

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

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра ТОКТП

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв
на тему: «Модернізація шнекового солодозворощувача типу Ш4-ВВШ8 шляхом
удосконалення конструкції»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗОХ-5-2 Скринський Анатолій Костянтинович
(прізвище та ініціали)

Керівник Корнієнко Людмила Вікторівна
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Обладнання переробних і харчових виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Мирончук В.Г.

“ ___ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Скринського Анатолія Костянтиновича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація шнекового солодозворощувача типу Ш4-ВВШ8 шляхом удосконалення конструкції

керівник роботи Корнієнко Людмила Вікторівна, к.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи *технічний паспорт обладнання; кресленники обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *анотація, зміст; вступ, порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідного матеріалу і готової продукції, опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи обладнання, вибір конструкційних матеріалів, розрахункова частина, вимоги до монтажу, експлуатації, ремонту, технологія виготовлення окремих деталей, заходи по охороні праці та техніки безпеки, охорона довкілля, висновки, список використаних літературних джерел, специфікації.*

5. Перелік графічного матеріалу - загальний вигляд обладнання з технічною

характеристикою (1 аркуш); креслення збіркових одиниць з необхідною кількістю проєкцій, розрізів, перетинів та креслення вузлів деталей, конструкція яких розроблена студентом (3 аркуші); креслення ключової деталі складальної одиниці у відповідності з технологією процесу її виготовлення (1 аркуш).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	<i>Вступ</i>	1.10.2020	
	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	10.10.2020	
	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	15.10.2020	
	<i>Характеристика вихідного матеріалу і готової продукції</i>	25.10.2020	
	<i>Опис запропонованого технічного рішення</i>	1.11.2020	
	<i>Будова та принцип роботи обладнання</i>	15.11.2020	
	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	20.11.2020	
	<i>Розрахункова частина</i>	1.12.2020	
	<i>Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту</i>	15.12.2020	
	<i>Технологія виготовлення окремих деталей</i>	30.12.2020	
	<i>Заходи по охороні праці та техніки безпеки</i>	8.01.2021	
	<i>Висновки,</i>	11.01.2021	
	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	29.01.2021	
	<i>Подача ДП на кафедру</i>	1.02.2021	

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Скринський А.К. _____
(прізвище та ініціали)

Корнієнко Л.В. _____
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація.....	5
Вступ.....	6
1. Порівняльний аналіз технічних рішень і поставленої задачі.....	8
2. Техніко-економічне і соціальне обґрунтування.....	15
3. Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	17
4. Вибір конструкційних матеріалів.....	25
5. Розрахункова частина:	
5.1. Розрахунок продуктивності.....	27
5.2. Визначення геометричних параметрів солодовні.....	27
5.3. Розрахунок повітряної камери.....	28
5.4. Розрахунок шнеку.....	30
5.5. Кінематичний розрахунок.....	32
6. Технологія виготовлення окремих деталей.....	39
7. Вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту.....	51
8. Охорона праці та техніка безпеки.....	58
Висновки.....	61
Список використаної літератури.....	62
Специфікації	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему «Модернізація шнекового солодозворушувача типу Ш4-ВВШ8 шляхом удосконалення конструкції» виконаний згідно виданому завданню.

Під час виконання дипломного проекту було наведено сучасний стан пивоварної галузі, проведений аналіз існуючого обладнання та технології процесу пророщування солоду. Проведено технологічний розрахунок ящичної солодовні, кінематичний розрахунок зворушувача, розрахунок повітря для аерації солоду, викладені основні вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту обладнання. Висвітлені питання техніки безпеки та охорони навколишнього середовища. Проведена модернізація шнеку, для покращення процесу зворушення та вивантаження солоду.

Дипломний проект складається пояснювальної записки об'ємом 65 ст. та 5 листів креслень формату А1, на яких зображено загальний вигляд обладнання, вузли, модернізація, апаратурно-технологічна схема та технологія виготовлення деталі зворушувача.

Ключові слова: слодозворушувач, шнек, лопатки, модернізація.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

ВСТУП

У останні роки у світі спостерігається тенденція до збільшення споживання пива, яке користується незмінною популярністю серед різних шарів населення завдяки своєму приємному смаку, освіжаючому ефекту, тонізуючій дії, відносній дешевизні та доступності. У деяких європейських країнах об'єми виробництва пива перевищують можливості його внутрішнього споживання, наприклад один з найбільших показників виробництва пива на душу населення в Чехії – біля 160 л.

На сьогоднішній день ми є свідками того, як глобальна експансія пива зачепила і Україну. Але все одно наша країна належить до країн з малим споживанням пива, питоме вживання не перевищує 40 л на душу населення.

Сьогодні Україна – являється одною з провідних країн Європи по виготовленню високоякісного пивоварного солоду. Для цього на території нашої держави є всі необхідні природні умови для вирощування пивоварних сортів ячменю. Вирощування зерна зосереджено на території Вінницької, Хмельницької та Житомирської областей. В цих регіонах і розташовані заводи-гіганти по виробництву солоду.

Нещодавно ЗАТ «Оболонь» побудувало сучасний солодовий завод на території Хмельницької області, в селі Чемерівці. Потужність заводу 180 тис. тон пивоварного солоду на рік. В той час коли на потреби пивзаводу «Оболонь» потрібно приблизно 120 тис. тон солоду на рік.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ		16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

З кожним роком підприємства пивоварної промисловості збільшують свої потужності, з метою забезпечення населення нашої країни потрібною кількістю пиво-безалкогольних напоїв. Тому підприємства встановлюють найсучасніше обладнання, або змінюють ним старе.

Для покращення та прискорення процесу солодоращення на провідних підприємствах встановлюють сучасні солодоростильні агрегати – ящичні солодовні та солодоростильні апарати типу «Пересувна грядка». Ці дві солодовні схожі за принципом дії, та відрізняються тільки солодозворощувачами.

Для виконання дипломного проекту, з метою підвищення ефективності вивантаження солоду із пневматичної ящичної солодовні, було запропоновано модернізацію шнекового солодозворощувача

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Солод виготовляють у спеціальних приміщеннях - солодовнях, обладнаних апаратами для замочування, пророщування ячменю та висушування солоду. Існує два види солодовень: токові та пневматичні. Останні поділяються на ящикові та барабанні. Різновидом ящикової, є солодовня типу "пересувна грядка". В останні роки все ширше застосовуються установки або цілі солодовні, що суміщують усі процеси приготування солоду в одному апараті, так звані статичні солодовні. Це великі ящики, на сита яких завантажують 300 і навіть 500 т вимитого і продезинфікованого ячменю(за кордоном).

1.1.Токові солодовні

Це - найпростіший та найстаріший тип солодовні. З кожним роком таких солодовень стає все менше і менше і в нашій країні їх майже зовсім немає. Але вони мають ту перевагу, що майстер-солодар має можливість спостерігати за процесом росту зерна і точно регулювати його в міру потреби. Деякі консервативні фахівці навіть до цього часу вважають, що пивоварний солод високої якості можна виготовити тільки у токовій солодовні, хоч вона має певні недоліки.

Токові солодовні розміщуються в одно (частіше) або в багатоповерхових приміщеннях з гладенькою підлогою-током, на якому і пророщують ячмінь. Висота приміщення солодовні 3...3,5 м. Температура у солодовні повинна бути 10...12 °С, відносна вологість повітря 90%. У зв'язку із складністю підтримування такої

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Корнієнко Л.В.</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа НУХТ</i>	<i>Розробник документа Скринський А.К.</i>	<i>Назва, додаткова назва Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>16-2558.ДП.09.000.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено Мирончук В.Г.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Аркул 1</i>

температури часто старі токи розміщували у підвальних приміщеннях так, щоб перекриття було заглиблене у ґрунт приблизно на 1 м. З іншого боку, ток повинен розміщуватись на 1 м вище рівня підземних вод, бути добре ізольованим і рівним з цементною стяжкою. Він не повинен ні поглинати ні віддавати вологу та бути довговічним. Для стоку води току надають схил в бік каналізації 0,02°, а по боках влаштовують стічні канавки. Пристінні краї підлоги повині бути закруглені, щоб не утворювався кут біля стіни.

1.2. Солодоростильний агрегат типу «Пересувна грядка»

Солодовня с пересувною грядкою (рис. 1.1) представляє собою довгий ящик 6, підситовий простір 9, який розділено перегородками на декілька відділень впоперек, кількість яких дорівнює або кратне числу діб пророщення. Вздовж стінок ящика прокладено рейки, по яким пересувається ковшовий солодозворощувач 5 за допомогою каретки 4. При робочому ході зворощувач пересипає зарно, що пророщується, тим самим не тільки переміщує його, але й переміщує вздовж ящика. Здійснюючи робочий хід зворощувач рухається від місця вивантаження готового солоду до місця завантаження замоченого ячменю. Замочене зерно із замочних чанів 7 і 8 завантажується в одне й те саме місце солодоростильного ящика 6. Зворощувач здійснює рух з періодичністю в 12 або 24 години. І кожен раз перекидає зерно далі, а на його місце завантажується замочене зерно. Солод, пересуваючись від місця завантаження до місця розвантаження при кожному робочому ході зворощувача, вивантажується в бункер 3, звідки транспортерами 1 і 2 передається на сушку.

Пророщене зерно аерується кондиційованим повітрям, яке нагнітається вентилятором в центральний канал 10, що проходить вздовж всього солодоростильного ящика 6. Подача кондиційованого повітря з каналу 10 в кожен секцію під ситового простору 9 регулюється шибером в залежності від

інтенсивності росту зерна, необхідності відводу диоксида вуглецю і підтримання оптимальної температури.

