

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Якимчук М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»**

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

**на тему: «Інтенсифікація процесу сушіння пивної дробини в псевдозрідженому
стані шляхом удосконалення конструкції сушарки »**

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОХ-2-2М

_____ Гущик Валентина Олександрівна _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Якобчук Роман Леонідович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2022р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Якимчук М.В.

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Гущик Валентина Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Інтенсифікація процесу сушіння пивної дробини в псевдозрізженому стані шляхом удосконалення конструкції сушарки

керівник проекту (роботи) Якобчук Роман Леонідович, доц., кандидат тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «01» листопада 2021 р. № 860-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Анотація; Зміст; Вступ; Аналітичний огляд стану питання; Методика проведення досліджень; Дослідна частина та узагальнення результатів; Обґрунтування модернізації; Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування; Розрахункова частина; Підбір конструкційних матеріалів; Технологія машинобудування; Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці; Охорона довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

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

Загальний вигляд сушарки – 1 аркуш; Загальний вид сушильної установки – 1 аркуш; Машинно-апаратурна схема – 1 аркуш; Технологія машинобудування – 7 аркуш, Наукова частина – 2 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>		
2	<i>Аналітичний огляд стану питання</i>		
3	<i>Методика проведення досліджень</i>		
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>		
5	<i>Обґрунтування модернізації. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування</i>		
6	<i>Розрахункова частина</i>		
7	<i>Підбір конструкційних матеріалів</i>		
8	<i>Технологія машинобудування</i>		
9	<i>Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання</i>		
10	<i>Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування</i>		
11	<i>Заходи по охороні праці</i>		
12	<i>Охорона довкілля</i>		
13	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>		
14	<i>Висновки</i>		
	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>		
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>		

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі розглянуто основні аспекти сушіння пивної дробини в псевдозрідженому шарі.

Наведено методику розрахунку продуктивності, тепловий розрахунок та розрахунок основних параметрів киплячого шару. Проаналізовано основні розрахункові залежності, та проведено оцінку вже існуючого обладнання даного типу.

На основі виконаних теоретичних розрахунків можливі удосконалення процесу сушіння пивної дробини. Також було запропоновано конструкцію апарату циліндричного типу, що дозволяє проводити всі основні технологічні процеси пов'язані з сушінням пивної дробини.

Кваліфікаційна робота представлений на 85 сторінках пояснювальної записки та на 5 аркушах креслення формату А1. Також у кваліфікаційній роботі присутні додатки в яких представлено креслення допоміжного обладнання.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва АНОТАЦІЯ	20-2223.KP.06.03.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/4

SUMMARY

The diploma project considers the main aspects of drying beer pellets in a fluidized bed.

The method of productivity calculation, thermal calculation and calculation of the main parameters of the fluidized bed are given. The main calculation dependences are analyzed, and the assessment of already existing equipment of this type is carried out.

Based on the performed theoretical calculations, it is possible to improve the drying process of beer pellets. It was also proposed to design a cylindrical type device that allows all the main technological processes associated with the drying of beer pellets.

The diploma project is presented on 65 pages of the explanatory note and on 5 sheets of the drawing of the A1 format. Also in the diploma project there are appendices in which drawings of auxiliary equipment and the special device for performance of milling operation are presented.

Key words: engine plate, the flange plate is original, fan flange, engine flange, engine, fan motor.

ЗМІСТ

	стор.
АНОТАЦІЯ	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
1. Аналітичний огляд стану питання	7
2. Методика проведення дослідження	12
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	19
4. Оґрунтування інтенсифікації	30
5. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування	33
6. Розрахункова частина	35
7. Підбір конструкційних матеріалів	50
8. Технологія машинобудування	53
9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання	62
10. Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування	66
11. Заходи з охорони праці	69
12. Охорона довкілля	72
13. Маркетингове обґрунтування проекту	74
Висновки	77
Список використаних джерел	78
Додатки	82

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва ЗМІСТ	20-2223.KP.06.04.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/1

ВСТУП

Актуальність теми. Економічно ефективна, менш енерговитратна, – виключно основні завдання харчових підприємств України. Сушка - це процес видалення з матеріалу вологи, що забезпечується її випаровуванням та відведенням пари, що утворюється.

Видалення вологи з твердих і пастоподібних матеріалів здешевлює їх транспортування і надає їм певні властивості, а також сприяє зменшенню корозії апаратури. Киплячий шар (псевдозріджений шар) - стан шару зернистого сипкого матеріалу, при якому під впливом проходить через нього потік газу або рідини (зріджений агент), частинки твердого матеріалу інтенсивно переміщуються одна щодо іншої.

У цьому стані шар нагадує киплячу рідину, набуваючи деякі її властивості, і його поведінка підкоряється законам гідростатики. У киплячому шарі досягається тісний контакт між зернистим матеріалом і зрідженим агентом, що робить ефективним його застосуванням. Найчастіше їх використовують для адсорбції речовин з газів і рідин, теплообміну, сушки твердого матеріалу, а також для його перемішування, класифікації та транспортування.

Переваги сушок з киплячим шаром:

- можливість сушки при високих температурах, які можуть перевищувати допустимі для даного матеріалу, внаслідок короткочасного зіткнення з сушильним агентом;
- високий ступінь використання тепла сушильного агента;
- можливість автоматичного регулювання параметрів процесу;
- вирівняне поле температури;

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва ВСТУП	20-2223.KP.06.06.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/3

- зменшена небезпека значних перегрівів;

Зв'язок роботи з науковими планами, темами, програмами. Кваліфікаційну роботу виконувала відповідно до популярного розділу наукової діяльності НУХТ та кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування.

Мета і задачі дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення установки для сушіння пивної дробини з метою інтенсифікації покращення якості висушеної дробини та процесу сушіння .

Для досягнення даної мети було визначено такі завдання:

- виконати та обґрунтувати технологічно-конструктивну схему розпилюючих пристроїв;
- підготувати методику досліджень та програму, затвердити їх результати, отримати раціональні технологічно-конструктивні параметри сушарки та знайти їх вплив на ефективність технологічного процесу сушіння;
- теоретично довести основні технологічно-конструктивні параметри та технологічний процес параметрів сушарки;
- на підставі існуючих способів огляду сушіння, пристроїв сушарок отримати шляхи підвищення інтенсифікації технологічного процесу сушіння пивної дробини;

Наукова іновація отриманих результатів. На основі оцінки проведених досліджень процесу сушіння в псевдозрідженому стані:

- створено розрахункову модель спрацювання сушильної установки для сушіння пивної дробини в псевдозрідженому стані із змінами конструкції в сушарці;
- розроблено математичну модель процесу сушіння процесу сушіння пивної дробини.

Практичне значення отриманих результатів полягає в інтенсифікації конструкції сушарки, що в кінці забезпечує необхідне висушування продукту, також його чистоту, за рахунок сушіння чистим повітрям.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні дослідження за темою кваліфікаційної роботи виконані здобувачем особисто, відповідно:

— виконано системний аналіз головних шляхів підвищення результативності технологічного процесу сушіння;

— утверджено нові закономірності впливу технологічно-конструктивних параметрів сушарки на ефективність технологічного процесу сушіння пивної дробини;

— розроблена математична модель, що вираховує рух пивної дробини в сушильній камері та факел розпилу форсунки.

1. Аналітичний огляд стану питань

Сушарки в псевдозрідженому стані призначені для сушіння продукту . Новий вид сушарок в псевдозрідженому стані може сушити зерно без попереднього очищення, а також частково очищають зерно від легких домішок. Зерно знаходиться в плаваючому (псевдозрідженому) стані і не піддається здавлюванню. Це проблема для сушарок шахтного типу, особливо при сушінні культур з м'якою оболонкою, що легко пошкоджується.

При зміні партії зерна або культури немає необхідності звільняти і заповнювати наново сушилку. У зв'язку з цим ви економите час і енергію.

Потужний потік повітря забезпечує відмінний результат при сушінні делікатних культур і насінневого зерна із низькою температурою.

Зерно просушується дуже рівномірно, без утворення гарячих (застійних) зон, оскільки повітря проходить через шар продукту з однаковою інтенсивністю.

Сушарка має доступ в будь-яку її частину і елементарно чиститься від пилу. Це знижує можливість виникнення пожежі.

Сушарки сконструйовані для багаторічної роботи. Сотні сушарок після тридцяти і більше років експлуатації і дотепер служать.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Аналітичний огляд стану питань	20-2223.KP.06.01.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/4



Рис.1.1 - Сушарка з псевдозрідженим шаром

Сушарка киплячого шару являє собою вертикальну шахту, що розділена по висоті горизонтальною решіткою на дві камери: нижню і верхню. Через нижню камеру, до якої примикає топка, обладнана дуттєвим вентилятором, у сушарку подають гарячі гази. Верхня камера обладнана завантажувальним і розвантажувальним пристроями. У топці спалюється газ. Повітря для забезпечення горіння і пониження температури сушильного агенту подається у топку двома повітропроводами. Частково відпрацьовані гази подають у камеру змішування. Вологе вугілля подається у сушарку за допомогою живильника. Воно потрапляє на решітку в сушильній камері, через яку проходять гарячі гази — сушильний агент, що засмоктується з топки димососом.

Наименование			Тип						
Первичный материал		кг	60	100	120	150	200	300	500
Вентилятор	Объем воздуха	m ³ /h	2361	3488	4000	4901	6032	7800	10800
	Давление воздуха	mmH ₂ O	594	533	533	679	787	950	950
	Мощность	kw	7.5	11	15	18.5	22	30	45
Мощность перемешивания		kw	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.75	0.75
Скорость перемешивания		rpm	11						
Расход пара		kg/h	141	170	170	240	282	366	451
Время процесса		мин	15-30						
Высота машины	Квадратная	mm	2750	2850	2850	2900	3100	3300	3650
	Круглая	mm	2700	2900	2900	2900	3100	3600	3850

Таблица 1.1 - Технічні характеристики сушарки в псевдозрідженому стані.

Сутність цього способу сушки полягає у тому, що вихідний матеріал на розподільній решітці потоками газу приводиться у псевдозріджений стан. Швидкість потоку газу крізь решітку підбирається такою, щоб матеріал на решітці перебував у завислому «киплячому» стані. У стані «кипіння» кожна вугільна частинка омивається потоком гарячих газів, у результаті чого між газом і вугіллям створюється добрий контакт. Вугілля тече по решітці від точки завантаження до розвантажувального пристрою сушарки. При проходженні димових газів крізь киплячий шар з поверхні частинок випарюється волога. Підсушені на решітці крупні частинки вологого матеріалу видаляються з сушарки по лотку, розташованому над шаром матеріалу, а дрібні частинки виносяться з шару сушильним агентом і відділяються від нього в батареї циклонів. Відпрацьовані гази разом із випареною вологою після проходження через систему пиловловлення викидаються в атмосферу. Висота киплячого шару складає 0,3-0,7 м і залежить від властивостей матеріалу, що сушиться, режиму сушки і конструкції сушильної камери.

У сушарках киплячого шару досягається значна інтенсивність сушіння і створюється можливість регулювання часу перебування матеріалу на решітці. Тривалість сушіння тут більше, ніж у трубах-сушарках, що дає можливість здійснити більш глибоке і рівномірне сушіння матеріалу. Недолік цих сушарок

полягає в значних витратах електроенергії, необхідних для створення високих тисків сушильного агенту (2-6 кПа).

Технологічний розрахунок сушарок киплячого шару полягає у визначенні їх необхідної сумарної площі.[22].

2. Методика проведення досліджень

Основне у кваліфікаційній роботі є спостереження за сушаркою під час подачі повітря, коливань вітродвигунів, повітря.

Найважливішу роль при подачі газу відіграє пильовий вентилятор. Вивчення даного режиму потребує більше час, ніж інші, оскільки при потоці подачі газу підсушені на решітці крупні частинки вологого матеріалу видаляються з сушарки по лотку, розташованому над шаром матеріалу, а дрібні частинки виносяться з шару сушильним агентом і відділяються від нього в батареї циклонів.

Для проведення дослідження використовують модель, яка розроблена на основі сучасних досліджень. Застосування спеціальних засобів, які потрібно виготовити під замовлення на заводах виробника неможливо оскільки дана процедура займає велику кількість часу та коштів.

Для визначення впливу на проведення процесу сушки в киплячому шарі електромагнітних коливань високої частоти використовується матриця повного факторного експерименту. Дана матриця дає змогу визначити найбільш простими способом зв'язок між вхідними та вихідними параметрами оскільки досліджувані фактори змінюються лише на 2-х рівнях: верхньому та нижньому.

Оскільки процес сушки в киплячому шарі з використанням електромагнітних хвиль високої частоти є дуже складний процес та залежить від багатьох факторів вхідних параметрів. Дослідження впливу усіх факторів є дуже складною задачею для вирішення якої потрібно створювати складну матрицю повного впливу усіх факторів експерименту. В даній роботі приймається три основні фактори для визначення закону впливу їх на процес

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Разробник документа Гуцик В.О.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	20-2223.КР.06.02.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/7

сушки, а усі інші фактори приймаються постійними та їхня зміна не приведе до істотних змін на швидкість сушки.

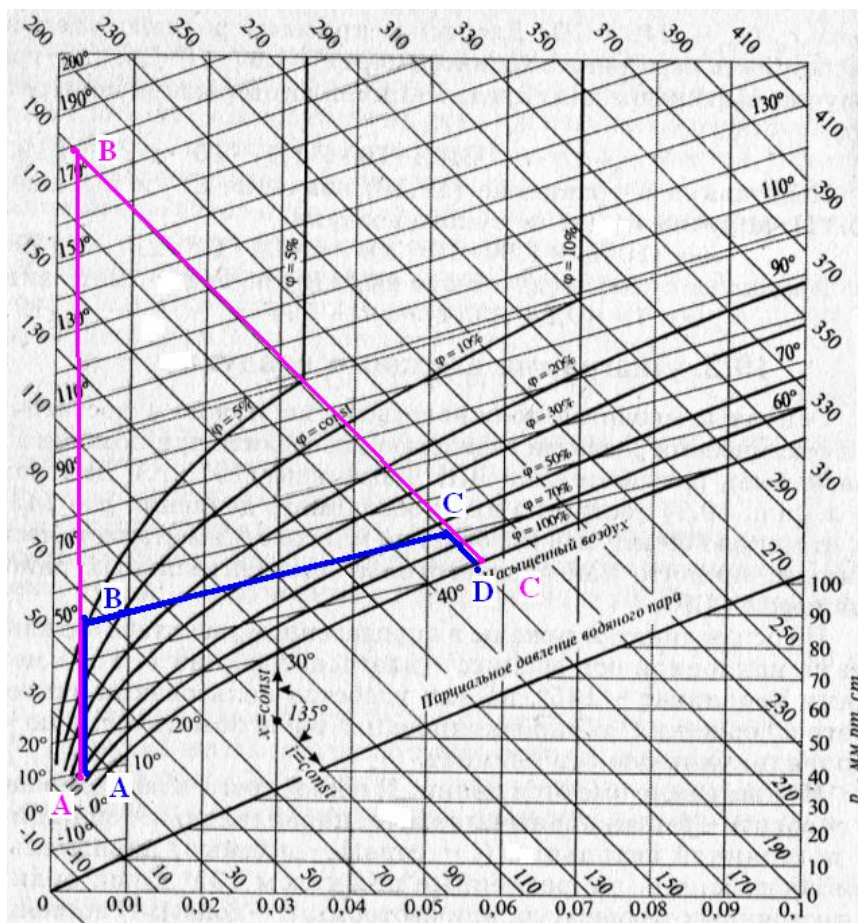


Рис 2.1 Діаграма вологого повітря з розглянутими процесами сушки.

Розглянемо процес, позначений на діаграмі рожевою лінією з використанням підведення теплоти для виконання процесу сушки за допомогою електромагнітних хвиль високої частоти .

На рис 2.1 лінія АВ відповідає за процес підсушування повітря до вологості 5% при цьому температура сушильного агента складає 50°C .Наступна лінія процесу BC – відповідає за процес сушки при підведення теплоти за допомогою електромагнітних хвиль високої частоти. При цьому температура підтримується на постійному рівні, але в точці С вологість пивної дробини стає дуже малою, вплив електромагнітних хвиль високої частоти зменшується, а на лінії CD- використовується теплота сушильного агента.

Розглянемо процеси, що відбуваються в розрізі пивної дробини при процесі сушки в киплячому шарі з підведенням теплоти за допомогою сушильного агента .

Під час сушки тепло підводять із поверхні до середини матеріалу й градієнт температури Δt перешкоджає масопереносу до поверхні. У роботі' показано, що при інтенсивному конвективном нагріванні в деякій зоні, розташованій недалеко від поверхні матеріалу, виникає надлишковий тиск, що релаксується як до поверхні, так і до центра, створює градієнт тиску, котрий перешкоджає переносу вологи із центральних шарів до периферійного. Таким чином, у процесах конвективної, радіаційної й кондуктивної сушки найчастіше основним градієнтом, що викликає перенос вологи до поверхневих шарів, є градієнт вологовмісту Δu .

В даному випадку ми бачимо, що градієнт вологовмісту досягається за рахунок високої температури. Даний процес є енергоємним та довготривалим.

Під час інтенсивної сушки таким методом відбувається висушування верхнього шару при вологому внутрішньому, що веде до утворення кірки висушеним матеріалом, та при подальшому нагріванні утворюється тиск в середині пивної дробини, що призводить до руйнування та розтріскування поверхневого шару. Це істотно погіршує якість готового продукту.

