

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

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інститут харчових
технологій ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ **Сергій БЛАЖЕНКО**
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ **Олександр ГАВВА**
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024р.

« ___ » _____ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв

на тему: «Модернізація 2-х ярусного апарату для висушування пивоварного
солоду з метою механізації процесів по завантаженню та вивантаженню
солоду»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗОХ-5-1

Чирко Андрій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

підпис)

Керівник Удодов Сергій Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

Рецензент Дмитро ЛЮЛЬКА

(ім'я та прізвище)

_____ (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

-

2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МАХФВ
Олександр ГАВВА

“ _____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Чирко Андрія Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація 2-х ярусного апарату для висушування пивоварного солоду з метою механізації процесів по завантаженню та вивантаженню солоду

керівник роботи Удодов Сергій Олександрович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закл. вищої осв. від “ _____ ” _____ 2023 року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи 01 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт та креслення на обладнання; навчальна нормативна та науково-технічна, спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; аналіз технологічних та конструктивних рішень процесу висушування солоду, вступ, техніко-соціальне обґрунтування, опис запропонованого технічного рішення та його модернізація, будова та принципи роботи, розрахункова частина, розробка схеми та складання технологічного маршруту складання вузла, монтаж та технічний сервіс, опис системи керування, техніка безпеки при експлуатації обладнання, загальні висновки, список використаної літератури, специфікація

5. Перелік графічного матеріалу

Апаратурно-технологічна схема, загальний вигляд апарату для висушування солоду, пристрій для розрівнювання шару солоду, шнек розвантажувальний, вузол, норія для завантаження сушарки свіжепророслим солодом, схема складання та технологічного маршруту складання вузла.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання 5 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>15.11.23</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>20.11.23</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Аналіз технологічних та конструктивних рішень процесу висушування солоду</i>	<i>05.12.23</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко – соціальне обґрунтування</i>	<i>10.12.23</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.</i>	<i>20.12.23</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Розрахункова частина</i>	<i>10.01.24</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Монтаж та технічний сервіс обладнання</i>	<i>15.01.24</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Система керування</i>	<i>18.01.24</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Техніка безпеки при експлуатації обладнання</i>	<i>20.01.24</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Розробка схеми складання та технологічного маршруту складання вузла</i>	<i>22.01.24</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Висновки</i>	<i>24.01.24</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Список використаної літератури</i>	<i>26.01.24</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	<i>28.01.24</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Подача КР на кафедру</i>	<i>28.01.24</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ЧИРКО

(прізвище та ініціали)

Сергій УДОДОВ

(прізвище та ініціали)

Дипломний проект на тему «Модернізація 2-х ярусного апарату для висушування пивоварного солоду з метою механізації процесів по завантаженню та вивантаженню солоду» виконаний згідно технічному завданню.

У представленому дипломному проекті наведений сучасний стан техніки та технології пивоварної галузі, здійснений глибокий та ретельний аналіз існуючого технологічного обладнання та технологічних рішень процесу сушіння пивоварного солоду. Здійснено необхідні технологічні, теплотехнічні та конструктивні розрахунки двоюрисного апарату для висушування солоду. Проведені розрахунки із визначення та підбору необхідного тепловентиляційного обладнання, засобів по механізації солодосушарки: площі калорифера, вентилятора, відцентрового диска, лебідки, шнека. Висвітлені питання щодо монтажу та технічного сервісу обладнання, а також техніки безпеки при експлуатації апарату для висушування солоду. Контроль відносної вологості та температури сушильного агента в апараті для висушування солоду здійснюється за допомоги автоматичної системи управління.

Кваліфікаційна робота складається з 67 аркушів пояснювальної записки та 7 листів креслень формату А1, на яких представлено загальний вигляд обладнання, модернізація, вузли, деталювання, технологія виготовлення деталі, технологічна схема виробництва солоду.

Ключові слова: солод, сушарка, апарат, вологість, висушування

Keywords: malt, dryer, device, humidity, drying

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов Сергій	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Чирко Андрій	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва Олександр		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

The diploma project on the topic "Modernization of the 2-tier apparatus for drying brewing malt in order to mechanize the processes of loading and unloading malt" was completed according to the technical task.

In the presented diploma project, the current state of the technique and technology of the brewing industry is presented, a deep and thorough analysis of the existing technological equipment and technological solutions of the brewing malt drying process is carried out. The necessary technological, thermal engineering and structural calculations of the two-tier apparatus for drying malt have been carried out. Calculations were carried out to determine and select the necessary heating and ventilation equipment, means for the mechanization of the malt dryer: the area of the heater, fan, centrifugal disk, winch, auger. Questions regarding the installation and technical service of the equipment, as well as safety techniques during the operation of the malt drying apparatus, are covered. Control of the relative humidity and temperature of the drying agent in the malt drying apparatus is carried out with the help of an automatic control system.

The qualification work consists of 67 sheets of an explanatory note and 7 sheets of drawings in A1 format, which present the general appearance of the equipment, modernization, nodes, detailing, the technology of manufacturing the part, and the technological scheme of malt production.

Key words: malt, dryer, apparatus, humidity, drying

Keywords: malt, dryer, device, humidity, drying

ВСТУП

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРОЦЕСУ СУШКИ ПИВОВАРНОГО СОЛОДУ.....13

1.1.Опис апаратурно-технологічної схеми.....13

1.2.Теоретичні аспекти процесувисушівання солоду.....14

1.3.Аналіз конструктивних технічних рішень для проведення процесу висушівання солоду.....17

1.3.1. Солодосушарки періодичної дії: горизонтального та вертикального типу.....18

1.3.2. Солодосушарки безперервної дії: шахтні та карусельні.....24

2. ТЕХНІКО – СОЦІАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....29

3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ З МОДЕРНІЗАЦІЇ АПАРАТУ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ.....31

4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....35

4.1. Теплотехнічний розрахунок.....35

4.2. Розрахунок конструктивних параметрів 2-х ярусної горизонтальної сушарки періодичної дії.....38

4.3. Кінематичний розрахунок.....40

5. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ.....49

5.1. Технологічні вимоги до систем автоматизації.....50

5.2. Опис функціональної схеми автоматизації.....51

5.3. Специфікація на засоби автоматизації.....51

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Удадов Сергій</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/2

6. МОНТАЖ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС.....	54
6.1. Монтаж 2-х ярусної солодосушарки.....	54
6.2. Сервіс 2-х ярусної солодосушарки.....	55
6.3. Експлуатація 2-х ярусної солодосушарки.....	57
7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ.....	59
7.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації 2-х ярусної солодосушарки.....	59
7.2. Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання.....	62
8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	64
8.1. Технологія виготовлення деталі.....	66
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	77
СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	78

Бродильна галузь промисловості – є днією із найважливіших галузей у народному господарстві України, оскільки є також однією із основних галузей наповнення держбюджету країни. Пивоварна галузь промисловості на сьогодні виступає однією із найпотужніших підгалузей харчової промисловості. Пиво, як напій, за довготривалий термін історії здобув прихильності у різних народів світу та поколінь. Важливу роль у виробництві пива відіграє сировина – ячмінний пивоварний солод, питна вода, хміль та пивні дріжджі.

Пивоварний солод – це заздалегідь замочене, пророщене у штучних умовах з метою збагачення активними ферментами, зерно різних видів злакових культур.

Зазвичай, солод готується із таких злакових культур, як ячмінь, пшениця, просо, рис, кукурудза і т.п.

Ячмінь пивоварний. Як правило у технології пивоваріння застосовують в основному солод, що виготовлений із пивоварного сорту ячменю. Пояснюється це вимогами щодо його технологічної обробки, гарною схожістю та невибагливістю до кліматичних умов і, головним чином, найбільш придатними смаковими якостями майбутнього напою. Ячмінний пивоварний солод дозволяє отримати різноманітні сорта пива з найкращими смаковими показниками.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Удадов Сергій</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/4

Кукурудза. Як правило, використовується в якості добавки до ячмінного пивоварного солоду, у вигляді муки кукурудзяної або січки кукурудзяної. Кукурудза містить від 30 до 50% жиру, що в свою чергу зменшує піностійкість. Зменшити вміст жиру в кукурудзяній муці можливо за рахунок відокремлення зародку зерен. Бо саме тут в основному знаходиться жир. Вміст жиру, який допустимий для кукурудзяного борошна або січки становить не більше 2%.

Рис. У технології пивоварінн використовується у вигляді борошна або січки в якості добавки до ячмінного птвоварного солоду. Рисова січка за рахунок низького вмісту жиру та високого рівня крохмалю сприятливо впливає на якість пива. Рис дозволяє також підвищити стійкість пива, за рахунок відсутності в ньому компонентів, що впливають на помутніння пива.

Пшениця. У технології пивоваріння пшеницю застосовують у вигляді несоложеної сировини, або у якості основної сировини для приготування солоду. Пшениця - однорічна ярова або озима злакова рослина.

Однак, внаслідок високого вмісту білка у пшениці до 25%, її використання отримало не сильно широке поширення.

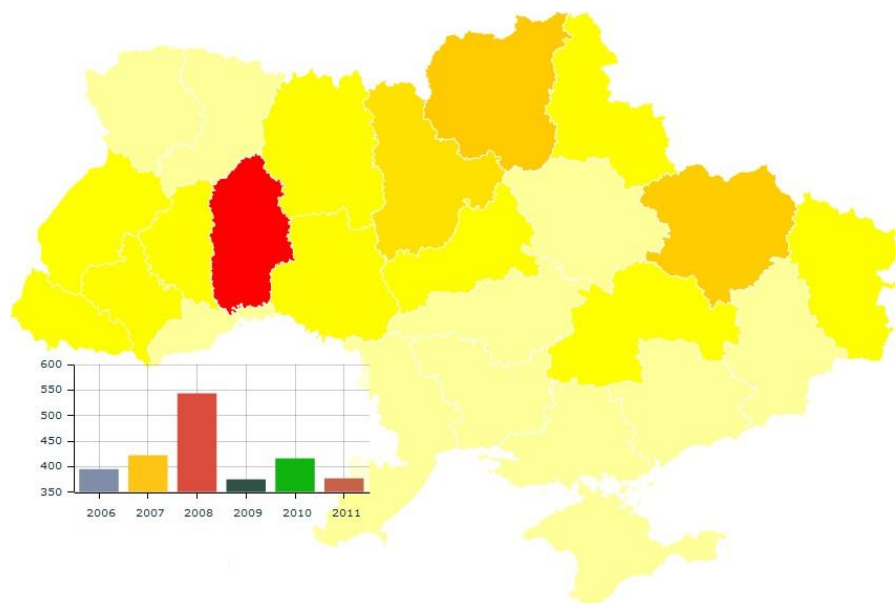




Рис.2. Виробництво солоду в Україні по областях 2022р.

Виробництво пивоварного солоду по областях: Хмельницька обл. - 63,6% (239,39 тис.т.), Чернігівська обл. - 13% (49,09тис.т), Харківська обл. - 12,5% (47,26тис.т), Київська обл. - 7,4% (28,02 тис.т.), Житомирська обл. - 1% (3,58 тис. т.), Вінницька обл. - 0,7% (2,75 тис.т.), Івано-Франківська обл. - 0,5% (1,94 тис.т.), Тернопільська обл.- 0,4% (1,49 тис.т.), Сумська обл.- 0,3% (1,18 тис.т.), Інші - 0,3% (1,18 тис.т.).

Найбільші виробники пивоварного солоду: ЗАТ Чемеровецький солодовий завод – 120 тис.тонн, ВАТ Славутський солодовий завод – 119 тис. тон, ТОВ Східноукраїнська компанія «Malteuror» / заводи в Чернігові 2002 р. та Харкові 2004 р/– 160 тис. тонн солоду щороку. Дані підприємства є лідерами українського ринку серед підприємств - виробників пивоварного солоду.

Таблиця 1

Основні заводи України із виробництва солоду

Назва об'єднань підприємств	Фактично		Фактично	
	За період початку року 12 міс. 2021р	За період початку минулого року 12 міс. 2021р.	За грудень місяць	За відповідний місяць минулого року
Солод пивоварний				
ВАТ Славутський солодовий завод	90768,2	155572	6534,4	9446
ТОВ Східноукраїнська компанія „Malteurop”	59608,1	111818,6	4119,6	9680,3
КП Славутський ПЗ	436	424,4	70	72
ВАТ "Павлівський ПЗ"		183,2		
ЗАТ "ЛІСПИ"	971,2	1048,9	52	114,3
ЗАТ "Дніпро"		11195,9		
ЗАТ "Сармат"		5911		
ВАТ "Бердичівський ПЗ"	537	576	51	63
ВАТ "Бровар" м.Микулинці	1442	1683	127,5	129
АК "Бел-Гер" м.Купянськ	605	763,4	25,3	29,1
ВАТ "Хмельпиво"	1342	1281	155	152
ВАТ "Умань пиво"	890,4	959	97,4	18,6

Обсяг виробництва солоду в Україні у 2022р порівняно з 2021р, знизився на 10%. На сьогодні основним лідером виробництва пивоварного солоду є Хмельницька обл. із показником у 240 тис.тонн.

Актуальність вибору теми дипломного проекту обґрунтовується важливістю виробництва солоду та відсутністю високоякісного солоду на внутрішньому ринку. Приготування пивоварного солоду є одна із найголовніших стадій виробництва пива. Висушування солоду - є однією із найважливіших стадій у виробництві солоду, яка в подальшому впливає на всі якісні показники готової продукції.

1. Аналіз технологічних та технічних рішень процесу сушки пивоварного солоду

1.1.Опис апаратурно-технологічної схеми виробництва солоду

На (рис.1.1) приведена машинно - апаратурна технологічна схема виробництва солоду напівбезперервним способом.

Очищений і відсортований ячмінь I або II класів з бункера 1 через автоматичні ваги 2, та норією 3 подають на сепаратор первинного очищення 4. Після очистки і сортування ячмінь через автоматичні ваги направляють в бункер 11, з якого він переходить в замочний чан 12. Замочене зерно подають в барабанний солодоростильний апарат13, в якому здійснюють пророщування ячменю. Свіжепророслий солод системою пневмо транспорту, подають у бункер 14 з якого на солодосушарку.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Удодов Сергій</i>	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Аналіз процесу	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/16

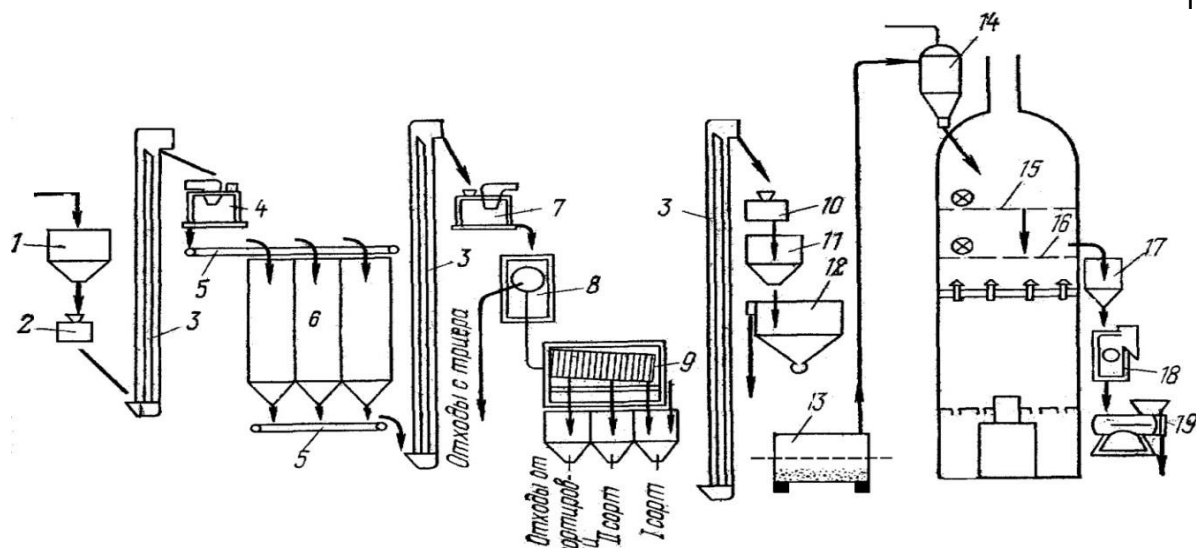


Рис. 1.1. Машино-апаратурна схема виробництва ячмінного солоду

1, 11 – бункер ячменю; 2 – ваги; 3 – норія; 4 – сепаратор ситовий; 5 – стрічковий конвейєр; 6 – силоси; 7 – повітряно-ситовий сепаратор; 8 – трієр сортирувальна машина; 9 – сортувальна машина; 10 – ваги автоматичні; 12 – замочні апарати; 13 – солодоростильний апарат барабанного типу; 14 – бункер свіжепророслого солоду; 15, 16 – відповідно верхня та нижня решітки сушаркки; 17 – бункер висушеного солоду; 18 – машина паростковідбійна; 19 – машина солодополірувальна.