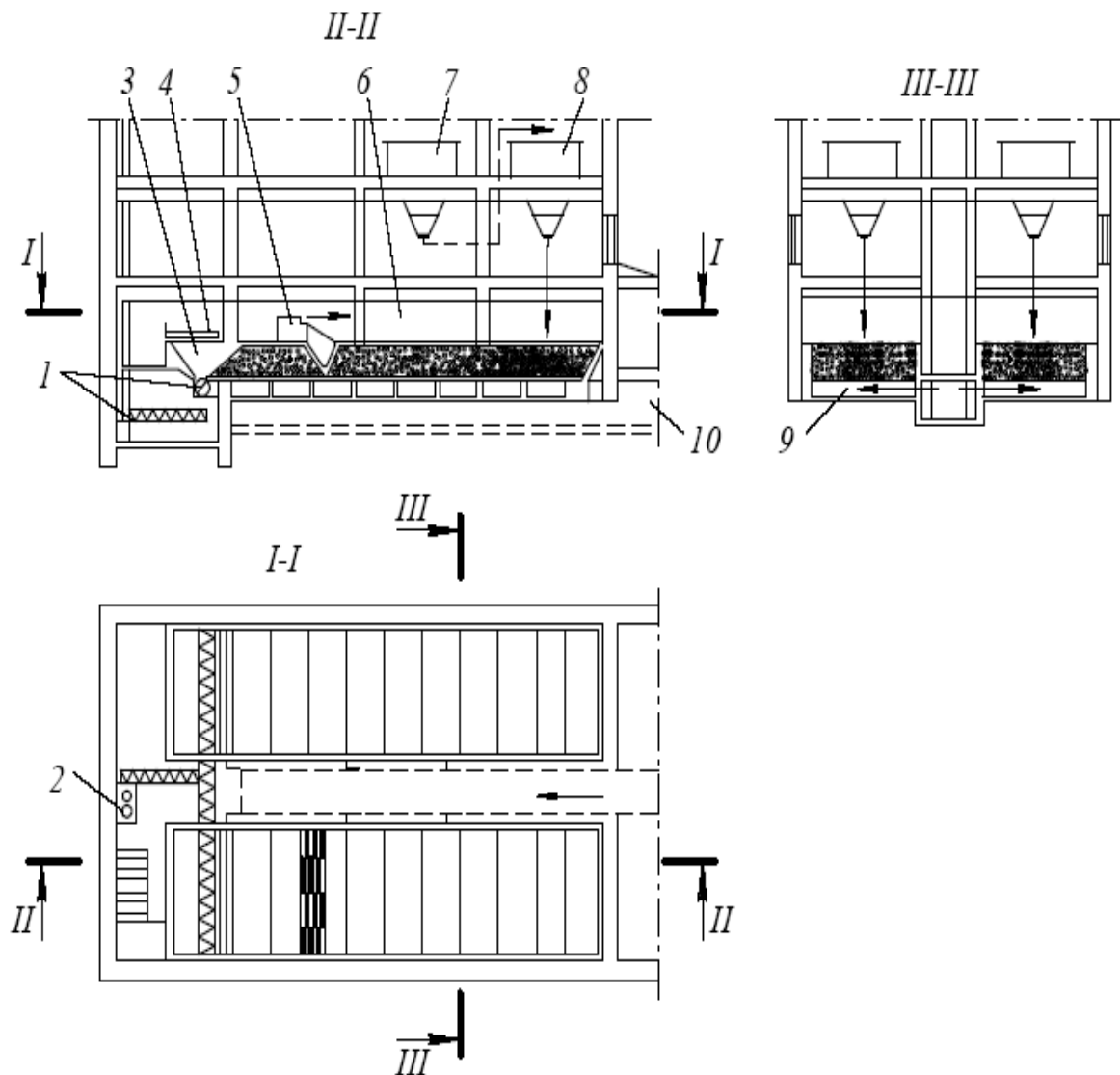


Рис. 1.1. Солодоростильний апарат типу «Пересувна грядка»

При паралельній установці декількох солодоростильних ящиків 6 з пересувною грядкою кондиціонери розміщуються так, щоб в кожному з них повітря готувалось до певної стадії солодощення:

В першому кондиціонері – незволене повітря для підсушування вологого зерна і підв'ялення свіжепророслого солоду перед вивантаженням його з солодовні в сушарку;

В другому кондиціонері – охоложене і зволене повітря для аерації грядки на третій – четвертий день солодощення і т.д.

1.3. Пневматичний барабанний солодоростильний апарат

Солодоростильні барабани. Пневматичний солодоростильний барабан з плоским ситом (рис. 1.2) представляє собою горизонтальний циліндр 7 з двома бандажами 5, що опираються на 2 пари роликів 9.

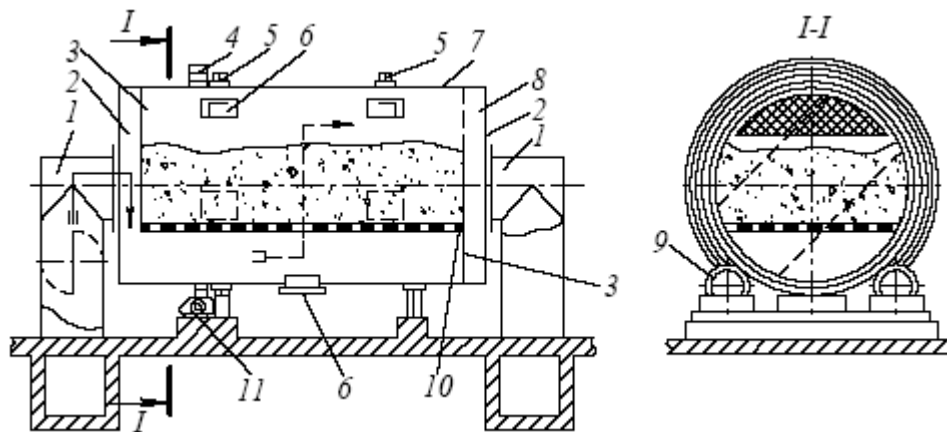


Рис. 1.2. Пневматичний солодоростильний барабан з плоским ситом.

На ведучий бандаж встановлено черв'ячне колесо 4, що знаходиться в зачепленні з черв'яком 11, що приводить барабан 7 в рух. Люки 6 на корпусі барабана призначені для завантаження та вивантаження свіжепророслого солоду. Замочене зерно рівномірно завантажується на плоске сито 10. Після заповнення через верхні люки 6 зерном барабана 7 барабан починає обертатися. Пророщування зерна проходить в непрацюючому барабані, з нижнім положенням сита 10. Кондиційоване повітря подається по лівому повітряному каналу 1, проходить між днищами 2 і 3 та потрапляє в підситовий простір, звідки через сито 10 проходить через шар солоду в барабані 7. Відпрацьоване повітря через сітку 8 внутрішнього днища 3 проходить в камеру між днищами 2 і 3 та виходить з барабана по правому повітряному каналу 1 в атмосферу або на рециркуляцію. Обертання барабана 7 (1 оберт за 45 хв.) для переміщення солоду здійснюється 1...2 рази на добу. В цей період подача повітря припиняється. В перші дні, коли завантажили зерно, барабан 7 на протязі певного періоду часу знаходиться у спокої,

завдяки цьому процес пророщування зерна прискорюється. Аерацію зерна починають кондиційованим повітрям ($t = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\phi = 100\%$), коли зерно досягає температури $16\text{...}17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Аерація проходить до тих пір, поки солод не охолodиться до температури $12\text{...}14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Свіжепророслий солод вивантажується через люки б шнеками, що встановлені всередині барабана над ситом. В цей період сито знаходиться у верхньому горизонтальному положенні.

Для барабанів з плоским ситом і ситчастими трубами (рис. 1.3) ступінь заповнення апарату складає $50\text{...}60\%$, а зерно продується кондиційованим повітрям і перемішується в результаті повільних обертів.

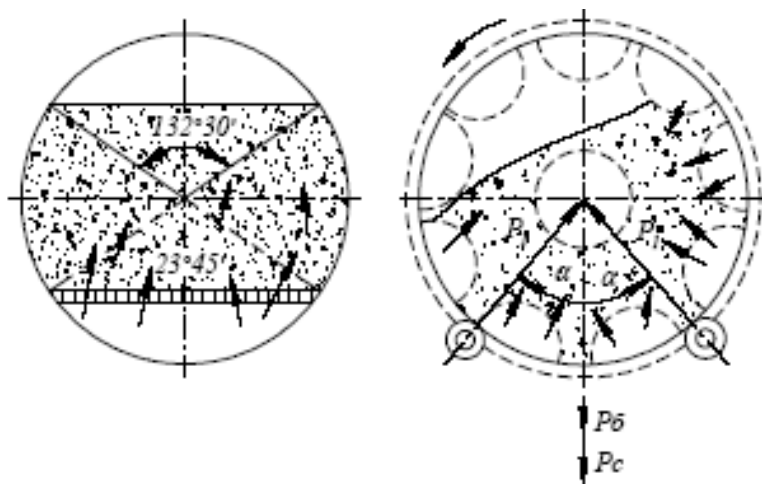


Рис. 1.3. Пневматичний солодоростильний барабан з плоским ситом

Кількість барабанів приймають рівним кількості діб солодорощення. В барабані з ситчастими трубами, що примикають до периферії внутрішньої обичайки, всередині закріплена центральна ситчаста труба. Периферійні труби призначені для подачі повітря в шар солоду, що пророщується, а центральна труба – для виведення з барабану відпрацьованого повітря.

1.4. Ящичні солодовні

Ящична солодовня – це приміщення, в якому розміщені прямокутні відкриті ящики з подвійним дном, верхнє з яких є сито. У наш час це найпоширеніший вид солодовень. Ящики монтують групами або індивідуально в закритих герметизованих камерах, що забезпечує солодування ячменю з накопиченням CO₂. Кількість ящиків відповідає довгочасності пророщування зерна (діб); дуже часто це - 8 ящиків. Однак у зв'язку з застосуванням прогресивної технології тривалість солодоращення скорочується до 7 і навіть до 6 діб.. Висота підситового простору 1,8...2,0 м. Це дозволяє входити без перешкод під сито і виконувати необхідні роботи профілактичного ремонту, очищення і т.п. У старих ящиках або солодовнях, перебудованих із токових, висота підситового простору зустрічається від 0,4 до 0,7 м.