На рис 3.2 показаний процес, який відбувається всередині пивної дроб під час сушки її в киплячому шарі з підведенням теплоти за допомогою сушильного агента .

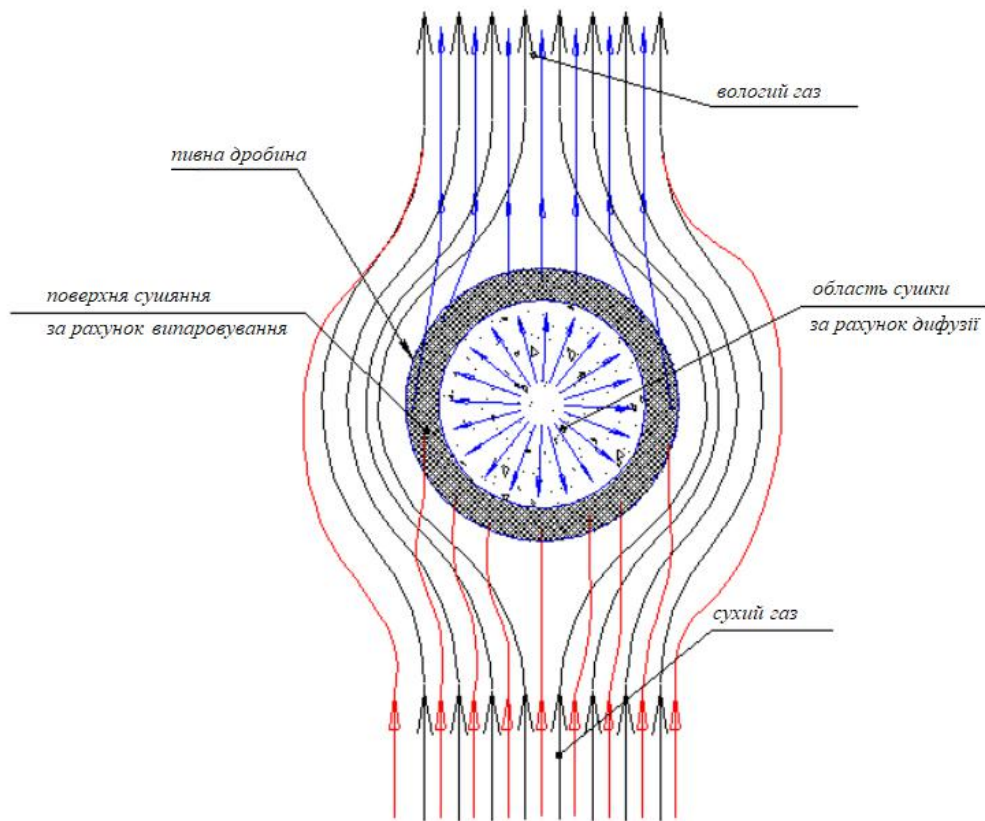


Рис.2.2 Модель сушки пивної дробини при використанні підведення теплоти за рахунок сушильного агента

Зовсім інша картина спостерігається при нагріванні вологих матеріалів в електричних полях високої частоти. Даний процес показаний на рис 2.2. У цьому випадку доцільно розрізнити два режими, у яких вплив градієнтів проявляється по-різному: режими при мало інтенсивному високочастотному нагріванні й при інтенсивному внутрішньому джерелі тепла.

При мало інтенсивному нагріванні Δu , Δt й Δp відіграють порівнянну роль у процесі переносу вологи до поверхневих шарів матеріалу, що відрізняє цей вид нагріванні, від інших.

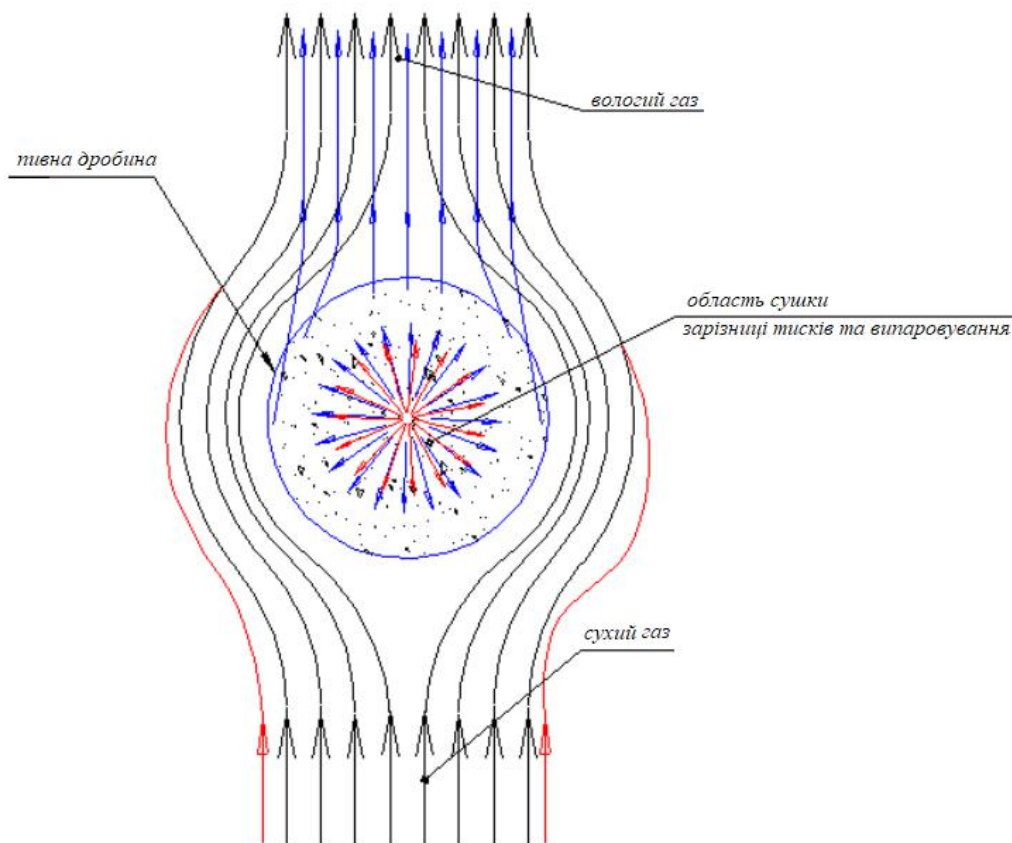


Рис 2.3 Модель процесу сушки пивної дробини при використанні підведення теплоти електромагнітних хвиль високої частоти

При інтенсивному підведенні тепла відбувається бурхливий випар вологи, що викликає ріст тиску усередині матеріалу. Виникаючий при цьому градієнт тиску сприяє утворенню потужного потоку вологи, спрямованого до поверхневих шарів. Вплив градієнтів Δu й Δt у цьому випадку може бути зневажливо малим у порівнянні з масопереносом, що визначається градієнтом тиску Δp .

Збільшення коефіцієнта дифузії вологи, цілком ймовірно, викликано впливом електричних полів високої частоти на граничну фазу рідини й на випари вологи в матеріалі.

Як відомо, внаслідок зчеплення поверхні твердого тіла з молекулами рідини й орієнтації дипольних молекул щодо стінок матеріалу полімолекулярні шари утворюють особливу граничну фазу, що відрізняється по своїм тепло- і електрофізичним властивостям від рідини в об'ємі.

Експериментальні виміри показали, що в'язкість граничної фази в 8 - 15 разів більше в'язкості звичайної води. Тому, було показано дослідженнями, проведеними в ИТТФ АН УРСР, що у матеріалах, діаметр значної частини капілярів яких порівнюємо з товщиною граничної фази. Зі зменшенням товщини й в'язкості фази, можна помітно інтенсифікувати внутрішній вологоперенос.

Дослідження поверхневих явищ показали, що товщина граничної фази залежить від енергетичного стану молекул. Для переходу із граничної фази в об'ємну рідину молекули повинні перебороти енергетичний бар'єр $q - r$, а із граничної в парову q , де q - питома теплота адсорбції, що визначає енергію зв'язку молекул граничної фази з поверхнею твердого тіла, а r -теплота паротворення рідини. Цю енергію молекули граничної фази при конвективному підводі тепла здобувають у результаті теплові флуктуації, що відбуваються на поверхні твердого тіла. При впливі на матеріал електричними полями високої частоти в об'ємі граничної фази безупинно генерується тепло. Цілком ймовірно, це прискорює підведення енергії до молекул граничної фази й полегшує їхній перехід у стан об'ємної рідини, що приводить, з одного боку, до зменшення товщини граничної фази й з іншого боку - до підвищеного випару вологи в матеріалі.

Про енергетичний вплив на граничну фазу свідчить також показник ступеня при напруженості електричного поля в знайдений експериментальній залежності. У рівнянні, що описує потужність внутрішнього джерела тепла при впливі електричних полів високої частоти, показник ступеня при напруженості дорівнює двом, а в знайдений нами залежності 1,7.

Максимальний ефект збільшення коефіцієнта дифузії вологи при впливі високочастотних електричних полів спостерігається при вологості матеріалу 0,35 - 0,55 кг/кг, оскільки саме при такому вологовмісті переміщення вологи відбувається по капілярах з діаметрами, порівнянними з товщиною граничної фази, і тому більшою мірою залежить від її товщини.

Відсутність впливу частоти електричного поля на коефіцієнт дифузії вологи, як бачимо, розуміється під високою електричною провідністю досліджуваного матеріалу, що обумовлює практично однакове виділення тепла у всьому діапазоні частот. У результаті на всіх частотах у діапазоні їхньої зміни 0,5-25 МГц спостерігається однакове збільшення коефіцієнта дифузії вологи.

Наведені результати експериментальних досліджень коефіцієнта дифузії вологи дозволяють зробити висновок, що дія високочастотних електричних полів, що викликає виділення тепла усередині матеріалу, є ефективним засобом керування внутрішнім волопереносом у матеріалах і може бути використане у процесах сушіння матеріалу. [26].

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

Те що є головним у кваліфікаційній роботі - дослідження впливу на сушарку величин подачі пивної дробини. Найголовнішу роль в сортуванні повітря виконує подача повітря, ця найважливіша ознака, яка відіграє важливу роль в даному дослідженні. Для того, щоб скористатися подачею повітря потрібно виконати деякі умови: щоб тривалість пересування пивної дробини по деку рівномірно відбувалась і дані перегрузились в деяких місцях, виправлені дані кількості коливаний вітродвигуна на деку, плавні потоки повітря на з вентиляторів на вплив пивної дробини на деку..

Тому для проведення процесу сушіння пивної дробини було запропоновано технологічну схему наступної конфігурації (рис.3.1.):

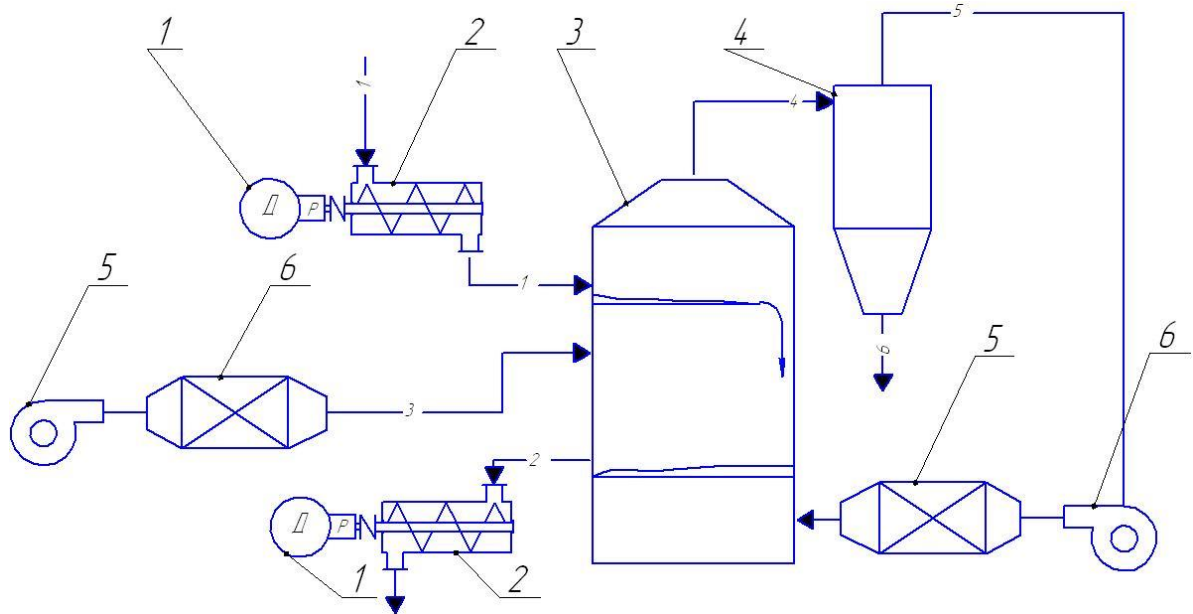


Рис.3.1 Технологічна схема сушіння пивної дробини.

1 – мотор-редуктор; 2 – шнековий живильник; 3 – сушарка; 4 – циклон; 5 – вентилятор; 6 – калорифер.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	20-2223.KP.06.03.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/11

1 — вологий матеріал — 2 — висушений матеріал — 3 — нагріте повітря
4 — використане повітря — 5 — очищене повітря

На рис.3.1 представлена спрощена схема сушіння даного матеріалу. Сушарка виконана у вигляді циліндра з двома газорозподільчими решітками. Вологий матеріал шнековим живильником 2 подається на верхню газорозподільчу решітку.

Повітря, що забирається з атмосфери, подається на калорифер 6, де воно нагрівається і подається під газорозподільчу решітку. Виходячи з великою швидкістю з отворів решітки, нагріте повітря псевдозріджується і частково висушує матеріал та переміщую його до краю решітки. Відпрацьоване повітря очищується в циклоні 4, частина повітря уходить в атмосферу а частина очищеного повітря знову подається на калорифер 6, для часткового нагрівання. Частково висушений матеріал пересипається на другу газорозподільчу решітку куди подається нагріте повітря для кінцевого висушування до 10% вологи. Висушений матеріал забирається шнековим транспортером. Після сушіння дробина направляється або на зберігання або на подальше перероблення.

Преєвиги даної технологічної схеми:

- відносно не великі габарити обладнання;
- простота конструкції та експлуатації;
- багаторазове використання теплоносія.

Для сушки рідкої пивної дробини найдоцільніше використати метод сушки її аеровіброкиплячому шарі. Під час моделювання псевдозрідженого шару пивної дробини при її сушінні виходили з того, що сушку відбувається на перфорованій решітці, яка продувається гарячим повітрям і в апараті створюється псевдозріджений шар іпотік повітря при проходженні решітки має ламінарний характер. Для знаходження раціональних параметрів решітки була

досліджена залежність максимальної швидкості повітряна певній висоті зависання киплячого шару продукту від параметрів решітки.

Для вирішення даного завдання було виконано моделювання за допомогою прогамного комплексу ANSYS, в результаті чого встановлено, що максимальна швидкість сушильного агента має місце у випадку, якщо товщина решітки 2 мм, отвори є зрізаними конусами з нижнім і верхнім діаметрами 2 мм і 4 мм відповідно, а крок має максимальне значення - 4 мм.

Сушка пивної дробини в киплячому шарі залежить від багатьох факторів:

1. Параметрів сушильного агента
2. Параметри об'єкта сушки
3. Фактори які залежать від конфігурації установки
4. Параметри які залежать від впливу електромагнітних хвиль високої частоти

На решітці довжиною l , отвори для подачі повітря (точкові джерела інтенсивності J) розташовані на відстані a один від одного так, що $l = na$, і загальний тиск від усіх джерел на шар дробини дорівнює:

$$\begin{aligned}
 p = p_0 - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{J}{2\pi} \right)^2 \sum_{k=1}^{n-1} & \left[-\frac{1}{2a^2n} \times \frac{n-k}{R^2 + (n-k)^2} - \frac{1}{2a^2n} \times \frac{n+k}{R^2 + (n+k)^2} \right. \\
 & + \frac{1}{4a^2n} \times \frac{3k^2 + R^2}{k(k^2 + R^2)} \times \ln \frac{R^2 + (n-k)^2}{R^2 + (n+k)^2} + \frac{1}{2han} \\
 & \left. \times \frac{3R^2 + k^2}{R^2 + k^2} \left(\arctg \frac{n+k}{R} \right) \right] \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

де $R = \frac{h}{a}$, $l = na$ Шар дробини був наведений у вигляді пористого тіла з великими, випадково розташованими включеннями, що володіють ізотропними властивостями $k_x = k_y = k$ і методами кінцево-елементного моделювання отримано розподіл швидкості протікання повітря

всередині шару дробини. Критерій фазового перетворення ε змінюється від нуля (фазовий перехід не відбувається) до одиниці (потік вологи, обумовлений тільки фазовим перетворенням). У загальному випадку ε , залежить як від температури, так і від вологовмісту тіла u . Для невеликих градієнтів u, T можна вважати ε постійною величиною і при вологості матеріалу 60–70 % величина ε має порядок 0,1...0,15.