1.2. Теоретичні аспекти процесу висушівання солоду

Свіжепророслий солод підлягає висушіванню. Мета сушіння полягає у наступному :

- 1) зниженню вологовмісту з 43-45% до 3-3,5% (від загальної маси) або з 75-82% до 3,1-3,6% (від маси сухих речовин);
- 2) обробка його теплом для надання специфічного кольору, смаку та аромату.

Частина високомолекулярних білків у пивоварному солоді при тепловій обробці згортається. Це у подальшому позитивно позначається на процесах освітлення пивного суслу та пива. Паростки після висушівання легко

віддаляються. У протилежному випадку, при попаданні у пивне сусло вони мають неприємний гіркий смак та псують готовий напій.

Процес висушівання солоду можна характеризувати наступними стадіями:

1) перша стадія - видалення критичної вологості, характеризується періодами постійної і падаючої швидкості сушки; /видалення вологи складає близько 38% від загальної маси або близько 62% від маси сухих речовин/;

2) друга стадія - гігроскопічна вологість солоду - 23-26% від загальної маси (або 30-35% від маси сухих речовин);

Найбільш важко видаляється волога із солоду при вологості його 9% від загальної маси (або 10% від маси сухих речовин) і при значно більш низькій вологості;

Рівноважна вологість солоду залежить від відносної вологості сушильного агенту та його температури.

Виробництво солоду є наріжним каменем в технології пивоваріння. Пивоварний солод являє собою зерна злакових культур, пророщених в штучних умовах за певної температури та вологості. Так, для приготування світлого пива використовують світлий солод, виготовлений з ячменю. В деяких окремих випадках - частково з пшениці. Для приготування темних сортів пива використовують темний, карамельний або палений солод. Найбільше забарвлення кольору надає палений солод, менше - карамельний, а ще менший - темний. З точки зору надання аромату пиву найкращий - темний і карамельний.

При пророщуванні у ячмені накопичуються ферменти та утворюються речовини, які зумовлюють його забарвлення, смак та аромат. Усі вони необхідні для створення пива із характерними властивостями. Процес приготування солоду із ячменю поділяється на наступні технологічні операції: очистка та сортування зерна, мийка та замочування зерна, пророщування ячменю на солод та висушівання свіжепророслого солоду.

Очистка зерна відбувається на повітряно-ситових сепараторах, де відділяють легке пошкоджено зерно, пил та сторонні домішки. Далі на сортувальних машинах його поділяють за крупністю на сорти. Це дуже важливо, оскільки однакові за величиною зерна ячменю одночасно досягають необхідної вологості під час замочування та рівномірно розвиваються під час його пророщування.

За час замочування зерна його вологість збільшується з 12 до 43 - 45 %. При цьому відбувається інтенсивне дихання зерна. Останнє викликає необхідність інтенсивної аерації. Час замочування зерна залежить від температури замочної води (холодна, тепла, гаряча) і лежить в межах 48 - 72 години.

Висушівання свіжепророслого солоду супроводжується біохімічними перетвореннями - фізико-хімічними змінами та значним зменшенням ферментативної активності. В залежності від прийнятої технології сушіння можливо отримувати світлий або темний солод. Біохімічні перетворення зводяться в основному до ферментативного розщеплення вуглеводів та білків. Продукти їх розпаду реагують при високих температурах, утворюючи забарвлюючі та ароматичні речовини.

Свіжевисушений солод звільняється від паростків на паростковідбивній машині. Паростки становлять (4 - 5 % від маси солоду) та йдуть на корм худобі. Свіжевисушений солод до початку його подачі у виробництво повинен відлежатися протягом 4 - 6 тижнів. Свіжевисушений солод важко переробляється. Затор із такого солоду важко фільтрується, а пивне сусло виходить мутним. Під час відлежування слоу відбувається його дозрівання.

Висушений готовий сухий пивоварний солод має солодкуватий присмак та характерний аромат свіжого зерна. Із 100 кг відсортованого ячменю отримують 77—80 кг готового сухого солоду.

1.3. Аналіз конструктивних технічних рішень для проведення процесу висушівання солоду

У пивоварній галузі промисловості використовуються найрізноманітніші типи сушарок. Останні класифікуються за своїми конструктивними та техно-логічними ознаками:

- за характером режиму роботи – безперервної та періодичної дії;
- за видом типу теплоносія – димові газы, нагріте повітря або перегріта пара;
- за характером підведення теплоти – конвективні, кондуктивні і радіаційні;
- за створенням тиску у сушильній камері – вакуумні та тмосферні;
- за характером руху теплоносія та вологого матеріалу – з перехресним потоком, прямоточні та протитечійні;
- за будовою сушильної ємності – камерні, барабанні, шахтні, стрічкові, з киплячим шаром та розпилюючи.

До сушарок періодичної дії відносять горизонтальні одно-, двох- та трьохярусні сушарки, а також вертикальні сушарки. У цих конструкціях відбувається процес висушівання солоду із перервами на вивантаження сухого і завантаження свіжепророслого солоду. Висушівання солоду

відбувається при температурах сушильного агента від 45°C до 80°C для світого солоду та до 105°C – для темного солоду..

До сушарок безперервної дії відносять вертикальні сушарки типу ЛСГА, а також карусельні сушарки розробки КТІХП.

1.3.1. Солодосушарки періодичної дії: горизонтального та вертикального типу

Одноярусні солодосушарки відрізняються простотою конструкції, компактністю, придатністю для сушки солоду у високому шарі (до 1,2 м) при значній економії палива і робочої сили. Проте сушка солоду в них відбувається нерівномірно, а теплота нагрітого повітря використовується неповно.

На (рис.1.2) наведена залежність зміни температури і вологості солоду в одноярусній сушарці протягом одного циклу. Криві зміни вологості солоду за часом для верхнього і нижнього прошарків солоду зміщені одна щодо іншої на 4 год. У верхньому шарі температура піднімається повільніше, ніж в нижньому. Отже і видалення вологи у верхньому прошарку відбувається із запізненням. Солод продовжує ще рости з утворенням ферментів. В той же час, у нижньому прошарку із запізненням протікають хімічні процеси. Для більшої економії витрат теплоти сушарки здвоюють (рис. 1.2.), а відпрацьоване повітря за допомоги рециркуляції використовують повторно.

Одноярусна горизонтального типу двокамерна сушарка РЗ-ВСО-1 (див. рис. 1.3.) є з двома однаковими камерами А і Б та із решітками, що перекидаються, 4.. Сушильні решітки у камерах завантажують свіжепророслим солодом за допомоги шнеків 7 і метальнику солоду 5 не одночасно, а із зміщенням у часі на половину циклу (12 год). Це надає можливість відпрацьованому повітрю із лівої камери, де солод вже досушився, по каналах направити на повторне використання у праву камеру зі свіжепророслим солодом, де він тільки завантажився. По закінченні сушки

солоду обидві половинки решіток 4 приводом 6 перекидаються та сухий солод зсипається у бункери 3, з яких далі шнеком 2 видаляється із сушарки.

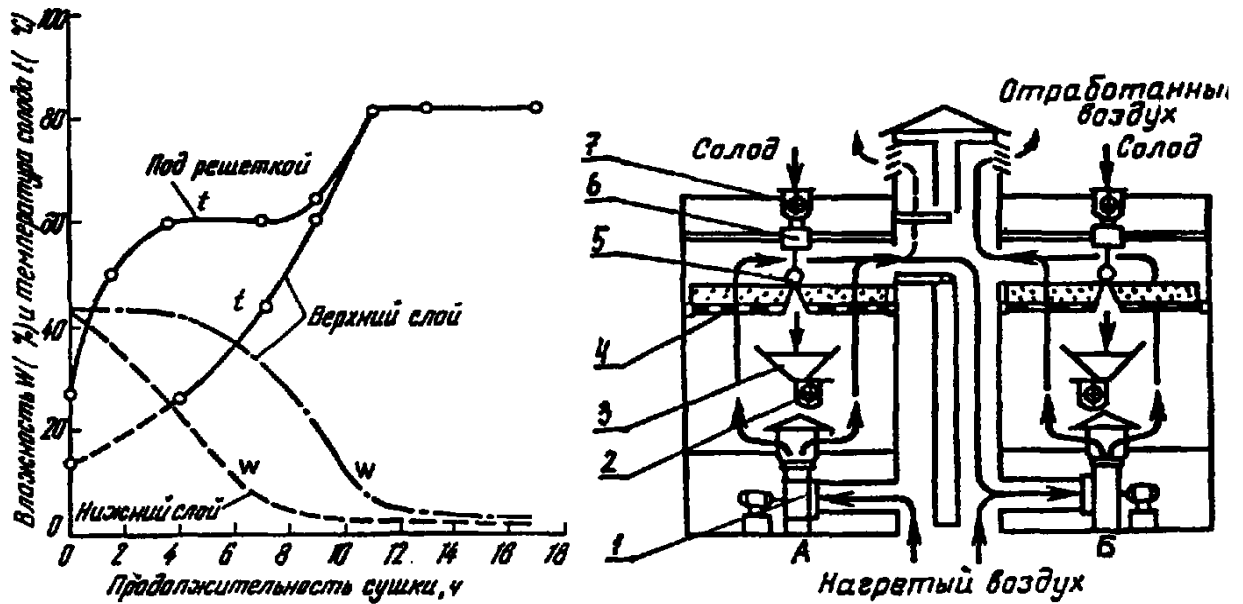


Рис.1.2. Залежність зміни температури і вологи солоду в одноярусній сушарці в перебігу одного циклу

Рис.1.3. Схема одноярусної двухкамерної сушарки солоду РЗ-ВСО-1

Після вивантаження висушеного солоду із лівої камери і завантаження цієї камери свіжепророслим солодом напрям руху сушильного агенту змінюється на протилежний. Така організація послідовного проходження агенту крізь два шари солоду покращує його використання та скорочує витрати тепла.

Розрахунок однієї сушильної камери сушарки по свіжевисушеному солоду $G_{с.к}$ (кг) здійснюється відповідно до матеріального балансу сушарки:

$$G_{с.к} = [G_c(100-W)] / (100-W_k),$$

у якій початкова маса свіжепророслого солоду на одній решітці складає G_c (кг), а об'єм цієї кількості солоду V_c (м³), укладеного на решітках свіжепророслого солоду

$$V_c = F \cdot h \cdot c$$

Маса випареної вологи при сушці солоду G_H складає (кг)

$$G_H = G_{c.k} - G_{c.k}$$

Витрати сушильного агенту на сушку солоду розраховують на літній період, оскільки вологовміст зовнішнього повітря влітку вищий, ніж взимку. Умовно приймають, що кількість вологи, що поступила в сушарку разом з солодом і сушильним агентом дорівнює кількості вологи, що вийшла із сушарки з відпрацьованим повітрям. Годинна витрата повітря на сушку солоду L (кг/ч)

$$L = G_B \cdot f(r \cdot d_2 - d_0 \cdot j)$$

де f — коефіцієнт, що враховує втрати у навколишнє середовище ($f = 1,2$);

r — тривалість сушки, год. Годинна витрата теплоти Q (кДж/ч):

$$Q = L(I_1 - I_0) f$$

а питома витрата теплоти на 1 кг свіжевисушеного солоду q (кДж/кг)

$$q = Q_L / G_{c.k.}$$

3-х ярусна горизонтальна сушарка відрізняється від 2-х двоюрисної наявністю в ній трьох сушильних решіток. При однаковій загальній тривалості процесу сушки завантаження і вивантаження солоду в ній проводяться частіше - через 8 годин, ніж у 2-х ярусній. Таким чином, продуктивність її при однаковій площі решіток буде відповідно вище.

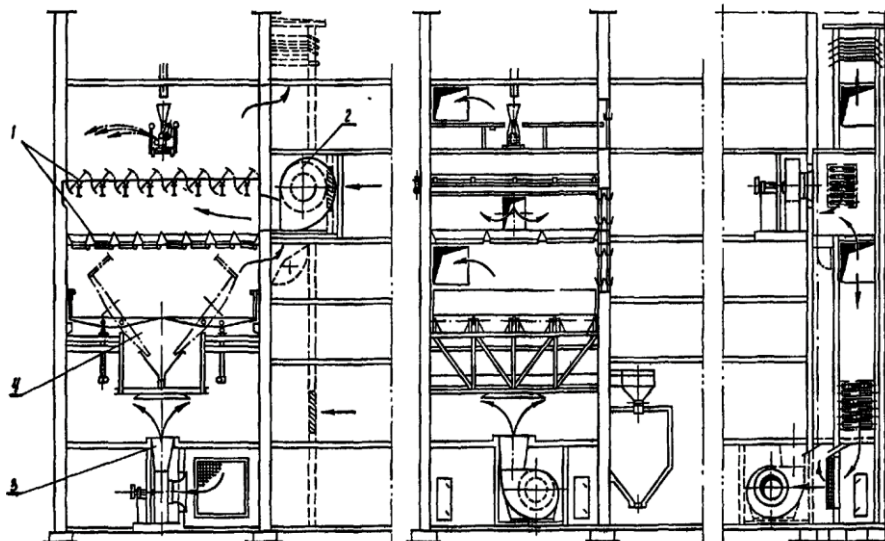


Рис. 1.4 2-х ярусна сушарка з відкидними решітками

солодосушарці періодичної дії із вертикальними решітками (рис. 1.5.) солод знаходиться між двома вертикальними перфорованими решітками, віддаленими одна від одної на відстані 0,2 м. Кожна секція (шахти) із свіжепророслим солодом по вертикалі розділена на три зони 5, 6 та 8.

Сушильний агент проходить через круглі отвори 7 із клапанами, розташованими у шаховому порядку, рухаючись у сушарці зигзагоподібно. Агент тричі перетинає шар солоду у секціях. У верхній частині нижніх і середніх повітряних камер є повітроводи для подачі холодного повітря. Останнє підмішується у разі потреби до теплого повітря. Рух сушильного агенту забезпечується нагнітаючими вентиляторами 7, встановленими у нижньому поверсі сушарки, а також всмоктуючими вентиляторами 3, які знаходяться на верхньому поверсі. Нагрів повітря відбувається у парових калориферах 10. Деякі вертикальні сушарки облаштовані топками або вогняними калориферами. Свіжопророслий солод завантажується ковшовим елеватором 2, далі телескопічною трубою направляється в шнековий розподільник 4. Останній рівномірно розподіляє солод по всіх секціях. Під кожною секцією шахти розташований шнек 9 для вивантаження солоду.

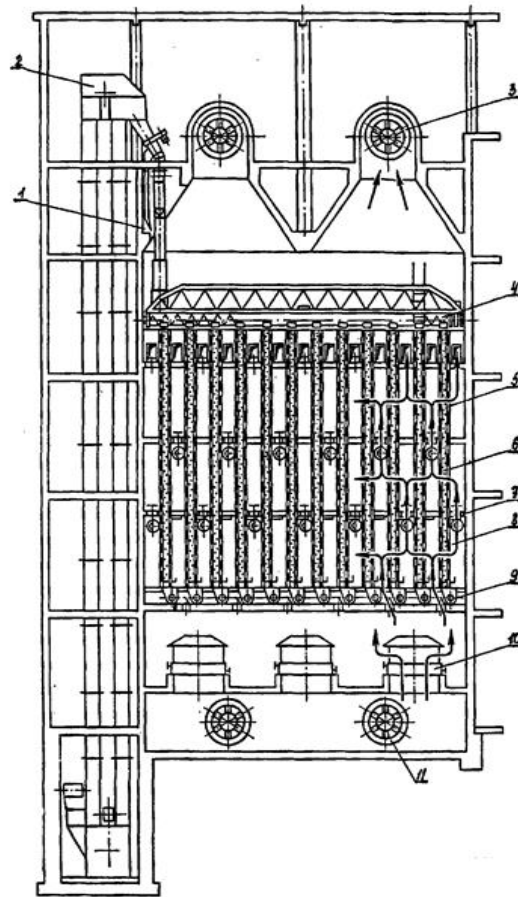


Рис.1.5. Сушарка з вертикальними решітками

Через кожні 12 год. сухий солод з нижньої зони 8 видаляється розвантажувальними шнеками 9. Солод із середньої зони 6 опускається в нижню зону 8, а із верхньої зони 5 у середню зону 6. Верхня зона, що звільнилася, заповнюється свіжепророслим солодом. Загальний час перебування солоду у секціях сушарки при 12-годинному циклі триває 36 год. Усі операції у вертикальній сушарці механізовані, а сушарки мають від 3 до 12 секцій. Продуктивність кожної секції за один цикл (за кожне вивантаження) складає 1350 кг сухого солоду.