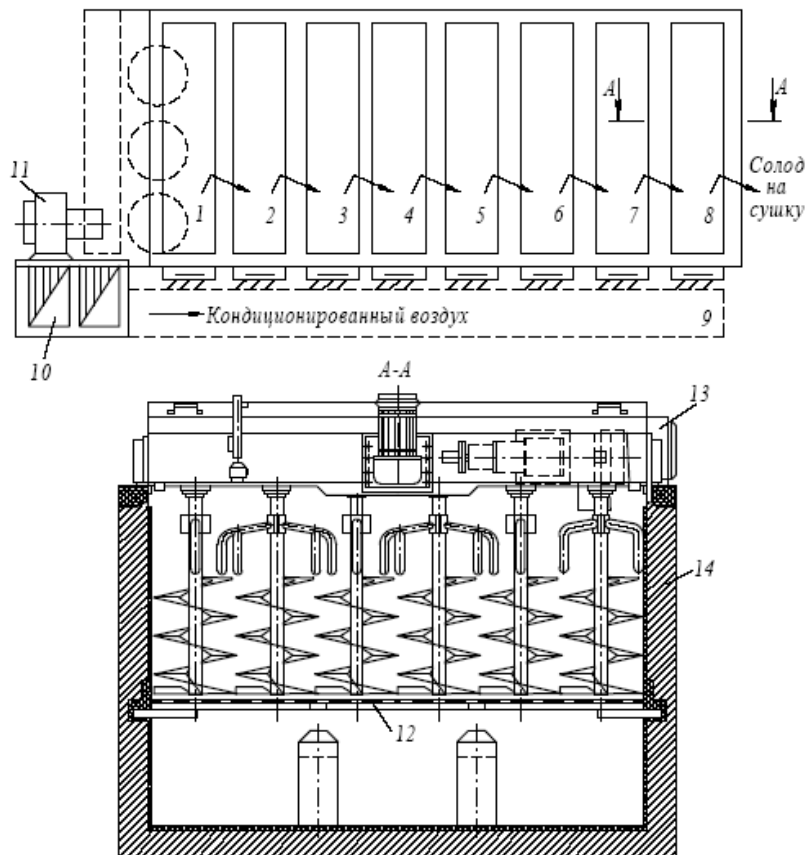


Рис. 1.4. Пневматична ящична солодовня

Пневматичний апарат для пророщування зерна (Рис. 1.4) має прямокутну форму відкритою верхньою частиною. В ящиках 1...8 на висоті 0,6...0,8 м від основного дна встановлюється ситчасте дно 12, на яке висипається зерно для подальшого пророщування. Підситовий простір – це канал для подачі кондиційованого повітря в шар солоду. Повітря нагнітається в кондиціонер 10, потім у підситовий канал вентилятором 11. Переміщення і вивантаження солоду здійснюється шнековим зворощувачем 13. В корпусі ящика 14 зерно висипається горизонтальним шаром висотою 0,6...1,5 м на несучому піддоні 12. Розрівнювання, зворощення та вивантаження свіжепророслого солоду виконується шнековим зворощувачем 13. Пневматичний апарат оснащений окремим вентилятором, системою охолодження і зволоження повітря. Відношення ширини апарата до його висоти вибирається з урахуванням рівномірного розподілу повітря і може складати 1 : 4 та 1 : 8. Стінка апарата висотою 1,2...3 м над ситом, виготовлена із залізобетону або цегли товщиною 0,15...0,20 м. На верхній частині бокових стін встановлені рейки і зубчасті штанги для переміщення зворощувача вздовж ящика. Висота підситового простору апарата складає 1,6...2,0 м. Живий переріз сит, на яких знаходиться зерно, повинно бути не більше 20 %. Днище апарата повинно бути нахилене для стоку води у збірник. Вивантаження свіжепророслого солоду з апарата проходить на протязі 2...3 год.

На відміну від інших солодоростильних апаратів пневматична ящична солодовня найбільш розповсюджена і широко застосовується у пивоварній промисловості.

Основні переваги:

1. Підтримання потрібних умов для пророщування солоду: аерація, зрошування, тощо;
2. Низькі енергозатрати.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ, СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Сьогодні харчова промисловість України вийшла на абсолютно новий рівень. Новітні технології, сучасне обладнання, автоматизація майже всіх процесів харчової промисловості – це все, чого досягли провідні підприємства харчової промисловості. В наш час людський фактор на підприємстві майже відсутній.

Технічна база підприємств пивоварної промисловості за останні роки інтенсивно оновлюється. Тому при модернізації обладнання найбільший економічний, технічний і соціальний ефект повинні давати ті рішення, які спрямовані на раціональне використання сировини і матеріалів, впровадження матеріалозберігаючої техніки та технології.

Тому при виборі солодоростильних апаратів в першу чергу потрібно звернути увагу на раціональність використання саме цього апарату. На підприємствах великих потужностей дуже прискіпливо вибирають апаратуру, з якою будуть працювати. Адже чим більше потужності підприємства, тим більші затрати на виробництво, ремонт і обслуговування обладнання, заробітну платню працюючим.

Важливим засобом прискорення науково-технічного прогресу у пивоварній промисловості являється сучасна модернізація обладнання, заміна морально застарілої техніки на сучасну, яка не поступається по якості, надійності, металоємності та енергоємності кращим досягненням науки.

Невисока ефективність впровадження нової техніки часто пов'язана з недосконалістю конструктивних рішень окремих видів машин. Мета цієї модернізації – виключення недоліків роботи попередніх зразків такого обладнання, які травмували солод на стадії проростання. Дана модернізація еконо-

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i>		16-2558.ДП.09.000.ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.	Техніко-економічне і соціальне обґрунтування		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA
						<i>Аркуш</i> 1

мічно вигідна, з точки зору прискорення процесу вивантаження солоду і зберігаючи при цьому цілісність зерна.

Виходячи з цього ми отримуємо якісний і непошкоджений солод. В середньому процес вивантаження проходить близько 2-х, 3-х годин. При даній модернізації час вивантаження зменшується до 0,5 – 1 години.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

В основу класифікації обладнання для солодощення і отримання ферментних препаратів закладені ознаки, що характеризують фізіологічні, біохімічні, мікробіологічні та інші процеси, в залежності від яких обладнання можна розділити на такі групи:

- обладнання для проведення фізіологічних та біохімічних процесів, до яких відноситься солодоростильні установки для виробництва ячмінного, рисового та інших видів солоду в пивоварній промисловості, виробництві квасу та спирту;
- обладнання для проведення мікробіологічних процесів, до яких відносяться дріжджові та дріжджеростильні апарати для виробництва спиртових та хлібопекарських дріжджів;
- обладнання для проведення ферментних процесів, до яких відносяться ферментатори та біореактори для виробництва біологічних матеріалів.

Основною метою пророщування солоду – є синтез і активізація неактивних ферментів, під впливом яких в процесі затирання розчиняються всі речовини зерна. В зерні, що пророщується, відбуваються ті самі біохімічні і фізіологічні зміни, що і в природному його пророщуванні. Перехід зародка від стану спокою до активізації життєдіяльності можливий тільки при достатній вологості, а також достатній кількості кисню та при оптимальній температурі.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i>		16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.	<i>Характеристика вхідного матеріалу і готової продукції</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

Для створення ефекту штучного пророщування і використовуються солодовні. Пророщування і пробудження зерна до життєдіяльності відбувається у спеціальних приміщеннях солодовні, в так званих ящиках, при постійній вологості, температурі та вмісті кисню.

3.1. Технологія виробництва солоду

Виробництво солоду – процес, що потребує постійного контролю, та відбору сировини. Зерно поступає на виробництво залізничним або автомобільним транспортом. Перед вивантаженням ячмінь зважують. Після вивантаження зерно очищають від легких та важких домішок, потім знову зважують на автоматичних вагах. Після цього його миють та дезінфікують. Потім іде процес сортування ячменю, зважування і зерно по сортам відправляють на відлежування.

Після відлежування зерно направляють на мийку, а далі в солодоростильний агрегат. Процес солодоращення поділяється на 2 етапи: замочування і пророщування. Процес замочування виконується з метою збільшення вологості зерна до 43 – 45 % і триває від 36 до 96 годин. після замочування солод пророщують у солодовнях різної конструкції.

Пророщування солоду у пневматичній ящикній солодовні триває приблизно 8 діб. У солодовні підтримується постійна волога, температура зерна, а також вміст кисню в ньому.

Пневматична ящикна солодовня включає в себе :

- 8 ящиків для світлого і 9 ящиків для темного солоду;
- Загальні та індивідуальні камери для кондиціювання повітря;
- Засоби для завантаження замоченого зерна в ящики, та вивантаження з них свіже пророслого солоду;
- Механічні шнекові зворощувачі.

Солодоростильні ящики обладнані індивідуальними засобами для зворушення та підгрівання свіже пророслого солоду до місця його забирання пневмотранспортною установкою, або до спуску на механічний транспорт (гвинтовий, стрічковий чи вібротранспортер) і груповими або індивідуальними камерами кондиціонування повітря.

Індивідуальні камери встановлюються у випадку одночасної переробки ячменю різних сортів зі змінним режимом пророщування.

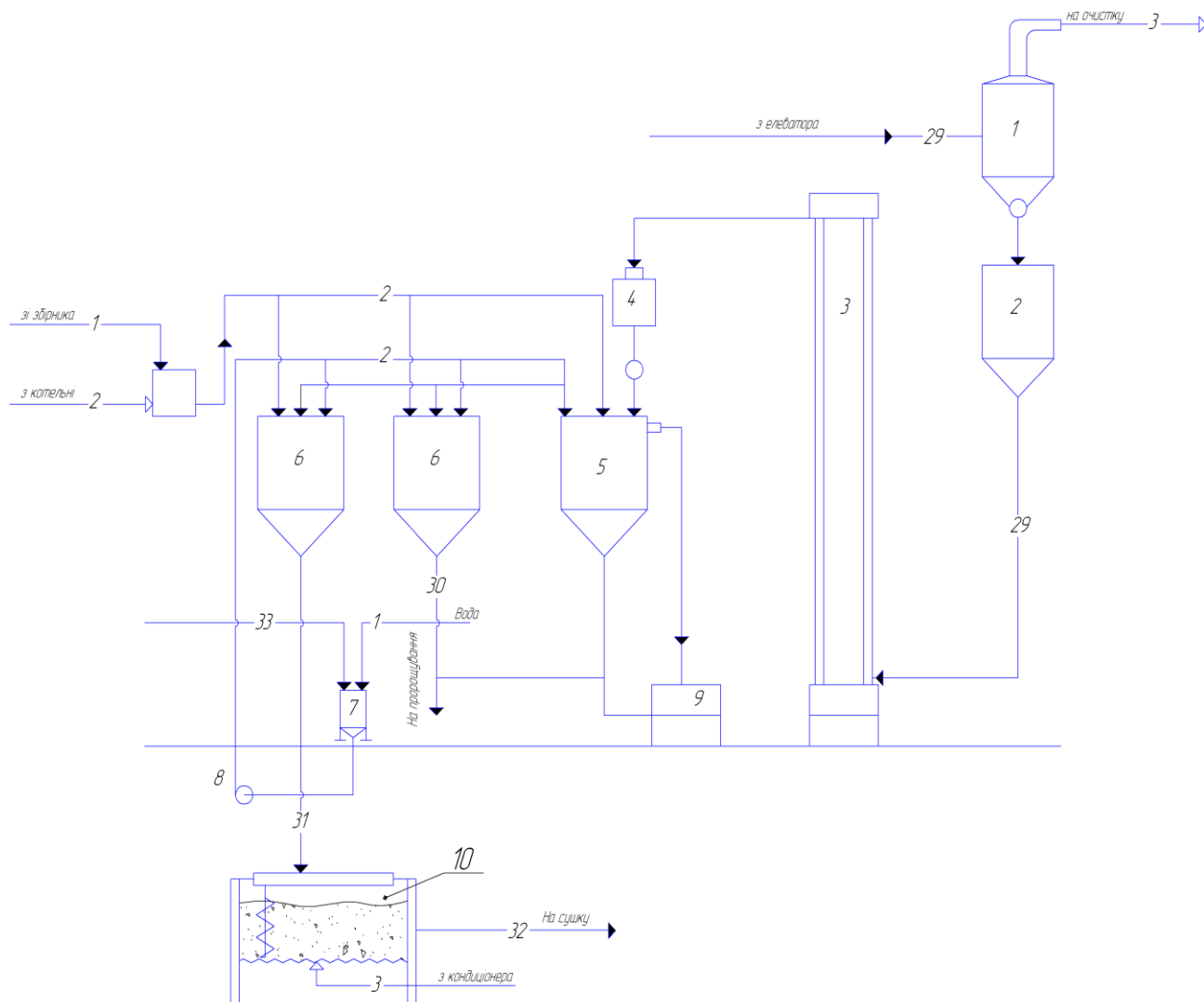


Рис. 3.1. Апаратурно-технологічна схема

Виробництво солоду проходить по наведеній вище схемі. Очищений та відсортований ячмінь I і II сорту із зерноховища пневматичним або меха-

нічним транспортом поступає з розвантажувального бункера 1 в приймальний бункер 2. Далі норія 3 транспортує зерно на ваги (ДМ-500) 4 і направляє його в мийний чан 5, де зерно миється від бруду і при необхідності дезінфікується. Легкі зерна (сплав) випливають на поверхню і разом з водою потрапляють в чан для сплава 9. Через добу зерно з чана 5 разом з водою перекачують насосом в замочний чан 6. За допомогою насоса 8 дезінфікуючий розчин з бачка 7 потрапляє в чан 5. По закінченню процесу замочування зерно з водою насосом перекачують в солодоростильний апарат (Пневматичний ящичний солодоростильний апарат 11). Пророщений солод вивантажують з апарата 11 і механічним або пневматичним транспортом подається на сушку.

