркуль ШЦ -1-500 ГОСТ 166-80

Продовження таблиці 3.9.

1	2	3	4
установ Б	1.Точити поверхню в розмір Ø330 2.Точити три канавки під пас ГОСТ 4607 – 73 3.Підрізати торець в розмір 42мм 4.Підрізати торець в розмір 52мм 5.Точити фаску в розмір 2x45⁰	Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870-73 Різець фасонний 2113 ГОСТ 18878- 73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870-73 Різець прохідний упорний 2121 ГОСТ 18870-73 Різець прохідний відігнутий 2507 ГОСТ 18941-73	Штангенцикуль ШЦ -1-400 ГОСТ 166-80
010	Довбальна 1.Довбати шпоночний паз в розмір 42 шириною 15P9	Довб'як шириною 10 мм ГОСТ 18217-80	Штангенцикуль ШЦ -1-250 ГОСТ 166-80

3.3.6. Розрахунок режимів різання по операціях при механічній обробці шківів сушарки моделі ВРА-4

Розрахунок режимів різання виконується для обробки базової та найбільш відповідальної поверхні Ø55H7, оскільки саме вона має підвищені вимоги до точності та шорсткості і визначає якість посадочного з'єднання. Для інших технологічних операцій та допоміжних переходів режими різання приймаються на основі нормативних даних і довідкової літератури, з урахуванням типу обробки, матеріалу заготовки та застосовуваного обладнання. Отримані значення режимів різання систематизуються та зводяться у підсумкову таблицю.

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця режимів різання для механічної обробки шківів.

№ оп.	Назва операції, переходу, позиції	V, м/хв	n, об/хв	t, мм	Sp, мм/об	Sm, мм/хв	Tм, хв	Tшт, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
005 установ А	Токарно-гвинторізна							
	1.Розточити поверхню в розмір Ø55H7	57.9	194	1.1	0.8	147	0.95	1.4
	2.Підрізати торець в розмір 53мм	91.3	600	1.5	0.6	116.6	0.84	1.24
	3.Підрізати торець в розмір 53мм	32	315	1.0	0.6	189	0.64	1.04
	4.Точити фаску в розмір 2x45°	41.3	120	0.5	0.2	112	0.14	0,84

Продовження таблиці 3.10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
установ Б	1.Точити поверхню в розмір Ø330	116	600	2	0,6	189	0,95	1,4
	2.Точити три канавки під пас ГОСТ 4607 – 73	34,5	315	3	0,6	189	1,15	1,4
	3.Підрізати торець в розмір 52мм.	91,3	600	1,5	0,6	116,6	0,14	0,84
	4.Підрізати торець в розмір 52мм	32	315	1,0	0,6	189	0,1	0,9
	5.Точити фаску в розмір 2x45°	41,3	120	0,5	0,2	112	0,15	0,4
010	Довбальна 1.Довбати шпоночний паз в розмір 42 шириною 10P9	14	-	6,0	-	10	1,8	2,44

3.3.7. Технічне нормування розробленого технологічного процесу виготовлення
шків сушарки моделі ВРА-4

Визначення норм часу виконується на основі технологічного розрахунку з урахуванням структури операційного процесу та прийнятих режимів обробки. Для операції 010 штучний час розраховується розрахунково-аналітичним методом із детальним урахуванням основного, допоміжного та підготовчо-завершального часу. Для всіх інших операцій норми часу приймаються за

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				67

нормативними даними відповідно до довідника, з урахуванням типу обробки, обладнання та умов виконання робіт. Отримані значення штучного часу по всіх операціях технологічного процесу узагальнюються та подаються у вигляді зведеної таблиці для подальшого використання при плануванні виробництва.