Загальний недолік сушарок періодичної дії :

- порушення режиму сушки під час завантаження свіжопророслого солоду,
- переміщення солоду з решіток на решітки та вивантаження сухого солоду. Внаслідок кожного простою сушарки, робіт по завантаженню, температура у шарі солоду та швидкість сушки різко знижуються.

Все це в кінцевому випадку гальмує складні фізико-хімічні і біохімічні процеси в солоді при його висушіванні.

Сушарки стрічкові використовують для безперервного переміщення висушуваного продукту. У сушильних камерах встановлюють один або декілька стрічкових конвейерів. У однострічкових апаратах матеріал висушується нерівномірно по висоті шару. Найбільш розповсюдженими у промисловості є багатострічкові сушарки.

Сушарка багатострічкова (рис.1.6.) має прямокутну камеру 1, у якій розміщено декілька стрічкових конвейерів 2. Робочі органи - стрічки виготовлені з прогумової бавовняно-паперової тканини або з металевої сітки. Сушарка має канали для підводу сушильного агенту 3 та пристрої для завантаження та вивантаження продукту 4 і 5.

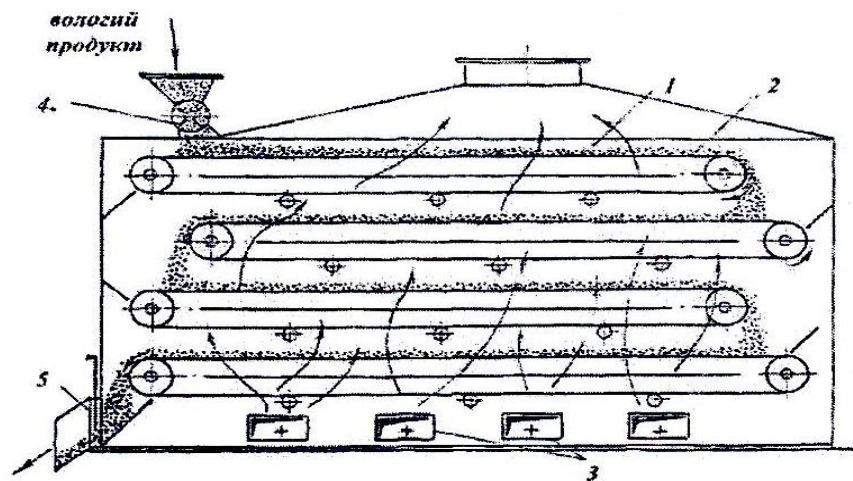


Рис.1.6 Багатострічкова сушарка

Матеріал, що висушується, переміщується на стрічці до протилежного кінця сушарки і, далі, зсипається на стрічку нижнє розташованого конвейера, який переміщує його у зворотньому напрямку.

Переміщуючись до нижньої частини камери, сухий продукт зсипається в розвантажувальний пристрій 5. Теплоносій поступає в камеру через канали 3 і проходить послідовно над всіма стрічками, або піднімається знизу вгору зі швидкістю ~ 3 м/с, а стрічки рухаються з швидкістю $0,3 \dots 0,5$ м/с.

У такій сушарці кожна стрічка корисно використовується тільки на половині

її довжини, нижні ж ділянки стрічок рухаються без продукту. Цей недолік ліквідується у багатострічкової сушарці з перекидними полками. Тут матеріал знаходиться на стрічці як при прямому так і зворотньому її русі.

1.3.2. Солодосушарки безперервної дії: шахтні та карусельні

Шахтні сушарки безперервної дії використовують у харчовій галузі промисловості для сушки різноманітних сипких продуктів: зерна, цукру-піску, овочевої стружки та жому. Сушильний агент та вологий матеріал у таких сушарках рухаються у протилежних напрямках.

Конструктивна схема шахтної сушарки наведена на (рис.1.7.) Вологий матеріал подається живильником 1 у сушильну камеру 2. У останній закріплені перфоровані перегородки 3. Вони мають отвори 4 у центральній частині. На вертикальному валу сушарки встановлені конуси 5 зі скребками 6. За допомоги останніх висушуваний матеріал підгрібається до центрального отвору перфорованих перегородок. Сушильний агент подається у сушильну камеру знизу. Рухаючись до гори, назустріч вологому матеріалу, він його висушує. Висушений продукт відбирають у нижній частині сушарки.

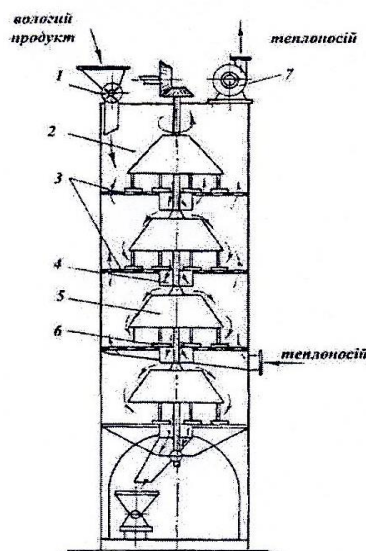


Рис.1.7. Конструктивна схема шахтної сушарки

Відпрацьований сушильний агент відсмоктується із верхньої зони вентилятором 7.

На солодових підприємствах працюють шахтні сушарки солоду безперервної дії типу ЛСГА (рис.1.8.). Солодосушарка складається із завантажувального бункера і камери підв'ялювання 6, корпусу 8 із сушильними шахтами 3. Свіжепророслий солод поступає у камеру підв'ялювання 6, звідкіля прямує у завантажувальну шахту. Шахти мають перфоровані стінки. Теплоагент, нагрітий від парового калорифера 2, подається в середній канал 7 та циркулює під дією вентиляторів 1,4 та 5. Свіжепророслий солод по шахті переміщається під дією сил тяжіння. Вивантаження висушеного солоду здійснюється валками 9.

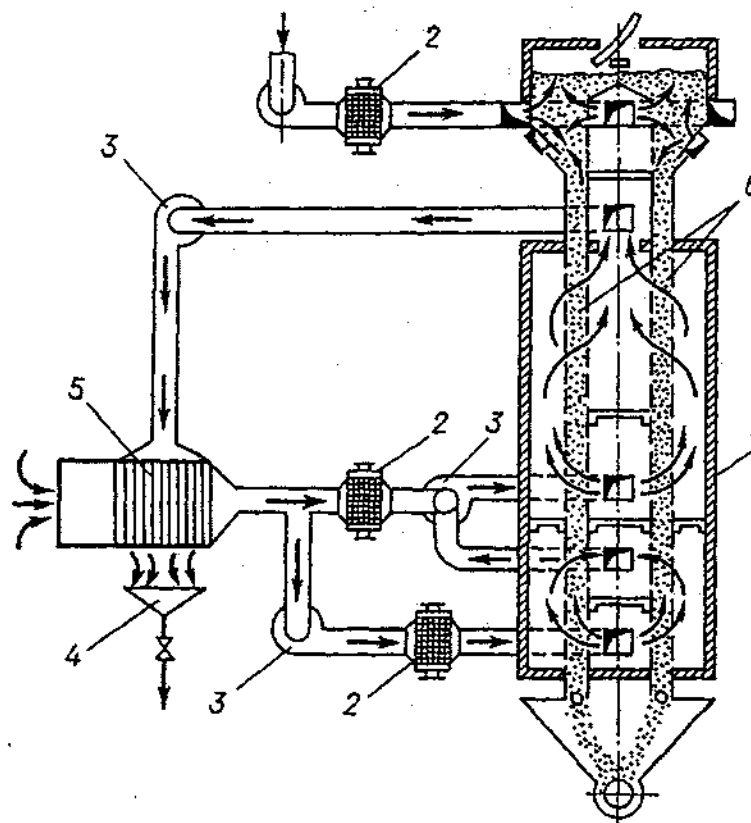


Рис. 1.8. Солодосушарка вертикального типу безперервної дії ЛСГА

Тривалість процесу висушівання солоду становить 24 год.

Необхідно зазначити, що у сушарках періодичної дії важко оптимізувати технологічний режим сушіння. Пояснюється це тим, що у

верхньому прошарку солоду фізіологічні та ферментативні процеси протікають довше, ніж у середньому і нижньому. В той же час у нижньому прошарку солоду значно довше тривають хімічні процеси, і як наслідок, змінюється колір солоду.

При термічній обробці солоду (хімічна фаза) сушильний агент, що виходить із сушарки, має низький вміст вологи. А отже - високі сушильні можливості.

До солодосушарок безперервної дії відносять вертикальні сушарки типу ЛСГА (Латвійська сільськогосподарська академія) та карусельні розробки КТІХП (Київський технологічний інститут харчової промисловості).

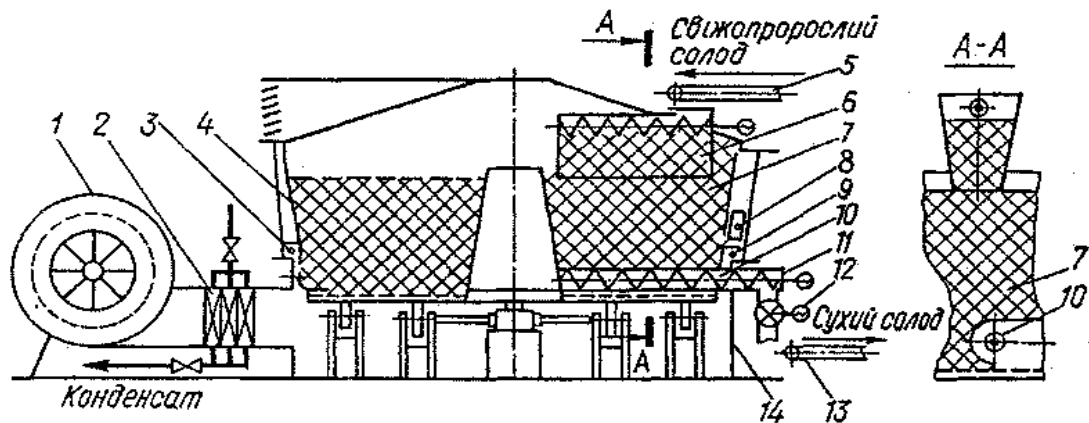


Рис.1.9. Карусельна сушарка безперервної дії (КТІХП)

Солодосушарки типу ЛСГА широко використовують на вітчизняних підприємствах. У металевому корпусі сушарки розташовані дві вертикальні сітчасті шахти. Останні призначені для свіжепророслого солоду, який безперервним потоком опускається зверху донизу. З метою запобігання затримки його переміщення, відстань між ситами шахти донизу збільшується. Сушильний агент чотири рази зигзагоподібно проходить через шар солоду рухаючись знизу вгору.

Принцип дії сушарки типу ЛСГА полягає у тому, що свіжепророслий солод із верхньої камери підв'ялювання самопливом рухається вниз у шахті.

При цьому відбуваються усі технологічні фази сушіння із зниженням вологості солоду від початкової 43-45 до кінцевої 3—5 %.

Через 10 — 12 год готовий солод із нижньої зони сушарки за допомоги валкового механізму вивантажується у бункер готового солоду.

Однак, сушарки безперервної дії типу ЛСГА, незважаючи на їх значні переваги та широке впровадження у промисловості, та які є складовою частиною класичної технологічної схеми виробництва пивоварного солоду, мають суттєві недоліки: низьку продуктивність, нерівномірний рух солоду по шахті, а отже, й нерівномірне висушівання та термічну його обробку. Внаслідок усього кінцевий продукт має невисоку якість. Окрім того, для даних сушарок характерна висока питома матеріаломісткість.

На сьогоднішній день із сучасних сушарок солоду найбільш економічними є карусельні сушарки безперервної дії, розроблені в Київському технологічному інституті харчової промисловості (рис.1.9.). Дані сушарки використовують у комплексі з існуючими системами пророщування солоду - із пневматичними солодівнями типу "пересувна грядка" та ін.

При початку роботи після завантаження карусельної сушарки свіжепророслим солодом і виведення її на оптимальний режим технологічний процес висушівання та термічної обробки відбувається у щільному шарі солоду. Сушильний агент пронизує високий шар солоду знизу доверху. Переміщення шару солоду досягається за рахунок безперервного його відбору у горизонтальній площині нижнього прошарку (після термічної обробки) гвинтовим конвеєром прикритим зверху кожухом. Одночасно при цьому відбувається поповнення верхнього шару солоду сушарки свіжепророслим солодом через бункер-постачальник, розташований безпосередньо над горизонтальним шнеком, що відбирає нижній прошарок солоду.

Обертання платформи, де знаходиться шар солоду, висота прошарку солоду, який вивантажується із нижньої частини сушарки, загальна висота шару

солоду, кількість та температура сушильного агента узгоджуються між собою в оптимальних параметрах та визначають максимальну продуктивність сушарки при найменших питомих енерговитратах та високій якості готового продукту.

Протитечійний (шар солоду та сушильного агента) безперервний процес висушівання солоду у карусельній сушарці надає змогу забезпечити біотехнологічні вимоги до оптимального співвідношення між температурою сушильного агента та вологістю солоду в кожному елементарному прошарку. Також, забезпечити оптимальні режими фізіологічної, ферментативної та хімічної фаз. Все це сприяє триманню сухого солоду високої якості при найменших витратах тепла на висушівання одиниці продукту.

2. ТЕХНІКО-СОЦІАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Технічні та якісні показники висушеного солоду у значній мірі визначаються проведенням процесу сушки. Від останнього залежить надалі і якість готового напою. Тому, інтенсифікація процесу сушки, подальше вдосконалення технології і сушильної апаратури, розробка науково обгрунтованих оптимальних режимів сушки солоду є найважливішими техніко-економічними задачами, що стоять перед дослідниками та розробниками нового сучасного технологічного обладнання.

З метою припинення біологічних процесів у солоді і закріплення в ньому досягнутих співвідношень між окремими компонентами, що були досягнуті при пророщуванні свіжепророслого солоду та у першій стадії сушки, необхідно швидко видалити найбільшу кількість вологи. Зниження вологості солоду із 45 до 10% необхідно проходити протягом 10...12 год при температурі 45...55°C. Даної інтенсифікації процесу сушки солоду в горизонтальних 2-х ярусних сушарках можливо досягти при значній витраті сушильного агента. Теплоту відпрацьованого сушильного агента вологістю 100% доцільно при цьому використовувати для підігріву повітря у скляному теплообміннику, яке поступає у теплогазогенератор.

Надалі, при зниженні вологовмісту світлого солоду з 10 до 3...5% віддача вологи зерном відбувається поволі протягом 8... 10 год. При цьому температура сушильного агента піднімається з 50° до 82°C. Внаслідок малої кількості вологи, що видаляється, витрата сушильного агента зменшується. Відпрацьований сушильний агент можливо направити на повторне використання через теплогазогенератор.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удадов Сергій	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Чирко Андрій	Назва, додаткова назва Обгрунтування модернізації		180174.КР.11.000 ПЗ		
	Документ затверджено Гавва Олександр			Інд. змін.	Дата видання	Мова UA

Повна механізація процесів розрівнювання, перезавантаження та вивантаження свіжепророслого солоду із 2-х ярусної сушарки періодичної дії досягається завдяки також установці розрівнювачого пристрою та механічних грат, що опрокидуються. Таким чином, інтенсивне ведення сушки солоду та повна механізація навантажувально-розвантажувальних робіт у сушарці дозволить скоротити загальну тривалість циклу сушки, підвищити питому продуктивність сушильного апарату періодичної дії та значно знизити питомі витрати теплоти.

3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ З МОДЕРНІЗАЦІЇ АПАРАТУ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

Будова апарату для висушіванню солоду.