3.2. Будова та принцип роботи запроєктованого обладнання

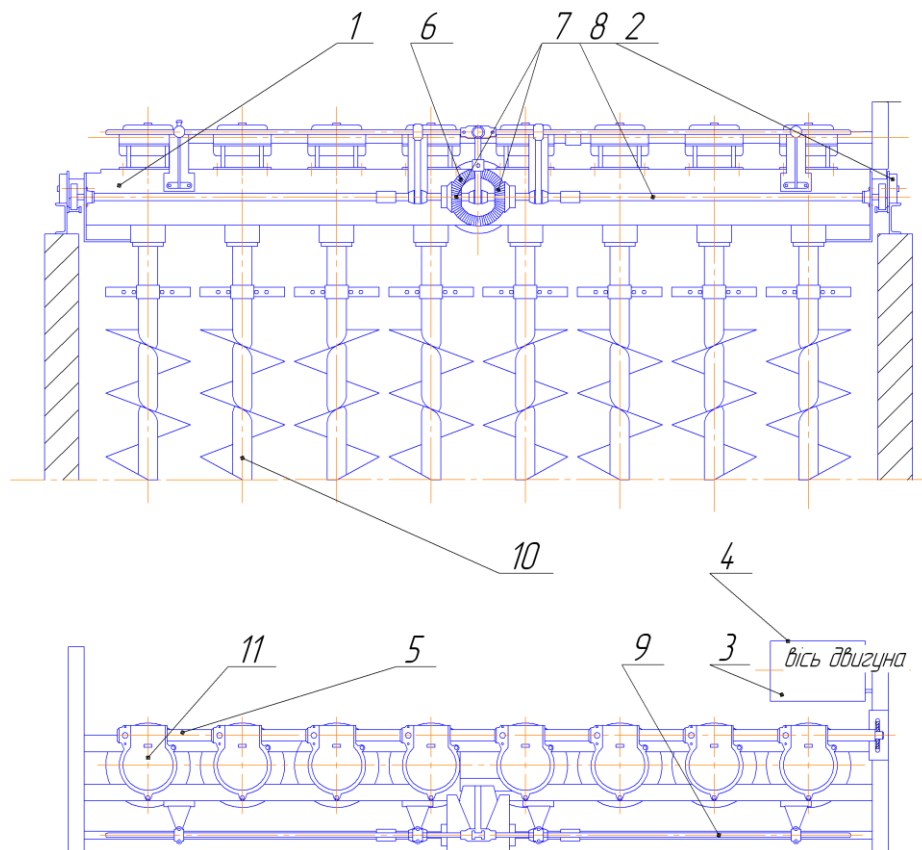


Рис. 3.2.Шнековий солодозворощувач

Шнековий солодозворощувач являється основним елементом пневматичної ящичної солодовні. Солодовенний цех включає в себе 8 ящиків для пророщування світлого і 9 для пророщування темного солоду.

Шнековий зворощувач представляє собою зварний корпус, в якому встановлені механізм зворощення, який забезпечує обертання вертикальних шнеків, перемішуючих солод, механізм переміщення і зрошувальна система, що забезпечує подачу води до зерна. Управляють зворощувачем з пульта, що знаходиться на самому апараті, або дистанційно – з іншого приміщення.

Сам солодозворощувач (Рис. 3.2) уявляє собою апарат з вертикальними шнеками 10, що обертаються за допомогою черв'ячної пари 11. З електродвигуна 3 передається крутний момент через вал 5 на черв'ячний редуктор. Електродвигун розташований на плиті каретки 3. Каретка 1 – є корпусом апарата. Вона рухає апарат вздовж ящика за допомогою коліс 2. З конічної передачі 6, 7 крутний момент передається через вал 8 на цевкові зірочки, які і переміщують апарат вздовж солодоростильного ящика.

3.3. Опис запропонованого технічного рішення

З метою підвищення продуктивності солодовні, було запропоновано провести модернізацію шнеків зворощувача.

На рис. 3.3 зображено солодоростильний ящик зі шнековим зворощувачем, на рис. 3.4 – загальний вигляд солодозворощувача для зворощення і вивантаження солоду із солодоростильного ящика, на рис.3.5 – ділянка солодозворощувача з лопатками.

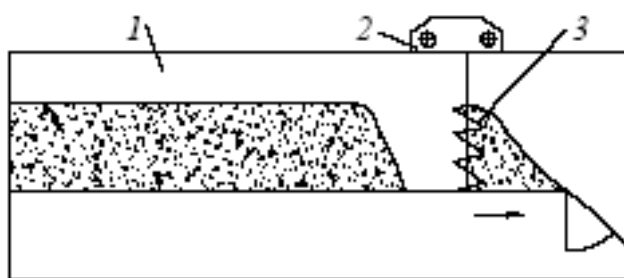


Рис. 3.3. Солодоростильний ящик

Агрегат з вертикально встановленими на каретці шнеками, в нижній частині яких встановлені плоскі скребки, механізм підводу шнеків, механізм блокування та систему реверсивного переміщення каретки вздовж ящика.

Згідно винаходу (Пат. № 1763477 РФ, С12 С1/14) кожний шнек оснащений лопатками, встановлених по висоті шнека з діаметрально протилежних сторін між його витками. Кожна лопатка складається з 2-х пластин, один край відігнутий в бік розкривання відповідної частини лопатки, а інший – шарнірно встановлений на нерухомо закріпленому валу, розташованому перпендикулярно осі вала і паралельно скребкам. При цьому на валу встановлений фіксатор розкриття лопатки, який також служить для розрізання потоку.

Дане технічне рішення дозволяє, в режимі вивантаження переміщувати значно більший об'єм солоду.

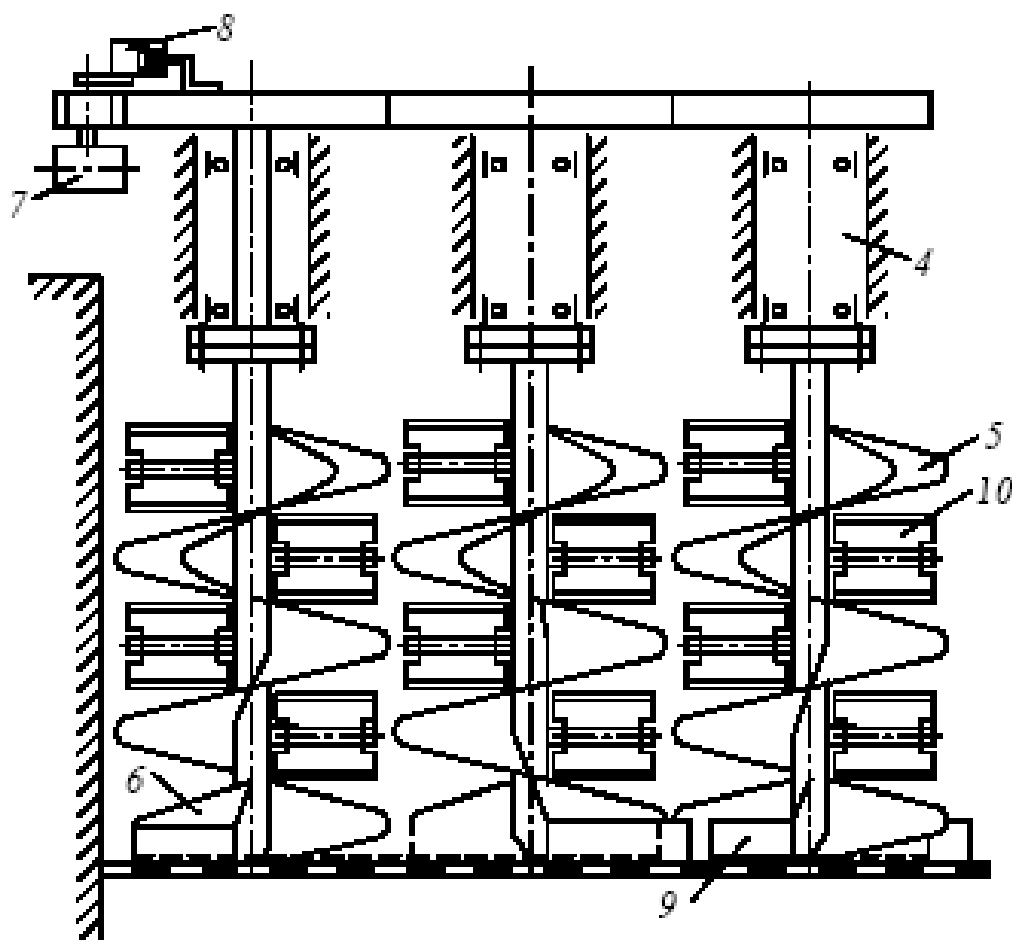


Рис. 3.4. Загальний вигляд солодозворощувача

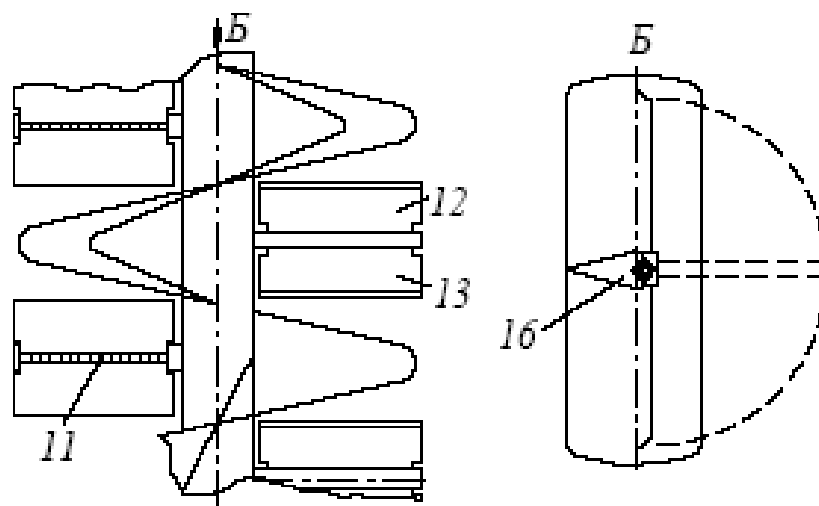


Рис.3.5.Ділянка шнека з лопатками

В початковому положенні солодозворошувач знаходиться в пустому ящику 1. Пластини 12 і 13 висять на тримачі 9. Краї пластин 12 і 13, лопатки 10 направлені, під дією сили тяжіння вниз. Після заповнення ящика 1 солодом, здійснюється процес зворощення. Для цього вмикається привод 7, який обертає шнеки 3 і одночасно переміщує каретку 2 вздовж солодоростильного ящика 1. Шнеки 3 обертаються в масі солоду, тому набігаючий на лопатки потік діє на пластини 12 і 13 лопаток 10. Під дією потоку пластини приймають горизонтальне положення і переміщуються в масі солоду разом із шнеками 3, залишаючись в горизонтальному положенні. Лопатки 10, знаходячись в такому положенні не діють на солод. Крім цього, фіксатор 16 розрізає шар солоду, в якому переміщуються лопатки 10, тим самим не дає лопаткам пошкодити солод.