Таблиця 3.11. – Розрахунок штучного часу по операціях технологічного процесу

№ п/п	Назва операції	T_0 хв	$T_{\text{доп. хв}}$			$T_{\text{оп. хв}}$	Час обслугов.		$T_{\text{відп. хв}}$	$T_{\text{шт}}$
			$t_{\text{уст}}$	$t_{\text{упр}}$	$t_{\text{вим}}$		$T_{\text{техн. обслугов.}}$	$T_{\text{орг.обслуг.}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005	Токарно-гвинторізна	0,95	0,12	0,08	0,11	1,26	0,03	0,03	0,08	1,4
		0,84	0,1	0,09	0,1	1,13	0,06	0,03	0,02	1,24
		0,64	0,06	0,06	0,12	0,88	0,05	0,05	0,06	1,04
		0,14	0,14	0,18	0,16	0,62	0,08	0,07	0,07	0,84
		0,95	0,12	0,08	0,11	1,26	0,05	0,03	0,06	1,4
		1,15	0,06	0,07	0,04	1,32	0,02	0,03	0,03	1,4
		0,14	0,23	0,14	0,21	0,72	0,05	0,03	0,04	0,84
		0,1	0,22	0,28	0,21	0,81	0,03	0,02	0,04	0,9
		0,15	0,06	0,03	0,06	0,3	0,04	0,03	0,03	0,4
010	Довбальна	1,8	0,14	0,12	0,08	2,24	0,05	0,06	0,07	2,44

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

4.1 Заходи з охорони праці та техніки безпеки

Питанням охорони праці [16, 17] та гарантування безпеки життєдіяльності на виробництві присвячено значну кількість наукових і практичних публікацій, у яких детально описано методики, інженерно-технічні та організаційні засоби захисту людини від шкідливих і небезпечних виробничих факторів. Цій же меті служить розвинена нормативно-правова база України, яка в сучасних умовах повністю відійшла від радянських міждержавних стандартів та будівельних норм. Правове регулювання безпеки праці на підприємстві базується на Законі України «Про охорону праці», Кодексі цивільного захисту України, а також на профільних нормативно-правових актах, серед яких ключове значення мають правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, а також сучасні стандарти безпечності машин, оцінювання ризиків та проектування електрообладнання промислових установок.

Технологічний процес промислового виробництва сухих дріжджів забезпечується комплексом взаємопов'язаного обладнання, до якого належать насосний агрегат НРМ-2, промислова сушарка типу ВРА-4, дозатор ДМ-20, фасувальний автомат РЧФ-7, пакувальний автомат РЧП-8, обандеролувальна машина РОМ-9 та система стрічкових конвеєрів.

Вимогами з безпечної та надійної експлуатації насоса НРМ-2 передбачається висока якість його складання та суворе дотримання точності монтажних робіт. Під час технічного обслуговування цього вузла слід ретельно встановлювати ущільнювальні прокладки, торцеві та манжетні ущільнення для запобігання витокам робочого середовища.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Плакса А.Д.			4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Шинкарик М.М.								69	
Консульт.		Кравець О.І.						гр. МОс-41			
Н. Контр.		Кравець О.І.									
Затверд.		Пилипець О.М.									

Основними небезпечними чинниками під час роботи насосних агрегатів є підвищений рівень вібрації, шум, а також ризик ураження електричним струмом, який зростає в умовах підвищеної вологості у виробничих приміщеннях харчових підприємств. Для мінімізації та усунення цих ризиків передбачено монтаж обладнання на віброізолювальні основи та виконання захисного заземлення згідно з вимогами Правил улаштування електроустановок. Під час штатного функціонування підтікання рідких продуктів або технологічних розчинів крізь ущільнення насоса не повинно перевищувати встановлених нормативних значень, а експлуатація несправного агрегату в разі зачіпання робочих органів за корпус чи виникнення аномального шуму категорично забороняється.

Джерелом живлення сушарки ВРА-4 є трифазна промислова електромережа напругою 380 В, що зумовлює необхідність суворого дотримання правил техніки безпеки під час роботи з електрообладнанням, а також з апаратами, що функціонують під надлишковим тиском або розрідженням. Робочі елементи сушарки конструктивно розміщені в закритому герметичному просторі, тому за умов нормального технологічного режиму не становлять безпосередньої небезпеки. Проте через високі оберти розпилювального механізму установка є джерелом шуму та локальної вібрації. Крім того, під час високошвидкісного руху дисперсного продукту в потоці гарячого повітря на корпусі та внутрішніх елементах камери сушарки можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Для запобігання іскроутворенню та пилоповітряним вибухам апарат має бути надійно заземленим для забезпечення електростатичного захисту, а всі елементи механічних приводів та пасових передач повинні повністю закриватися захисними металевими кожухами.