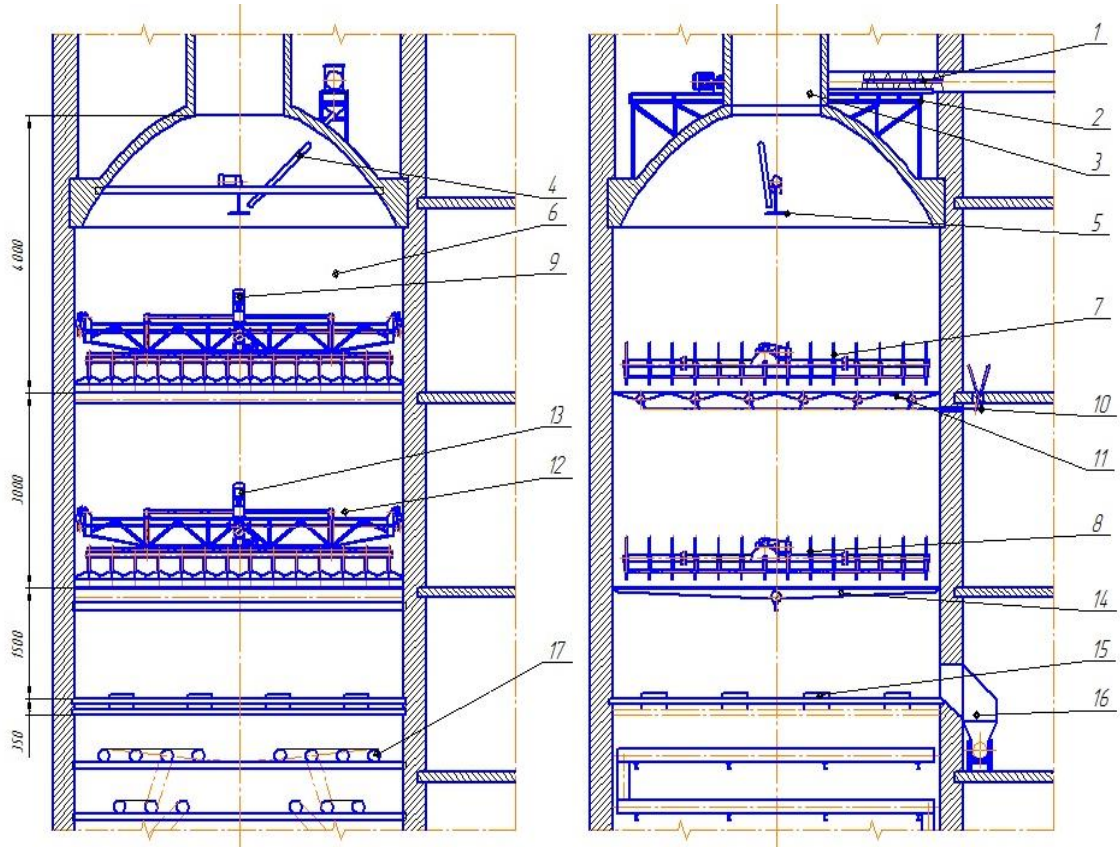


Рис.3.1 2-х ярусна солодосушарка

1—шнек завантажувальний; 2—рама; опорна 3—труба витяжна; 4—живильник; 5—механізм розподільний; 6—надситовий простір верхнього ярусу; 7, 8—зворощувач солоду; 9, 13—привід зворощувача; 10—ричаг; 11—відкидна секція решітки; 12—надситовий простір нижнього ярусу; 14—сито; 15—повітряпровід; 16—бункер вивантажувальний; 17—калорифер.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удадов Сергій	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Чирко Андрій	Назва, додаткова назва Пропозиції з модернізації	180174.КР.11.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва Олександр		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/4

Технічна характеристика 2-х ярусної солодосушарки

Кількість сушильних камер	2
Продуктивність сушарки ,кг/доб	10000
Тривалість технологічного циклу сушки,год	24
Площа сушильної решітки, м	51,2
Витрати теплоти на сушку солоду (влітку), кДж	881600
Витрати теплоти на сушку солоду (взимку), кДж	942400
Витрати сушильного агенту (влітку), кг	590877,1
Витрати сушильного агенту (взимку), кг	400291,8
Висота шару солоду, м	0,4
Габаритні розміри сушарки, мм:	
Камери для висушівання солоду	8000x8000x21700
Будівлі сушарки	22000x9300x22000
Маса металоконструкції сушарки,кг	42800

Суть модернізації даної солодосушарки полягає у застосуванні шнекового розрівнювача. Останній призначений для прискорення завантаження солодосушарки свіжепророслим солодом, а також одночасно і покращення процесу розрівнювання поверхні шару солоду на решітці. Завдяки цьому ми досягаємо повної механізації по завантаженню сушильної решітки свіжепророслим солодом та усунення ручної операції по розрівнюванню поверхні шару солоду після його завантаження. Значною перевагою цього пристрою є також те, що при розрівнюванні солоду шнековим розрівнювачем останній він не травмується, як це раніше відбувалося на сушарці при полумеханізованому завантаженні та розрівнюванні солоду.

Принцип роботи апарату:

2-х ярусна сушарка представляє собою високу будівлю прямокутного виду. Свіжепророслий солод завантажується високим рівним шаром на верхню решітку. При сушці із нього у даній камері видаляється значна частина вологи. Після цього солод перевантажується на нижню решітку. Тут відбувається остаточне видалення вологи із 12-10% до 3,5-4% та його термічна обробка. Зовнішнє повітря проходить крізь калорифер, далі нагріте повітря пронизує обидва шари солоду на нижньому та верхньому ситах і, нарешті, через витяжну трубу 3 видаляється в атмосферу.

Повітря, що проходить у сушарці, регулюється клапанами 15. Суцільне міжповерхове перекриття над калорифером призначено для збору паростків, які провалюються крізь сита нижньої решітки.

Солод, що знаходиться на ситах, періодично зворошується зворошувачами 7 і 8. Солод з верхньою решітки на нижню перекидається через поворотні секції решітки 11. Для вивантаження сухого солоду з нижнього сита застосовують відкидне або поворотне сито 14. Висота шару солоду на верхньому ситі обмежується шаром 28-43 см. При більшій висоті шару солоду розрідження, яке створюється витяжною трубою, недостатньо для подолання гідравлічного опору шару солоду. Тому, солодосушарки з природньою тягою малопродуктивні.

Висушіння солоду відбувається у три фази :

1. фаза-фізіологічна - температура сушильного агента не перевищує 45 С°, а вологість солоду повинна бути нижче 35 %. У цьому випадку у зерні продовжується ріст корінців та ферментативні процеси.

2. фаза-ферментативна – характеризується припиненням процесів життєдіяльності зерна та уповільненням ферментативних процесів. Температура сушильного агента сягає порядку 50-70 С°, а вологість солоду знижується до 10 %.

3. фаза-хімічна. Температура сушильного агенту сягає 80-82 С °, вологість солоду знижується до 3-4 %. Дія ферментів повністю припиняється. Тут відбуваються хімічні процеси утворення барвних та ароматичних речовин (меланоїдинів).

Особливо важливе значення при сушці відводиться зворощуванню шару солоду за допомоги зворощувачів. Воно здійснюється кожних 3-4 години з метою вирівнювання шару солоду за висотою, а головним чином - за температурою. В останній час сушки - 4-6 годин перебування солоду на верхній решітці зворощування здійснюють через кожні 2 години.

4.1. Теплотехнічний розрахунок

Питома теплоємність сухого солоду:

$$c_c = \frac{c_0 \cdot (100 - W_k) + c_e \cdot W_k}{100} = \frac{1,423 \cdot (100 - 3,5) + 4,19 \cdot 3,5}{100} = 1,52 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$$

c_0 - питома теплоємність сухого солоду, $c_0 = 1,423$ кДж/кг·К;

c_e - питома теплоємність води, $c_e = 4,19$ кДж/кг·К;

W_k - кінцева вологість сухого солоду, $W_k = 3,5\%$;

Витрати теплоти на нагрівання солоду на сушарці:

– влітку:

$$Q_{c.л} = G_{c.к} \cdot c_c \cdot (t_2 - t_{1л}) = 10000 \cdot 1,52 \cdot (75 - 17) = 881600 \text{ кДж};$$

– взимку:

$$Q_{c.з} = G_{c.к} \cdot (t_2 - t_{1з}) = 10000 \cdot 1,52 \cdot (75 - 13) = 942400 \text{ кДж};$$

$G_{c.к}$ - продуктивність сушарки, $G_{c.к} = 10000$ кг/добу;

t_2 - температура солоду, висушеного влітку і взимку, $t_2 = 75^\circ\text{C}$;

$t_{1л}, t_{1з}$ – температура свіжепророслого солоду влітку і взимку,
 $t_{1л} = 17^\circ\text{C}$, $t_{1з} = 13^\circ\text{C}$;

Кількість вологи, що випаровується з солоду:

$$G_{в.к} = G_{c.к} \cdot \frac{W_{п} - W_k}{100 - W_{п}} = 10000 \cdot \frac{45 - 3,5}{100 - 45} = 7545,5 \text{ кг};$$

$W_{п}$ – початкова вологість свіжепророслого солоду, $W_{п} = 45\%$;

Ентальпія цієї вологи:

– влітку:

$$Q_{в.л} = G_{в.к} \cdot c_v \cdot t_{1л} = 7545,5 \cdot 4,19 \cdot 17 = 537466 \text{ кДж};$$

– взимку:

$$Q_{в.з} = G_{в.к} \cdot c_v \cdot t_{1з} = 7545,5 \cdot 4,19 \cdot 13 = 411003 \text{ кДж};$$

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Удадов Сергій	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Чирко Андрій	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова частина	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва Олександр		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/14

– влітку:

$$I_{0л} = c_{пов} \cdot t_{0л} + c_{п} \cdot t_{0л} \cdot d_{0л} \cdot \varphi_{0л} + r_0 \cdot d_{0л} \cdot \varphi_{0л} = 1,005 \cdot 20 + 1,88 \cdot 20 \times 0,01499 \cdot 0,62 + 2500 \cdot 0,01499 \cdot 0,62 = 43,69 \text{ кДж/кг};$$

– взимку:

$$I_{0з} = c_{пов} \cdot t_{0з} + c_{п} \cdot t_{0з} \cdot d_{0з} \cdot \varphi_{0з} + r_0 \cdot d_{0з} \cdot \varphi_{0з} = 1,005 \cdot (-10) + 1,88 \times (-10) \cdot 0,00163 \cdot 0,9 + 2500 \cdot 0,00163 \cdot 0,9 = 6,41 \text{ кДж/кг};$$

$t_{0л}, t_{0з}$ – температура свіжого (атмосферного) повітря влітку і взимку,

$$t_{0л} = 20^\circ\text{C}, t_{0з} = -10^\circ\text{C};$$

$d_{0л}, d_{0з}$ – вологовміст свіжого повітря влітку і взимку,

$$d_{0л} = 0,01499 \text{ кг/кг}, d_{0з} = 0,00163 \text{ кг/кг};$$

$\varphi_{0л}, \varphi_{0з}$ – відносна вологість свіжого повітря влітку і взимку,

$$\varphi_{0л} = 62\%, \varphi_{0з} = 90\%;$$

Питома ентальпія відпрацьованого повітря:

– влітку:

$$I_{2л} = c_{пов} \cdot t'_{2л} + c_{п} \cdot t'_{2л} \cdot d_{2л} \cdot \varphi_2 + r_0 \cdot d_{2л} \cdot \varphi_2 = 1,005 \cdot 30 + 1,88 \cdot 30 \times 0,02776 \cdot 0,7 + 2500 \cdot 0,02776 \cdot 0,7 = 79,83 \text{ кДж/кг};$$

– взимку:

$$I_{2з} = c_{пов} \cdot t'_{2з} + c_{п} \cdot t'_{2з} \cdot d_{2з} \cdot \varphi_2 + r_0 \cdot d_{2з} \cdot \varphi_2 = 1,005 \cdot 25 + 1,88 \cdot 25 \times 0,02048 \cdot 0,7 + 2500 \cdot 0,02048 \cdot 0,7 = 61,64 \text{ кДж/кг};$$

$t'_{2л}, t'_{2з}$ – температура відпрацьованого повітря влітку і взимку,

$$t'_{2л} = 30^\circ\text{C}, t'_{2з} = 25^\circ\text{C};$$

$d_{2л}, d_{2з}$ – вологовміст відпрацьованого повітря влітку і взимку,

$$d_{2л} = 0,02776 \text{ кг/кг}, d_{2з} = 0,02048 \text{ кг/кг};$$

φ_2 – відносна вологість відпрацьованого повітря влітку та взимку, $\varphi_2 = 70\%$;

– влітку:

$$L_{\text{л}} = \frac{G_{\text{в.к}}}{d_{2\text{л}} - d_{0\text{л}}} = \frac{7545,5}{0,02776 - 0,01499} = 590877,1 \text{ кг};$$

– взимку:

$$L_{\text{з}} = \frac{G_{\text{в.к}}}{d_{2\text{з}} - d_{0\text{з}}} = \frac{7545,5}{0,02048 - 0,00163} = 400291,8 \text{ кг};$$

Витрати теплоти, що передаються повітрю калорифером (без врахування $\sum Q_n$)

– влітку:

$$Q_{\text{к.л}} = Q_{\text{с.л}} - Q_{\text{в.л}} + L_{\text{л}}(I_{2\text{л}} - I_{0\text{л}}) = 881600 - 537466 + 590877,1 \times (79,83 - 43,69) = 21886432,4 \text{ кДж}$$

– взимку:

$$Q_{\text{к.з}} = Q_{\text{с.з}} - Q_{\text{в.з}} + L_{\text{з}}(I_{2\text{з}} - I_{0\text{з}}) = 942400 - 411003 + 400291,8 \times (61,64 - 6,41) = 22639513 \text{ кДж}$$

Приймаємо максимальну витрату тепла, що передається повітрю у калорифері, відповідно у зимовий період року.

Приймаємо втрати теплоти у навколишнє середовище $\sum Q_n = 35\%$ від загальних витрат. Тоді, витрати теплоти будуть становити:

$$Q = Q_{\text{к.з}} \cdot \frac{100}{100 - \sum Q_n} = 22639513 \cdot \frac{100}{100 - 35} = 34830020 \text{ кДж};$$

Витрати теплоти на 1 кг сухого солоду:

$$q_{\text{з}} = \frac{Q}{G_{\text{с.к}}} = \frac{34830020}{10000} = 3483 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}};$$

Зіставимо отримане значення питомої витрати теплоти із заданим $q_{\text{пит}}$ і обираємо в якості палива мазут із теплотою згорання $q_{\text{т}} = 39300 \text{ кДж/кг}$.

Добові витрати мазуту складуть:

$$G_{\text{м}} = \frac{Q}{q_{\text{т}}} = \frac{34830020}{39300} = 886,3 \text{ кг};$$

У перерахунку на умовне паливо з теплотою згорання $q_{\text{ум}} = 29308$ кДж/кг ця витрата буде складатиме:

$$G_{\text{ум}} = \frac{Q}{q_{\text{ум}}} = \frac{34830020}{29308} = 1188,4 \text{ кг};$$

Витрата умовного палива на 1 кг сухого солоду:

$$G'_{\text{ум}} = \frac{G_{\text{ум}}}{G_{\text{с.к}}} = \frac{1188,4}{10000} = 0,12 \text{ кг};$$

4.2. Розрахунок конструктивних параметрів 2-х ярусної горизонтальної сушарки періодичної дії

4.2.1. Розрахунок габаритних розмірів сушарки

Продуктивність солодосушарки складає:

$$M = fh\rho_2^v \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{24}{n},$$

де : $M = 10000$ кг

f - площа решітки, м²

h - висота шару свіжепророслого солоду, $h = 0,4$ м

V_1, V_2 - об'єм свіже пророслого та свіжевисушеного солоду,

$V_1 = 32$ м³, $V_2 = 14,2$ м³

n - час між двома циклами розвантажування сухого солоду, $n = 12$ год

ρ_2^v - об'ємна маса висушеного солоду, $\rho_2^v = 0,55$ т/м³

Обрахуємо площу решітки, як:

$$f = \frac{M}{h\rho_2^v \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{24}{n}} = \frac{10000}{0,4 \cdot 0,55 \cdot \frac{14,2}{32} \cdot \frac{24}{12}} = 51,2 \text{ м}^2$$

Приймаємо площу ситової поверхні решіток 1-го та 2-го ярусів – у формі квадрату зі стороною $b = \sqrt{f} = \sqrt{51,2} = 7,15$ м. Приймаємо $b = 7$ м.