Режим вивантаження здійснюється наступним чином. Після того як зворошувач заходить в шар солоду певної довжини, зворошувач зупиняється, а шнеки продовжують обертатись до тих пір, поки фіксуєчий фляжок не зайде в паз безконтактного датчика, після чого зупиняються і шнеки 3. В такому положенні скребки 6 розташовані в одну лінію. Лопатки 10 залишаються у складеному стані – пластини 12 і 13 знаходяться в горизонтальному положенні. При запуску реверсного руху, зворошувач при зупинених шнеках 3 переміщується на каретці 2 вздовж ящика 1 до місця вивантаження. Набігаю-

чий потік починає діяти на краї пластин 12 і 13. Враховуючи те, що краї відігнуті від площини пластин 12 і 13, потік солоду починає розсувати пластини 12 і 13 на шарнірі 11 до тих пір, поки ті не почнуть вприратись у фіксатор 16. Таким чином, пластини 12 і 13 займають вертикальне положення, і лопатка 10 повністю розкривається. При цьому кожна лопатка 10 знаходиться в тій самій площині, що і скребки 6, створюючи тим самим поверхню для переміщення маси солоду до місця вивантаження. При зворотньому заході зворощувача в масу солоду, лопатки 10 складаються під дією набігаючого солоду і пластин 12 і 13 знову займають горизонтальне положення. При русі зворощувача до місця вивантаження лопатки 10 знов розкриваються і переміщують об'єм солоду на вивантаження.

Таке переміщення зворощувача здійснюється до повного вивантаження солоду із солодоростильного ящика.

4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Харчова промисловість в силу своєї специфіки ставить додаткові вимоги при виборі матеріалів. Основною вимогою є допуск матеріалу до контакту з продуктом. Для виготовлення вузлів, що не контактують з продуктом, використовують загальні машинобудівні матеріали.

Для контакту із солодом краще використовувати корозійностійкі сталі. В солодростильному ящику весь час підтримується постійна волога і температура. Потрібно вибрати матеріал, який не буде змінювати хімічний склад продукту, тобто не заважати процесу ферментації зерна. Харчові нержавіючі сталі марки 08X18H10, або 12X18H10T добре підходять для виготовлення внутрішньої поверхні солодовні. Ситчасте дно краще виготовити з тієї самої сталі, щоб при контакті сталь не змінювала свої хімічні властивості.

Каретка солодозворощувача не контактує з продуктом, отже для її виготовлення вибираємо леговану конструкційну сталь 12X2H4A. Хромована сталь являється однією з найрозповсюдженіших конструктивних сталей. Після термообробки вона набуває високої твердості, міцності і стійкості для сприймання ударних навантажень.

При виготовленні кінематичних елементів зворощувача краще використовувати Сталь 45-б (ГОСТ 1050-74). Ця марка сталі розповсюджена у машинобудівництві і добре підходить для виготовлення кінематики обладнання.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вибір конструкційних матеріалів	16-2558.ДП.09.000.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1	

Виготовляючи шнеки зворощувача слід звернути увагу на те, що вони контактують з продуктом. Краще всього використати таку саму сталь, як і у внутрішній частині солодовні. Тобто 08X18H10, або 12X18H10T, з метою уникнення ускладнень під час пророщування солоду.

Харчова промисловість вимоглива до підбору конструкційних матеріалів, тому для кожного обладнання, в залежності від середовища взаємодії з матеріалом, підбирають індивідуальні для процесу марки сталі.

5. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

5.1. Продуктивність пневматичної ящикної солодовні на 1 м² в місяць:

Добова продуктивність солодовні – 15т за добу, при 30 робочих днях, тобто місячна продуктивність 450 т.

Продуктивність солодовні на 1 м² площі сита одного ящика в місяць:

$$P = \frac{n \cdot S \cdot k}{\tau \cdot G_{\text{я}}} = \frac{30 \cdot 1 \cdot 0,35}{8 \cdot 1,2626} = 1,04 \text{ Т/м}^2$$

8-ми ящиків:

$$P_c = P \cdot 8 = 1,04 \cdot 8 = 8,32 \text{ Т/м}^2,$$

де n - число робочих днів у місяць (приймаємо 30);

S - площа сит 8-ми ящиків, м²;

k - питоме навантаження на 1 м² сит по замоченому зерну (300 – 400 кг/м²);

τ - тривалість циклу пророщування (8 діб);

$G_{\text{о.я.}}$ - кількість відсортованого ячменю на 1 т товарного солоду (1,2626).

5.2. Геометричні параметри солодовні:

Площа механізованого ящика:

$$S_{\text{я}} = 450 \cdot P = 450 \cdot 1,04 = 39,6 \text{ м}^2$$

Площа солодовні:

$$S_c = S_{\text{я}} \cdot a \cdot n = 39,6 \cdot 1,6 \cdot 8 = 506,8 \text{ м}^2$$

a – коефіцієнт, що враховує проходи і установку камер для кондиціонування повітря та розміри зворощувачів (1,5 – 1,8);

n – кількість ящиків (8).

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження Корнієнко Л.В.	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>	Статус документа			
Власник документа <i>НУХТ</i>	Розробник документа Скриський А.К.	Назва, додаткова назва <i>Розрахункова частина</i>	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	Документ затверджено Мирончук В.Г.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1

5.3. Розрахунок повітряної камери у підситовому просторі солодовні:

G_3, G_c – відповідно маса замоченого та сухого солоду ($G_3 = 1500\text{кг}$
 $G_c = 1400\text{кг}$);

t_1, t_2 – температура зерна при загрузці та виграції солоду ($t_1 = 12^\circ\text{C}$,
 $t_2 = 16^\circ\text{C}$);

c_3, c_c – відповідно питома теплоємність зерна та солоду

($c_3 = 2,67 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, $c_c = 2,61 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$);

S – втрата сухих речовин при пророщуванні 1т ячменю ($S = 45 \text{ кг}/\text{т}$);

I_1, I_2 – ентальпія відповідно кондинційованого та відпрацьованого повітря

(знаходиться з I – х діаграми $I_1 = 34,4 \text{ кДж}/\text{кг}$ $I_2 = 41,4 \text{ кДж}/\text{кг}$);

α – коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

F – площа поверхні апарату, м^2 ;

Δt – різниця температур солоду і повітря в приміщенні, $^\circ\text{C}$;

τ – тривалість циклу пророщування, год;

Рівняння теплового балансу солодовні:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$$

$Q_1 = G_3 \cdot c_3 \cdot t_1$ – Тепло, що входить з апарату із замоченим зерном;

$Q_2 = 17982 \cdot S$ – Тепло, що виділяється при пророщуванні зерна;

$Q_3 = G_a \cdot c_a \cdot t_1$ – Тепло апарата при завантаженні зерна;

$Q_4 = L_v \cdot I_1$ – Тепло, що входить в апарат з повітрям;

$Q_5 = G_c \cdot c_c \cdot t_2$ – Тепло, що виходить з апарату із замоченим зерном;

$Q_6 = L_v \cdot I_2$ – Тепло, що виходить з апарату з відпрацьованим повітрям;

$Q_7 = G_a \cdot c_a \cdot t_1$ – Тепло апарату при розвантаженні зерна;

$Q_8 = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau$ – Втрати тепла в навколишнє середовище;

З рівняння теплового балансу солодовні можна визначити витрати повітря на весь період пророщування солоду:

$$L_B = \frac{(G_3 \cdot c_3 \cdot t_1 + 17982 \cdot S - G_c \cdot c_c \cdot t_2 - \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau)}{(I_2 - I_1)} =$$

$$= \frac{(1500 \cdot 2,67 \cdot 12 + 17982 \cdot 45 - 1400 \cdot 2,61 \cdot 16 - 1,2 \cdot 36,9 \cdot 8 \cdot 192)}{(41,4 - 34,4)}$$

$$= 104481,7 \text{ кг}$$

Витрати повітря при безперервній аерації солоду за годину:

$$V_{\text{ч}} = \frac{L_B \cdot k}{\rho_B \cdot 6,5 \cdot 24} = \frac{104481,7 \cdot 1,1}{1,23 \cdot 6,5 \cdot 24} = 598,96 \text{ м}^3/\text{год}$$

k – коефіцієнт нерівномірності (при груповій установці вентиляторів – 1 вентилятор на 4 – 8 ящиків $k = 1,1$, при індивідуальній – $k = 2,3$);

ρ_B – щільність кондиційованого повітря (при $t_1 = 12^\circ\text{C}$ і $\varphi = 98\%$

$\rho_B = 1,23 \text{ кг/м}^3$).

Витрати повітря на тону солоду за годину:

$$V_{\text{пит}} = \frac{V_{\text{ч}}}{G} = \frac{598,96}{15} = 39,93 \text{ м}^3/\text{год}$$

Витрати повітря на тону солоду за секунду:

$$V_c = \frac{V_{\text{пит}}}{3600} = 0,16 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Площа поперечного перерізу камери кондиціювання:

$$S_k = \frac{V_c}{v} = \frac{0,16}{1,5} = 1,06 \text{ м}^2$$

v – швидкість руху повітря в камері (1,5 – 2,5 м/сек)

Площа поперечного перерізу каналу для подачі кондиційованого повітря:

$$V_c = \frac{V_c}{v_1} = \frac{0,16}{6} = 0,48 \text{ м}^2$$

v_1 – швидкість руху кондиційованого повітря в камері (4 – 8 м/сек)

Витрати води на зволоження повітря:

$$W_y = \frac{L_B(d_2 - d_1) \cdot 100}{3} = \frac{598,96 \cdot (16 - 12) \cdot 100}{3} = 79861,3 \text{ кг/год}$$

5.4. Розрахунок робочого органу

Робочим органом солодозворощувача являється вертикально розташований шнек.