До обслуговування та керування сушаркою допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, вступний та первинний інструктажі з охорони праці з відповідним записом у журналі реєстрації. Перед початком зміни оператор зобов'язаний візуально пересвідчитися у справності апарату, надійності підключення контуру

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заземлення, цілісності захисних кожухів та відсутності сторонніх предметів у робочій камері. Первинний пуск обладнання здійснюється в холостому режимі для перевірки відсутності нехарактерних шумів, стуків або надмірної вібрації. У разі виявлення будь-якого дефекту сушарку необхідно негайно зупинити кнопкою аварійного вимкнення та викликати чергового механіка.

Під час роботи сушарки заборонено знімати захисні огороження, відкривати люки та оглядові вікна, а також виконувати будь-які операції, що не передбачені робочою технологічною інструкцією. Усі ремонтні, очисні або регульовальні роботи, а також змащування деталей під час роботи електродвигуна категорично заборонені. У разі виникнення аварійної ситуації чи появи запаху горілої ізоляції апарат негайно знеструмлюють за допомогою окремого загального вимикача на робочому місці. Величина опору захисного заземлення при цьому не повинна перевищувати 4 Ом. По закінченню зміни обладнання очищують від залишків продукту, перевіряють температуру підшипникових вузлів та передають інформацію про технічний стан наступній зміні. Профілактичні огляди, планово-попереджувальні та капітальні ремонти мають здійснюватися суворо за графіком, затвердженим головним інженером підприємства, і лише за умови повного відключення електродвигунів від електромережі з вивішуванням на пускових пристроях заборонних плакатів безпеки.

Пожежна небезпека на дільниці сушіння може виникнути переважно внаслідок короткого замикання в обмотках електродвигуна чи пусковій апаратурі, тому виробнича зона обов'язково комплектується первинними засобами пожежогасіння, зокрема вуглекислотними або порошковими вогнегасниками, які дозволено використовувати для гасіння електроустановок під напругою.

Під час експлуатації стрічкових конвеєрів ключовою вимогою є виключення випадкового фізичного контакту працівників з рухомими елементами, що досягається встановленням стаціонарних захисних бортиків уздовж полотна конвеєра, захисних решіток у місцях набігання стрічки на

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

барабан та захисних кожухів на елементах приводу. На ділянках роботи фасувального та пакувального автоматів механічний та електричний травматизм персоналу унеможлиблюється завдяки монтажу захисного заземлення металевих корпусів та обладнанню рухомих вузлів відкидними прозорими екранами з полікарбонату.

Безпека експлуатації обандеролювальної машини РОМ-9, яка є складним електромеханічним агрегатом з інтегрованою пневматичною системою, забезпечується заземленням її електричної частини, ізоляцією приводних елементів за допомогою суцільних кожухів та високою герметичністю пневмопроводів. Для запобігання ковзанню та мінімізації ризику ураження струмом у разі можливого проливання технологічних рідин чи конденсату на підлогу, робоче місце оператора обандеролювальної машини обладнується діелектричним гумовим килимком або сухою дерев'яною підставкою, а її раму монтують на спеціальні пружні віброізолятори для гасіння локальної вібрації.

При розміщенні конвеєрів у цеху ширина проходів між стіною будівлі та однією поздовжньою стороною транспортера повинна становити не менше 0,7 м, а між двома паралельно встановленими транспортерами — не менше 0,9 м. З протилежного боку конвеєри з шириною стрічки до 60 см можна монтувати впритул до стіни, тоді як для стрічки завширшки понад 60 см проміжок від стіни має бути не меншим за 0,4 м. За наявності на конвеєрах пересувних візків проходи розширюють з урахуванням габаритів частин візка, що виступають.

Загалом під час проектування діляниць та монтажу технологічного устаткування обов'язково забезпечуються нормовані параметри виробничих проходів, де головні проходи в місцях постійного перебування працівників становлять не менше 1,5 м, проходи вздовж віконних прорізів — не менше 1,0 м, проходи для регулярного огляду та налаштування КВПіА — не менше 0,8 м, а проходи для періодичного огляду трубопроводів і запірної арматури — не менше 0,7 м. Ширина головних проїздів та проходів між автоматизованими чи механізованими лініями за їхніми осями має бути не меншою за 2,4 м, а

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічні розриви між окремими машинами чи ємностями, встановленими в один ряд, повинні становити не менше 0,35 м.