Приймаємо також, що кожна ситова решітка кожного ярусу складається із 7-ми перфорованих сит, довжиною 7 м та шириною 1 м. Останні виготовлені із профільного дроту трапецеїдального перерізу.

Сита виготовлені таким чином, щоб були спроможні виконувати поворот навколо власної осі.

Висота камери нижнього ярусу 3 м, верхнього – 4 м. Висота витяжного каналу дорівнює 7 м, а площа його поперечного перерізу складає 6% від площі поверхні решітки : $F=2,94 \text{ м}^2$.

4.2.2. Розрахунок площі поверхні калорифера

Площа поверхні калорифера розраховується, як:

$$F = \frac{Q_k \cdot 1000}{3600 \Delta t \cdot k}, \text{ м}^2$$

де Q_k - витрати теплоти, що віддає калорифер повітрю

$$Q_k = L(I_2 - I_0) = 590877,1 \cdot (61,64 - 6,41) = 32634142,2 \text{ кДж/доб} = 1359756 \text{ кДж/год}$$

L - витрата повітря в сушарці;

I_2 - питома ентальпія відпрацьованого повітря;

I_0 - питома ентальпія свіжого повітря;

Δt - середня різниця температури

60 °С – температура газу – 200 °С

85 °С – температура сушильного агенту – 9,8 °С

$$\Delta t_1 = 515 \text{ °С} \quad \Delta t_2 = 209,8 \text{ °С}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{515 - 209,8}{\ln \frac{515}{209,8}} = 339 \text{ °С}$$

k - коефіцієнт теплопередачі, $k = 14,8 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}$

Отже, площа поверхні калорифера дорівнює:

$$F = \frac{1359756 \cdot 1000}{3600 \cdot 339 \cdot 14,8} = 75 \text{ м}^2$$

4.2.3 Підбір вентилятора

Гідравлічний опір шару солода становить:

$$\Delta P = h_0 \cdot \rho_H \cdot g \cdot (1 - \varepsilon_0)$$

$h_0 = 0,4$ м – товщина шару солода.

$\rho_H = 510$ кг/м³ – густина матеріалу.

$g = 9,81$ м/с – прискорення .

$\varepsilon_0 = 0,8$ – прозорість шару.

$$\Delta P = 0,4 \cdot 510 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0,8) = 400,25 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Потужність, що споживається вентилятором становить:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P}{3600 \cdot 10^3 \cdot \eta_B \cdot \eta_P}$$

Де: $\eta_B = 0,6$ – ККД вентилятора.

$\eta_P = 0,98$ – ККД передачі.

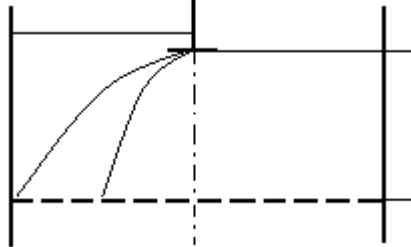
$$N = \frac{9207,87 \cdot 400,25}{3600 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,98} = 1,74 \text{ кВт}$$

Обираємо відцентровий вентилятор марки В-Ц4-70-6,3К. Потужність вентилятора складає $N=2,2$ кВт, число обертів - $n=930$ об/хв.

4.3. Кінематичний розрахунок

Для завантаження солодосушарки свіжепророслим солодом використовуємо диск, що обертається. На останній потрапляє солод та під дією відцентрової сили розкидається по площині ситової поверхні решітки.

4.3.1. Розрахунок відцентрового диска



1. Винайдемо час τ , за який часточка солоду падає із диска на поверхню решітки, використовуючи формулу:

$$S = \frac{g\tau^2}{2}$$

де S – відстань від диска до поверхні решітки, $S=3\text{м}$;

g – прискорення вільного падіння, $g=9,81\text{м/с}$.

Звідсіля:

$$\tau = \sqrt{\frac{2 \cdot 3}{9,81}} = 0,78\text{с}$$

2. Визначимо швидкість частинки солоду:

$$S = V_c \cdot \tau$$

де V_c – середня швидкість руху частинки

$$V_c = \frac{V_0 + V_k}{2}$$

V_0 – початкова швидкість руху частинки;

V_k – колова швидкість частинки, $V_k=0$;

Звідсіля:
$$V_c = \frac{V_0}{2}$$

Тоді:

$$S = \frac{V_0}{2} \tau; \quad V_0 = \frac{2S}{\tau} = \frac{2 \cdot 3}{0,78} = 7,7 \text{ м/с}$$

42

3. Частота обертання диску розраховується, як:

$$n = \frac{V_0 \cdot 60}{\pi \cdot d}$$

де d_0 – діаметр диску, $d_0=0,4\text{м}$

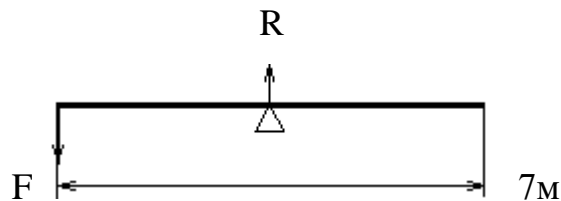
Отже:

$$n = \frac{7,7 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,4} = 360 \text{ об/хв}$$

4. За визначеним значенням частоти обертання диску підбираємо мотор-редуктор: тип МЦ-40, $n=355\text{об/хв}$, $N=0,75\text{кВт}$.

4.3.2. Розрахунок лебідки для підйому нижнього ярусу решітки

Складемо схему навантаження:



R- реакція опор від ваги солоду R_c та деталей конструкції R_k

$$R = R_c + R_k$$

$$R_c = M_c \cdot 9,81 = 10000 \cdot 9,81 = 98100 \text{ Н}$$

$$R_k = M_k \cdot 9,81 = 700 \cdot 9,81 = 6867 \text{ Н}$$

де $M_c=10000$ -маса солоду, кг

$M_k=700$ -маса деталей конструкції решітки, кг

Звідки:

$$R = 98100 + 6867 = 104967 \text{ Н}$$

Знайдемо реакції в опорах у горизонтальній площині відносно точки

B:

$F = R/2 = 104967/2 = 52483 \text{ Н}$ – сила натягу канату лебідки.

За значенням $F = 52483 \text{ Н}$ приймаємо сталевий канат $d_k = 7,6 \text{ мм}$ по ГОСТ 3067-88, для якого розрахункове зусилля дорівнює 52500 Н .

Знайдемо діаметр барабану лебідки:

$$D_0 = e \cdot d_k,$$

де e – коефіцієнт режиму роботи механізму, $e = 30$

$$D_0 = 30 \cdot 7,6 = 228 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_0 = 230 \text{ мм}$.

Знаходимо момент на барабані:

$$M_6 = F \cdot D_0 / 2 = 52483 \cdot 230 / 2 = 6035,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За визначеним значенням $M_6 = 6035,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ підбираємо 2-х ступінчастий циліндричний редуктор марки 6Ц2-200.

Розрахунок валу лебідки

Знайдемо діаметр валу лебідки, попередньо визначивши приведені моменти, що діють на вал.

Визначимо сили, що діють на валу:

$$F_t = 2 T_{\text{вих}} / D,$$

де F_t – колова сила, Н ;

$T_{\text{вих}}$ – крутний момент на валу, $T_{\text{вих}} = 6035,5 \text{ Н}$

D – діаметр лебідки, $D = 0,23 \text{ м}$.

$$F_t = 2 \cdot 6035,5 / 0,23 = 52483 \text{ Н}$$

Визначимо попереднє значення валу лебідки:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}} ;$$

$[\tau]$ – допустиме напруження кручення, $[\tau] = 30 \text{ Н/мм}^2$.

Отже,

$$d = \sqrt[3]{\frac{6035,5 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 30}} = 100 \text{ мм}$$

За визначеним діаметром здійснюємо попередній підбір підшипників.
 Приймаємо: радіальні шарикопідшипники, однорядні типу : $d = 100$ мм , $D = 180$ мм , $B = 34$ мм.

Схема валу лебідки:

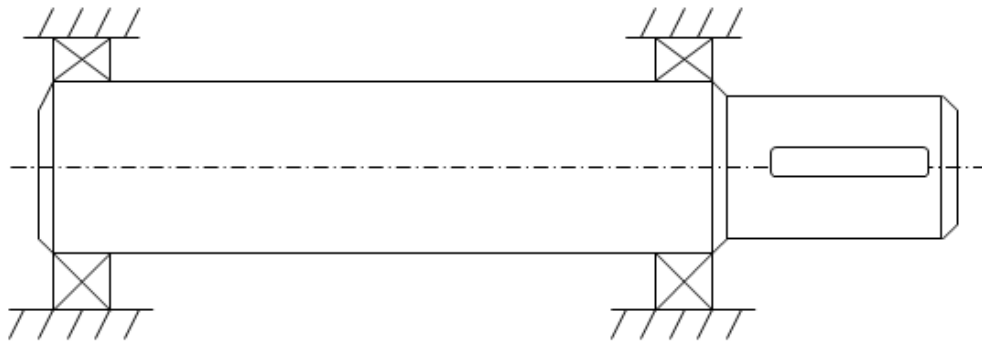


Рис.4.1 Схема валу та епюри згинаючих моментів

Визначимо реакції в опорах у горизонтальній площині відносно точки А.

$$\sum M_A = 0 ;$$

$$R_B (a + b) - F_t \cdot a = 0 ; \quad a = b ;$$

$$R_B = F_t \cdot a / (a + b) = F_t / 2 = 52500 / 2 = 26250 \text{ Н}$$

Оскільки навантаження прийнято вважати прикладеним до центру між опорами, то реакція в опорі А буде дорівнювати:

$$R_A = R_B = 20700 \text{ Н}$$

Визначимо згинаючі моменти, що діють на вал:

$$M_{згА} = F_t \cdot a ,$$

$$M_{згА} = 52500 \cdot 0,34 = 17850 \text{ Нм}$$

Визначимо сумарні моменти.

45

Значення сумарних моментів буде дорівнювати значенню згинальних моментів, оскільки навантаження прикладене лише в одній площині.

$$M_{\text{сум}} = M_{\text{зг}} = 17850 \text{ Нм}$$

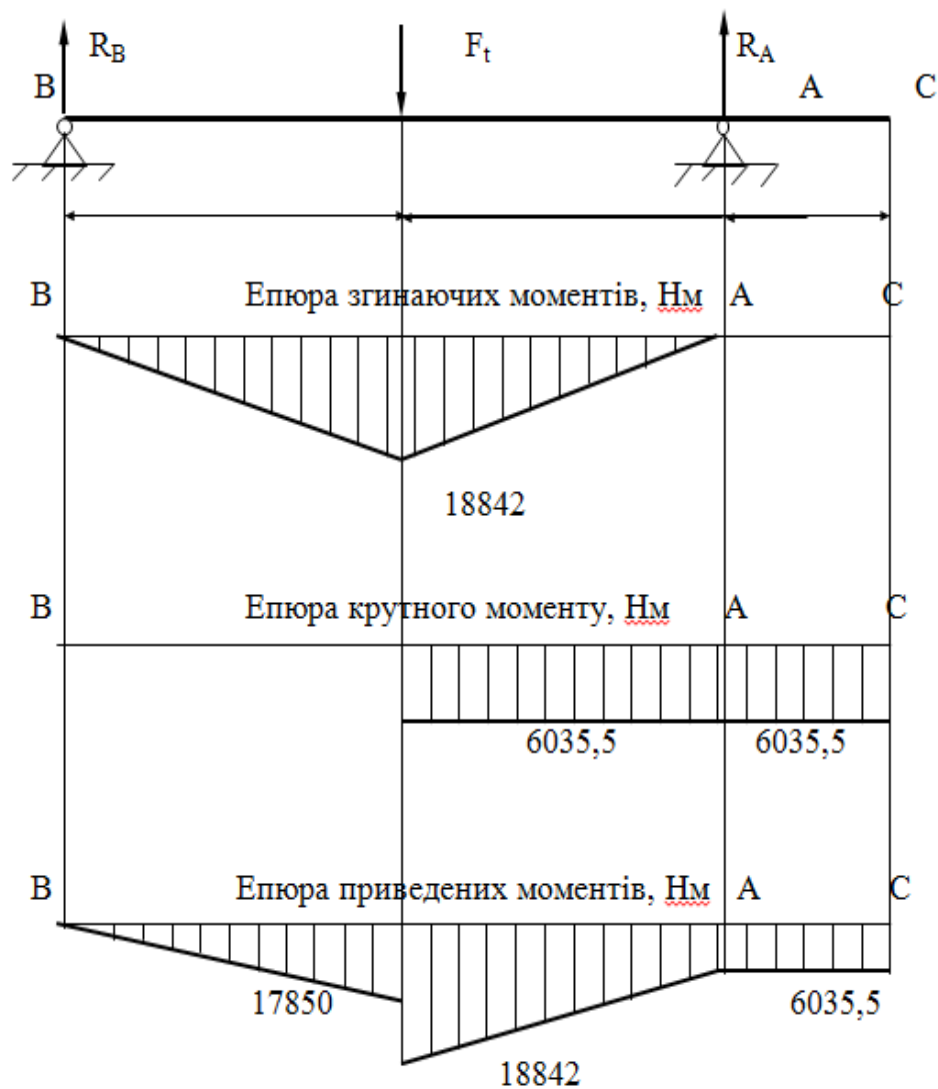
Визначимо приведені моменти:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{сум}}^2 + \alpha T^2},$$

Значення коефіцієнта α у формулі не враховуємо, оскільки передача реверсивна:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{17850^2 + 6035,5^2} = 18842 \text{ Нм}$$

Побудуємо епюри моментів.



Знайдемо діаметр вала у характерних точках:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}}$$

де $[\sigma_{-1}]$ – межа витривалості, $[\sigma_{-1}] = 280 \text{ кГс/см}^2$,

$$d = \sqrt[3]{\frac{18842 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 280}} \approx 90 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d = 90 \text{ мм}$.

4.3.3 Розрахунок шнека

Крок шнека $H = 0,19 \text{ м}$

Зовнішній діаметр гвинта $D = 0,25 \text{ м}$

Частота обертання шнеку $n = 90 \text{ об/хв}$

Продуктивність шнека $Q = 417 \text{ кг/год}$

Максимальний тиск: $P_{max} = 0,15 \text{ МПа}$

Коефіцієнт внутрішнього тертя продукту: $f = 0,3$

Визначимо граничний діаметр валу шнека:

$$d_{гр} \geq \frac{H}{\pi} \cdot \tan \varphi \geq \frac{H}{\pi} \cdot f \geq \frac{0,19}{3,14} \cdot 0,3 = 0,02 \text{ м}$$

де H – крок шнеку, м; $f = \tan \varphi$ – коефіцієнт тертя (φ – кут тертя, $\varphi = 16^\circ$).

Враховуючи відношення діаметрів $d = 1 \dots 3$ приймаємо $d = 0,05 \text{ м}$, який більший граничного.

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнеку вала розраховуємо за залежностями:

$$\alpha_D = \arctg \frac{H}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{0,19}{3,14 \cdot 0,25} = \arctg 0,242 \approx 13^\circ 60';$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{H}{\pi \cdot d} = \operatorname{arctg} \frac{0,19}{3,14 \cdot 0,05} = \operatorname{arctg} 1,21 \approx 50^\circ 43'; \quad 47$$

Де α_D і α_d кути підйому гвинтових ліній на периферії та біля валу шнека.