Визначаємо коефіцієнт потужності:

$$\varphi = \xi \cdot \psi = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3$$

$\xi = 0,6$ – швидкісний коефіцієнт;

$\psi = 0,5$ – коефіцієнт заповнення;

Число обертів, що забезпечує потрібну продуктивність:

$$n_r = \frac{Q_B}{47 \cdot D^2 \cdot S \cdot K \cdot \varphi \cdot \gamma_B} = \frac{54}{47 \cdot 0,485^2 \cdot 0,3 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot 7} = 8,5 \text{ об/хв}$$

Q_B – продуктивність одного шнека;

D – діаметр гвинта шнека;

S – крок гвинта шнека;

K – геометричний коефіцієнт, що враховує поперечний переріз вала з гвинтом (його беруть $K = 0,9 - 0,95$);

γ_B – щільність зерна;

φ – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення, властивості вантажу і його обертання навколо осі гвинта;

Кутова швидкість гвинта:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_r}{30} = \frac{3,14 \cdot 8,5}{30} = 0,88 \text{ 1/сек}$$

Колова швидкість гвинта:

$$v_r = \omega \cdot r = 0,88 \cdot 0,75 = 0,66 \text{ М/сек}$$

де r – радіус, на якому діє сила.

Визначаємо відношення швидкості підйому зерна і колової швидкості

ГВИНТА:

$$v = \frac{v_1}{v_r} = \frac{2 \cot(\alpha + \rho_r) + \tan \alpha - \sqrt{\tan^2 \alpha + [\cot(\alpha + \rho_r) + \tan \alpha] \cdot \frac{g}{r \cdot \omega^2 \mu_K}}}{2[\cot(\alpha + \sigma_r) \cdot \cot \alpha + 1]} =$$

$$= \frac{2 \cot(14^\circ 18' + 20^\circ 18') + \tan 14^\circ 18' - \sqrt{\tan^2 14^\circ 18' + [\cot(14^\circ 18' + 20^\circ 18') + \tan 14^\circ 18'] \cdot \frac{9,81}{0,75 \cdot 0,88^2 \cdot 0,37}}}{2[\cot(\alpha + \sigma_r) \cdot \cot \alpha + 1]}$$

$$= 0,16$$

Швидкість підйому:

$$v = v_1 \cdot v_r = 0,16 \cdot 0,66 = 0,1 \text{ м/сек}$$

Номінальна потужність приводу для обертання шнеків:

$$N = \frac{Q_B \cdot H \cdot K_1}{3670 \cdot \eta} (w + 1) = \frac{54 \cdot 1 \cdot 1,15}{3670 \cdot 0,8} (6 + 1) = 1,46 \text{ кВт}$$

K_1 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на тертя в підшипниках ($K_1 = 1,15$);

η – коефіцієнт корисної дії передачі (для черв'ячного редуктора $\eta = 0,8$);

w – коефіцієнт опору переміщення зерна.

Вибираємо, за каталогом, електродвигун 4A90L4У3 ($N_{\partial\delta} = 2,2 \text{ кВт}$,

$n_{\partial\delta} = 1425 \text{ об/хв}$).

5.5. Кінематичний розрахунок солодозворощувача

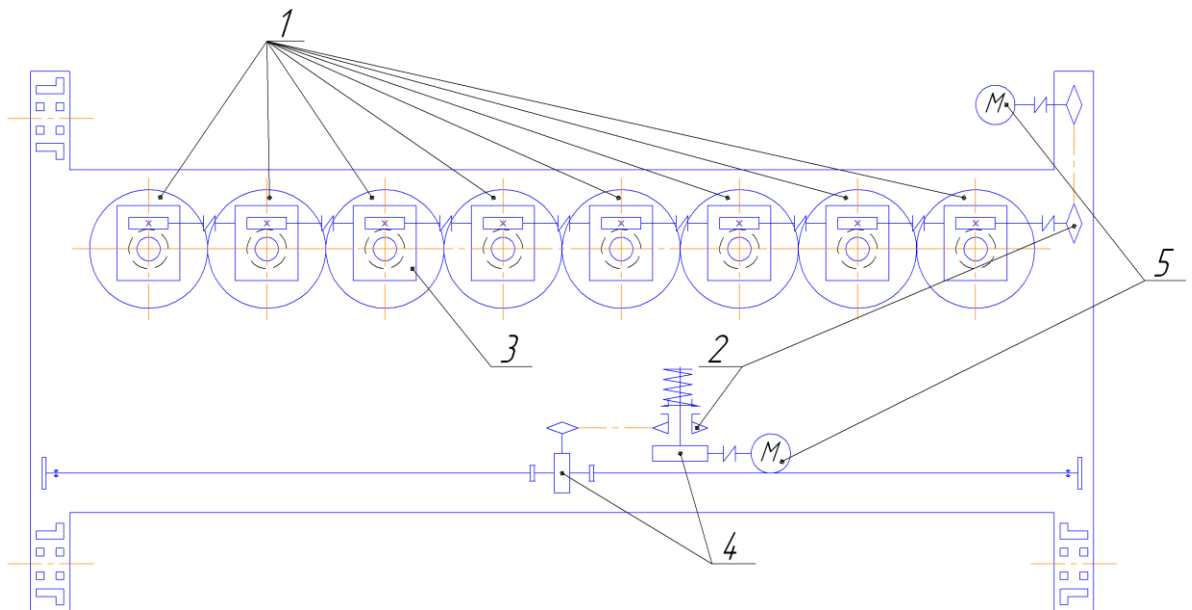


Рис. 5.1. Кінематична схема солодозворощувача

1. Шнеки;
2. Ланцюгова передача;
3. Черв'ячний редуктор;
4. Черв'ячна пара;
5. Електродвигун.

5.5.1. Розрахунок черв'ячного редуктора механізму обертання шнеків

Число заходів черв'як $z_1 = 2$. Номінальна потужність редуктора $N_{\text{дс}} = 1,583 \text{ кВт}$; частота обертання черв'яка $n_1 = 1425 \text{ об/хв}$; передаточне число $U = 40$; $T_1 = 10,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $T_2 = 340,35 \text{ Н} \cdot \text{м}$; $\eta = 0,8$

Визначення допустимих напружень

1. Приблизна швидкість ковзання

$$v_c = 0,0004 \cdot n_1 \cdot \sqrt[3]{T_2} = 0,0004 \cdot 1425 \cdot \sqrt[3]{340,35} = 3,14 \text{ м/с}$$

2. При даній швидкості ковзання потрібна 8-ма ступінь точності за табл. 3.35:

черв'як заклепаний, шліфований і полірований. Колесо нарізане шліфованими черв'ячними фрезами.

3. З табл. 3.30 (3) обираємо матеріали черв'яка і черв'ячного колеса:

матеріал черв'яка сталь45 з гартуванням витків до твердості 45...50 HRC

матеріал вінця колеса Бр.АЖ 9-4 з механічними властивостями

$$\sigma_m = 200 \text{ МПа};$$

$$\sigma_B = 500 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_F]_0 = 102 \text{ МПа};$$

4. Допустиме контактне напруження при розрахунку на дійсне навантаження

$$[\sigma_H] = 300 - 2,5 \cdot v_c = 300 - 2,5 \cdot 3,14 = 292,15 \text{ МПа};$$

5. Допустиме контактне напруження при розрахунку на максимальне навантаження

$$[\sigma_H]_{max} = 2 \cdot \sigma_m = 2 \cdot 200 = 400 \text{ МПа}$$

6. Допустиме напруження на згин

$$[\sigma_F] = [\sigma_F]_0 \cdot K_{FL} = 102 \cdot 0,63 = 64,3 \text{ МПа}$$

де K_{FL} коефіцієнт довговічності, для бронзового вінця черв'ячного колеса

$$K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_{FO}}{N_{\Sigma}}} = \sqrt[9]{\frac{10 \cdot 10^6}{15,72 \cdot 10^6}} = 0,63$$

N_{Σ} — сумарне число циклів змін напружень

N_{FO} — базове число циклів

7. Допустиме напруження згину при розрахунку за максимальним навантаженням

$$[\sigma_F]_{max} = 0,8 \cdot \sigma_m = 0,8 \cdot 200 = 160 \text{ МПа}$$

5.5.2. Проектний розрахунок черв'ячної передачі

Приймаємо число заходів черв'яка $z_1 = 2$, тоді число зубців черв'ячного колеса

$$z_2 = 2 \cdot U = 2 \cdot 40 = 80$$

Коефіцієнт діаметра черв'яка:

$$q = 0,25 \cdot z_2 = 0,25 \cdot 80 = 20$$

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця

$$K_{H\beta} = K_{\beta} = 1,0$$

Коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження

$$K_{Hv} = 0,3 + 0,1 \cdot n + 0,02 \cdot v_s = 0,3 + 0,1 \cdot 8 + 0,02 \cdot 3,14 = 1,16$$

Знаходимо міжосьову відстань

$$\begin{aligned} a_{\omega} &= \left(\frac{z_2}{q} + 1\right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{[\sigma_H] \cdot \frac{z_2}{q}}\right)^2 \cdot T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv}} \\ &= \left(\frac{80}{20} + 1\right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{292,15 \cdot \frac{80}{20}}\right)^2 \cdot 340,35 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,16} = 99,81 \text{ мм} \end{aligned}$$

Приймаємо $a_{\omega} = 100 \text{ мм}$

Визначаємо модуль зачеплення

$$m = \frac{2 \cdot a_{\omega}}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 100}{80 + 20} = 2 \text{ мм}$$

Приймаємо $m = 2 \text{ мм}$

Ділильний кут підйому:

$$\gamma = 12^{\circ}18'$$

Ділильні діаметри:

$$d_1 = q \cdot m = 20 \cdot 2 = 40 \text{ мм}$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 2 \cdot 80 = 160 \text{ мм}$$

Розрахункова швидкість ковзання :

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000 \cdot \cos \gamma} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1425}{60000 \cdot 0,9813} = 3,04 \text{ м/с}$$

Швидкість ковзання змінилась, але 8-ма ступінь точності залишилась.

Уточнюємо значення допустимих контактних напружень:

$$[\sigma_H] = 300 - 2,5 \cdot v_c = 300 - 2,5 \cdot 3,04 = 292,4 \text{ МПа}$$

Приведений кут тертя (витки черв'яка поліруються):

$$\varphi' = 1^\circ 50'$$

Коефіцієнт корисної дії передачі:

$$\eta' = 0,955 \cdot \frac{\tan \gamma}{\tan(\gamma + \varphi')} = 0,955 \cdot \frac{0,1958}{0,2231} = 0,83$$

Фактичне контактне напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= \left(\frac{170}{\frac{z_2}{q}} \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{z_2}{q} + 1}{a_\omega} \right)^3 \cdot T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv}} \\ &= \left(\frac{170}{\frac{80}{20}} \right) \cdot \sqrt{\left(\frac{\frac{80}{20} + 1}{100} \right)^3 \cdot 340,35 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,16} = 288,06 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$$\sigma_H < [\sigma_H] = 292,4 \text{ МПа}$$

Перевірочний розрахунок зубців колеса на контактну міцність під дією максимального навантаження.