Диференціальне рівняння переносу теплоти в дробині описано рівнянням:

$$\frac{dT}{d\tau} = A \frac{r}{C_M} T + \frac{r}{C_M} \varepsilon \frac{du}{d\tau} \quad (3.2)$$

Час прогрівання шару дробини товщиною H визначається виразом:

$$T(\gamma, \tau) = \frac{T_0}{\sqrt{\pi A \tau}} \int_0^{H/2} e^{-\frac{(\alpha-\gamma)^2}{4A\tau}} d\alpha \quad (3.3)$$

Кількість теплоти, передане конвекцією, витрачається на нагрівання дробини та вологи, яка в ній тримається, за час dt і на випаровування маси вологи $dm_{\text{вол}}$ за той же проміжок часу:

$$\frac{dm_{\text{вол}}}{d\tau} = \frac{\alpha}{r} (1 - T_c - T_u) \times F - (c_{\text{с.реч}} m_{\text{с.реч}} + c_{\text{вол}} m_{\text{вол}}) \times \frac{1dT}{d\tau} + \frac{\alpha_1}{d\tau} + \frac{\alpha_1}{r} \Pi (T_c - T_u) \times F, \quad (3.4)$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі;

Π – пористість шару дробини;

T_c, T_u – температура сушки та випаровування;

F – площа поверхні продукту;

$c_{\text{с.реч}}, m_{\text{с.реч}}, c_{\text{вол}}, m_{\text{вол}}$

– питома теплоємність маса сухою речовина та вологи відповідно.

Оскільки початкове прогрівання шару відбувається під час τ_n і надалі $\frac{d\bar{T}}{d\tau}$ визначається лише швидкістю випарювання вологи, то, $\frac{d\bar{T}}{d\tau} \rightarrow 0$ і можна вважати, що швидкість сушіння практично залежить від конвективного члена:

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{\alpha}{r}(1 - \bar{I}) \times (T_c - T_u) \times F + \frac{\alpha_1}{r}\bar{I}(T_c - T_u) \times F \quad (3.5)$$

Для розрахунку швидкості сушки та отримання нестационарного поля вологовмісту в процесі сушки дробини було вирішено диференціальне рівняння другого порядку:

$$\frac{dm}{d\tau} = \alpha_m \frac{d^2u}{dx^2} \quad (3.6)$$

де α_m – коефіцієнт теплопровідності вологопереносу (коефіцієнт дифузії.)

Рівняння (7) з відповідними початковими та граничними умовами і при масообмінному критерії Фур'є $F_{0m} = \frac{\alpha_m t}{R^2} > 0,5$ має вигляд:

$$u = u_1 - \frac{q_m}{R\rho_0} \left(t - \frac{R^2 - 3x^2}{6\alpha_m} \right) \quad (3.7)$$

де R – половина товщини шару;

u – початкове значення вологовмісту.

Для вирішення нестационарної задачі (6) виконано моделювання в системі ANSYS. Під час моделювання процесу зневоднення окремого зерна пивної дробини, розрахунку швидкості сушки зерна дробини та отримання нестационарного поля вологовмісту в процесі сушки було вирішено диференціальне рівняння:

$$\frac{du}{dt} = a_m \left(\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} + \frac{d^2u}{dz^2} \right) \quad (3.8)$$

Дана установка для сушки пивної дробини обладнана механічними, тепловими, регулюючими і вимірювальними приладами.

Виходячи з наявних відомостей про суміщення і лінеаризацію кривих сушки, можна різко скоротити кількість дослідів. Для цього скористаємося дробовим факторним експериментом, який реалізує частину (дробову репліку) від повного факторного експерименту типу 2^{4-1} . План заданий генеруючим співвідношенням $x_4 = x_1 + x_2 + x_3$. Визначальним контрастом є співвідношення $I = x_1 \times x_2 \times x_3 \times x_4$. При цьому рівняння регресії має вигляд:

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_px_p \quad (3.9)$$

Схема ідентифікації об'єкта досліджень показана на рис/ 1.

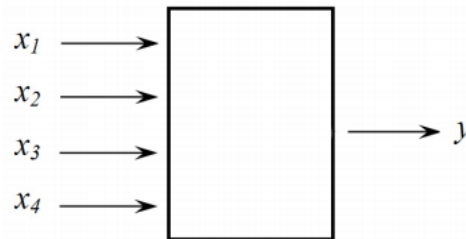


Рис. 3.2 Схема ідентифікації об'єкта досліджень: y – вектор виходів – вологість дробини; x_1, x_2, x_3, x_4 – вектори вхідних параметрів:

x_1 – температура сушильного агента (повітря); x_2 – навантаження решета (висота шару продукту); x_3 – швидкість сушильного агента; x_4 – параметри вібрації решета (частота і амплітуда)

Параметр	Позначення і розмірності	Нижній рівень	Верхній рівень
x_1	$t, ^\circ\text{C}$	50	70
x_2	$h_0, \text{мм}$	20	40
x_3	$\vartheta, \text{м/с}$	2,5	3,5
x_4	$F/A, \text{Гц/мм}$	10/10	17/4

Табл. 3.1 Вихідні дані

На основі експериментального висушування дробини до постійної маси в умовах триразового повторення дослідів і збігу їх результатів у межах похибки експерименту, були отримані криві сушіння і криві швидкості сушіння при варіюванні температури сушильного агента, навантаження на решето (початкової висоти шару), швидкості сушильного агента і параметрів вібрації, величини яких наведені в таблиці 3.2.1.

Етап 1: $y^{(1)} = f(\tau)$ при $x_1 = 50^\circ\text{C}; 60^\circ\text{C}; 70^\circ\text{C}; x_2, x_3, x_4 = \text{const}$.

Етап 2: $y^{(2)} = f(\tau)$ при $x_2 = 20; 30; 40 \text{ мм}; x_1, x_3, x_4 = \text{const}$.

Етап 1: $y^{(3)} = f(\tau)$ при $x_3 = 2,5; 3,0; 3,5 \text{ м/с}; x_1, x_2, x_4 = \text{const}$.

Етап 1: $y^{(4)} = f(\tau)$ при $x_4 = 10/10; 13/5,7; 17/4 \text{ Гц/мм}; x_1, x_2, x_3 = \text{const}$.

На рисунку 3.2.2. наведено графічні залежності кінетики зміни вологості в процесі сушки пивної дробини $W^c = f(\tau)$. У цьому періоді процес сушки проходить із постійною швидкістю й аналогічний процесу випарювання

рідини з вільної поверхні. Аналогічні залежності були отримані для кожного з 4-х розглянутих етапів сушки.

Аналіз отриманих результатів указує на значний вплив на процес сушки температури сушильного агента й висоти шару продукту; менш ефективними факторами є швидкість сушильного агента й параметри вібрації решета.

Отримані криві при сушінні дробини в псевдозрідженому стані мають горизонтальні ділянки постійної швидкості процесу, які відповідають інтенсивному сушінню, і похилі криві спадаючої швидкості. На отриманих кривих чітко видно, що більш високій температурі сушильного агента відповідає велика швидкість сушіння в перший період протікання процесу.

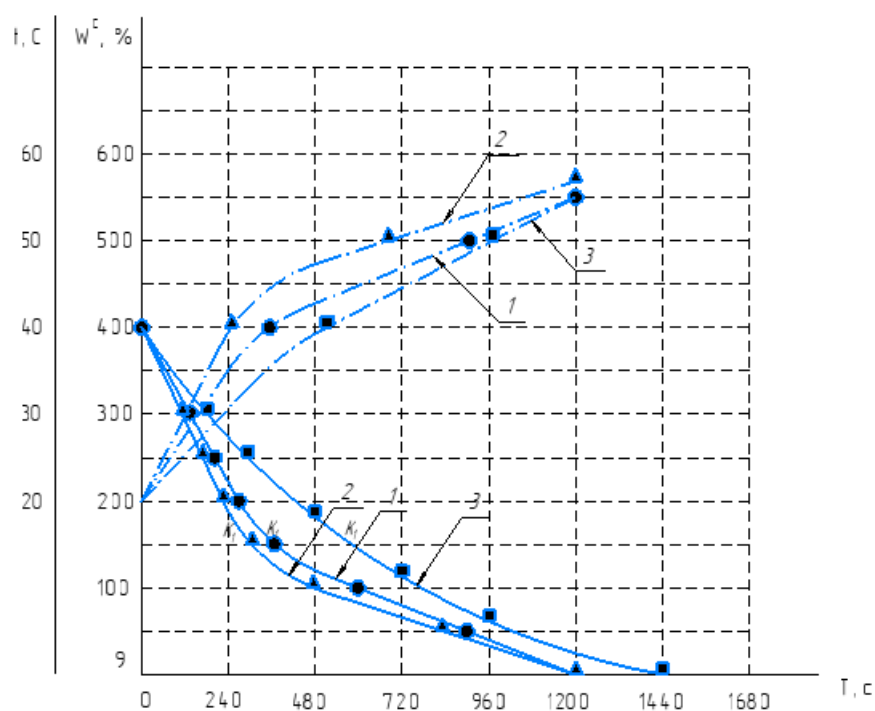


Рис.3.3 Криві зміни вологовмісту й температури пивної дробини в процесі сушки при варіюванні температури сушильного агента: 1 – $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 – $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Початкова висота шару насипки продукту $h = 30\text{ мм}$; швидкість сушильного агента $v = 3,0\text{ м/с}$; параметри вібрації: $F = 13,5\text{ Гц}$, $A = 7\text{ мм}$

Досягаючи критичної точки, швидкість починає падати, а криві всіх дослідів зближуються і асимптотично наближаються до значення рівноважного стану. Пояснити це падіння можна зниженням вмісту вологи на поверхні та зростанням внутрішнього опору теплопередачі. Криві швидкості сушіння дробини 2-го етапу досліджень (варіювання висоти шару продукту) практично не відрізняються інтенсивністю процесу від наведених вище. Більш тонкий шар продукту висихає з більшою швидкістю.

Для обчислення середньої квадратичної похибки вимірювань і визначення відповідності експериментального розподілу нормальному закону розподілу застосовували графічний спосіб обробки результатів шляхом зіставлення кривих експериментального розподілу з сімейством теоретичних кривих. Середнє квадратичне відхилення не перевищило 9,3 %.

З метою подальшого аналізу кінетики сушки пивної дробини здійснене графічне диференціювання кривих сушки й побудовані графіки швидкості сушки $\frac{dW^C}{d\tau} = f(W)$ (рис. 3). Криві 1, 2, 3 (рис. 3) при сушці дробини у псевдозрідженому стані мають горизонтальні ділянки постійної швидкості процесу, що відповідає інтенсивній сушці, й похилі криві падаючої швидкості: більш високій температурі сушильного агента відповідає більша швидкість сушки в перший період протікання процесу. Досягаючи критичної точки K_1 , швидкість починає падати, а криві всіх дослідів зближуються й асимптотично наближаються до значення рівноважного стану. Криві швидкості сушки дробини 2-го етапу досліджень (варіювання висоти шару продукту) практично не відрізняються інтенсивністю процесу від наведених вище: більш тонкий шар продукту висихає з більшою швидкістю.

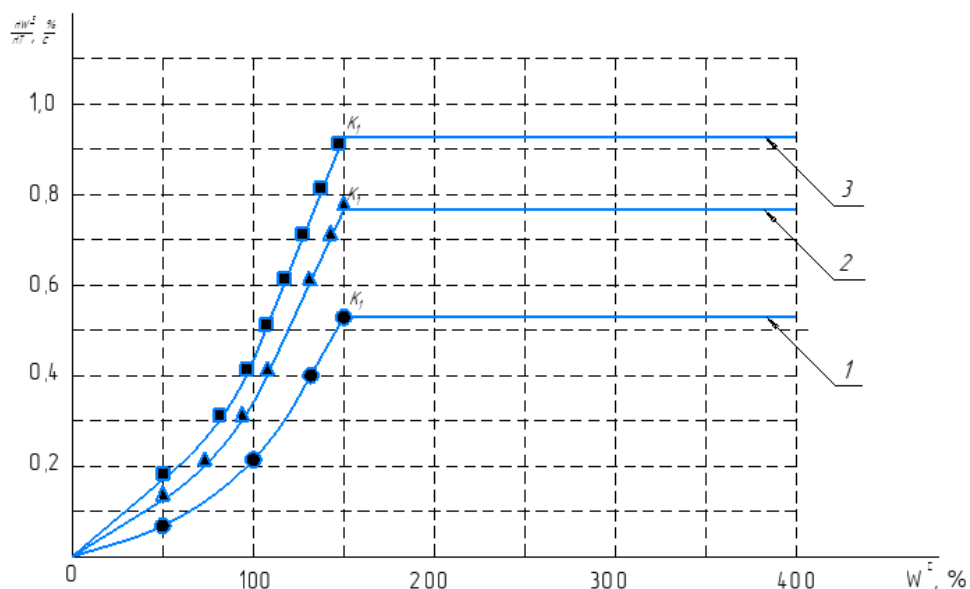


Рис. 3.4 Криві швидкості сушіння пивної дробини, отримані графічним диференціюванням

Сполучення кривих сушки пивної дробини, отриманих у двох розглянутих режимах, в одну узагальнену криву (рис. 4), яка була описана рівнянням (8) за методом В.Красникова доводить сталість добутку швидкості й часу сушки Nt і спрощує розрахунки зміни вологовмісту як під час першого, так і під час другого періодів теплової обробки продукту.

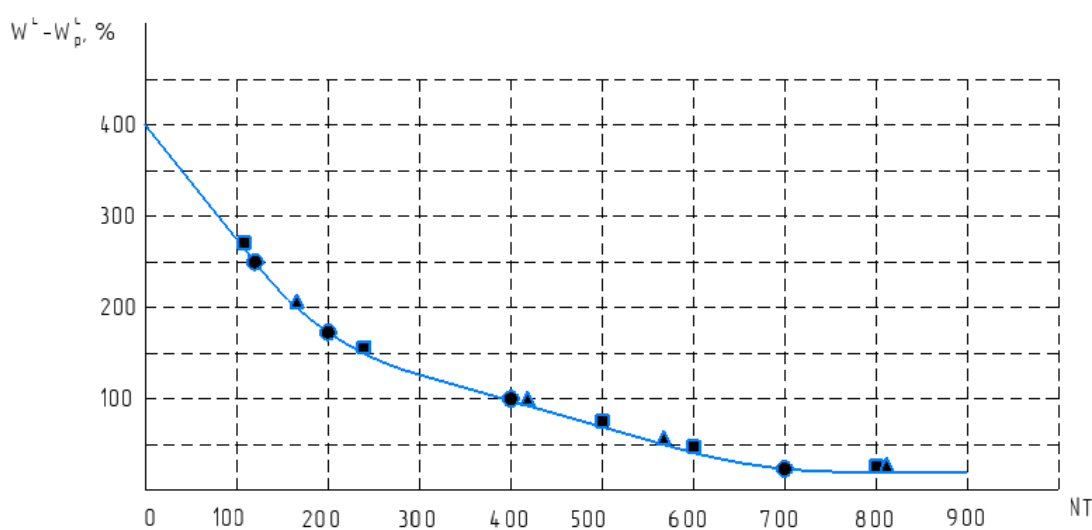


Рис. 3.5 Узагальнена крива сушки пивної дробини при різних режимах сушіння

Режим 1. Температура сушильного агента t : \circ – 50 °С; Δ – 60 °С; \square – 70 °С. Початкова висота шару насипання продукту $h_0 = 30$ мм; швидкість сушильного агента $v = 3,0$ м/с; параметри вібрації: $F = 13,5$ Гц, $A = 7$ мм.

Режим 2. Початкова висота шару h_0 : \bullet – 20 мм; \blacktriangle – 30 мм; \blacksquare – 40 мм. Температура сушильного агента $t = 60$ °С; швидкість сушильного агента $v = 3,0$ м/с; параметри вібрації: $F = 13,5$ Гц, $A = 7$ мм.

Аналіз узагальненої кривої, що характеризує кінетику сушки дробини, свідчить про те, що з достатнім ступенем точності експериментальні точки лягають на одну криву, побудовану в координатах $W^C - W_p^C = f(N\tau)$.

Для оцінки впливу процесу сушіння пивної дробини на її якісні показники було проведено порівняльний аналіз хімічного і амінокислотного складу пивної дробини, до і після її сушіння. Сушка вироблялася при температурі сушильного агента $t = 60$ °С; швидкості сушильного агента $v = 3,0$ м/с; параметрах вібрації: $F = 13,5$ Гц, $A = 7$ мм.

Висновки: аналіз отриманих результатів показав, що сушка пивної дробини з використанням прийнятих параметрів процесу не погіршує якісних показників одержуваного продукту, оскільки досліджувані показники, під час перерахунку на суху речовину, практично не змінюються.

8.Технологія машинобудування

8.1.Розроблення технологічного процесу складання пильового вентилятора.

Для розробки технологічного маршруту та схеми складання обрано пильовий вентилятор (рис.8.1). Пильовий вентилятор — лопатево обертальна машина, що за рахунок відцентрових сил, які з'являються при обертанні, збільшує питому енергію повітря або інших газів, викликає безперервний їх потік. Використовується для переміщення не агресивних газоподібних середовищ з температурою не вище від 80°С, які містять липкі, волокнисті а також пилоподібні речовини. В даному випадку призначений для нагнітання теплоносія в сушильну установку. Для просушування продукту використовується повітря, яке забирається з навколишнього середовища, прогрівається за допомогою калориферів і по трубопроводі поступає до сушильної установки.