Одними з найбільш поширених ризиків на переробних підприємствах є механічні небезпеки, пов'язані з наявністю відкритих рухомих частин обладнання, як-от ланцюгові, пасові, зубчасті передачі, вали чи внутрішні мішалки в місткостях. Оцінювання та зниження цих ризиків регламентується сучасними стандартами безпечності машин, а захисні дверцята великих агрегатів повинні мати зручні механізми відкривання та пристрої автоматичного блокування. Завдяки використанню кінцевих електричних вимикачів або фотоелектричних датчиків, будь-яка спроба відкрити кришку, зняти кожух або перетнути оператором світловий промінь у небезпечній зоні призводить до миттєвого розриву кола живлення магнітного пускача, що повністю зупиняє привід машини та запобігає травмуванню.

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими технологічними місткостями, супроводжується інтенсивним виділенням вологи, пари та конвективного тепла. Для асиміляції цих виділень і створення нормальних санітарно-гігієнічних умов на робочих місцях влаштовують локальну припливно-витяжну вентиляцію у вигляді місцевих відсосів або витяжних зонтів, а на фіксованих робочих місцях із високим тепловим опроміненням передбачають повітряне душування. Параметри мікроклімату, включаючи температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря у робочій зоні цеху, мають суворо відповідати вимогам сучасних Державних санітарних норм.

4.2. Заходи з безпеки життєдіяльності

4.2.1. Техногенні аварії

У більшості випадків техногенні аварії [18] пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє середовище речовини або енергії. Раптове вивільнення енергії призводить до промислових вибухів, а речовин — до пожеж, хімічного забруднення та формування осередків іншого руйнівного впливу.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибух є процесом швидкого некерованого фізичного чи хімічного перетворення системи, що супроводжується переходом її потенційної енергії в механічну роботу, яка зумовлена стрімким розширенням газів або пари. За своєю природою вибухові процеси поділяють на фізичні та хімічні, причому фізичний вибух найчастіше пов'язаний із руйнуванням замкнених об'ємів машин чи апаратів та вивільненням потенційної енергії стиснутих або зріджених газів, а його руйнівна сила прямо залежить від внутрішнього тиску в резервуарі. Основними параметрами, що визначають потужність вибуху, є загальна енергія вибуху та швидкість її виділення, а у виробничих умовах можливі такі основні види вибухів, як вільний повітряний, наземний, вибух у безпосередній близькості від об'єкта, а також вибух усередині самого виробничого приміщення.

Суттєву техногенну небезпеку становлять пожежі, під якими розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює пряму загрозу для життя та здоров'я людей. Причини виникнення пожеж на промислових об'єктах поділяють на дві основні групи, де перша пов'язана з порушенням протипожежного режиму або необережним поводженням з вогнем, а друга — з недотриманням вимог пожежної безпеки під час проектування та будівництва споруд. Крім того, пожежі часто виникають як наслідок вибухів у виробничих апаратах або через аварійні витіки пожежовибухонебезпечних середовищ в об'єми приміщень. З хімічного погляду пожежа є екзотермічною реакцією між горючою речовиною та окисником, найчастіше киснем повітря, і для її виникнення необхідна одночасна наявність горючої речовини, окисника та джерела запалювання з достатнім рівнем енергії. Утворення полум'я завжди пов'язане з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих матеріалів передбачає їхній попередній термічний розклад або випаровування з переходом у газову фазу. До основних небезпечних факторів пожежі належать підвищена температура в зоні горіння та теплові потоки, що викликають важкі опіки й призводять до втрати несніжної здатності будівельних конструкцій, а також токсичні продукти згоряння, дим і знижена концентрація кисню, що викликає гострі отруєння та асфіксію.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На багатьох підприємствах для технологічних цілей використовують небезпечні хімічні речовини, зокрема масові отруйні речовини, серед яких найпоширенішими є аміак та хлор, а також різноманітні луги й кислоти. Розгерметизація ємностей чи обладнання з токсичними речовинами супроводжується високим ризиком хімічного зараження, причому залежно від термодинамічного стану рідини процес її аварійного викиду може протікати за трьома сценаріями. За умов значного перегріву рідина миттєво переходить у зважений та пароподібний стан із формуванням первинної хмари токсичної суміші, тоді як при низьких енергетичних параметрах відбувається спокійний пролив на підстильну поверхню з поступовим випаровуванням за рахунок підведення тепла від навколишнього середовища. Проміжний режим передбачає різке скипання рідини в початковий момент з утворенням дрібнодисперсної фракції, після чого настає стадія вільного випаровування з відносно низькою швидкістю. Ряд речовин у промисловості, таких як рідкий кисень, азот, водень або гелій, зберігається за криогенних температур у рідкому стані. Самі по собі азот або гелій не є токсичними, проте їхнє масове надходження в атмосферу приміщення витісняє кисень, викликаючи ядуху, а наднизькі температури створюють додаткові ризики у вигляді термічних опіків тканин людини та виникнення холодоламкості металевих конструкцій, що призводить до їхнього раптового руйнування під навантаженням.