Розрахункове напруження, що створюється максимальним навантаженням

$$[\sigma_H]_{max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{max}}{T_{роб}}} = 288,06 \cdot \sqrt{1,6} = 364,37 \text{ МПа},$$

$$\text{де } \sqrt{\frac{T_{max}}{T_{роб}}} = 1,6$$

$$\sigma_H < [\sigma_H]_{max} = 400 \text{ МПа}$$

Еквівалентне число зубців колеса:

$$z_{екв} = \frac{z_2}{\cos \gamma^3} = \frac{80}{0,9813^3} = 85,6$$

Вибираємо найближче еквівалентне число зубців $z_{екв} = 86$

Коефіцієнт форми зуба $Y_F = 1,48$

Дійсне напруження згину:

$$\sigma_F = \frac{2 \cdot T_2 \cdot \cos \gamma}{1,2 \cdot d_2 \cdot d_1 \cdot m} \cdot Y_F \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} = \frac{2 \cdot 340,35 \cdot 10^3 \cdot 0,98}{1,2 \cdot 160 \cdot 40 \cdot 2} \cdot 1,48 \cdot 1 \cdot 1,16$$
$$= 74,56 \text{ МПа}$$

$$\sigma_F < [\sigma_F] = 102 \text{ МПа}$$

Перевірочний розрахунок зубців на міцність при згині максимальним навантаженням.

$$\sigma_{F_{max}} = \sigma_F \cdot \frac{T_{max}}{T_{роб}} < [\sigma_F]_{max}$$

розрахункове напруження згину від максимального навантаження:

$$\sigma_{F_{max}} = \sigma_F \cdot \frac{T_{max}}{T_{роб}} = 74,56 \cdot 1,6 = 119,3 \text{ МПа} < [\sigma_F]_{max} = 160 \text{ МПа}$$

Параметри передачі

$m=2$ мм, $z_1=2$, $z_2=80$, $d_1=40$ мм, $d_2=160$ мм, $a_w=100$ мм, $x=0$, $b_1=55$ мм, $b_2=35$ мм, $d_{a1}=44$ мм, $d_{a2}=164$ мм, $d_{f1}=35.2$ мм, $d_{f2}=155.2$ мм

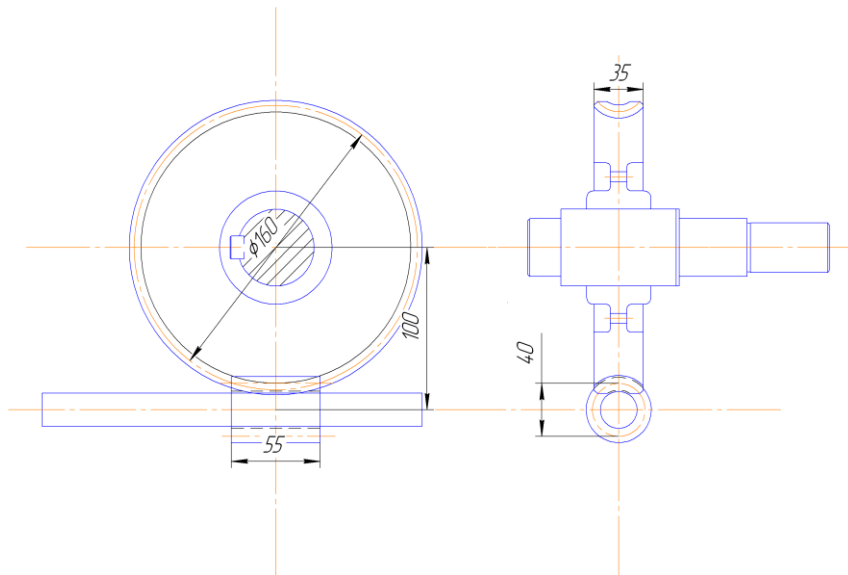


Рис.5.2. Черв'ячна пара

5.5.3. Розрахунок ланцюгової передачі

Параметри ланцюга:

Марка: ПРД-38-3000

$t = 38;$

$B_{вн} = 22;$

$d = 7,92;$

$d_1 = 15,88;$

$h = 21,3;$

$b = 42;$

$b_1 = 23;$

Допустиме навантаження – 3000 кН;

Маса 1м ланцюга – 1,87 кг

Номінальна допустима потужність:

$$N = \frac{P \cdot v}{k_3}$$

де v – швидкість ланцюга, М/с

P – допустима колова сила, Н

$$P = p \cdot F$$

де F – проекція площі опорної поверхні шарніра

$p = 18,5$

$$F = d \cdot B$$

де d – діаметр валика

$$B = 1,5 \cdot B_{\text{BH}}$$

B_{BH} – довжина втулки

k_3 – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації передачі;

$$k_3 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує характер навантаження ($k_1 = 1$)

k_2 – коефіцієнт, що враховує спосіб змащення ($k_2 = 1$)

k_3 – коефіцієнт, що враховує час роботи передачі ($k_3 = 1$)

k_4 – коефіцієнт, що враховує міжосьову відстань ($k_4 = 1$)

Визначення потужності N_ϵ для нормальних умов роботи ($k_3 = 1$), яку може передати роликівий ланцюг за кроком $t = 38$ мм і допустимим навантаженням – 3000 кН.

Частота обертання ведучого валу – 850 хв^{-1} .

Ланцюг працює на зірочках з числом зубців $z_1 = 30$ $z_2 = 30$, тобто передаточне число передачі складає $U = 1$

Міжосьова відстань $A = 1000$ мм (відстань регулюється)

Потужність визначаємо за формулою:

$$N_\epsilon = \frac{v \cdot p \cdot d \cdot B}{k_3}$$

де $d = 7,92$ мм, $B_{\text{BH}} = 22$ мм.

Товщина ланки ланцюга $B = 1,5 \cdot B_{\text{BH}} = 1,5 \cdot 22 = 33$ мм

При $t = 38$ і $n = 850 \text{ об/хв}$, тиск $p = 18,5$ МПа.

Розрахунок швидкості ланцюга:

$$v = \frac{z_1 \cdot n \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{30 \cdot 850 \cdot 38}{60 \cdot 1000} = 8,75 \text{ м/с}$$

Розрахунок потужності ланцюгової передачі:

$$N_\epsilon = \frac{v \cdot p \cdot d \cdot B}{k_3} = \frac{8,75 \cdot 18,5 \cdot 7,92 \cdot 33}{1} = 28205,1 \text{ Вт.}$$

6. Технологія виготовлення окремих деталей

6.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалу

Дана деталь відноситься до деталей типу «Вал». Оскільки деталь не піддається впливу різноманітних агресивних середовищ, та уникає безпосереднього контакту з кінцевим продуктом чи сировиною з якої виготовляється виробляємий продукт, то матеріалу з якого буде вироблятися черв'як.

Виходячи з аналізу характеристик середовища в якому працює черв'ячний вал та усіх факторів які впливають на його роботоспроможність та враховуючи властивості тих чи інших матеріалів для виготовлення даної деталі найкраще підходить конструкційна сталь, а саме Сталь 45 ГОСТ 1050-75.

Зі сталі виготовляють більшість деталей, що несуть ударне навантаження, є елементами трансмісії (вали, шестерні тощо), через те сталь добре працює на розтяг і згин. Дана сталь має відносно невелику вартість, досить легко піддається обробці і витримує підвищені температури. Для деталей з конструкційної сталі характерні мала чутливість до впливу зовнішніх концентраторів напружень при циклічних навантаженнях. Важлива конструкційна особливість конструкційної сталі - прийнятне відношення межі текучості до межі міцності на розтяг.

Таким чином провівши необхідний аналіз можна зробити висновок що саме конструкційна сталь марки сталь 45 є найбільш підходящим матеріалом для виготовлення даної деталі.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i>		16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.	Технологія виготовлення окремих деталей		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

6.2. Розрахунок припусків:

Розмір, за яким ведеться розрахунок – 18к6.

Поверхня обробляється чистовим і чорновим шліфуванням та точінням.

1. Припуск на чистове шліфування

$$Z_{4min} = Rz_3 + D_3 + T_{пр3} + E_{y4},$$

де $Rz_3, D_3, T_{пр3}$ – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень.

E_{y4} – похибка установки деталі.

$$Rz_3 = 10 \text{ мкм}$$

$$D_3 = 20 \text{ мкм}$$

$$T_{пр3} = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y4} = 0 \text{ мкм}$$

Тоді $Z_{4min} = Rz_3 + D_3 + T_{пр3} + \varepsilon_{y4} = 10 + 20 = 30 \text{ мкм}$,

$$Z_{4max} = Z_{4min} + T_3 - T_4$$

де T_3 – припуск на чорнове шліфування, $T_3 = 39 \text{ мкм}$,

T_4 – припуск на чистове точіння, $T_4 = 16 \text{ мкм}$,

$$Z_{4max} = Z_{4min} + T_3 - T_4 = 53 \text{ мкм}$$

$$Z_{4ном} = \frac{Z_{4max} + Z_{4min}}{2} = 41,5 \text{ мкм}$$

2. Припуск на чорнове шліфування

$$Z_{3min} = Rz_2 + D_2 + T_{пр2} + E_{y3},$$

$$Rz_2 = 25 \text{ мкм}$$

$$D_2 = 25 \text{ мкм}$$

$$T_{пр2} = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y3} = 0 \text{ мкм}$$

Тоді мінімальне значення припуску буде:

$$Z_{3min} = Rz_2 + D_2 + T_{пр2} + \varepsilon_{y3} = 25 + 25 = 50 \text{ мкм},$$

Максимальне значення припуску:

$$Z_{3max} = Z_{3min} + T_2 - T_3$$

$$T_2 = 160 \text{ мкм},$$

$$T_3 = 39 \text{ мкм},$$

$$Z_{3max} = Z_{3min} + T_2 - T_3 = 50 + 160 - 39 = 171 \text{ мкм},$$

Номінальне значення припуску:

$$Z_{3ном} = \frac{Z_{3max} + Z_{3min}}{2} = 110,5 \text{ мкм}$$

3. Припуск на чистове точіння

$$Z_{2min} = Rz_1 + D_1 + T_{пр1} + E_{y2},$$

$$Rz_1 = 50 \text{ мкм}$$

$$D_1 = 50 \text{ мкм}$$

$$T_{пр1} = 100 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y2} = 0 \text{ мкм}$$

Тоді мінімальне значення припуску буде:

$$Z_{2min} = Rz_1 + D_1 + T_{пр1} + \varepsilon_{y2} = 50 + 50 + 100 = 200 \text{ мкм},$$

Максимальне значення припуску:

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T_1 - T_2,$$

де T_1 – припуск при чорновому точінні.

$$T_1 = 390 \text{ мкм},$$

$$T_2 = 160 \text{ мкм},$$

$$Z_{2max} = Z_{2min} + T_1 - T_2 = 200 + 390 - 160 = 430 \text{ мкм},$$

Номінальне значення припуску:

$$Z_{2ном} = \frac{Z_{2max} + Z_{2min}}{2} = 315 \text{ мкм}$$

4. Припуск на чорнове точіння

$$Z_{1min} = Rz_0 + D_0 + T_{пр0} + E_{y1},$$

$$Rz_0 = 160 \text{ мкм}$$

$$D_0 = 200 \text{ мкм}$$

$$T_{пр0} = 350 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y1} = 100 \text{ мкм}$$