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витка шнеку визначаємо, як:

$$\alpha_{cp} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) = 0,5(13^\circ 60' + 50^\circ 43') = 32^\circ 02'$$

Коефіцієнт відставання частинок матеріалу в осьовому напрямку за рівнянням:

$$k_B = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5f \sin 2\alpha_{cp}) = 1 - (0,72 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 1,06) = 0,44$$

Згинальний момент у витку шнека по внутрішньому контуру (біля вала) за виразом:

$$M_{зг} = \frac{P_{max} \cdot D}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7\alpha^{-4} - 1,2\alpha^{-2} - 5,2 \ln \alpha}{1,3 + 0,7\alpha^{-2}} = \frac{0,15 \cdot 10^6 \cdot 0,25^2}{32} \times \\ \times \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3^{-4} - 1,2 \cdot 3^{-2} - 5,2 \ln 3}{1,3 + 0,7 \cdot 3^{-2}} = 293 \cdot (-2,16) = -633 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Витки шнека плануються виготовити із сталі 10, для якої допустиме напруження при згині слід прийняти рівним допустимому напруженню при розтягу: $[\sigma_{роз}] = 130 \text{ Мпа}$. Тоді товщину витка шнека знаходимо із формули:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{зг}}{[\sigma_{роз}]}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 633}{1300 \cdot 10^5}} = 0,0055$$

приймаємо $\delta = 0,006 \text{ м}$

Площа внутрішньої циліндричної поверхні корпусу пристрою по довжині одного кроку знайдемо, як:

$$F_B = \pi \cdot D \cdot (H - \delta) = 3,14 \cdot 0,25(0,19 - 0,006) = 1,144 \text{ м}^2$$

Розгортки гвинтових ліній визначаємо по залежностям:

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot d)^2} = \sqrt{0,19^2 + (3,14 \cdot 0,05)^2} = 0,245 \text{ м}$$

48

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot D)^2} = \sqrt{0,19^2 + (3,14 \cdot 0,25)^2} = 0,81 \text{ м}$$

Площу поверхні витка шнека на довжину одного кроку визначаємо , як:

$$F_{\text{ш}} = \frac{1}{4\pi} \left(\pi \cdot D \cdot L - \pi \cdot d \cdot l + H^2 \ln \frac{D + 2L}{d + 2l} \right) = \frac{1}{4 \cdot 3,14} \times$$
$$\times \left(3,14 \cdot 0,25 \cdot 0,81 - 3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,245 + 0,19^2 \ln \frac{0,25 + 2 \cdot 0,81}{0,05 + 2 \cdot 0,245} \right)$$
$$= 0,051 \text{ м}^2$$

Швидкість переміщення:

$$v = \frac{S \cdot n}{60} = \frac{0,19 \cdot 90}{60} = 0,3 \text{ м/с}$$

Погонне навантаження від вантажу:

$$q_{\text{в}} = \frac{Q}{3,6 \cdot v} = \frac{417}{3,6 \cdot 0,3} = 386 \text{ Н/м}$$

Значну увагу в практиці виробництва пивоварного солоду приділяється процесу автоматизації процесу сушки солоду. У солодовому виробництві широко використовуються локальні та централізовані системи на базі керуючих ЕОМ.

Автоматизація виробничого процесу передбачає управління технологічним процесом без безпосередньої участі людини.

Автоматизація у солодовому виробництві збільшить продуктивність праці, знизить витрати сировини та допоміжних матеріалів, покращить якість виготовляємої продукції; скоротить втрати; дозволить знизити собівартість продукції, витрат палива і електроенергії, скоротить чисельність обслуговуючого персоналу.

Вибір та розміщення засобів автоматизації приймається на основі:

- завдання суміжних розподілів на автоматизацію виробництва;
- досвіду експлуатації обладнання і систем керування;
- економічної вигідності;
- комплектності поставок.

<p><i>Відповідальна організація</i> НУХТ</p>	<p><i>Технічне узгодження</i> <i>Удадов Сергій</i></p>	<p><i>Вид документа</i> Пояснювальна записка</p>		<p><i>Статус документа</i></p>			
<p><i>Власник документа</i> НУХТ</p>	<p><i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i></p>	<p><i>Назва, додаткова назва</i> Система керування</p>		<p>180174.КР.11.000 ПЗ</p>			
		<p><i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i></p>		<p><i>Інд. змін.</i></p>	<p><i>Дата видання</i></p>	<p><i>Мова</i> UA</p>	<p><i>Аркуш</i> 1/5</p>

<i>Параметр, місце відбору імпульсу</i>	<i>Допуст. знач. параметра</i>	<i>Вид втоматизації</i>	<i>Характер контролю та керування</i>	<i>Додаткові вимоги</i>
Температура в сушарці	80 °С	Регулювання	Стабілізація	Дія на подачу газу
		Контроль	Показ, запис	На щиті
		Блокування	При t вище допустимої	Закриття відсічного клапану
Тиск у трубопроводі	5 кПа	Регулювання	Стабілізація	Дія на подачу газу
		Контроль	Показ	По місту
Розрідження у топці	30 кПа	Регулювання	Стабілізація	Дія на випуск гарячих газів в атмосферу
		Контроль	Показ	По місцю на щиті
Вологість солоду у сушарці	80%	Контроль	Показ, запис	На щиті
Наявність Факела у топці		Контроль	Сигналізація	Світлова та звукова
		Блокування	При відсутності факела	Закриття відсічного клапану

5.2. Опис функціональної схеми автоматизації 51

У відповідності до функціональної схеми розроблена схема автоматизації, яка передбачає:

- 1) управління запальними пристроями для розпалу топки, з комплексом автоматичних захистів;
- 2) автоматичний контроль і регулювання температури в сушарці;
- 3) автоматичне регулювання і контроль розрядження в топці сушарки;
- 4) автоматичний контроль і регулювання вологості солоду в сушарці;
- 5) вимір тиску газу в трубопроводах;
- 6) безперервний облік кількості витрати газу;
- 7) автоматичний контроль температури в топці печі;
- 8) управління електроприладами норій, зворушувача та конвейєру солоду;
- 9) дистанційне та автоматичне управління клапанами подачі газу;
- 10) автоматичний контроль та аварійну сигналізацію при відхиленнях параметрів процесу висушування від оптимальних значень;

Розпалювання топки проводиться за допомоги захисно-запальних пристроїв типу ЗЗУ-2 (поз. 9а,9б). Останнім здійснюється також автоматичний захист від загасання факелу у топці.

5.3. Специфікація на засоби автоматизації

Позиція	Параметр середовища	Місце встановлення прибору	Найменування та характеристика	Тип моделі	Кількість
1а,2а, 2б	Температура повітря	Прилад по місцю	Термопара на межі виміру 700°C, l=600 мм; градуйовка Сталь 12Х18Н10Т	ТХА-0179	5
1б		На щиті	Блок диференціювання Тд=0-100;пульсації 0,8% Uвх=0-10В	ДО5.3	1

2в	Температура повітря	Прилад по місцю	Блок регулювання аналоговий $k_p=0,3-100$; $T_u=5-300$ С $W=15$ ВА	РА.3	1
3б	Тиск	На щиті	Блок регулювання аналоговий з датчком розрідження $k_p=0,3-100$; $T_u=5-300$ С $W=15$ ВА	P17.1	1
4в		На щиті	Блок дистанційного керування $W=10$ ВА $U=220$ В $f=50$ Гц, $I_{нагр}=5$ мА	Бу12	2
1г		На щиті	Виконавчий механізм $M_{ном}=25$ кгсМ $t_{об}=100$ С L_y120 зєднаний з клапаном 25с48ИЖ	МЕМ-1006/25-10	2
3г		Прилад по місцю	Індикатор положення регулюючого органу 3 і шкалою 0-100%; $W=6$ ВА	B12	2
7а,7б	Вологість повітря	Прилад по місцю	Вологомір парогазової суміші при підвищеній температурі t до 300° С, відносна похибка $\pm 4\%$	ГЧЕ-1м	1
7в	Вологість повітря	На щиті	Автоматичний другоря-дний прилад зі шкалою в одиницях вологості 20-100%; $W40$ ВА; $U=220$ В.	КСП2-038	1
2в	Температура повітря	На щиті	Потенціометр самопишучий багато точений $W=35$ ВА; шкала 0- 300° С; градуйовка ХА	КСП4 мод.4.1.44 0.50.044	1
4а	Тиск	Прилад по місцю	Тягонапоромір рідинний $P_{ст}=0,25$ гс/см ² , межі від(-20) до (+20) кПа, клас точності 1,5	ТИЖ-Н	1

5а	Тиск	На щиті	Тягонапоромір мембра-нний Рст=0,25кгс/см ² , межі від(-50) до (+50) кПа, клас точності 2,5	ТИМ-ПІ	1
10а	Тиск	Прилад по місцю	Сигналізатор падіння тиску на межі 0,03-1МПа, Рмакс=12МПа; І=0,25А	СПДІ	1
11а, 12а, 13а	Тиск	Прилад по місцю	Манометр технічний зі шкалою 0-16МПа, d=100мм; клас точності 2,5; t ід(-50) до (+60)	ОБМ-100	1
3а	Тиск	Прилад по місцю	Диференційний тягомір на межі 0-500Па, R=500Ом, W=2ВА	ДТ-2-50	1
SA1, SA2, SA3		Диспетчерський пульт	Ключ керування, перемикач		7
SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6		Диспетчерський пульт	Кнопочний міст управління	ПКЕ-112	6
KM1, KM2, KM3, KM4, KM5		Диспетчерський пульт	Пускач магнітний, 220В	ТМЕ-114	5

6.1. Монтаж 2-х ярусної солодосушарки

До початку монтажу сушарки необхідно ретельно ознайомитись з технічною документацією та комплектністю обладнанням. У техдокументації повинно бути відображено відомості про умови роботи обладнання (параметри повітря та сировини), спосіб та параметри випробувань обладнання, наведена специфікація вузлів та механізмів. Обладнання встановлюють на завчасно підготовлений фундамент у проектне положення згідно креслень.

При монтажі перевіряють горизонтальність та вертикальність площин, відхилення діагоналей корпусу .

Розпакування обладнання та деталей, що надійшли на монтаж в упаковці, станніх проводиться підрядною монтажною організацією за присутності представника замовника.

Вантажопідйомність обраних монтажних механізмів повинна відповідати вазі блоків або окремих елементів монтованого обладнання сушарки.

Сушарка надходить у монтаж у вигляді окремих блоків та вузлів: сушильна камера, вентиляційно - калориферна установка, трубопровідні вузли, сходи обслуговування, електропускова апаратура та прилади контролю тиску, вологості та температури.

Солодосушильну камеру монтують на фундаменті та перевіряють правильність установки за рівнем і вимірами по діагоналі. Особливу увагу необхідно звернути на різницю розмірів по діагоналях корпусу сушарки. Може відбутися перекіс корпусу при недотриманні різниці по діагоналі.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Удодов Сергій</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Монтаж та технічний сервіс	180174.КР.11.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/5	

Якість збірки системи обігріву - калориферів, трубопроводів та інших елементів перевіряють, піддаючи їх гідравлічному випробовуванню водою при тис-ку 1 МПа протягом 5-10 хв.

При монтажі калорифери монтують із нахилом убік відводу конденсату; перевищення однієї сторони калорифера над іншою повинна бути в межах 5 мм.

Приводи монтують та регулюють. Їх збірка та регулювання повинні бути самими ретельними та забезпечувати нормальну роботу сушарки.

Усі відкриті частини, що рухаються, повині бути огорожені.

По закінченні монтажу перевіряють правильність збірки окремих вузлів сушарки. Усі механізми змащують відповідно до таблиці змащення та випробовують а холостою ходою протягом 2 год.

Солодосушарку встановлюють у повній відповідності до монтажної схеми.

6.2. Сервіс 2-х ярусної солодосушарки

Сервіс обладнання є повсякденною роботою та включає себе нагляд за виконанням правил належної технічної експлуатації обладнання і своєчасного усунення дрібних неполадок та регулювання механізмів.

З метою забезпечення безперебійної надійної роботи обладнання, обслуговуючий персонал зобов'язаний чітко виконувати та дотримуватися інструкції по догляду за ним та ретельно дотримуватись технологічного режиму роботи.

До сервісу обладнання належить міжремонтне обслуговування та профілактичний огляд. Міжремонтне обслуговування виконують під час перерв у роботі без порушення технологічних режимів виробництва. Його виконують чергові слюсарі-регулювальники ,наладчикита виробничий персонал.

Контроль за вищезначеними процедурами обслуговування покладається на начальника цеху, майстра, або механіка цеху.

Огляд профілактичний здійснюється за графіком через певні проміжки часу, які встановлені для кожного механізму. Його проводять з метою перевірки технічного стану обладнання, усунення дрібних неполадок та визначення об'єму робіт, що необхідно виконати при черговому плановому ремонті. Ці види робіт здійснюють не порушуючи процесу виробництва, а саме під час технічних перерв, між змінами та у не робочий час. Технічний огляд виконує ремонтний персонал цеху із залученням при необхідності виробничих працівників. Результати огляду заносять у «Журнал прийому-здачі зміни».

Зупинка сушарки може бути планова (профілактична) або аварійна. Планова зупинка може бути як короткочасна (без вивантаження солоду із шахт) так і довгостроковою (з повним звільненням шахт від солоду).

При зупинці подачі електроживлення на сушарку необхідно зупинити подачу пари в калорифер.

До ремонту сушарки можливо приступати коли температура повітря в шахтах і корпусі буде перевищувати 50°C.

До початку ремонту поверхні теплообміну, що стикаються із продуктом, очищують содовим розчином. Систему промивають гарячою водою та чистять щіт-ками та металевими йоршами. Підлягають якісному ремонту вентилятори, калорифери, приводи шнеків, вентилі на парових та водяних лініях. Після проведення ремонту обладнання збирають, перевіряють на герметичність, регулюють та здають в експлуатацію. При збірці особливо важливо забезпечити співвісність всіх його елементів та їх первісне взаємне розташування.

6.3. Експлуатація 2-х ярусної солодосушарки

Технологічне обладнання обслуговує оператор. У його обов'язки входить виконання наступних операцій:

1. Завантаження свіжепророслого солоду на верхню решітку;
2. Періодичне зворушування солоду на верхній та нижній решітках;
3. Перевантаження солоду з верхньої решітки на нижню;
4. Вивантаження свіжевисушеного солоду із нижньої решітки.

Завантаження свіжепророслим солодом відбувається наступним чином. Оператор вмикає привід робочої норії, шнекового конвейєра, який подає солод у буферний бункер та привід відцентрового диска, що розкидає солод по площині солодосушальних сит. Вмикається також система оповіщення про заповнення бункера свіжепророслим солодом. Включення норії сигналізує операторам солодівні що необхідно вивантажувати солод із солодоростильного апаратуу. Але, перед цим оператор- сушарки повинен переконатися, що готовий солод вивантажений із нижнього ярусу. Із завантажувального бункеру допоміжним пристроєм (воронкою) свіжепророслий солод подається на відцентровий диск, де за рахунок відцентрової сили розкидається на верхній решітці по всій її площині. Після завантаження на верхню решітку оператор вимикає приводи шнеку та відцентрового диску. Розпочинається процес висушування.

Під час закінчення процесу висушування солоду на верхній решітці оператор вмикає привід зворушувача і солод зворушується декілька разів. Під час останнього зворушення солодозворушувач не відводять під стінку сушарки, а залишають приблизно між третьою та четвертою секцією поворотного сита, з метою запобігання повороту сит.

Перевантаження солоду з верхньої решітки на нижню оператор здійснює за допомоги важелів, які переводить секції сит у нахилене

положення. Солод, що знаходився на цих секціях рівномірно пересипається на нижню решітку.

Далі оператор переходить до нижньої решітки. Вмикає привід солодозворушувача з метою розрівнювання солоду по площині сушарки.

Для вивантаження свіжевисушеного солоду оператор за допомоги важелів переводить секції у нахилене положення. Свіжевисушений солод, що знаходився на цих секціях рівномірно зсипається до бункера зі шнеком. Після цього оператор заперекриває люки, а готовий солод транспортується за допомоги шнеку на подальшу обробку.

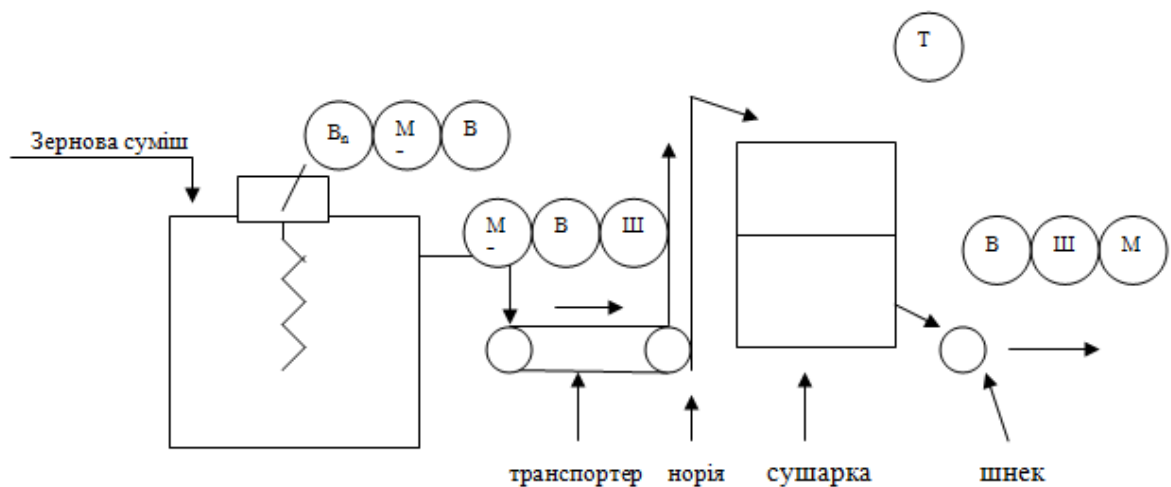
7. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ 59

Основним завданням техніки безпеки при експлуатації обладнання є безпечна та довготривала робота обладнання, охорона здоров'я людей, створення безпечних та сприятливих умов праці.