Для індивідуального захисту органів дихання від випарів аміаку персонал забезпечується фільтрувальними промисловими протигазами з коробками великого габариту марки КД сірого кольору або марки М червоного кольору. За концентрації аміаку дві цілих і три десятих міліграма на літр термін захисної дії такої коробки становить двісті сорок хвилин, а за наявності додаткового протиаерозольного фільтра з індексом В — сто двадцять хвилин. За незначних концентрацій випарів аміаку в межах від десяти до п'ятнадцяти гранично допустимих концентрацій допускається використання респіраторів типу ГПД-67 з патронами марки КД, а для захисту шкірних покривів пропонується застосовувати спеціальний прогумований одяг, гумові чоботи та хімістійкі

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рукавиці. Ліквідація наслідків аварії з виливом аміаку передбачає негайне ввімкнення системи оповіщення персоналу та населення, термінову евакуацію сторонніх осіб із зони ураження, повне усунення джерел відкритого вогню, а також вжиття заходів щодо зупинення витоку або перекачування залишків продукту в резервну місткість. Для зменшення глибини зони хімічного зараження та осадження аміачної хмари обов'язково створюють водяні завіси за допомогою пожежних гідрантів та лафетних стволів, паралельно запобігаючи потраплянню аміачної води у відкриті водойми, каналізаційні мережі, тунелі та підвали. У разі займання аміачно-повітряної суміші необхідно здійснювати безперервне охолодження сусідніх резервуарів водою з максимальної відстані, а ліквідацію вогнищ проводити за допомогою піску, порошкових чи водно-пінних засобів.

Перша допомога при ураженні аміаком полягає в негайному винесенні потерпілого на свіже повітря, забезпеченні повного спокою та промиванні шкіри, очей і слизових оболонок великою кількістю чистої води або двовідсотковим розчином борної кислоти. В очі закапують дві-три краплі тридцятивідсоткового розчину альбуциду, а також проводять інгаляції киснем або теплою водяною парою. Якщо аміак потрапив усередину шлунка, викликаючи блювоту і біль, необхідно промити шлунок теплою водою, підкисленою лимонним чи столовим оцтом, після чого потерпілому дають випити склянку молока, лимонного соку або рослинної олії.

4.2.2. Засоби вибухозахисту герметичних систем

Будь-яке технологічне устаткування підвищеного тиску має бути укомплектоване інженерними системами вибухозахисту, які передбачають проектування апаратів, розрахованих на максимальний тиск можливого вибуху, встановлення засобів локалізації полум'я у вигляді гідрозатворів, вогнеперешкоджувачів чи інертних завіс, а також захист корпусів від механічного руйнування за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску, до

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яких належать запобіжні мембрани, клапани, швидкодійні відсічні засувки та зворотні клапани. Загальний вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами, суворим дотриманням технологічних регламентів, регулярним навчанням й інструктажами обслуговуючого персоналу, безперервним моніторингом параметрів роботи обладнання, а також наглядом за дотриманням правил промислової санітарії та пожежної безпеки. З метою візуальної ідентифікації середовищ, що транспортуються, та швидкого визначення характеру їхньої небезпеки, промислові трубопроводи підлягають сигнальному фарбуванню та маркуванню сигнальними кільцями відповідно до вимог національних стандартів. При цьому вода позначається зеленим кольором, повітря — синім, луги — фіолетовим, кислоти — помаранчевим, а горючі гази — жовтим кольором. Нанесені на поверхню трубопроводів сигнальні кільця червоного кольору вказують на вибухо- та пожежонебезпечність речовини, жовтого кольору — на токсичність, глибокий вакуум або високий тиск, а зеленого кольору — на безпечність та нейтральність середовища. Усі трубопроводи після завершення монтажу, а також періодично під час експлуатації піддаються обов'язковим гідравлічним випробуванням на міцність і щільність пробним тиском, який на двадцять п'ять відсотків перевищує робочий, але становить не менше нуля цілих і двох десятих мегапаскаля.