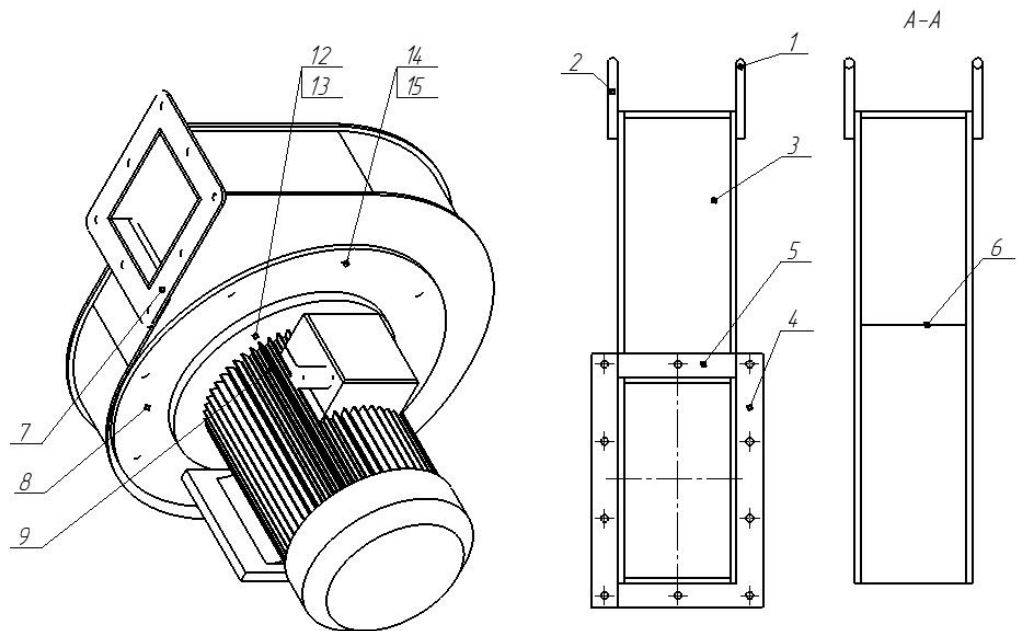


Рис.8.1.1. Пильовий вентилятор

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Дослідна частина та узагальнення результатів	20-2223.KP.06.08.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ла	Аркуш 1/11

Номер позиції на ескізі	Назва	Кількість
1	Пластина двигуна	1
2	Пластина фланця вихідна	1
3	Стінка бокова	1
4	Труба 151x1,5 L=48	1
5	Фланець на вході у вентилятор	1
6	Пластина D177, d151, S=1,5	1
7	Фланець вентилятора	1
8	Фланець двигуна	1
9	Двигун	1
10	Втулка вентилятора	1
11	Лопасті вентилятора	1
12	Болт M10x28 ГОСТ 7798-70	4
13	Гайка M10 ГОСТ 5915-70	4
14	Болт M8x16 ГОСТ 7798-70	8
15	Гайка M8 ГОСТ 5915-70	8

Табл 8.1.1. Подетальний склад пильового вентилятора.

З аналізу установки пильового вентилятора (рис.8.1) потрібно виділити такі складальні одиниці: Ск.1 – вхідна частина, Ск.2 – корпус, Ск.3 – вузол привода вентилятора.

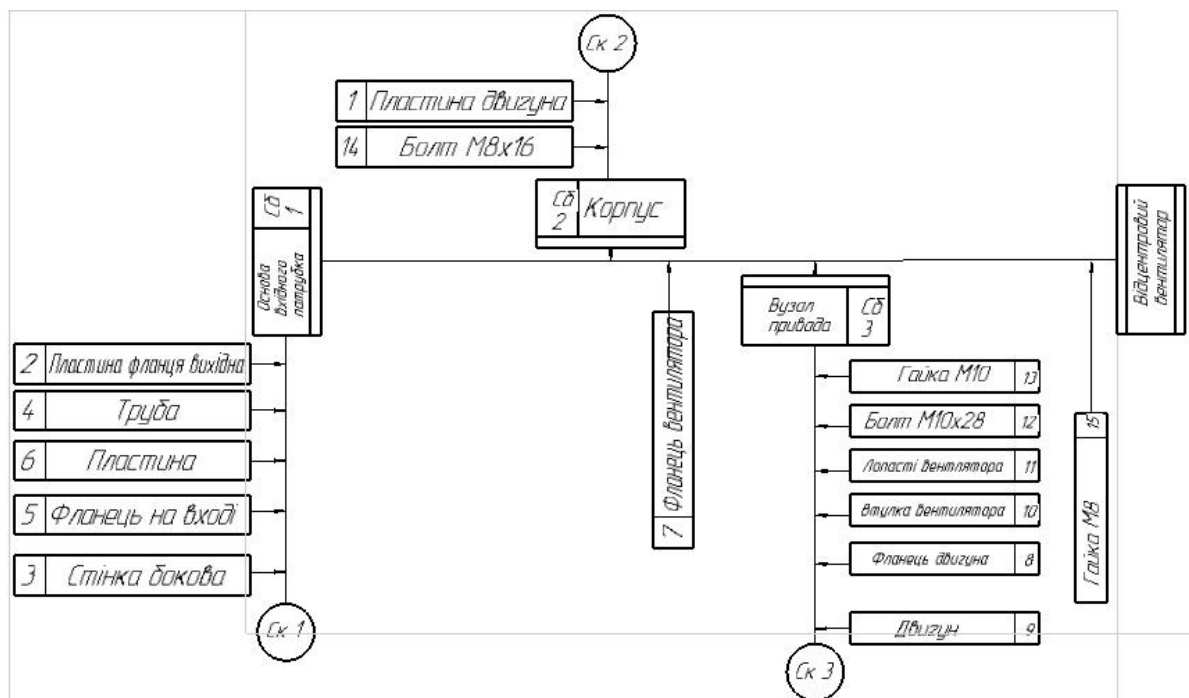


Рис. 8.1.2. Схема складання пильового вентилятора

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання іншої складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені значення деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Використані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Сс – збирання на столі;; З – зварювання; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. фарбування.

Технологічний маршрут складання пильового вентилятора полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (таблиця 8.2).

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання вхідної частини (Ск. 1)	10.1 Зафіксувати пластину фланця 2 10.2. Зварити пластину фланця 2 та трубу 151x1,5 L48 4 по контуру дотику деталей, шви зварні ГОСТ 14771-76 10.3. Зварити трубу 151x1,5, L48 4 та пластину.6 по контуру дотику деталей, шви зварні ГОСТ 14771-76 10.4. Зварити трубу 151x1,5, L48 4 та пластину 6 по контуру дотику деталей, шви зварні ГОСТ 14771-76 10.5. Зварити трубу 151x1,5, L48 4 та фланець 5 по контуру дотику деталей, шви зварні ГОСТ 14771-76 10.6. Зварити пластину фланця 2 та бокову стінку 3 по контуру дотику деталей, шви зварні ГОСТ 14771-76
20. Збирання корпусу вентилятора (Ск. 2)	20.1. Зафіксувати пластину двигуна 1 20.2. Розмістити відносно пластини двигуна 1 позиції 14 (болт М8x16) (СК2) 20.3. Зварити між собою СК1 та СК2 по контуру дотику деталей 20.4. Зварити фланець вентилятора 7 з корпусом вентилятора
30. Збирання вузла приводу вентилятора СК3	30.1. Зафіксувати двигун 9 30.2 Розмістити фланець двигуна 8 відносно двигуна 9 30.3 Розмістити втулку вентилятора 10 відносно двигуна 9 30.4 Розмістити лопаті вентилятора 11 відносно двигуна 9 та зафіксувати за допомогою болта М10x28 поз. 12 та гайки М10, поз. 13.
40. Контрольна	40.1 Розмістити корпус вентилятора та СК3 та зафіксувати

Таблиця 8.1.2. Технологічний маршрут складання пильового вентилятора

8.2. Розрахунок надійності валу привода пильового вентилятора при експлуатації

Знаходимо ймовірність безвідмовної роботи штоку перепускного клапана та проаналізуємо надійність його роботи.

За робочим кресленням штоку визначаємо геометричні розміри, необхідні для користування таблицями: d_1 – діаметри валу двигуна, мм, який приводить в рух лопатеву турбіну. За довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу $\sigma_{вр}$, МПа.

Проводимо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи валу для критичного перерізу I-I, у якого: $d_1 = 28$ мм. З довідника знаходимо для сталі 45 значення $\sigma_{вр} = 700$ МПа, а з технічної документації на вузол з'ясуємо, що значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 20$ Н · м; $M_{кр} = 55$ Н · м.

Шляхом інтерполяції знаходимо ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтелі при вала при $\sigma_{вр} = 700$ МПа

$$K_{\sigma} = 2,71; K_{\tau} = 1,52.$$

Масштабний фактор при згинанні та крученні штоку визначаємо за таблицею згідно величини діаметра. Для нашого прикладу $d_1 = 28$ мм коефіцієнти рівні:

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,88; \varepsilon_{\tau} = 0,77.$$

Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні для валу за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_1^3} = \frac{32 \cdot 20 \cdot 10^3}{\pi (28)^3} = 9,28 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{55 \cdot 10^3}{0,2(28)^3} = 12,52 \text{ МПа},$$

де - $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі валу, мм^3 .

Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні валу становить відповідно:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,71}{0,88} 9,28} = 9,79;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,52}{0,77} 12,52} = 11,32;$$

где $\sigma_{-1} = 280 \text{ МПа}$, $\tau_{-1} = 140 \text{ МПа}$ – границі витривалості матеріалу валу (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).

Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{9,79 \cdot 11,32}{\sqrt{9,79^2 \cdot 11,32^2}} = 1,009.$$

Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{1,75 \cdot 9,28}{3} = 5,41 \text{ МПа}, \text{ де } A = \frac{M_{кр}}{M_{32}} = \frac{55}{20} = 1,75.$$

Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{5,41}{9,28} = 0,58.$$

Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,6$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови. Враховуючи співвідношення між

ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи валу становить:

$$P(t) = 90,0$$

Отриманий показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність.

8.3. Сертифікація елементів технологічного обладнання

Об'єктом сертифікації може бути як вузол, так і окрема деталь.

Відповідно до ДСТУ 3413-96 (Система сертифікації УкрСЕПРО. Порядок проведення сертифікації продукції.) Порядок проведення сертифікації продукції в загальному випадку містить такі пункти:

- 1) подання та розгляд заявки на сертифікацію продукції;
- 2) аналіз наданої документації;
- 3) прийняття рішення за заявкою із зазначенням схеми (моделі) сертифікації;
- 4) обстеження виробництва;
- 5) атестацію виробництва продукції, що сертифікується, або сертифікацію системи якості, якщо це передбачено схемою сертифікації;
- 6) відбирання, ідентифікацію зразків продукції та їх випробування;
- 7) аналіз одержаних результатів та прийняття рішення про можливість видачі сертифіката відповідності;
- 8) видачу сертифіката відповідності, укладання ліцензійної угоди та занесення сертифікованої продукції до Реєстру Системи;
- 9) визнання сертифіката відповідності, що виданий закордонним органом;

10) технічний нагляд за сертифікованою продукцією;

11) інформацію про результати робіт з сертифікації.

Для проведення сертифікації обрано пильовий вентилятор типу ВЦ 4-75

Серійність виробів, що сертифікуються	Обов'язковість проведення робіт щодо виробів, які сертифікуються					Документи, що видаються органом з сертифікації продукції
	Обстеження її виробництва	Атестації її виробництва	Сертифікації системи якості її виробництва	Її випробувань з метою сертифікації	Технічного нагляду за її виробництвом	
1	2	3	4	5	6	7
Продукція, що випускається серійно	Не проводиться	Проводиться	Не проводиться	Проводяться на зразках в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації	Проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою з урахуванням терміну дії атестату виробництва (до двох років)

Таблиця 8.3.Схема сертифікації пильового вентилятора

Заява на проведення сертифікації є типовою і подається за наступною формою.

ДОДАТОК Б
(рекомендований)

Форма заявки на проведення сертифікації продукції
Назва органу з сертифікації продукції, адреса*

ЗАЯВКА
на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО

1 _____
(назва підприємства-виробника, постачальника (далі — заявник), адреса, код ЄДРПОУ)

в особі _____
(прізвище, ім'я, по батькові керівника та його посада)

заявляє, що _____
(назва продукції, код ОКП)

виготовлена у вигляді виробу одноразового виготовлення, виготовлена у вигляді партії в кількості _____, випускається серійно** за
(шт., т; м², м³ та ін.),

_____ (назва та позначення нормативного документа виробника)
відповідає вимогам _____
(позначення та назви нормативних документів)

і просить провести сертифікацію цієї продукції на відповідність вимогам зазначених нормативних документів за правилами Системи УкрСЕПРО.

2 Випробування з метою сертифікації прошу провести в _____
(назва акредитованої в Системі

УкрСЕПРО випробувальної лабораторії та її адреса. У разі відсутності відомостей, цей пункт не наводиться)

3 Заявник зобов'язується:

- виконувати усі умови сертифікації;
- забезпечувати стабільність показників (характеристик) продукції, що підтверджені сертифікатом відповідності;
- сплатити всі витрати за проведення сертифікації.

4 Додаткові відомості _____

Керівник підприємства _____
(підпис, ініціали та прізвище)

Головний бухгалтер _____
(підпис, ініціали та прізвище)

М.П. _____ Дата _____

* У разі відсутності органу з сертифікації продукції заявка подається до Держстандарту України.

** Вноситься потрібне.

(Змінена редакція, Зміна № 2)

ДСТУ 3413—96

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

Форма рішення за заявкою на проведення сертифікації продукції
(в разі відсутності акредитованого органу з сертифікації)

ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ

РІШЕННЯ

№ _____ від «___» _____ 200__ р.

за заявкою(ами) на проведення сертифікації продукції в Системі УкрСЕПРО

_____ (назва управління Держстандарту України)

розглянувши заявку(и) _____ (назва підприємства-виробника/постачальника продукції

_____ на сертифікацію у Системі УкрСЕПРО _____
(далі — Заявник), адреса, код ЄДРПОУ)

_____ (назва продукції)

ВИРІШИЛО:

1 Дозволити _____ (назва організації, якій доручається проведення

_____ робіт — далі призначеної організації)

провести сертифікацію _____

яка випускається серійно (одноразово та ін.) _____ (назва виробника та постачальника)

2 Відбір зразків та ідентифікацію продукції покласти на _____ (назва призначеної організації)

3 Сертифікацію провести на відповідність вимогам _____ (позначення та

_____ назви нормативних документів)

4 Схема (модель) сертифікації міститиме (непотрібне викреслити):

— обстеження виробництва;

— атестацію виробництва продукції, що сертифікується;

— сертифікацію системи якості продукції, що сертифікується;

— випробування продукції з метою сертифікації;

— технічний нагляд.

5 Випробування продукції з метою сертифікації провести в _____ (назва випробувальної

_____ лабораторії (центру), акредитованої в системі, та її адреса)

технічну компетентність або на технічну компетентність і незалежність атестат акредитації

6 Як виняток, надати право підпису сертифіката відповідності на продукцію

_____ (прізвище керівника призначеної організації)

7* Технічний нагляд за сертифікованою _____
(назва продукції)

покласти на _____
(назва призначеної організації або центру стандартизації, метрології та сертифікації)

Періодичність та форми проведення технічного нагляду встановлюються в програмі, яка розробляється _____
(назва призначеної організації)

8 Роботи з сертифікації проводяться на підставі господарського договору.

Начальник функціонального управління
Держстандарту України

(підпис, ініціали та прізвище)

* Пункт включається за необхідності.

Основними показниками, які необхідно перевірити при іспитах виробу є механічні та геометричні показники (відповідність розмірам, допускам та посадкам, тощо).

Для контролю обраних характеристик виробу застосовуємо наступні прилади: твердоміри HRA-1; приладом для контролю шорсткості поверхні слугує індикаторний глибиномір И402 або И405 тощо.

4. Оґрунтування інтенсифікації

Процес сушіння пивної дробини тримається на використанні її технологічних якостей: форма поверхні, аеродинамісність, стан, геометричні розміри (товщина, ширина, довжина дробини), щільність та ін .

У даному випадку поставлена задача досягається за допомогою дисперсного потоку жому, що падає із завантажувального лотка, або збільшенням швидкості потоку гріючого і зріджуючого газу, що вдувається в простір безпосередньо під завантажувальний лоток з-під газорозподільної тарілки.

Іншими словами, згідно з першим варіантом здійснення, при сушінні пивного жому в сушарці з псевдозрідженим шаром, для завантаження жому через завантажувальний лоток і подачі високотемпературного газу як гріючого і зріджуючого газу з-під розподільної тарілки таким чином, щоб формувати псевдозріджений шар на газорозподільній тарілці для сушіння жому, газ вдувається через газодувну форсунку, встановлену на ділянці зовнішньої стінки, між основою завантажувального лотка і псевдозрідженим шаром для диспергування потоку жому, що падає із завантажувального лотка.

Згідно з першим варіантом, частина високотемпературного газу може використовуватися як газ, що видувається з газодувної форсунки.