7.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації 2-х хярусної солодосушарки

Основною виробничою шкідливістю для здоров'я людини на дільниці солодосушарки є високий вміст пилу (особливо у самій сушарці) висока температура та протяги. Усі ці виробничі шкідливості спричиняють професійні захворювання органів дихання виробничого персоналу. Тому потрібно найретельніше використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання.

В зоні роботи сушарки діють наступні небезпечні фактори: Ш – шум, В – вібрація, М_Т - механічні травми, Е – електробезпека, Т – теплове



випромінювання, В_Н - вологовиділення.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удадов Сергій	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Чирко Андрій	Назва, додаткова назва Техніка безпеки при експлуатації обладнання	180174.КР.11.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва Олександр		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/5

У виробничих приміщеннях солодівні мікроклімат визначається такими параметрами: температурою в приміщенні °С; відносною вологістю, %; швидкістю руху повітря, м/с; тепловим випромінюванням Вт/м².

Засобами для покращення метеорологічних умов виробничих приміщень солодового цеху є ущільнення отворів (дверних, віконних), а в разі необхідності стін і ущільнення перекриття.

Таблиця 1.

Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Температура, С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше	оптимальна	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше
		верхня границя		нижня границя					
		на робочому місці							
постійному	непостійному	постійному	непостійному						
холодний	21...23	25	26	20	17	40...60	75	0,1	Не більше 0,2
теплій	22...24	28	30	22	20	40...60	60 (при 27 С)	0,2	0,1...0,3

Аерація повітря.

У приміщеннях солодового цеху передбачена припливно-витяжна вентиляція з механічним та природнім рухом повітря. Вентиляція витяжна призначена для вловлювання шкідливих речовин безпосередньо в зоні їх виділення. Припливна призначена для нагнітання свіжого повітря у робочі зони.

Припливно-витяжна вентиляція діє за допомоги механічних збудників руху повітря – вентиляторів (механічна вентиляція). У нашому випадку

функцію витяжної вентиляції виконує вентиляція поточних газів із топки сушарки та витяжку сушильного повітря. Приточна вентиляція нагнітає свіже повітря у калорифери, де воно підігрівається і далі іде на сушку солоду.

Освітлення

Освітлення повинно відповідати вимогам СНіП 2-4-79. Достатнє освітлення виробничого приміщення сприяє зменшенню зорової та загальної втоми, а також травматизму.

Освітлення у виробничих приміщеннях - комбіноване. Частина світла потрапляє через вікна, а частина (штучне) використовується в денні часи та в нічний час.

Передбачене аварійне та ремонтне освітлення. Аварійне використовується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу у відділенні, а також для евакуації людей. Ремонтне - для проведення ремонту обладнання.

Шум та вібрація

Шум завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. Призводить до збільшення кількості помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Основні джерела шуму: електродвигуни, насоси, конвейера. Економічно доцільний спосіб зниження шуму є застосування методів звукоізоляції та звукопоглинання. Рівень шуму від роботи сушарки знаходиться в межах 65ДБл, що не перевищує допустимий 85ДБл.

Випромінювання: теплове і радіаційне

Випромінювання - теплове, радіаційне представляють певну загрозу для здоров'я людей складають.

При функціонуванні сушарки має місце теплого випромінювання внаслідок спалювання газу. Однак, внаслідок надійної теплоізоляції особливої небезпеки для людини не існує, за винятком, коли людина знаходиться безпосередньо у приміщенні /сушильних камерах/ сушарки .

7.2 Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання

Операції та технологічні процеси, які тісно пов'язані із можливістю пиловиділення у робочу зону оператора (при завантаженні, вивантаженні солоду), повинні виконуватись за умов повної та надійної герметизації обладнання та завантажувальних пристроїв. Конвейєра, норії, сушарки тощо мусять мати аспірацію. Пуск обладнання повинен бути заблокован таким чином, щоб його неможливо було здійснити без попереднього пуску аспіраційних систем.

7.5.2. Недопустимо вимкнення аспіраційних установок при роботі технологічного і транспортного устаткування.

7.5.3. Сушильне відділення солодового цеху повинне мати телефонний зв'язок , звукову і світлову сигналізацію, а також двобічний гучномовний зв'язок із суміжними ділянками виробництва.

7.5.4. Двері сушарок повинні мати блокування із приводом солодозворушувача, який вимикає його при відчиненні дверей.

7.5.5. Під час роботи сушарки не слід знаходитись усередині самої камери сушарки.

7.5.6. Нагляд за роботою сушарки необхідно вести через оглядове вікно.

7.5.7. До початку роботи обладнання необхідно оглянути основні вузли машини і переконатися у їх справності.

7.5.8. До пуску сушарки необхідно упевнитись у відсутності в ній осередків горіння та стороннього запаху. Пуск сушарки можливо розпочинати тільки після завантаження бункера свіжепророслим солодом.

7.5.9. Не дозволяється залишати топку, яка працює, без нагляду.

7.5.10. Двері сушарок повинні бути герметичними та не пропускати теплоносія до робочого приміщення.

7.5.11. Шнекові конвейєра повинні бути закритими, а кришки закріплені гвинтами або оснащені шарнірами і замками. Перекриття, призначені для пересування людей, повинні бути із достатньою несучою здатністю.

8. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОКРЕМИХ ДЕТАЛЕЙ

Найменування деталі - валок

Матеріал деталі - 40ХНМА. Тип виробництва - малосерійне.

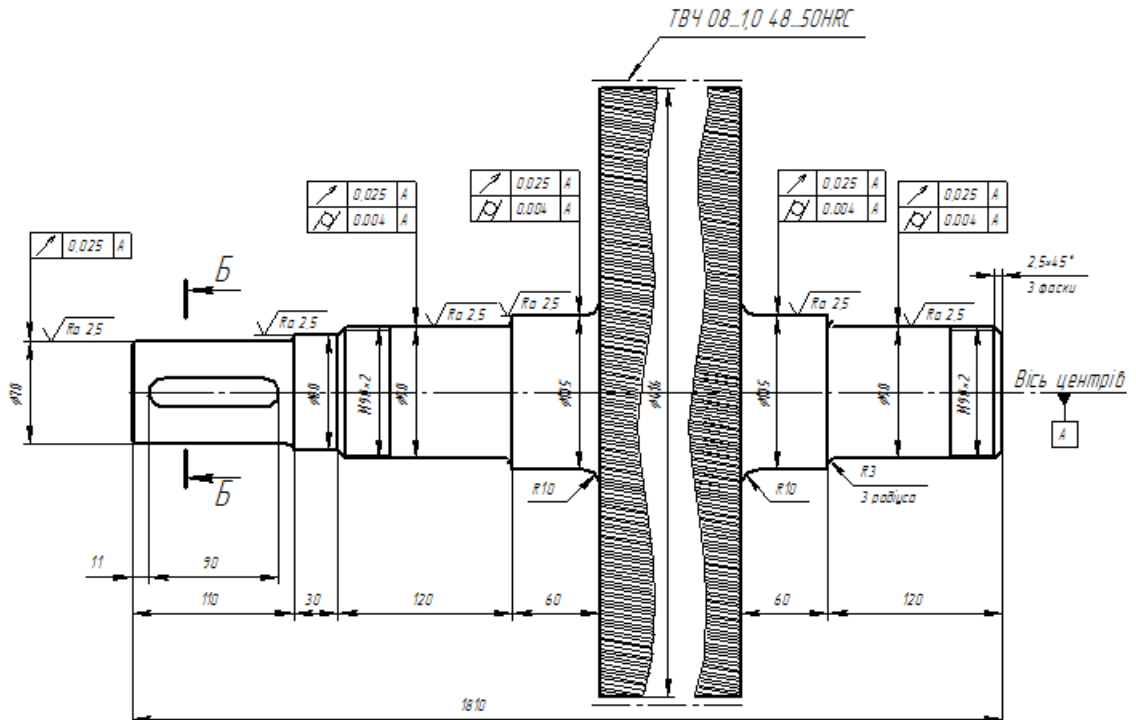


Рис. 8.1 Вал

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удодов Сергій	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Чирко Андрій	Назва, додаткова назва Технологія машинобудування виготовлення окремих деталей	180174.КР.11.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва Олександр		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/12

Пронумеровані поверхні деталі показані на рис. 9.2

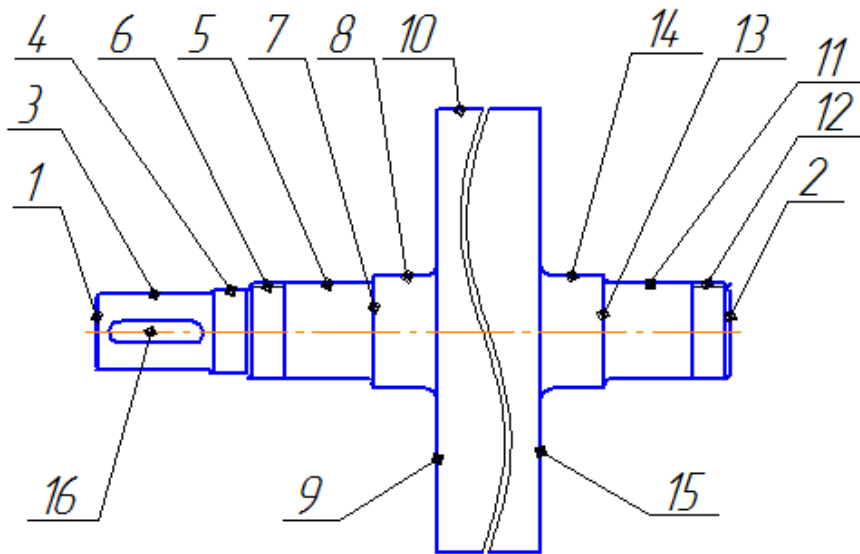
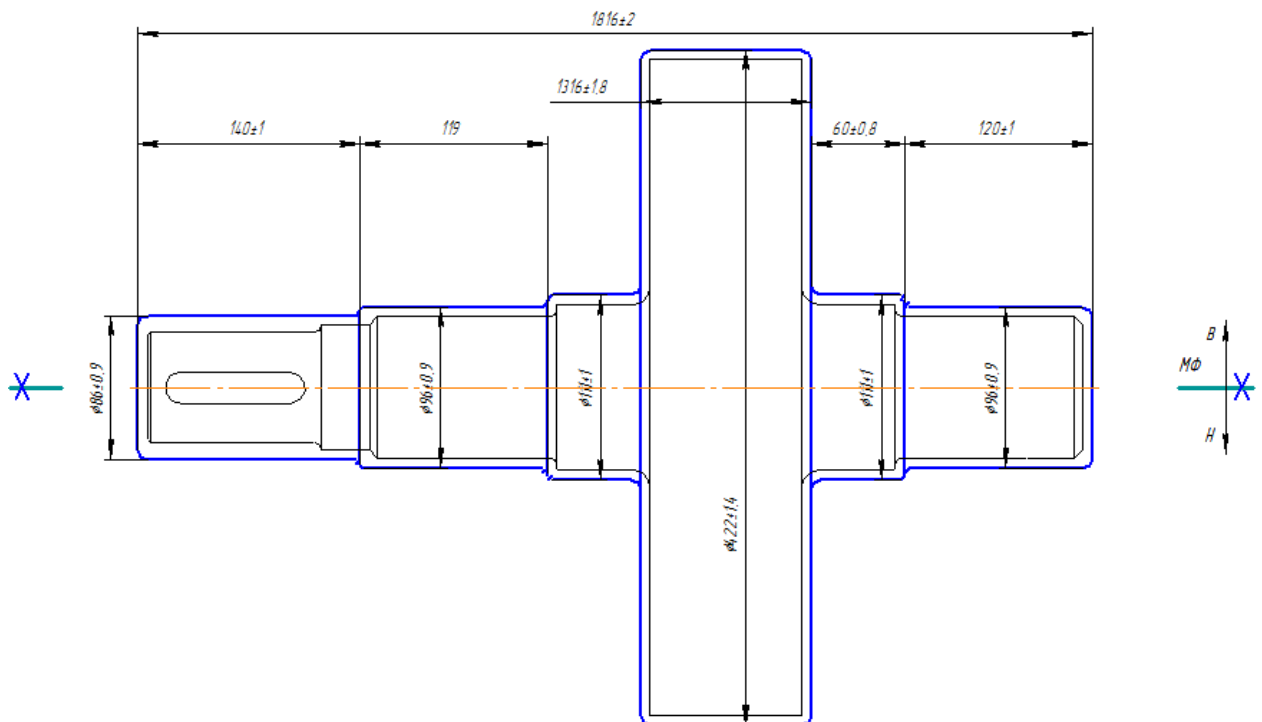


Рис. 8.2 Нумерація поверхонь деталі

Вибір виду та методу одержання заготовки

На підставі аналізу деталі за кресленням, навчальної та довідкової літератури вибираю спосіб отримання заготовки: поковка II - го класу точності.



Технологічний маршрут виготовлення валу

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристроїв, інструмент оброблювальний, контрольний
05	Заготівельна. Фрезерно – центрувальна.	Фрезерно – центрувальний верстат.
05.1	Торцювати в розмір 1810	
05.2	Центрувати, з двох сторін.	
10	Токарна з ЧПК	16К20Ф3 з ЧПК 2Р22.
10.1	Встановити заготовку в центра, закріпити деталь у повідковому патроні, зняти.	Повідковий патрон
	База – центра.	Різець прохідний упорний Т15К6
10.2	Розрахувати і ввести програму керування	Різець прохідний прямий Т15К6
10.3	Точити начорно Ф90h9 в розмір 120.	Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05
10.4	Точити начисто Ф90h7 в розмір 120.	
10.5	Підрізати торець Ф416 в розмір 60.	
10.6	Точити начорно Ф105h9 в розмір 60.	
10.7	Точити начисто Ф105n7 в розмір 60.	
10.8	Точити Ф416 наскрізь за прохід.	
10.9	Точити фаску Ф90, 3x45°	
10.10	Нарезать резьбу М90x2 в розмір 35 Контроль розмірів.	
20	Токарна з ЧПК	16К20Ф3 з ЧПК 2Р22.
20.1	Встановити заготовку в центра, закріпити деталь у повідковому патроні, зняти.	Повідковий патрон
	База – центра.	Різець прохідний упорний Т15К6
20.2	Розрахувати і ввести програму керування	Різець прохідний прямий Т15К6
20.3	Точити начорно Ф70h9 в розмір 110.	Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05
20.4	Точити начисто Ф70n6 в розмір 110	
20.5	Точити Ф80 в розмір 30 за прохід.	
20.6	Точити начорно Ф90h9 в розмір 120.	
20.7	Точити начисто Ф90h7 в розмір 120.	
20.8	Підрізати торець Ф416 в розмір 60.	

20.9	Точити начорно Ф105h9 в розмір 60.	67
20.10	Точити начисто Ф105n7 в розмір 60.	
20.11	Точити фаску Ф90, 3x45°	
20.12	Нарезать резьбу М90x2 в розмір 35 Контроль розмірів.	
30	Фрезерна з ЧПК.	Вертикально - фрезерний верстат 6Р13Ф3-01 Пристосування спеціальне. Фреза кінцева Ф20Р9 Т15К6, Штангенциркуль ШЦ-11- 250-0,05
30.1	Встановити, закріпити деталь у спеціальному пристосуванні, зняти. База – поверхня діаметром 70 і торець.	
30.2	Розрахувати і ввести програму керування	
30.3 30.4	Фрезерувати шпонковий паз 20Р9 в розмір 90. Контроль розмірів.	
40	Накатна	Спеціальний токарно-накатної верстат РТ30101 Накатник Т15К6 ШЦ-11- 250-0,05
40.1	Встановити, закріпити деталь у спеціальному пристосуванні, зняти.	
40.2	Сделать накатку на Ф416 Контроль розмірів.	
50	Термічна	Індуктор Твердомер
50.1	Встановити, закріпити деталь у спеціальному пристосуванні, зняти.	
50.2	Ф416 обробити ТВЧ на глибину 1 мм та загартувати 48...50HRC	
60	Слюсарна	Верстат слюсарний С-1 Лещата слюсарн Т-160 Терпуг плоский L=350, №2
60.1	Зачистити задирки, притупити гострі кромки.	
60.2	Візуальний контроль	
70	Упаковка	
70.1	Упакувати деталь в обгортувальний папір.	
70.2	Скласти в тару цехову.	