Кожна судина чи ємність повинна додатково оснащуватися запобіжними пристроями від підвищення тиску вище припустимого рівня. Серед них виділяють запобіжні мембрани, які характеризуються простотою конструкції, високою надійністю та практично не мають обмежень щодо пропускної здатності, проте їхнім суттєвим недоліком є те, що після розриву мембрани апарат залишається повністю відкритим, що призводить до зупинки процесу та повного викиду вмісту в атмосферу. Вибухові або відкидні клапани дозволяють частково усунути цей негативний наслідок, оскільки після зниження тиску до безпечного рівня клапан під дією власної ваги або пружини повертається на місце, забезпечуючи тривалість роботи устаткування, хоча вони мають вищу

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інерційність порівняно з мембранами та гірші показники повної герметичності. Пружинні запобіжні клапани є найпоширенішим засобом захисту технологічного устаткування від вибуху завдяки їхній здатності до автоматичного закриття після скидання надлишку тиску, але вони вимагають регулярного обслуговування й калібрування, оскільки мають певну механічну інерційність пружинного механізму та схильні до закоксування у разі роботи з в'язкими або забрудненими середовищами.

4.2.3. Пожежний захист виробничих об'єктів

Впровадження автоматичної пожежної сигналізації є критично важливою умовою для запобігання масштабним пожежам, оскільки час між спалахом і приїздом пожежної бригади може бути значним, що часто призводить до повного охоплення полум'ям усього приміщення. Основне завдання автоматичної сигналізації полягає у виявленні загоряння на його ранній стадії, передачі сигналу на пульт охорони із зазначенням точного місця події, а також в автоматичному ввімкненні систем протипожежного захисту, оповіщення, димовидалення та локальних установок пожежогасіння. Структурно така система складається з приймально-контрольного приладу та розгалуженої мережі пожежних сповіщувачів, які виконують функцію датчиків, що реагують на появу ознак пожежі та перетворюють їх в електричний сигнал. Швидкість спрацьовування всієї системи в основному визначається характеристиками первинних сповіщувачів, серед яких найчастіше використовуються теплові, димові, світлові та комбіновані датчики.

Ефективність локалізації пожежі залежить не лише від швидкості її виявлення, а й від правильного вибору способу та засобів пожежогасіння. Сучасна практика виділяє такі основні методи пригнічення горіння, як ізоляція вогнища від атмосферного кисню, розведення повітряного середовища непалаючими газами до концентрацій, за яких тривале горіння стає неможливим, та охолодження зони реакції нижче температури самозаймання речовини. Також

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують інтенсивне хімічне інгібування швидкості реакції окиснення за допомогою спеціальних порошкових складів, механічний зрив полум'я потужним струменем газу або води, а також створення умов вогнезагородження, при яких полум'я змушене поширюватися через вузькі канали. Для технічної реалізації цих методів застосовують різноманітні вогнегасні речовини, до яких належать вода як найдешевший і доступний матеріал, пісок, інструменти пожежних щитів, ручні та пересувні вогнегасники, інертні розріджувачі для об'ємного гасіння, а також сучасні вогнегасні порошки. Оскільки деякі вогнегасні речовини, що застосовуються в автоматичних системах, можуть завдати значної шкоди дорогому електронному чи технологічному обладнанню, вибір типу системи пожежогасіння має визначатися не лише швидкістю ліквідації вогню, а й необхідністю забезпечити мінімальне сумарне ушкодження будівлі та внутрішнього устаткування внаслідок гасіння.