Згідно з другим варіантом здійснення, при сушінні жому сушаркою з псевдозрідженим шаром, для завантаження вологої сировини через завантажувальний лоток і подачі високотемпературного газу як гріючого і зріджуючого газу з-під розподільної тарілки, таким чином, щоб формувати псевдозріджений шар на газорозподільній тарілці для сушіння жому, швидкість потоку гріючого і зріджуючого газу, що вдувається в простір безпосередньо під завантажувальним лотком з-під газорозподільної тарілки

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гуцик В.О.	Назва, додаткова назва Обґрунтування інтенсифікації	20-2223.КР.06.04.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/3

встановлюється швидше, ніж швидкість потоку гріючого і зріджуючого газу, що вдувається в інші зони простору, не безпосередньо нижче завантажувального лотка з-під газорозподільної тарілки. Згідно з даним винаходом, потік вологої сировини, що падає із завантажувального лотка, диспергується таким чином, що вологий потік із завантажувального лотка не падає інтенсивно на певну площу безпосередньо під завантажувальним лотком і газорозподільна тарілка оберігається від засмічення. Далі, швидкість потоку гріючого і зріджуючого газу, що вдувається в простір безпосередньо під завантажувальним лотком з-під газорозподільної тарілки прискорюється, таким чином, що засмічення рідко відбувається в зоні газорозподільної тарілки безпосередньо під завантажувальним лотком, де, в основному воно часто відбувається, і газорозподільна тарілка оберігається від засмічення.

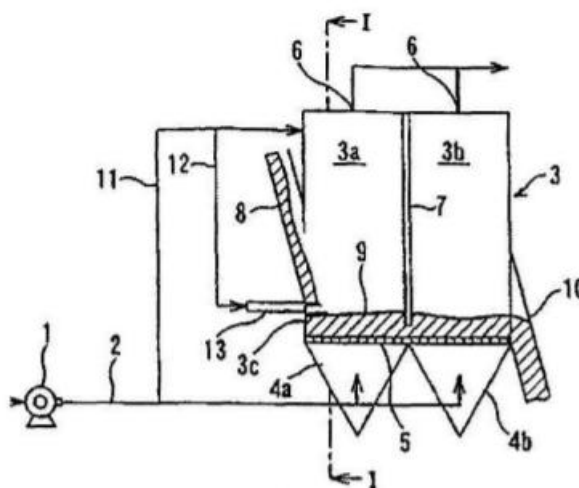


Рис. 4.1 вигляд подовжнього перерізу, що показує перший варіант здійснення сушарки з псевдозрідженим шаром згідно з даним винаходом;

Як показано на Рис. 4.1, відхідний газ згоряння (який далі називається «високотемпературний газ»), який має температуру приблизно 150- 250°C, що утворюється в коксовій печі (не показаний), стискується компресором 1 і прямує в камери дуття 4a і 4b, які розташовані під сушаркою 3 з псевдозрідженим шаром, по газовій магістралі 2, як гріючий і зріджуючий газ. Високотемпературний газ, що надійшов в камери дуття 4a і 4b проходить знизу вгору через газорозподільну тарілку 5, розташовану вище камер дуття 4a

і 4b і видаляється через лінію відведення газу 6. Простір в сушарці 3 з псевдозрідженим шаром ділиться на дві сушильні камери 3а, 3б розділовою перегородкою 7, а камери дуття 4а і 4б розташовані під сушильними камерами, відповідно. Жом завантажується в сушарку 3 з псевдозрідженим шаром за допомогою завантажувального лотка 8, і формується псевдозріджений шар 9 на газорозподільній тарілці 5, за допомогою збільшення повітряного потоку за рахунок подачі високотемпературного газу через газорозподільну тарілку 5. Пивний жом сушиться в цьому псевдозрідженому шарі 9 таким чином, щоб мати визначену температуру і співвідношення вологовмісту і розвантажується за допомогою розвантажувального лотка 10. Перший байпасний трубопровід 11 проходить від газової магістралі 2, і через перший байпасний трубопровід 11 частина високотемпературного газу вводиться в простір поблизу лінії відведення газу 6 у верхній частині сушарки 3 з псевдозрідженим шаром. Високотемпературний газ, що вводиться в перший байпасний трубопровід 11 запобігає утворенню точки конденсації навколо і нижче по потоку лінії відведення газу 6. Далі, від першого байпасного трубопровода 11 проходить другий байпасний трубопровід 12, через цей другий байпасний трубопровід 12 частина високотемпературного газу вдувається в газодувну форсунку 13. Газодувна форсунка 13 розташовується на ділянці зовнішньої стінки 3с, між основою завантажувального лотка 8 і вище псевдозрідженого шару 9, і через газодувну форсунку 13 частина високотемпературного газу вдувається в сушарку 3 з псевдозрідженим шаром. Тут другий байпасний трубопровід 12 може відгалужуватися від газової магістралі 2.[28]

6. Розрахункова частина

Вихідні дані: $W_k = 10$; $W_{II} = 70$; $c_m = 3,275 \text{кДж}/(\text{кг} \times \text{К})$; $c_{II} = 1,97 \text{кДж}/(\text{кг} \times \text{К})$; $t_{M1} = 10^\circ\text{C}$; $t_{M2} = 65^\circ\text{C}$; $t_{II1} = 140^\circ\text{C}$; $t_{II2} = 70^\circ\text{C}$;

6.1. Матеріальний розрахунок

Продуктивність сушарки по сирому матеріалу:

$$G_{c.m} = G_{в.м} \cdot \frac{100 - w_k}{100 - w_{II}} = 0.11 \cdot \frac{100 - 10}{100 - 70} = 0.33 \text{кг/с} \quad (6.1.1)$$

$$\text{де } G_{\dot{A}.i} = \frac{G_{\dot{I}.i}}{3600} = \frac{400}{3600} = 0.11 \text{т/год};$$

w_k – кінцева вологість матеріалу;

w_{II} – початкова вологість матеріалу;

Кількість випареної води:

$$W = G_{\dot{N}.i} - G_{\dot{A}.i} = 0.33 - 0.11 = 0.22 \text{т/с} \quad (6.1.2)$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Розрахункова частина	20-2223.КР.06.06.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/15

6.2. Тепловий розрахунок

Витрата тепла:

$$Q = Q_{\text{вип}} + Q_{\text{наг}} + Q_{\text{втр}} = 1.15 [W \cdot (r_0 + c_p \cdot (t_{i2} - t_{i1})) + G_{\text{ал}} \cdot c_m \cdot (t_{i2} - t_{i1})] \quad (6.2.1)$$

де – $Q_{\text{вип}}$ – тепло затрачене на випарення вологи;

$Q_{\text{наг}}$ – тепло затрачене на нагрівання матеріалу;

$Q_{\text{втр}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище, приймаємо 15% від перших двох складових;

r_0 – теплота випарення при 0°C – 2439 кДж/кг;

c_p – теплоємність водяної пари – 1.97 кДж/(кг·К);

c_m – теплоємність матеріалу – 3.275 кДж/(кг·К);

t_{m1} – температура на вході в сушарку – 10°C ;

t_{m2} – температура на виході із сушарки – 65°C ;

$t_{п1}$ – температура повітря на вході в сушарку – 140°C ;

$t_{п2}$ – температура повітря на виході із сушарки – 70°C ;

$$Q = 1.15 [0.22(2439 + 1.97 \cdot (70 - 10)) + 0.11 \cdot 3.275 \cdot (65 - 10)] = 673.9 \text{ кДж} \quad (6.2.2)$$

6.3. Витрата сухого повітря

$$L = \frac{Q}{c_d(t_{i1} - t_{i2})} = \frac{673.9}{1 \cdot (140 - 70)} = 9.63 \text{ т/с} \quad (6.3.1)$$

де – c_d – теплоємність сухого повітря – 1.0 кДж/(кг·К);

Питома витрата сухого повітря:

$$l = \frac{L}{W} = \frac{9.63}{0.22} = 43.8 \text{ т/т} \quad (6.3.2)$$

Влаговміст повітря на виході із сушки:

$$x_2 = x_1 + \frac{1}{l} = 0.01 + \frac{1}{43.8} = 0.033 \text{ т/т} \quad (6.3.3)$$

де – x_1 – 0.01 кг/кг - початковий влаговміст повітря;

6.4. Гідродинамічний розрахунок сушарки

Властивості повітря на виході із сушарки:

Густина повітря на виході із сушарки:

$$\rho_{\dot{o}} = \frac{1.293 \cdot 273}{(273 + 70)} = 1.04 \text{ кг/м}^3 \quad (6.4.1)$$

Вязкість повітря при 70°C:

$$\mu_{\dot{o}} = \mu_0 \cdot \frac{273 + \tilde{N}}{\dot{O} + \tilde{N}} \left(\frac{\dot{O}}{273} \right)^{3/2} = 17.3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273 + 124}{338 + 124} \cdot \left(\frac{338}{273} \right)^{3/2} = 20.5 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (6.4.2)$$

де – μ_0 – вязкість повітря при 0°C – $21.6 \cdot 10^{-6}$ Па·с;

C – допоміжний коефіцієнт – 124;

Кінематична вязкість повітря:

$$\nu_{\dot{o}} = \frac{\mu_{\dot{o}}}{\rho_{\dot{o}}} = \frac{20.5 \cdot 10^{-6}}{1.04} = 19.7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \quad (6.4.3)$$

Робоча швидкість повітря:

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho_{\dot{o}}}{\rho_{\dot{o}}} = \frac{9.8 \cdot 0.003^3}{19.7 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{1160 - 1.04}{1.04} = 760912.3 \quad (6.4.4)$$

де – ρ_m – густина матеріалу – 1160 кг/м³;

d_m – діаметр частинки матеріалу – 0.003 м

Критерій Рейнольдса для робочого режиму:

$$Re_p = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}{18 + 0.61 \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4.75}}} = \frac{760912.3 \cdot 0.60^{4.75}}{18 + 0.61 \cdot \sqrt{760912.3 \cdot 0.60^{4.75}}} = 381.5 \quad (6.4.5)$$

де – ε – порозність киплячого шару;

Робоча швидкість повітря:

$$v_{\delta} = \frac{Re_p \cdot v_{\delta}}{d_i} = \frac{381.5 \cdot 19.7 \cdot 10^{-6}}{0.003} = 2.50 \text{ м/с} \quad (6.4.6)$$

Діаметр апарата у газорозподільчої решітки:

Площа газорозподільчої решітки:

$$S_p = \frac{L \cdot (1 + x_2)}{(\rho_{\delta} \cdot v_{\delta})} = \frac{1.64 \cdot (1 + 0.021)}{(1.04 \cdot 2.50)} = 0.64 \text{ м}^2 \quad (6.4.7)$$

де – L – довжина газорозподільчої решітки – 5.20м;

Діаметр апарата:

$$D = \sqrt{\frac{S_p}{0.785}} = \sqrt{\frac{0.64}{0.785}} = 0.95 \text{ м} \quad (6.4.8)$$

приймаємо діаметр апарата 1.0м.

Висота киплячого шару:

Критерій Прандтля:

$$Pr = \frac{c \cdot \mu_{\delta}}{\lambda_{\delta}} = \frac{1000 \cdot 20.5 \cdot 10^{-6}}{0.035} = 0.58 \quad (6.4.9)$$

де – λ_{δ} – теплопровідність повітря – 0.035 Вт/(м·К);

Критерій Нуссельта:

$$Nu = 0.4 \cdot \left(\frac{Re_p}{\varepsilon} \right)^{0.67} \cdot Pr^{0.33} = 0.4 \cdot \left(\frac{381.5}{0.60} \right)^{0.67} \cdot 0.58^{0.33} = 25.2 \quad (6.4.10)$$

Коефіцієнт теплообміну:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_{\delta}}{d_i} = \frac{25.2 \cdot 0.035}{0.003} = 294 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)} \quad (6.4.11)$$

Число одиниць переносу:

$$m_0 = \ln \frac{t_{i1} - t_{i2}}{t_{i2} - t_{i2}} = \ln \frac{140 - 65}{70 - 65} = 1.60 \quad (6.4.12)$$

Об'єм киплячого шару:

$$V_o = \frac{L \cdot c_a \cdot m_0}{(\alpha \cdot S_{i,i} \cdot (1 - \varepsilon))} = \frac{1,64 \cdot 1000 \cdot 1.60}{(294 \cdot 2000 \cdot (1 - 0.60))} = 0.011 i^2 \quad (6.4.13)$$

де - $S_{i,i} = \frac{6}{d_i} = \frac{6}{0.0030} = 2000 i^{-1}$ - питома поверхня;

Висота шару:

$$i_o = \frac{V_o}{S_p} = \frac{0.011}{0,64} = 0.017 i \quad (6.4.14)$$

З практичних значень зазвичай висоту шару приймають:

$$H_{ш} = 80d_0 = 80 \cdot 2.0 = 160 \text{ мм} \quad (6.4.15)$$

де - d_0 - діаметр отворів - 2.0 мм;

Загальна висота апарата:

$$H = 5H_{ш} = 5 \cdot 160 = 800 \text{ мм}. \quad (6.4.16)$$

Перевірка умови виносу із апарата дрібних частинок:

Приймаємо мінімальний діаметр частинки 2 мм.

Критерій Архімеда для частинки с мінімальним діаметром:

$$Ar_{\min} = \frac{g \cdot d_{\min}^3 \cdot \rho_i - \rho_o}{\nu^2 \cdot \rho_o} = \frac{9.81 \cdot 0.002^3 \cdot 1160 - 1.04}{19.7 \cdot 10^{-6} \cdot 1.04} = 223976.9 \quad (6.4.17)$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re_{\#} = \frac{Ar_{\min}}{18 + 0.61 \cdot \sqrt{Ar_{\min}}} = \frac{223976.9}{18 + 0.61 \sqrt{223976.9}} = 730.2 \quad (6.4.18)$$

Швидкість витання:

$$v_{\#} = \frac{Re_{\#} \cdot \nu}{d_{\min}} = \frac{730.2 \cdot 19.7 \cdot 10^{-6}}{0.002} = 7.19 \text{ м/с} \quad (6.4.19)$$

Так як швидкість витання частинки більша за робочу швидкість повітря, то можна використовувати апарат циліндричної форми.

Перевірка умови псевдозрідження частинок максимального розміру.

Приймаємо максимальний діаметр частинки 5мм.

Швидкість повітря у решітки:

$$v_{\text{реш}} = \frac{v_{\delta} \cdot (273 + t_{i1})}{(273 + t_{i2})} = \frac{2.50 \cdot (273 + 140)}{(273 + 70)} = 3.01 \text{ м/с} \quad (6.4.20)$$

Швидкість повітря в отворах решітки:

$$v_{\text{отв}} = \frac{v_{\text{реш}}}{\phi} = \frac{3.01}{0.1} = 30.1 \text{ м/с} \quad (6.4.21)$$

де ϕ – частка живого перерізу решітки – 0.10;

Швидкість псевдозрідження частинок максимального розміру:

$$v_{\#(\text{отв})} = \frac{v_{\text{отв}}}{k} = \frac{30.1}{2.5} = 12.0 \text{ м/с} \quad (6.4.22)$$

де k – число псевдозрідження – 2.5;

Критерій Архімеда:

$$Ar_{\max} = \frac{g \cdot d_{\max}^3 \cdot \rho_m - \rho_t}{\nu^2 \cdot \rho_t} = \frac{9.81 \cdot 0.003^3 \cdot 1160 - 0.85}{19.7 \cdot 10^{-6} \cdot 0.85} = 931177.04 \quad (6.4.23)$$

Параметри повітря у решітки при 140°C:

- ◆ густина – 0.85кг/м³;
- ◆ вязкість – 20.5·10⁻⁶ Па·с;

◆ кінематична вязкість – $24.1 \cdot 10^{-6}$ Па·с;

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\max} = \frac{Ar_{\max}}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{Ar_{\max}}} = \frac{931177.04}{1400 + 5.22 \cdot \sqrt{931177.04}} = 144.7 \quad (6.4.22)$$

Швидкість повітря необхідна для зрідження частинок максимального розміру:

$$v_{\text{зрід}(\max)} = \frac{\text{Re}_{\max} \cdot \nu_t}{d_{\max}} = \frac{144.7 \cdot 24.1 \cdot 10^{-6}}{0.003} = 1.16 \text{ м/с} \quad (6.4.23)$$

Так як $v_{\text{зрід}(\text{факт})} \geq v_{\text{зрід}(\max)}$ то буде псевдозріджена частина максимального розміру.

6.5. Гідравлічний розрахунок

Сумарний гідравлічний опір сушарки:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ш}} + \Delta D_{\text{ш}} + \Delta D_{\delta} \quad (6.5.1)$$

Гідравлічний опір киплячого шару:

$$\Delta D_{\text{ш}} = \dot{I} \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (\rho_{\delta} - \rho) \cdot g = 0.4 \cdot (1 - 0.60) \cdot (1160 - 1.04) \cdot 9.81 = 1817.2 \text{ 相} \quad (6.5.2)$$

Гідравлічний опір решітки:

$$\Delta D_{\text{реш}} = \xi \cdot \left(\frac{V_p}{d}\right)^2 \cdot \frac{\rho_1}{2} = 1.75 \cdot \left(\frac{2.50}{0.10}\right)^2 \cdot \frac{0.85}{2} = 464.9 \text{ 相} \quad (6.5.3)$$

Гідравлічний опір циклона:

$$\Delta D_{\text{цикл}} = 700 \text{ 相}$$

Сумарний гідравлічний опір:

$$\Delta D = 1817.2 + 464.9 + 700 = 2982 \text{ 相} \quad (6.5.4)$$

6.6. Підбір допоміжного обладнання

Підбір циклона:

Швидкість повітря в циклоні:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\xi \rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 700}{60 \cdot 1.4}} = 4.7 \text{ м/с} \quad (6.6.1)$$

Розрахунковий діаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{L}{0.785 \cdot V \cdot \rho}} = \sqrt{\frac{1.6}{0.785 \cdot 4.7 \cdot 1.04}} = 0.43 \text{ м} \quad (6.6.2)$$

Приймаємо циклон марки ЦН – 11 – 630, з такими вихідними параметрами:

- ◆ діаметр циклона – 630мм;
- ◆ витрата повітря – 3000 м³/год;
- ◆ висота циклона – 2870мм;
- ◆ вага циклона – 257кг.