Визначення припусків на обробку

Розрахунок загального припуску заготовки ведемо за розміром $D = 90h7$

Технологічний процес обробки містить у собі 3 переходу:

- чорнове точіння $h10$, $Ra=3.2$ мкм,
- чистове точіння $h7$, $Ra=2.5$ мкм.

Поля допусків:

- заготовка $Td_0 = 1.600$ мм;
- чорнове точіння $Td_1 = 0.740$ мм;
- чистове точіння $Td_2 = 0.300$ мм;

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникає за конкретних умов обробки заготовки.

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних литтям, точність і якість поверхонь :

- для заготовки

$$Rz_0 + h_0 = 0.8 \text{ мм, т. 4, 3 с 63 [11];}$$

Якість поверхонь після механічної обробки т. 4, 6 с 65 [11];

- для чорнового точіння $Rz_1 = 0.040$ мм, $h_1 = 0.060$ мм;
- для чистового точіння $Rz_2 = 0.030$ мм, $h_2 = 0.040$ мм;

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$2 \cdot z_{i_min} = 2 \cdot \left[(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right]$$

де: Rz_{i-1} - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарні відхилення розташування поверхні;

Сумарні просторові відхилення , $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2}$,

де

$$\Delta_{\text{к}} = 0,003 \text{ мм/мм, т. 4, 7, 4, 8 с 66. . . 71 } L = 120 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L = 0.003 \cdot 120 = 0.36 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{\text{п}} = 0,001 \text{ мм/мм - питомий переки́с осі, т. 4, 7, 4, 8 с 66. . . 71 [11];}$$

$$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{п}} \cdot D = 0.001 \cdot 90 = 0.09, \text{ мм;}$$

Для заготовки

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{0.36^2 + 0.09^2} = 0.371 \text{ мм;}$$

Сумарні і просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma 0},$$

де K_y - коефіцієнт уточнення

$$\text{для чорнового точіння: } K_y = 0,06 ; \Delta_{\Sigma 1} = K_{y1} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0,06 \cdot 0,371 = 0,022 \text{ мм;}$$

$$\text{для чистового точіння: } K_y = 0,04; \Delta_{\Sigma 2} = K_{y2} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0,04 \cdot 0,371 = 0,015 \text{ мм;}$$

Визначаємо похибка установки $\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$, $\varepsilon_6 = 0$ -

настановна база співпадає з вимірювальною.

$$\varepsilon_3 = 0,020 \text{ мм - затиск в трикулачковому патроні т. 4, 10, 4, 13 с 75. . . 82 [11];}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 0,02^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Мінімальні припуски на обробку

$$z_{1\text{min}} = Rz_0 + h_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon^2} = 0.5 + 0.3 + \sqrt{0.371^2 + 0.02^2} = 1.172 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{1\text{min}} = 2.343 \text{ мм.}$$

$$z_{2\text{min}} = Rz_1 + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon^2} = 0.04 + 0.06 + \sqrt{0.022^2 + 0.02^2} = 0.13 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{2\text{min}} = 0.26 \text{ мм.}$$

Максимальні припуски на обробку

$$z_{1\text{max}} = z_{1\text{min}} + \frac{Td_0 - Td_1}{2} = 1.172 + \frac{1.6 - 0.74}{2} = 1.602 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{1\max} = 3.203 \text{ мм.}$$

70

$$z_{2\max} = z_{2\min} + \frac{Td_1 - Td_2}{2} = 0.13 + \frac{0.74 - 0.3}{2} = 0.35 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{2\max} = 0.7 \text{ мм.}$$

Розрахунковий максимальний розмір

$$d_{2\max} = D = 90 = 90 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = d_{2\max} + 2 \cdot z_{2\max} = 90 + 2 \cdot 0.35 = 90.7 \text{ мм}$$

$$d_{0\max} = d_{1\max} + 2 \cdot z_{1\max} = 90.7 + 2 \cdot 1.602 = 93.903 \text{ мм.}$$

Загальні припуски

$$z_{0\max} = z_{1\max} + z_{2\max} = 1.602 + 0.35 = 1.952 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0\max} = 3.903 \text{ мм.}$$

$$z_{0\min} = z_{1\min} + z_{2\min} = 1.172 + 0.13 = 1.302 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0\min} = 2.603 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків $Td_0 - Td_2 = 2 \cdot z_{0\max} - 2 \cdot z_{0\min}$;

$$Td_0 - Td_2 = 1.6 - 0.3 = 1.3 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0\max} - 2 \cdot z_{0\min} = 2 \cdot 1.952 - 2 \cdot 1.302 = 1.3 \text{ мм.}$$

Умова виконується. Отримані дані зводимо в таблицю

Таблиця 8.3. Розрахунок припусків

Операції та переходи		Заготовка	Чорн. точіння	Чист. точіння
Елементи припуску, мкм	$R_{z_{i-1}}$	$Rz_0 + h_0 = 800$	$Rz_1 = 40$	$Rz_2 = 30$
	$h_{z_{i-1}}$		$h_1 = 60$	$h_2 = 40$
	Δ	$\Delta_{\Sigma 0} = 371$	$\Delta_{\Sigma 1} = 22$	$\Delta_{\Sigma 2} = 15$
	ϵ		$\epsilon = 20$	$\epsilon = 20$
Розрахунковий припуск z_{min} , мм			$z_{1min} = 1.172$	$z_{2min} = 0.13$
Розрахунковий мінімальний розмір, мм		$d_{0max} = 93.903$	$d_{1max} = 90.7$	$d_{2max} = 90$
Допуск на виготовлення T_d , мм		$Td_0 = 1.6$	$Td_1 = 0.74$	$Td_2 = 0.3$
Граничний розмір, мм	d_{max}	$d_{0max} = 93.903$	$d_{1max} = 90.7$	$d_{2max} = 90$
	d_{min}	$d_{0min} = 92.303$	$d_{1min} = 89.96$	$d_{2min} = 89.7$
Граничні припуски, мм	Z_{max}		$z_{1max} = 1.602$	$z_{2max} = 0.35$
	Z_{min}		$z_{1min} = 1.172$	$z_{2min} = 0.13$

$$\Sigma_{max} = 3.9$$

$$\Sigma_{min} = 2.6$$

Остаточо приймаємо припуск на обробку отвору рівним $2 \cdot z_0 = 4$ мм

Розрахунок режимів різання розрахунково - аналітичним методом

Верстат токарний 16K20ф3, інструмент - різець прохідний упорний T15K6.

Глибина різання $t = 2$ мм;

Подача $s = 0.5$ мм/об табл. 34, с. 283 [12];

Швидкість різання

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V,$$

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня вибираємо по т. 17, с. 270 [12],

а періоду стійкості - по т. 40, с. 290 [12].

$$C_V = 290; \quad x = 0.15; \quad y = 0.35; \quad m = 0.2.$$

72

$$T = 120 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

визначаємо по т. 1. . . 4, с. 290 [2]:

$$K_{MV} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{1.75} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{1.75} = 1.836$$

$$K_{ПV} = 0,8 ;$$

$$K_{ИV} = 1,0$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,836 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,469;$$

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{C_V}{120^{0.2} \cdot 2^{0.15} \cdot 0.5^{0.35}} \cdot 1.469 = 187.816 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 187.816}{\pi \cdot 90} = 664.263 \text{ об/хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата $n_\phi = 640 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 90 \cdot 640}{1000} \cong 180.956$$

$$\text{сила різання} \quad P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня вибираємо по т. 39, с. 286 [12],

а періоду стійкості - по т. 41, с. 291 [12].

$$C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0.75; \quad n = -0.15$$

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу по т.9,с.286 [12]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{0.75} = \left(\frac{530}{750} \right)^{0.75} = 0.771$$

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v_\phi^n \cdot K_{MP} = 10 \cdot 300 \cdot 2 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 180,956^{-0,15} \cdot 0,771 = 1260,822$$

Н

Визначаємо ефективну потужність при різанні

$$N_э = \frac{P_Z \cdot v_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{1260,822 \cdot 180,956}{1020 \cdot 60} = 3,728 \text{ кВт.}$$

Так як ця потужність значно менше потужності верстата (10 кВт),

швидкість різання обмежується лише економічною стійкістю інструмента.

Визначаємо основний час на обробку

$$T_0 = \frac{L + l_1 + l_2}{S_m};$$

де $L = 120$ мм - довжина оброблюваної поверхні;

$$S_m = s \cdot n_\phi = 0,5 \cdot 640 = 320 \text{ мм/хв - хвилинна подача;}$$

$$l_1 = 10 \text{ мм - відстань підведення інструменту, } l_2 = 5 \text{ мм - перебіг}$$

інструменту,

$$T_{01} = \frac{L + l_1 + l_2}{S_m} = \frac{120 + 10 + 5}{320} = 0,422 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для операції 10 (чистове точіння)

Верстат токарний 16К20ф3, інструмент - різець прохідний упорний Т15К6.

Глибина різання $t = 0,3$ мм;

Подача $s = 0,15$ мм/об табл. 34, с. 283 [12];

Швидкість різання

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V,$$

значення коефіцієнта C_p і показників ступеня вибираємо по т. 17, с. 270 [12],

а періоду стійкості - по т. 40, с. 290 [12].

74

$$C_V = 290; \quad x = 0.15; \quad y = 0.35; \quad m = 0.2.$$

$$T = 120 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV}$$

визначаємо по т. 1. . . 4, с. 290 [12]:

$$K_{MV} = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{1.75} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530} \right)^{1.75} = 1.836$$

$$K_{ПV} = 0,8 ;$$

$$K_{IV} = 1,0;$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV} = 1,836 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,469;$$

$$v = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{C_V}{120^{0.2} \cdot 0.3^{0.15} \cdot 0.15^{0.35}} \cdot 1.469 = 380.475 \text{ м /хв.}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 380.475}{\pi \cdot 90} = 1345.655 \text{ об /хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата $n_\phi = 1130 \text{ об /хв.}$

Фактична швидкість різання

$$v_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000} = \frac{\pi \cdot 90 \cdot 1130}{1000} = 319.5 \text{ м /хв.}$$

сила різання

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{ip} \cdot$$

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня вибираємо по т. 39, с. 286 [2], а періоду стійкості - по т. 41, с. 291 [2].

$$C_p = 300; \quad x = 1; \quad y = 0.75; \quad n = -0.15$$

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу по т.9,с.286 [12]

$$K_{ip} = \left(\frac{\sigma_{\hat{a}}}{750} \right)^{0.75} = \left(\frac{530}{750} \right)^{0.75} = 0.771 .$$

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v_{\hat{\delta}}^n \cdot K_{ip} = 10 \cdot 300 \cdot 0.3 \cdot 0.15^{0.75} \cdot 319.5^{-0.15} \cdot 0.771 = 70.397 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність при різанні

$$N_{\hat{y}} = \frac{P_z \cdot v_{\hat{\delta}}}{1020 \cdot 60} = \frac{70.397 \cdot 319.5}{1020 \cdot 60} = 0.368 \text{ кВт.}$$

Так як ця потужність значно менше потужності верстата (10 кВт), швидкість різання обмежується лише економічною стійкістю інструмента.

Визначаємо основний час на обробку

$$T_0 = \frac{L + l_1 + l_2}{S_m};$$

де $L = 120 \text{ мм}$ - довжина оброблюваної поверхні;

$$S_m = s \cdot n_{\hat{\delta}} = 0.15 \cdot 1130 = 169.5 \text{ мм/хв} - \text{хвилинна подача};$$

$l_1 = 10 \text{ мм}$ - відстань підведення інструменту, $l_2 = 5 \text{ мм}$ - перебіг інструменту,

$$T_{02} = \frac{L + l_1 + l_2}{S_m} = \frac{120 + 10 + 5}{169.5} = 0.796 \text{ хв.}$$

У дипломному проекті здійснений ретельний огляд стану пивоварної галузі промисловості. Проведений глибокий теоретичний аналіз існуючих конструкцій та технологічних рішень процесу сушки солоду. Визначені основні недоліки та переваги у роботі солодосушарок безпервної та періодичної дії. Все це допомогло визначитися із актуальністю теми дипломного проекту та найбільш доцільною і раціональною модернізацією існуючого технологічного обладнання для висушування солоду, яке має перспективи свого впровадження у пивоварній галузі промисловості. Механізація завантажувально-розвантажувальних механізмів у 2-х ярусній сушарці значно покращить якість готового солоду, покращить умови праці та підвищить ефективність роботи сушарки в цілому. Доведена її техніко-соціальна ефективність.

Для модернізації була обрана 2-х ярусна солодосушарка періодичної дії. Для неї були здійснені усі необхідні розрахунки, а саме: технологічний розрахунок, розрахунок ефективності процесу сушіння, тепловий розрахунок. Здійснені конструктивні розрахунки із визначення та підбору основного та допоміжного обладнання: площі калорифера, вентилятора, відцентрового диску, лебідки, шнека тощо.

Висвітлені основні питання з монтажу та технічного сервісу обладнання, технології машинобудування. Розглянуті також питання із техніки безпеки при експлуатації обладнання, системи керування роботою солодосушарки.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження <i>Удадов Сергій</i>	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа <i>Чирко Андрій</i>	Назва, додаткова назва Висновки		180174.КР.11.000 ПЗ		
	Документ затверджено <i>Гавва Олександр</i>					

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ: 77

1. В.Е. Балашов, Кретов «Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности.» -1980.- 647с.
2. В.Е.Балашов, В.В.Рудольф "Техника и технология производства пива и безалкогольных напитков", Москва: Легкая и пищевая промышленность. -1981.- 247с.
3. Н.Г.Бойченко "Расчет сушильных установок", 1970
4. Д.М.Гальперин, Г.В.Миловидов "Технология монтажа, наладки и ремонта оборудования пищевых производств" - М.: Агропромиздат,1990.- 339с.
5. Гинзбург А.С. "Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности".- М.: Агропромиздат, 1985.- 336с.
6. Ф.Главачек, А.Ахотский "Пивоварение", Москва: Легкая и пищевая промышленность. – 1977г.,633с.
7. Ермолаева Г.А.,Колчева Р.А. "Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков".-М.:ИРПО;Изд.центр "Академия", 2000.-416с.
8. В.Кунц "Технология солода и пива", Санкт-Петербург: Легкая и пищевая промышленность. - 2004.-91
9. Л.Нарцисс "Технология солода": - Пер. с нем. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. - 504с.
10. Б.Н.Федоренко "Инженерия пивоваренного солода", Санкт-Петербург: Легкая и пищевая промышленность. - 2004.- 249с.
11. Харламов С.В. "Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств". – Л.:Агропромиздат. Ленинградское отд-ние, 1991. – 256с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Удадов Сергій</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Чирко Андрій</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Список використаної літератури	180174.КР.11.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва Олександр</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/1

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіль- кість	Прим. 80
				<u>Документація</u>		
A1				Складальне креслення		
A4				Пояснювальна записка		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Жолоб	3	
		2		Шнек	3	
		3		Моторредуктор	1	
		4		Завантажувальний патрубок	1	
		5		Розвантажувальний патрубок	1	
		6		Люк	2	
		7		Кришка	2	
		8		Кришка	2	
		9		Кришка	2	
		10		Підшипник	1	
				ГОСТ 28428-90		
		11		Болт М16	8	
				ГОСТ10602-94		
		12		Гайка	8	
				ГОСТ10605-94		
		13		Шайба	16	
				ГОСТ 10906-78		
		14		Болт М8	4	
				ГОСТ10602-94		

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Удовод Сергій	Вид документа Специфікація		Статус документа			
Власник документа НУХТ	Розробник документа Чирко Андрій	Назва, додаткова назва Шнековий транспортер		180174.КР.11.000 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва Олександр						