На завершення слід зазначити, що для гарантування безпеки персоналу, уникнення техногенних аварій та мінімізації їхніх важких наслідків надзвичайно важливим є комплексне впровадження інженерно-технічних, організаційних та санітарно-гігієнічних заходів захисту на всіх етапах проектування та експлуатації виробничого об'єкта.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комплексну систему організаційно-технічних заходів з технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою установки ВРА-4.

Було виконано наступні задачі:

виконано аналіз конструктивних особливостей та умов роботи розпилювального пристрою установки ВРА-4;

проведено огляд та порівняльний аналіз конструкцій аналогічних розпилювальних сушарок;

виконано технологічний та енергетичний розрахунок сушарки для молока марки ВРА-4;

виконано розрахунок розпилювального диску, приводу та пасової передачі розпилювача;

виконано розрахунок вала розпилювача та перевірку його міцності;

розроблено схему монтажу сушарки ВРА-4 та обрано такелажне оснащення для виконання монтажних робіт;

розроблено комплексну систему технічного обслуговування розпилювального пристрою установки ВРА-4 з визначенням переліку регламентних операцій та графіка планово-попереджувального ремонту;

розроблено технологію ремонту вузла розпилювального пристрою, включаючи аналіз характерних причин виходу з ладу та методи відновлення зношених деталей;

виконано розробку заходів з безпечної експлуатації розпилювальної сушарки та з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Плакса А.Д.			Висновки		
Перевір.		Шинкарик М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						80	
					гр. МОс-41		

Розроблені заходи з технічного обслуговування та ремонту розпилювального пристрою можуть бути впроваджені на молокопереробних підприємствах для підвищення надійності установки ВРА-4, стабілізації технологічних параметрів процесу сушіння та зниження витрат на утримання обладнання..

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Вітенько Т., Ворощук В. Навчально-методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 – «Механічна інженерія». ФОП Паляниця, 2024. 48 с.

2. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв : навчальний посібник. Київ : ЦНЛ, 2007. 337 с.

3. Шинкарик, М. М., Ворощук, В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості : навч. посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.

4. Гончаренко, Г. М., Дуб, В. В., Гончаренко, В. В. Технологічне обладнання консервних та овочепереробних виробництв : довідник. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 304 с.

5. Гладушняк, О. К. Технологічне обладнання консервних заводів : підручник. Херсон : Грінь Д. С., 2015. 348 с. ISBN 978-617-7243-92-1.

6. Бабанов І.Г. та ін. Інноваційне обладнання молокопереробних підприємств. Київ: ТОВ «ІНКОС», 2019. 718 с.

7. Ворощук, В. Я. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. / В. Я. Ворощук, Т. М. Вітенько. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – 164 с.

8. Вітенько, Т. М. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв / Т. М. Вітенько, В. Я. Ворощук. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / під ред. Дейниченко Г. В. – ХДУХТ, 2019. – С. 108–109.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань		
Розроб.		Плакса А.Д.					
Перевір.		Шинкарик М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кравець О.І.					
Затверд.		Пилипець О.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						82	
					гр. МОс-41		

9. Черевко, О. І. та ін. Розрахунок технологічного обладнання консервних виробництв : навч. посібник. Харків : ХДУХТ, 2014. 161 с.

10. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машини. - Харків. Основа, 1991.- 275с.

11. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.— К.: Вища школа, 1993.— 556с.

12. Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. Технологія машинобудування (дипломне проектування) Навчальний посібник. — Львів: Новий світ-2000, 2011. — 770 с.

13. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

14. Дячун А. Є. «Технологія обробки типових деталей та складання машин» : методичний посібник з виконання курсового проекту / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. — Тернопіль : ТНТУ , 2016. — 75 с.

15. Структура технологічного процесу ремонтного виробництва : методичні вказівки з дисципліни «Технологія ремонту та відновлення деталей машин» для практичних занять і самостійної роботи студентів всіх форм навчання та дистанційної освіти / Укладачі : Радик Д.Л., Ткаченко І.Г., Радик М.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 56 с.

16. Одарченко М.С., Одарченко А.М., Степанов В.І., Черненко Я.М. Основи охорона праці. Харків: Стиль-Издат, 2017. — 334 с.

17. Березуцький В.В., Васьковець Л.А., Вершиніна Н.П. та ін. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. — За ред. проф. В.В. Березуцького. — Х.: Факт, 2005. — 384 с.

18. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 156 с.

					КРБ 363.00.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		