Підбір калорифера:

Витрата повітря:

$$Q = \frac{L}{\rho} = \frac{0.7}{0.85} = 0.82 \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.6.3)$$

Підбір шнекового завантажувача:

Зовнішній діаметр шнека приймаємо $D=0.17\text{м}$, а крок $t = 0,8D = 0,8 \cdot 0,17=0,14\text{м}$

Максимальний діаметр вала шнека:

$$d_a = \frac{t}{\pi} \text{tg} \varphi = \frac{0,14}{3,14} \cdot 0,4 = 0,018 \text{ м} \quad (6.6.4)$$

Приймаємо діаметр вала з запасом $d_B=0,05\text{м}$

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній кромці шнека і біля вала визначається за формулами:

$$\alpha_D = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi D} = \operatorname{arctg} \frac{0.14}{3.14 \cdot 0.17} = 14^\circ 16'$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{t}{\pi d} = \operatorname{arctg} \frac{0.14}{3.14 \cdot 0.050} = 41^\circ 72'$$
(6.6.5)

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витка шнека визначається з рівняння:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0.5(\alpha_D + \alpha_d) = 0.5 \cdot (14^\circ 16' + 41^\circ 72') = 28^\circ 25'$$
(6.6.6)

Допоміжні величини, що вводяться в розрахунок:

$$\cos^2 28^\circ 25' = 0.7760$$

$$\operatorname{tg} 28^\circ 25' = 0.5373$$

$$\sin 28^\circ 25' = 0.4733$$

Згинаючий момент у витку шнека по внутрішньому контуру біля вала визначається

$$\dot{I}_\zeta = \frac{\delta_{\text{ср}} \cdot D^2}{32} \times \frac{1.9 - 0.7a^4 - 1.2a^{-2} - 5.2 \ln a}{32} = \frac{0.20 \cdot 10^6 \cdot 0.17^2}{32} \times \frac{1.9 - 0.7 \cdot 3^4 - 5.2 \ln 3}{1.3 + 0.7 \cdot 3^{-2}} = -6897 \dot{I} \cdot i$$
(6.6.7)

Для витків шнека приймаємо матеріал Ст10, в якій межа напруження при згині приймається рівною напруженню при розтязі:

$$\sigma_3 = 1300 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

Товщина витків шнека визначається з формули:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot M_3}{\sigma_3}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 689.7}{1300 \cdot 10^5}} = 0.0056 \text{ м}$$
(6.6.8)

Приймаємо товщину витків шнека 6 мм.

Довжина шнека визначається за формулою:

$$L_o = 6 \cdot t = 6 \cdot 0.14 = 0.84 \text{ і}$$
(6.6.9)

Крутний момент при 6 робочих витках шнека:

$$\dot{I}_{\text{ш}} = 0.131 n p_{\text{max}} (D^3 - d^3) \text{tg} \alpha_{\text{ш}} = 0.131 \cdot 6 \cdot 0.20 \cdot 10^6 (0.17^3 - 0.05^3) \cdot 0.5375 = 394 \dot{I} \cdot i \quad (6.6.10)$$

Осьове зусилля визначається з рівняння:

$$S = 0.393 n (D^3 - d^3) p_{\text{max}} = 0.393 \cdot 6 (0.17^3 - 0.05^3) \cdot 0.20 \cdot 10^6 = 2199 \text{H} \quad (6.6.13)$$

Визначаємо кутову швидкість шнека:

$$\omega = \frac{G}{0.127 (D^2 - d^2) \cdot (t - \delta) \cdot \rho \cdot \varphi} = \frac{0.33}{0.127 (0.17^2 - 0.05^2) \cdot (0.14 - 0.0056) \cdot 1100 \cdot 0.4} = 15.76 \text{ рад/с} \quad (6.6.14)$$

Визначаємо частоту обертання вала шнеку:

$$n = \frac{\pi \cdot \omega}{30} = \frac{3.14 \cdot 15.76}{30} = 1.65 \text{ об/с} \quad (6.6.15)$$

Визначаємо коефіцієнт корисної дії привода шнека:

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_r = 0.99 \cdot 0.99^2 = 0.970 \quad (6.6.16)$$

Потужність електродвигуна для приводу шнека:

$$N = \frac{1}{\eta} \left(\frac{G \cdot L \cdot k \cdot g}{1000} \right) = \frac{1}{0.970} \left(\frac{0.33 \cdot 0.84 \cdot 3 \cdot 9.81}{1000} \right) = 0.0084 \text{ кВт} \quad (6.6.17)$$

Згідно даних каталога і розрахункової потужності приймаємо мотор-редуктор SEW-EURODRIVE, серії R(двох-ступінчатий) з номінальною потужністю N=0,09кВт.

6.7. Конструктивний розрахунок

Визначення товщини стінки обичайки:

$$\delta = \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi} + \tilde{N} = \frac{1,0 \cdot 0,1}{2 \cdot 138 \cdot 0,8} + 0,001 = 0,0015 \text{ м} \quad (6.7.1)$$

Згідно рекомендацій приймаємо товщину обичайки $\delta=4\text{мм}$.

Кришка та днище:

Знизу апарат закритий плоским сталевим невідбортованим днищем по ГОСТ 12622-78 закріпленого на плоских приварних фланцях по ГОСТ 28759-90.

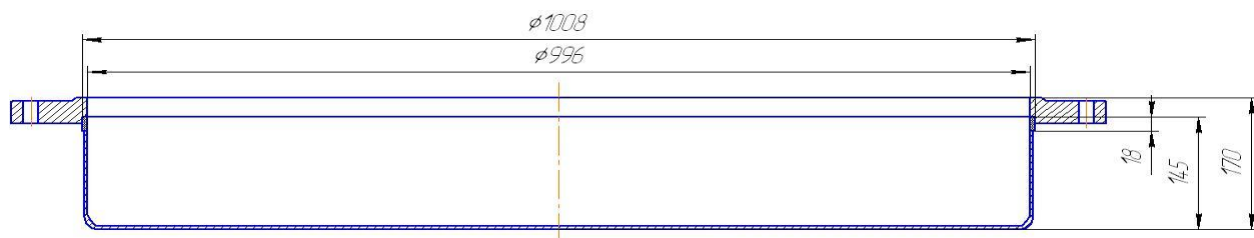


Рис.6.7.1. Днище апарата

Зверху апарат закривається конічною відбортованою кришкою з кутом при вершині 120° , кришка також кріпиться на плоскі фланці:

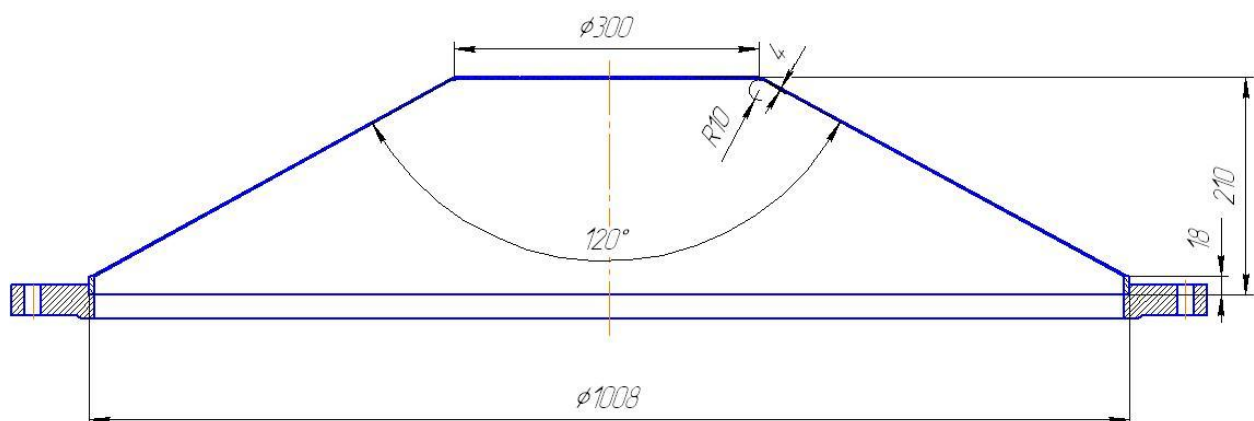


Рис.6.7.2. Кришка апарата

Фланці:

Для з'єднання кришки та днища з циліндричною обичайкою використовують плоскі приварні фланці по ГОСТ 28759-90, розміри яких показані на рис. :

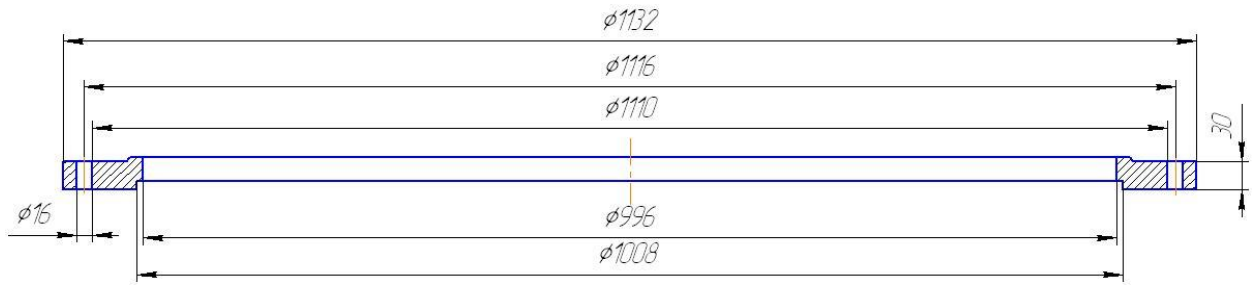


Рис.6.7.3.Плоский приварный фланець

Розрахунок опорних лап апарата:

Визначаємо масу апарата:

- ◆ маса циліндричної обичайки:

$$G_{\dot{a}} = 0,785 \cdot (D_c^2 - D_a^2) \cdot \dot{H} \cdot \rho = 0,785 \cdot (1,004^2 - 0,996^2) \cdot 1,945 \cdot 7800 = 195,6 \approx 196 \text{ кг} \quad (6.7.2)$$

H – висота циліндричної обичайки; ρ – густина сталі.

- ◆ маса плоского днища $G_d=61$ кг;

- ◆ маса кришки $G_{кр}=67$ кг;

Приймаємо масу допоміжного обладнання (фланці, штуцера, газорозподільча решітка) 30% від маси основних складових апарата, тоді повна маса апарата:

$$G_{\dot{a}} = 1,3 \cdot (G_{\dot{a}} + G_d + G_{кр}) = 1,3 \cdot (196 + 61 + 67) = 325,3 \text{ кг} = 0,0032 \text{ т} \quad (6.7.3)$$

Приймаємо, що апарат встановлено на 4 опорах тоді навантаження яке сприймає одна опора буде дорівнювати:

$$G_{\text{оп}} = \frac{0,0032}{4} = 0,0008 \text{ т} \quad (6.7.4)$$

Приймаємо опору з допустимим навантаженням 0,01МН.

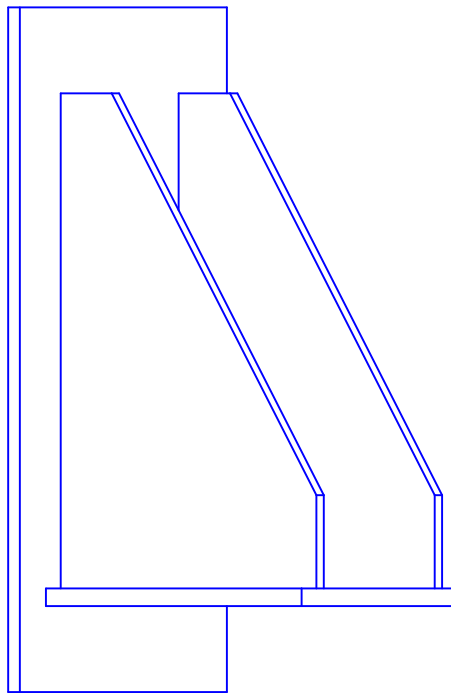


Рис.6.7.4.Опора апарата.

Розрахунок теплової ізоляції.

В якості матеріалу теплової приймаємо совеліт (85% магнезії, 15% азбеста), який має коефіцієнт теплопровідності $\lambda=0,09$ Вт/м·К. Приймаємо температуру зовнішньої поверхні стінки $t_{зв.ст}=40^{\circ}\text{C}$, температура навколишнього середовища $t_{н.с}=18^{\circ}\text{C}$, тоді товщина шару ізоляції буде дорівнювати:

$$\delta = \frac{\lambda \cdot (t_{ст.в} - t_{ст.н})}{\alpha \cdot (t_{ст.н} - t_{н.с})} \quad (6.7.5)$$

α – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції в навколишнє середовище;

$$\alpha = 8,4 + 0,06 \cdot (t_{ст.н} - t_{н.с}) = 8,4 + 0,06 \cdot (40 - 18) = 9,72 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К} \quad (6.7.6)$$

тоді товщина шару ізоляції:

$$\delta = \frac{0,09 \cdot (140 - 40)}{9,72 \cdot (40 - 18)} = 0,042 \text{ м} \quad (6.7.7)$$

Приймаємо товщину теплової ізоляції $\delta=5$ мм.

7. Підбір конструкційних матеріалів

Особливі умови харчового виробництва: активно-корозійні харчові середовища, дезінфікуючі і миючі розчини, висока швидкість протікання робочих середовищ, збільшена температура, значні перепади тиску і т.д. визначають специфічні вимоги до вибору матеріалів при конструюванні технологічного обладнання.

Однією з найважливіших вимог до матеріалів, що використовуються для технологічного обладнання, є їх корозійна висока стійкість. Також ці матеріали руйнуються під дією органічних середовищ: цукрової, кондитерської, спиртової, виноробної, м'ясної, хлібопекарної та молочної промисловості.

При виборі того або іншого конструкційного матеріалу, що спілкується з харчовим середовищем, потрібно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його використання при практичному контакті з конкретним технологічним середовищем харчового виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних харчових середовищ, тисків і підвищених температур, а також дезінфікуючих і миючих засобів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, механізмів і вузлів машини; технологічні властивості пресування, лиття, зварюваність і т.ін.); економічну доцільність.

В якості матеріалу для корпусу та газоросподільчих решіток сушарки приймаємо сталь 12X18H10T ДСТУ 5632-74, яка може працювати в агресивних середовищі до температури 600 ° С. Також даний вид обладнання потребує теплоізоляцію. В якості матеріалу теплової ізоляції виберемо совеліт (85% магнезії + 15% азбесту).

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Вибір конструкційних матеріалів	20-2223.KP.06.07.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

Для виготовлення плоских приварних фланців по ДСТУ 28759.2-90 використовується сталь декількох марок: Ст. 10Х17Н13М2Т ДСТУ 5632-72, Ст. 09Г2С ДСТУ 19281-89, Ст. 10Г2 ДСТУ 4543-71, Ст. 12Х18Н9Т ДСТУ 5632-72, Ст. 3сп ДСТУ 2651-94. В нашому випадку приймаємо матеріал для виготовлення фланців Ст. 3сп ДСТУ 2651-94.

Для виготовлення плоского відбортованого днища та кришки апарата приймаємо матеріал Ст. 3сп5 ДСТУ 2651-94. Даний матеріал застосовується в наступних температурних межах $t = -20 \dots +200^{\circ}\text{C}$.

В якості матеріалу для виготовлення опор вибираємо Ст. 3.

для підігрівання та підсушування повітря. Для підтримання постійного температурного режиму в сушильній камері використовується терморегулятор ТН-555С 6. Терморегулятор призначений для підтримання постійної температури з використанням датчика температури 8. Терморегулятор використовується в комплекті з нагрівальним елементом з сумарною потужністю 1600Вт. Для підтримання гідродинамічного режиму в процесі сушки використовується шибер 7. Місце під термометр 9 використовуються для встановлення температури сушильного агента після процесу сушки.

Установка працює наступним чином: вихідний матеріал на розподільній решітці потоками газу приводиться у псевдозріджений стан. Швидкість потоку газу крізь решітку підбирається такою, щоб матеріал на решітці перебував у завислому «киплячому» стані. У стані «кипіння» жом омивається потоком гарячих газів, у результаті чого між газом і жомом створюється добрий контакт. Пивний жом тече по решітці від точки завантаження до розвантажувального пристрою сушарки. При проходженні димових газів крізь киплячий шар з поверхні частинок випарюється волога. Підсушені на решітці крупні частинки вологого матеріалу видаляються з сушарки по лотку, розташованому над шаром матеріалу, а дрібні частинки виносяться з шару сушильним агентом і відділяються від нього в батареї циклонів. Відпрацьовані гази разом із випареною вологою після проходження через систему пиловловлення викидаються в атмосферу. Висота киплячого шару складає 0,3-0,7 м і залежить від властивостей матеріалу, що сушиться, режиму сушки і конструкції сушильної камери.

У сушарках киплячого шару досягається значна інтенсивність сушіння і створюється можливість регулювання часу перебування матеріалу на решітці.

Тривалість сушіння тут більше, ніж у трубах-сушарках, що дає можливість здійснити більш глибоке і рівномірне сушіння матеріалу.

9. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Сушка в псевдозрідженому шарі – оптимальний спосіб рівномірної сушки пивної дробини. Завдяки інтенсивному тепло-масообміну в киплячому шарі, процес йде особливо ефективно і швидко. Дана технологія добре підходить для кінцевої сушки, отриманого розпиленням, а також екструдатів з низькою залишковою вологістю.

Широке запровадження апаратів для сушки в псевдозрідженому шарі в промислову практику зумовлено рядом позитивних факторів. Тверді частинки в псевдозрідженому стані внаслідок текучості можна перемішувати по трубах, що дозволяє багато періодичних процесів здійснювати безперервно. Завдяки інтенсивному перемішуванню твердих частинок в псевдозрідженому шарі практично вирівнюється поле температур, вилучається можливість значних локальних перегрівів і зв'язаних з цим порушень в проходженні ряду технологічних процесів.

У будівлях і спорудах, що здаються під монтаж обладнання, трубопроводів і конструкцій, закінчують споруду робочих майданчиків, фундаментів і опорних конструкцій, прокладку підземних комунікації, зворотну засипку і ущільнення ґрунту до проектних відміток, облаштовують стяжку під покриття підлоги і канали, монтаж підкранових шляхів і монорельсів (якщо передбачено проектом).

В комплекс робіт по організації монтажного майданчика входять наступні: обладнання майданчиків і стендів укрупненої збірки технологічного обладнання і конструкції; створення монтажного містечка з пересувних будівель контейнерного типу; установка виносних майданчиків в монтажних отворах для подачі обладнання, конструкцій і матеріалів на міжповерхові перекриття ; пристрій матеріальних складів для зберігання засобів малої

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Правила монтажу, експлуатації та ремонтів обладнання	20-2223.КР.06.09.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/4

механізації, монтажних заготовок, матеріалів і інструментів, а також балонів із зрідженими газами; створення приоб'єктних майстерень монтажних заготовок з інструментальним господарством; перебазування і доставка на робочі місця монтажних машин і механізмів.

Розмічальні роботи виконують для правильної орієнтації технологічного обладнання, конструкцій і трубопроводів щодо головних осей будівлі (колон, балок, стін). Виконують їх по робочих кресленнях технологічної частини проекту. Раціональне і достовірне виконання розмічальних робіт необхідне для правильної установки обладнання в проектне положення, нормального сполучення обладнання з приводами, комунікаційними лініями, дотримання висотних відміток і технологічних ухилів трубопроводів, передбачених робочими кресленнями.

Підйом і установку обладнання і конструкцій за допомогою оснащення (стріл, монтажних щогл, поліспастів) такелажу виконують в окремих випадках, коли неможливо застосувати прогресивні і економічні вантажопідйомні машини і механізми. При невеликих об'ємах робіт, пов'язаних з реконструкцією, технічним переозброєнням і капітальним ремонтом обладнання, на багатоповерхових підприємствах для підйому обладнання і конструкцій використовують переносні монтажні стріли. Стрілу можна повертати вручну в горизонтальній площині на кут до 180° (3,141 рад) або за допомогою стріловидного поліспасти у вертикальній площині, змінюючи виліт.

Обладнання встановлюють на фундаменти, металеві конструкції (рами, кронштейни, підвіски), залізобетонні і сталеві майданчики, безпосередньо на перекриття і чисту підлогу. До робіт по установці обладнання на фундамент дозволяється приступати після підписання актів готовності фундаменту (фундаментів). Перед установкою обладнання виконують, як правило, наступні підготовчі роботи: розконсервування, закріплювальну збірку при необхідності, підготовку майданчиків на поверхні фундаментів для установки опорних елементів обладнання; винесення при необхідності додаткових

(робочих) осей і відміток. Установка обладнання в проектне положення на фундаменті включає: розміщення машини або її опорних елементів на фундаменті; попередню установку на опорні елементи з поєднанням отворів базової деталі (станини, рами, основи) з фундаментними болтами; установку обладнання в проектне положення в плані, по висоті і горизонтальності (вертикальності) шляхом виконання необхідних регулювальних переміщень з контролем фактичного положення і попередньою фіксацією перед підливкою (закріпленням); підливку зазору «обладнання - фундамент». Точність установки обладнання досягається вивірянням. При цьому регулювальні переміщення здійснюють за допомогою вантажопідйомних механізмів, домкратів і монтажних пристосувань в межах зазорів між стінками отворів базової деталі обладнання і стрижнями заздалегідь встановлених фундаментних болтів або в межах зазорів колодязів під закріплювані при підливці обладнання фундаментні болти. Домкрати підводять під міцні частини станини або посилені корпуси машини.

Змонтоване технологічне обладнання піддають індивідуальним випробуванням: машини, механізми і апарати з приводом - на холостому ході; судини, апарати - на міцність і герметичність. До початку індивідуальних випробувань повинен бути закінчений монтаж систем мастила, охолодження, протипожежного захисту, електрообладнання, захисного заземлення, автоматизації і виконані пусконаладжувальні роботи. Останні забезпечують надійні дії вказаних систем, безпосередньо пов'язаних з проведенням випробувань обладнання. Порядок і терміни проведення індивідуальних випробувань і пусконаладжувальних робіт встановлюються графіками, узгодженими монтажною і пусконаладжувальною організаціями, генпідрядником, замовником і іншими організаціями, що беруть участь у виконанні будівельно-монтажних робіт.

Перед пуском обладнання під навантаженням перевіряють наявність і справність необхідних елементів захисту й блокування аварійного

відключення електроенергії і запобіжних деталей, що виключають перевантаження машин, і їхню несправну роботу. У зв'язку з високою вартістю сировини технологічне обладнання перевіряють частково на інертному середовищі (воді, сироватці, висівках, пробному вантажі), регулюють окремі вузли, і механізми з перевіркою параметрів на усіх швидкостях і режимах відповідно до паспортних даних.

Роботи по монтажу і демонтажу (далі по тексту – монтажу) технологічного устаткування (далі по тексту – устаткування) необхідно проектувати і виконувати відповідно до вимог діючих в Україні нормативних документів. При проектуванні і виконанні монтажу устаткування повинні бути враховані наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: - машини, що рухаються, і механізми, що беруть участь в процесах монтажу устаткування; - вантажі, що переміщуються; - руйнування конструкцій, що використовуються в процесі монтажу устаткування; - підвищення значення напруги в електричному ланцюзі, замикання, що може відбутися через тіло людини, у тому числі пристосування, які застосовуються при виконанні монтажу устаткування, повинні відповідати вимогам безпеки, викладеним у стандартах і технічних умовах на відповідне устаткування.

8. Автоматичний контроль та система управління проектом

Головним напрямком автоматизації є створення комп'ютерно – інтегрованих виробництв. Основною системою автоматизації нині стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання систем інтеграції розподіленого управління програмних комплексів. При автоматизації дається можливість централізації, контролю і управління машинами, агрегатами, а в деяких випадках всіх заводів, що значно полегшує 'аварійності і як наслідок, покращенню роботи обладнання.

Сушильна установка з псевдозрідженим шаром як об'єкт управління має ряд особливостей. Одна з них полягає в тому, що постійно потрібно підтримувати задану температуру в сушарці. Також потрібно регулювати температуру теплоносія на виході із циклону та кількість матеріалу яка подається на сушіння.

Функціональною схемою автоматизації сушильної установки для сушіння пивної дробини передбачено автоматичне регулювання матеріального балансу, теплового режиму і ряду інших параметрів.

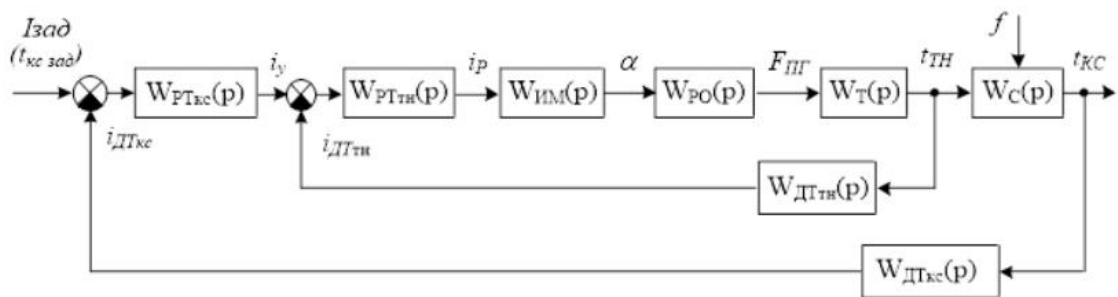


Рис. 8.1 Структурна схема управління сушаркою (САУ) киплячого шару.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Автоматичний контроль та управління об'єктом проектування	20-2223.КР.06.10.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/2

Температура киплячого шару досить точно, побічно характеризує вологість матеріалу на виході сушарки, тому, регулюючи потрібним чином температуру киплячого шару, можна досягти необхідної ефективності процесу сушіння.

На підставі виконаного вище аналізу особливостей сушарки з киплячому шаром типу СКС-Б як об'єкта автоматичного управління, отримана структурна схема САУ даними технологічним об'єктом.

Для підвищення якості процесу сушіння і економії енергоносіїв САУ сушаркою киплячого шару СКС–Б реалізується за двоконтурною схемою: внутрішній контур регулювання температури теплоносія $t_{ТН}$ і зовнішнього контуру регулювання температури киплячого шару $t_{КС}$.

Об'єктом регулювання внутрішнього контуру виступає топка теплогенератора $WT(p)$ з регульованої змінної температурою теплоносія $t_{ТН}$. Необхідний закон зміни температури теплоносія реалізується регулятором температури теплоносія $WPT_{тн}(p)$, який впливаючи на виконавчий механізм $WIM(p)$ з регулюючим органом $WPO(p)$ (засувку з електроприводом на трубопроводі подачі природного газу) відповідним чином змінює витрата природного газу $F_{ПГ}$, що подається в топку теплогенератора, що в свою чергу, необхідним чином змінює температуру теплоносія $t_{ТН}$ на виході теплогенератора. Поточна інформація про значення регульованої змінної – температури теплоносія $t_{ТН}$ контролюється за допомогою датчика температури теплоносія $WDT_{тн}(p)$.

Зовнішній контур регулювання температури киплячого шару $t_{КС}$ на додаток до елементів розглянутого внутрішнього контуру регулювання включає сушилку киплячого шару $WC(p)$, зовнішній регулятор температури киплячого шару $WPT_{кс}(p)$ і датчика температури киплячого шару $WDT_{кс}(p)$.

Заказна специфікація

№	Позиція	Найменуванні і технічна характеристика	Тип, марка	К-сть	Потреби за проектом.
1	1а	Перетворювач витрат стружки	ПІТ	1	1
2	1б	Вторинний прилад	ПК1.1	1	1
3	2а	Термометр опору	ТСМ	1	5
4	2д	Перемикач	ПТИ-М	1	1
5	2ж	Логометр	Л-64П	1	1
6	3б	Перетворювач різниці температур	ПДТ-40	1	1
7	3д	Вторинний прилад	ПК-1	1	2
8	3в	Регулятор	ПР1.5	1	2
9	3г	Сигналізатор мембранний	СМ1	1	2
10	SA1	Ручний перемикач		1	2
11	SB1	Кнопочна станція		1	3
12	KM1	Магнітний пускач		1	3
13	HL1	Сигнальна лампа		1	5

11. Заходи з охорони праці

Харчова промисловість належить до числа матеріалоємких галузей, так як використовує значну кількість природних, сировинних, паливно-енергетичних та водних ресурсів.

Вимоги безпеки до конкретного виробничого обладнання розробляються з урахуванням його призначення, умов експлуатації та виконання відповідно до вимог ДСТУ12.2.061-81 та інших чинних нормативних документів:

Безпека виробничого обладнання забезпечується наступними методами:

- добором принципів дії, джерел енергії та параметрів робочих процесів;
- мінімізацією кількості енергії, що споживається чи накопичується;
- застосуванням вмонтованих у конструкцію засобів захисту та інформації про можливі небезпечні ситуації;
- застосуванням засобів автоматизації, дистанційного керування та контролю;
- з дотриманням ергономічних вимог, обмеженням фізичних і нервовопсихологічних навантажень на працівників.

Виробниче обладнання під час роботи, самостійно чи у складі технологічних комплексів, повинно відповідати вимогам безпеки на протязі усього періоду експлуатації.

Матеріали конструкції виробничого обладнання не повинні зумовлювати утворення небезпечних чи шкідливих факторів щодо дії на організм працівників, а навантаження, що виникають під час роботи в окремих елементах обладнання, не повинні сягати небезпечних величин. У випадку

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Разробник документа Гуцик В.О.	Назва, додаткова назва Заходи з охорони праці	20-2223.КР.06.11.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/3

неможливості реалізації останньої вимоги у конструкції обладнання необхідно передбачити спеціальні засоби захисту (огороження, блокуючі пристрої та ін.).

Небезпечні зони виробничого обладнання (рухомі вузли, елементи з високою температурою, струмовідні елементи електрообладнання), як потенційні джерела травмонебезпеки, повинні бути огорожені відповідно до вимог ДСТУ 12.2.062-81, теплоізольовані або розміщені у недосяжних місцях чи екрановані (ДСТУ 2894-94; ПУЕ-2006).

Виробниче обладнання повинно бути пожежовибухобезпечним у передбачених умовах експлуатації та не накопичувати зарядів статичної електрики у небезпечних для працівників кількостях (ДСТУ 12.2.020-76; ДСТУ EN 50014- 2001; НПАОП 0.00-4.35-90; ДСТУ 29191-91 СТСЭ). Засоби захисту від статичної електрики повинні застосовуватися відповідно до вимог ДСТУ 12.4.124-83.

Виробниче обладнання, робота якого супроводжується виділенням шкідливих речовин (ДСТУ 12.1.005-88; ДСТУ 12.1.007-76) чи організмів або пожежо- та вибухонебезпечних речовин, повинно включати вмонтовані пристрої для локалізації цих виділень. За відсутності таких пристроїв у конструкції обладнання мають бути передбачені місця для підключення автономних пристроїв локалізації виділень.

Якщо виробниче обладнання є джерелом шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, виробничих випромінювань (електромагнітних, лазерних тощо), то його слід виконувати таким чином, щоб параметри перерахованих шкідливих виробничих факторів не перевищували меж, встановлених відповідними чинними нормативами (ДСН 3.3.6.042-99; ДСН 3.3.6.037-99; ДСН 3.3.6.039-99; ДСТУ 26568:2009; ДСНіП №476; ДСТУ EN 12254:2010; ДСТУ EN 12254:2010).

Виробниче обладнання повинно бути забезпечене додатковим місцевим освітленням, виконаним відповідно до вимог чинних нормативів (ДБН В.2.5-

28- 2006), якщо його відсутність може спричинювати перевантаження органів зору або інші небезпеки, пов'язані з експлуатацією цього обладнання.

Однією із основних складових безпеки будь-якого виробничого обладнання є конструкція робочого місця, його розміри, взаємне розміщення органів управління, засобів відображення інформації, допоміжного обладнання тощо. Розробляючи конструкції робочого місця слід дотримуватися вимог ДСТУ 12.2.061:2009; ДСТУ 8604:2015, ДСТУ 12.2.033-84, ДСТУ 7234:2011, ДСТУ 12.2.061:2009 та інших чинних нормативів. Розміри робочого місця і його елементів мають забезпечувати виконання операцій у зручних робочих позах і не ускладнювати рухи працівників. Перевагу слід віддавати виконанню робочих операцій у сидячому положенні (ДСТУ 8604:2015; ДСТУ 8604:2015) або чередуванні положень сидячи і стоячи, якщо виконання робіт не вимагає постійного переміщення працівника. Конструкція крісла і підставки для ніг повинна відповідати ергономічним вимогам.

Система управління виробничим обладнанням має забезпечувати надійне і безпечне його функціонування на всіх режимах роботи, а також у випадку зовнішніх впливів, передбачених ТЗ (ДСТУ 12.2.064-81; ДСТУ 12.4.040-78). На робочих місцях повинні бути написи, схеми та інші засоби інформації щодо послідовності керуючих дій. Конструкція і розміщення засобів попередження про небезпечні ситуації повинні забезпечувати безпомилкове, достовірне і швидке сприйняття цієї інформації.

12. Охорона довкілля

Харчова промисловість належить до числа матеріалоемких галузей, так як використовує значну кількість природних, сировинних, паливно-енергетичних та водних ресурсів.

У більшості галузей харчової промисловості питома витрата сировини та матеріалів, тобто витрата сировини та матеріалів на одиницю випущеної продукції, достатньо велика. Цей показник суттєво впливає не тільки на розвиток і розміщення виробництва, формування сировинних зон та термінів переробки сировини, але й на екологічність виробництва в цілому.

Кожне з харчових виробництв в тій чи іншій ступені забруднює навколишнє природне середовище за рахунок викиду ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення стічних вод і твердих відходів. Харчова промисловість займає 14-те місце серед галузей і виробництв промислового циклу за рівнем забруднення навколишнього середовища.

Охорону навколишнього середовища розглядають як комплекс міжнародних, державних, регіональних, локальних, адміністративно-господарських, технологічних і громадських заходів, спрямованих на збереження та забезпечення раціонального природокористування, відновлення, охорону та примноження природних ресурсів для блага людського суспільства і підтримання біологічної та екологічної рівноваги біосфери. Для розробки питань охорони навколишнього середовища й раціонального використання його ресурсів, визначення стратегії й тактики гармонізації взаємин людського суспільства та довкілля, сформувалась нова наука - екологія, яка поєднує собі природничі, суспільно-політичні, технічні, економічні та юридичні науки.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Охорона довкілля	20-2223.КР.06.12.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/2

Екологічна ситуація в Україні характеризується як кризова. Цьому сприяють структурні деформації господарства, за яких перевага віддавалась сировинно-видобувним галузям промисловості, використання значною мірою енерго- та ресурсомістких технологій без будівництва ефективних очисних споруд.

Серед головних причин, що призвели до незадовільного стану довкілля, можна назвати такі:

- застарілі технології виробництва з високою енерго- та матеріаломістністю;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів у деяких регіонах;
- відсутність ефективних природоохоронних технологій;
- відсутність ефективного правового й економічного механізмів, які сприяли б використанню екологічно безпечних технологічних споруд.

В даному дипломному проекті розроблено сушильну установку яка не являє собою загрози для навколишнього середовища. Тому як повітря яке береться з навколишнього середовища в якості теплоносія після використання очищується за допомогою циклона. Частинки матеріала які вловлені під час очистки повітря в циклоні потрапляють в збірник. Матеріал який висушується також не являє собою небезпеки тому як він не являється пилом.

13. Маркетингове обґрунтування проєкту

Пивна дробина утворюється після фільтрації пивного сусла в процесі варки пива. Це натуральний, екологічно чистий продукт з високим вмістом протеїну (в 2-3 рази більшим, ніж в ячмені). З неї можна виробляти біогаз, екологічне добриво, електроенергію, застосовувати при виготовленні хліба, макаронних і ковбасних виробів. Але найчастіше пивна дробина все ж таки застосовується у потребах сільського господарства. Наприклад, у розвинених країнах Європи та Близького Сходу її використовують як високоякісний корм для тварин, як цілком натуральний, екологічно чистий та біологічно активний продукт без хімічних домішок. До того ж пивна дробина отримується з рослинної сировини, що не піддається генетичній модифікації, а як наслідок - не може проявляти мутагенні та інші негативні властивості.

У сільському господарстві пивну дробину можна використовувати у сирому, консервованому та сухому вигляді. Різниця полягає у строках придатності. За словами співробітників комерційного відділу пластмаси та дробини ЗАТ «Оболонь», пивна дробина є високоякісним кормом для тварин як у сирому, так і в сухому вигляді. Та влітку, коли накопичується значна кількість пивної дробини, перевозити її у сирому вигляді практично неможливо, вона швидко псується. Перевагою ж сухої дробини є строк зберігання - півроку, крім того вона містить вітаміни групи В і необхідні мікроелементи.

Саме тому у квітні 2021 року на головному заводі компанії «Оболонь» у Києві запрацювала установка з виробництва сухих гранул пивної дробини, які отримують, висушуючи сирі дробину. В процесі сушки також додаються пивні дріжджі для підвищення вмісту повноцінного протеїну та вітамінів групи В. Наразі потужність установки дозволяє переробляти до 700 тонн

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гуцик В.О.	Назва, додаткова назва Маркетингове обґрунтування проєкту	20-2223.КР.06.13.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ua	Аркуш 1/3а

сирої дробини на добу. До речі, в Україні це єдине підприємство, яке переробляє пивну дробину у сухі гранули.



Рис.13.1. Суха пивна дробина

Відгодівля тварин сухою пивною дробиною допомагає збільшити удої молока, приростити живу вагу великої рогатої худоби та свиней. До того ж в умовах поширення проблеми «коров'ячого сказу», коли використання кісткового борошна може становити загрозу для тварин, комбікорми на основі пивної дробини є цілком безпечними.

За словами співробітниці лабораторії ВАТ «Калитянський ЕЗКіП» (Київська область), пивна дробина є резервом якісних кормів, її можна застосовувати і як корм, і як домішок у комбікорм.

Зараз уже існує кілька рецептів комбікормів на основі сухої пивної дробини та солодових ростків, які на замовлення керівництва компанії «Оболонь» були розроблені фахівцями Національного університету біотехнологій і природокористування. Крім того, спеціалістами Інституту кормів УААН (м. Вінниця) розроблені рецептури комбікормів і проведені експериментальні відгодівлі дійних корів та молодняку ВРХ в ряді господарств країни.

Технологічний процес переробки пивної дробини, який застосовують в ООО «Технологія». Для зневоднення пивної дробини використовується прес

И7-ПБ ВАТ «Ніжинсільмаш» (Україна). Отриману дробину піддають сушінню і гранулюють. Сушіння пивної дробини за цим способом проводиться після її обезводнення, а покращення її санітарно-ветеринарних, фізико-хімічних, біологічних якостей та підвищення безпеки її використання і поживності, зокрема методом мікронізації, не проводиться.

Пивзаводи	Рідка пивна дробина		Суха пивна дробина		Абсолютно суха пивна дробина	
	Вміст сухої речовини, %	Ціна, грн./т	Вміст сухої речовини, %	Ціна, грн./т	Вміст сухої речовини, %	Ціна, грн./т
Радомишльський	25	65	90	1860	100	2600
Житомирський	20	40	90	1340	100	2000
Бердичівський	15	24	90	690	100	1600

Табл. 13.1 Реалізаційна ціна 1 тонни пивної дробини на заводах Житомирської області в залежності від вмісту сухої речовини.

Висновок

В даній магістерській роботі розроблено сушильну установку для пивної дробини, яка забезпечує висушування продукту від початкової 80% до кінцевої 10% вологості, продуктивністю 0,33 кг/с.

В результаті дослідження було зроблено наступне:

1. Проведено аналітичний огляд існуючого принципового обладнання для висушування пивного дробини.

2. Знайдено основні напрямки для підвищення інтенсифікації процесу сушіння.

3. Отже, сушильна установка є простою в конструкції, має відносно малі габарити та високий ступінь технічного забезпечення, що в результаті дає високу продуктивність, забезпечує належний рівень всієї лінії в цілому. А сушіння пивної дробини у киплячому шарі забезпечує високу якість продукту та мінімальне спрацювання обладнання. Сушарка є простою в обслуговуванні і експлуатації та дає можливість в подальшому провадити модернізацію щодо підвищення її продуктивності, забезпечення екологічності виробництва, та покращення якості готової продукції.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Висновки	20-2223.KP.06.77.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/4

Список використаних джерел

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2007. — 648с.
2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288с.
3. Чепелюк, О.О. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. / О.О.Чепелюк, О.А.Єщенко, Ю.Ю.Доломакін. – К.: НУХТ, 2017. – 311с.
4. Заплетніков, І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М.Заплетніков, В.Г.Мирончук, В.М.Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
5. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162с.
6. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, М.М.Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Университет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.
7. Соколенко, А.И. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк. 2004 – 304 с.
8. Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Частина 2. Вимоги щодо гігієни: ДСТУ EN 1672–2–2001. – [Чинний від

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гущик В.О.	Назва, додаткова назва Список використаних джерел	20-2223.КР.06.78.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..		Інд. змін.	Дата видання	Мова ца	Аркуш 1/4

9. 2003–01– 01]. – К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. – 32 с. – (Національний стандарт України).
10. Романков П.Г, Рашковська Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии –Изд, 3-е, перероб. и доп – Л: Химия, 1979-272с, Ил.
11. Дворецкий С.И., Королев В.Н., Нагорнов С.А., ТаровВ.П. Техника и технологии псевдоожигения: гидродинамика и теплообмен с погруженными телами.Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. тех. ун-та, 2005. 168.с
12. Муштаев В.И., Ульянов В.М.Сушка дисперсных материалов.–М.: Химия, 1988 .352 с.(Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии).
13. Тези_Похожаєв_Якобчук:Режим доступу:
<http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/14557/1/22.pdf>.
14. Наукові конференції, наукові журнали: Режим доступу:
http://www.rusnauka.com/15_KPSN_2015/Chimia/4_193434.doc.htm
15. Купчик М.П., Гандзюк М.П , Степанець І Ф, Вендичанський В.Н., Литвиненко А.М., Іваненко. О. В. Основи охорони праці. - К.: Основа, 2000. - 416с.
16. Пивна дробина для потреб сільського господарства: Режим доступу:
<https://a7d.com.ua/agropoltika/1569-pivna-drobina-dlya-potreb-silskogospodarstva.html>.
17. Консультант кадровика:Режим доступу:
<https://kadrhelp.com.ua/viddil-ohorony-praci-na-pidpryyemstvi>.
18. Автоматизація процесу сушіння:Режим доступу:
https://studopedia.com.ua/1_241794_avtomatizatsiya-protse-su-shinnya.html

19. Сушарки киплячого шару:Режим доступу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%83%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%BA%D0%B8_%D0%BA%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D1%8F%D1%87%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%88%D0%B0%D1%80%D1%83

19. Агробізнес, Україна:Режим доступу: <https://agrobusiness.com.ua/my-harantuiemo-yakshcho-vy-zberete-vrozhai-my-yoho-vysushymo>

20. Гура О.В. Використання програмного комплексу комп'ютерного моделювання ANSYS під час визначення параметрів сушіння пивної дробини. О.В. Гура, Н.М. Лаврінченко, Г.І. Русланов, В.О. Сукманов. //Вісник ДонДУЕТ. – 2006. - №1 (29). – С. 87-103.

21. Гура О.В. Використання програмного комплексу комп'ютерного моделювання ANSYS для визначення параметрів сушіння пивної дробини. / О.В. Гура, Н.М Лаврінченко, В.О. Сукманов. //Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. праць. – Донецьк, ДонДУЕТ, 2006. – Вип. 14. – С.137-144.

22. Патент України № 86318 на корисну модель. Сушарка з псевдозрідженим шаром (варіанти) і спосіб сушіння вологої сировини із застосуванням сушарки з псевдозрідженим шаром (варіанти), Фудзікава Ацусі, Кісігамі Казусі, Канеко Удаі. Опубл. 10.04.2009.

23. Лекція 3. Розділ2. Охорона праці:Режим доступу:

<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder21.pdf>

24. ЕКОЛОГІЧНА ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ РІДКОЇ ПИВНОЇ ДРОБИНИ: Режим доступу:

http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/5058/3/ntb_2014_112_130-138.pdf

25. Дослідження і розробка системи автоматичного управління киплячого шару: Режим доступу:

<http://masters.donntu.org/2019/fkita/kovalenko/diss/indexu.htm>

26. Патент України № 9711 на корисну модель. Пристрій для сушіння пивної дробини. Мельник Станіслав Анатолійович, Хомічук Віктор, Андрійович, Русланов Георгій Іванович, Сукманов Валерій Олександрович, Лавріненко Наталя Михайлівна. Опубл. 17.10.2005.

27. Сушарка киплячого шару (продуктивність по висушеному матеріалу - 3800 км/год):Режим доступу: <https://vunivere.ru/work57439>

28. Патент України № 86739 на корисну модель. Сушарка з киплячим шаром. Похожаєв Олександр Євгенійович, Якобчук Роман Леонідович. Опубл. 10.01.2014.

29. Висушування у віброкиплячому шарі:Режим доступу:

https://vuzlit.ru/234638/visushuvannya_vibrokiplyachomu_shari

30. Обладнання для сушіння харчових продуктів:Режим доступу:

<https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Processes-and-apparatus-of-chemical-productionLab4.pdf>



Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Якобчук Р.Л	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ ТОКТП	Розробник документа Гуцик В.О.	Назва, додаткова назва	20-2223.КР.06.82.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В..	Список використаних джерел	Інд. змін.	Дата видання	Мова на	Аркуш 1/4

Сушильна установка сушіння пивної дробини в киплячому шарі

Гущик В.О., Якобчук Р.Л., к.т.н

Національний університет харчових технологій (НУХТ), Київ, Україна

Сьогодні в харчовій промисловості одним із популярних способів сушіння продуктів є сушіння їх в киплячому шарі. Перевагою цього способу сушіння є проста конструкцій апаратів, висока їх продуктивності і відносно коротка тривалість процесу.

Спосіб сушіння продуктів у киплячому шарі полягає в тому, що через шар зернистого матеріалу, який знаходиться на решітці, проходить з певною швидкістю повітря (теплоносій), який забезпечує спочатку розпушування його, а потім переводить в стан, що нагадує киплячу рідину – псевдозрідження. Це забезпечує інтенсивне перемішування і контакт окремих частинок продукту, вирівнюється температура в усьому об'ємі шару продукту, що особливо важливо при висушуванні більшості харчових продуктів. Сушіння в киплячому шарі найчастіше застосовується, наприклад, до пивної дробини, цукру-рафінаду, молочних продуктів, спиртової барди.

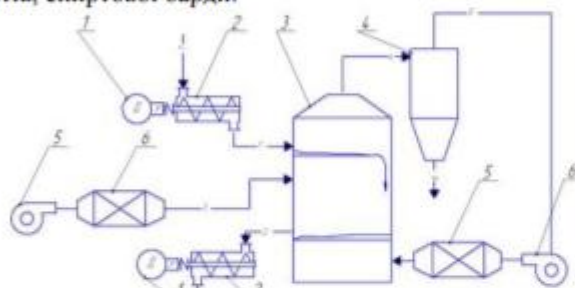


Рисунок 1 – Технологічна схема сушіння пивної дробини:

1 – мотор-редуктор; 2 – шнековий живильник; 3 – сушарка; 4 – циклон; 5 – вентилятор; 6 – калорифер (-1- вологий матеріал; -2- висушений матеріал; -3- теплоносій; відпрацьований теплоносій; -5- очищене повітря)

Нагріте повітря (теплоносій) створює киплячий шар продукту та переміщує його до краю решітки. Відпрацьоване повітря очищується в циклоні, частина повітря направляється в атмосферу, а частина очищеного повітря знову подається на калорифер, для часткового нагрівання. Частково висушений продукт пересипається на наступну газорозподільчу решітку, куди подається нагріте повітря, для кінцевого висушування. Висушений матеріал відвантажується шнековим транспортером та направляється на зберігання або подальше перероблення.

Переваги даної технологічної схеми: відносно не великі габарити обладнання; простота конструкції та експлуатації; багаторазове використання теплоносія.

Висновок. В роботі представлено сушильну установку для пивної дробини, яка забезпечує зневоднення продукту від початкової вологості 80% до кінцевої – 10%.

Література

1. Анатазевич, В. И. Сушка пищевых продуктов [Текст]: справ. пос. / В. И. Анатазевич. – М. : ДеЛі, 2000. – 296 с
2. Дослідження процесу сушіння спиртової барди в псевдозрідженому шарі [Текст] / вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків, 2009. – С. 192–196.
3. Погожих, М. І. Технологія сушіння харчової сировини [Текст] / М. І. Погожих, В. О. Потапов, М. М. Цуркан. – ХДУХТ, 2008. – 229 с.

КОМПАС-3D v20 Чейная версия © 2021 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
			20-2223.KP.01.05.SK	Складальне креслення			
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	20-2223.KP.01.05.001.001	Сушарка	1		
		2	20-2223.KP.01.05.001.002	Калорифер	2		
		3	20-2223.KP.01.05.001.003	Вентилятор	2		
		4	20-2223.KP.01.05.001.004	Мотор-редуктор	2		
		5	20-2223.KP.01.05.001.005	Шнековий живильник	2		
Відповідальна організація			Технічне узгодження	Розробник документа	Документ затверджено		
НУХТ			Якобчук Р.Л.	Гущик В.О.	Якимчук М.В.		
Власник документа НУХТ ТОКТП				Вид документа		Статус документа	
				Вигляд загальний		20-2223.KP.01.05.C.	
				Назва, додаткова назва		Інд. змін.	
				Загальний вид сушарки		Дата видання	
						Мова	Аркуш
						UA	1

Фор.	Зона	Поз.	Позначення	Науменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
			20-2223.KP.01.03.SK	Складальне креслення			
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	20-2223.KP.01.03.001	Кришка	1		
		2	20-2223.KP.01.03.002	Циліндрична обичайка	1		
		3	20-2223.KP.01.03.003	Патрубок для відведення повітря	1		
		4	20-2223.KP.01.03.004	Фланець плоский приварний	4		
		5	20-2223.KP.01.03.005	Опора	8		
		6	20-2223.KP.01.03.006	Газорозподільча решітка	2		
		7	20-2223.KP.01.03.007	Патрубок для подачі повітря	1		
		8	20-2223.KP.01.03.008	Днище	1		
		9	20-2223.KP.01.03.009	Опора для шнека	1		
		11	20-2223.KP.01.03.011	Патрубок для вивантаження сировини	1		
		12	20-2223.KP.01.03.012	Патрубок для подачі повітря	1		
		13	20-2223.KP.01.03.013	Патрубок для подачі сировини	1		
				<u>Стандартні вироби</u>			
		15	20-2223.KP.01.03.015	Болт М16-8g×70 ГОСТ 15589-70	24		
		16	20-2223.KP.01.03.016	Гайка М16×1,5-6H ГОСТ 5929-70	24		
		17	20-2223.KP.01.03.017	Шайба С.16.37 ГОСТ 10450-78	24		
Відповідальна організація		Технічне узгодження		Розробник документа	Документ затверджено		
НУХТ		Якобчук Р.Л.		Гущик В.О.	Якимчук М.В.		
Власник документа НУХТ ТОКТП				Вид документа		Статус документа	
				Вигляд загальний			
				Назва, додаткова назва Загальний вигляд сушарки		20-2223.KP.01.03.SK	
				Інд. змін.	Дата видання	Мова	Аркуш
						UA	1