Тоді мінімальне значення припуску буде:

$$Z_{1min} = Rz_0 + D_0 + T_{пр0} + \varepsilon_{y1} = 160 + 200 + 350 + 100 = 810 \text{ мкм},$$

5. Загальний припуск

$$2Z_{сум} = 2(Z_{зном} + Z_{2ном} + Z_{1ном} + Z_{1min}) = 2554 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{сум} = 3 \text{ мм}$

6.3. Технологічний маршрут виготовлення деталі

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, різальний і вимірювальний інструмент
10	Заготівельна	Матеріал Сталь 45-б ГОСТ 1050-74
10.1	Отримати заготовку гарячим об'ємним штампуванням	За технічною документацією
20	Токарна УЗЗ (установити, закріпити, зняти)	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, трикулачковий патрон, центр
20.1	Торцювати пов.1	Різець прохідний відігнутий правий. $\varphi = 45^0$; $\gamma = 10^0$; $\alpha = 8^0$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
20.2	Зняти фаску 2×45^0 пов.1	Різець прохідний відігнутий пра-

		вий. $\varphi = 45^{\circ}$; $\gamma = 10^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
20.3	Свердлити центрувальний отвір пов.1	Центрувальне свердло Р6М5, Ø 8
20.4	Точити пов.2 на L=13, Ø 20	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}$; $\gamma = 12^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
20.5	Точити пов. 3 на L=40, Ø 26	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}$; $\gamma = 12^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
20.6	Точити канавку	Різець карнавочний Т15К6 $\varphi_1 = \varphi = 95^{\circ}$
30	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, трикулачковий патрон, центр
30.1	Торцювати пов.1	Різець прохідний відігнутий правий $\varphi = 45^{\circ}$; $\gamma = 10^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
30.2	Зняти фаску 2x45° пов.1	Різець прохідний відігнутий правий $\varphi = 45^{\circ}$; $\gamma = 10^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
30.3	Свердлити центрувальний отвір пов.1	Центрувальне свердло Р6М5, Ø 8
30.4	Точити пов.2 на довжину L=45, Ø 18	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}$; $\gamma = 12^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
30.5	Точити пов.3 на довжину L=40, Ø 20	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}$; $\gamma = 12^{\circ}$; $\alpha = 8^{\circ}$; В x Н x L = 16 x 25 x 140 мм, Т15К6, ШЦ-1
16-2558.ДП.09.000.ПЗ		
	Інд. змін.	Дата видання
	Мова UA	Аркуш 5

30.6	Точити пов.3 на довжину L=40, Ø 26	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}; \gamma = 12^{\circ}; \alpha = 8^{\circ}; B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, Т15К6, ШЦ-1
30.7	Точити канавку пов.5	Різець карнавочний Т15К6 $\varphi_1 = \varphi = 95^{\circ}$
30.8	Точити канавку пов.6	Різець карнавочний Т15К6 $\varphi_1 = \varphi = 95^{\circ}$
40	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізальний верстат 16К20, центри, повідок
40.1	Точити пов.1 на L=55, Ø44	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 90^{\circ}; \gamma = 12^{\circ}; \alpha = 8^{\circ}; B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, Т15К6, ШЦ-1
40.2	Точити гвинтову канавку пов.2	Різець фасонний під профіль різьби
40.3	Зняти фаски 5x20°, пов.1	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 20^{\circ}; \gamma = 12^{\circ}; \alpha = 8^{\circ}; B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, Т15К6, ШЦ-1
40.4	Зняти фаски 5x20°, пов.1	Різець прохідний упорний правий. $\varphi = 20^{\circ}; \gamma = 12^{\circ}; \alpha = 8^{\circ}; B \times H \times L = 16 \times 25 \times 140$ мм, Т15К6, ШЦ-1
50	Фрезерна УЗЗ	Фрезерний верстат, призма, упор
50.1	Фрезерувати шпонковий паз, пов.1 L=30, h=2,5, b=6	Кінцева фреза Ø6
60	Шліфувальна УЗЗ	Круглошліфувальний верстат, центр, повідок.
60.1	Шліфувати пов.1 начорно	Шліфувальний круг
60.2	Шліфувати пов.1 начисто	Шліфувальний круг, калібр 20к6
60.3	Шліфувати пов.2 начорно	Шліфувальний круг
60.4	Шліфувати пов.2 начисто	Шліфувальний круг, калібр 18п6
70	Шліфувальна УЗЗ	Круглошліфувальний верстат, центр, повідок.
70.1	Шліфувати пов.1 начорно	Шліфувальний круг
70.2	Шліфувати пов.1 начисто	Шліфувальний круг, калібр 20к6
80	Шліфувальна УЗЗ	Круглошліфувальний верстат, центр, повідок.
80.1	Шліфувати пов.1	Різьбошліфувальний круг, під профіль черв'яка
16-2558.ДП.09.000.ПЗ		
	Інд. змін.	Дата видання
	Мова UA	Аркуш 6

6.4. Розрахунок токарна операція

Перехід 20.1

Торцювати пов. 1

1. Вибираємо різець токарний відігнутий правий, Т15К6

2. Глибина різання:

$$t=1,5 \text{ мм}$$

Довжина різання:

$$l=12 \text{ мм}$$

3. Подача різця:

$$S=0,5 \text{ мм/об}$$

4. Розрахункова швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{175}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 81,77 \text{ [М/ХВ]}$$

де: $T=120$ -середнє значення періоду стійкості різця, хв.;

$C_v=175$ -коефіцієнт швидкості різання;

5. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 81,77}{\pi \cdot 109} = 238,91 \text{ [об/ХВ]}$$

6. Коригуємо за паспортом 16К20:

$$n_b = 200 \text{ [об/ХВ]}$$

7. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot n_b}{1000} = \frac{\pi \cdot 109 \cdot 200}{1000} = 68,46 \text{ [М/ХВ]}$$

8. Розрахункова довжина оброблення:

$$L_p = L_1 + L_2 + L_3 + L_d = 2 + 12 = 14 \text{ [мм]}$$

де: $L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань підведення різця

$L_2 = 0 \text{ мм}$ – відстань врізання різця

$L_3 = 0 \text{ мм}$ – відстань перебігу різця

9. Основний час на перехід:

$$t_{01} = \frac{L_p}{n_b \cdot S} = \frac{14}{200 \cdot 0,5} = 0,14 \text{ [хв]}$$

10. Допоміжний час:

$$t_{d1} = 0,04 \text{ [хв]}$$

Перехід 20.2

Зняти фаску $2 \times 45^\circ$, пов.1

Вибираємо різець токарний прохідний відігнутий правий, Т15К6

Подача, швидкості та частота не змінні

1. Основний час:

$$t_{02} = 0,18 \text{ [хв]}$$

2. Допоміжний час:

$$t_{d2} = 0,08 \text{ [хв]}$$

Перехід 20.3

Свердлити центрувальний отвір, пов.1

Свердло $\varnothing 8$ нормального заточування, Р6М5

1. Глибина різання:

$$t = \frac{d_{св}}{2} = 4 \text{ мм}$$

2. Подача:

$$S_b = 0,5 \text{ [мм/об]}$$

3. Швидкість різання:

$$V_c = \frac{5d_{\text{св}}^{0,4}}{T^{0,2} \cdot S^{0,7}} = \frac{5 \cdot 8^{0,4}}{35^{0,2} \cdot 0,5^{0,7}} = 9,25 \text{ [М/хв]}$$

4. Розрахунок частоти обертання:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{\text{св}}} = \frac{1000 \cdot 9,25}{\pi \cdot 8} = 368,23 \text{ [об/хв]}$$

6.Корегуємо за паспортом 16К20:

$$n_{\hat{a}} = 360[\hat{i}a / \hat{o}a]$$

7.Фактична швидкість різання:

$$V_{\hat{\phi}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{св}} \cdot 360}{1000} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 360}{1000} = 9,04 \text{ [М/хв]}$$

8.Розрахуємо довжину оброблення:

$$L_p = 2 + 2 + 4 = 6 \text{ [мм]}$$

9.Основний час:

$$t_{\text{оз}} = \frac{6}{360 \cdot 0,5} = 0,13 \text{ [хв]}$$

11.Допоміжний час:

$$t_{\text{дз}} = 0,12 \text{ [хв]}$$

Перехід 20.4

Точити $\varnothing 20$ пов.2, L=13

1. Вибираємо різець токарний відігнутий правий, Т15К6

2. Глибина різання:

$$t=1,5 \text{ мм}$$

Довжина різання:

$$L=13 \text{ мм}$$

3. Подача різця:

$$S=0,5 \text{ мм/об}$$

4. Розрахункова швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 70,09 \text{ [М/хв]}$$

де: T=120-середнє значення періоду стійкості різця, хв.;

Cv=150-коефіцієнт швидкості різання;

5. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 70,09}{\pi \cdot 109} = 216,15 \text{ [об/хв]}$$

6. Коригуємо за паспортом 16К20:

$$n_p = 200 \text{ [об/хв]}$$

7. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot 200}{1000} = \frac{\pi \cdot 109 \cdot 200}{1000} = 68,45 \text{ [М/хв]}$$

8. Розрахункова довжина оброблення:

$$L_p = L_1 + L_2 + L_3 + L_d = 2 + 2 + 13 = 17 \text{ [мм]}$$

де: $L_1=2\text{мм}$ -відстань підведення різця

$L_2=2\text{мм}$ -відстань врізання різця

$L_3=0\text{мм}$ -відстань перебігу різця

9. Основний час на перехід:

$$t_{04} = \frac{L_p}{n_p \cdot S} = \frac{17}{200 \cdot 0,5} = 0,17 \text{ [хв]}$$

10. Допоміжний час:

$$t_{д4} = 0,12 \text{ [хв]}$$

Перехід 20.5

Точити $\varnothing 26$ пов.3, $L=40$

1. Вибираємо різець токарний відігнутий правий, Т15К6

2. Глибина різання:

$$t=1,5 \text{ мм}$$

Довжина різання:

$$L=40 \text{ мм}$$

3. Подача різця:

$$S=0,5 \text{ мм/об}$$

4. Розрахункова швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 70,09 \text{ [М/хв]}$$

де: $T=120$ -середнє значення періоду стійкості різця, хв.;

$C_v=150$ -коефіцієнт швидкості різання;

5. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 70,09}{\pi \cdot 109} = 216,15 \text{ [об/хв]}$$

6. Коригуємо за паспортом 16К20:

$$n_p = 200 \text{ [об/хв]}$$

7. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\text{заг}} \cdot 200}{1000} = \frac{\pi \cdot 109 \cdot 200}{1000} = 68,45 \text{ [м/хв]}$$

8. Розрахункова довжина оброблення:

$$L_p = L_1 + L_2 + L_3 + L_d = 2 + 2 + 40 = 44 \text{ [мм]}$$

де: L_1 = 2мм-відстань підведення різця

L_2 = 2мм-відстань врізання різця

L_3 = 0мм-відстань перебігу різця

9. Основний час на перехід:

$$t_{04} = \frac{L_p}{n_p \cdot S} = \frac{44}{200 \cdot 0,5} = 0,44 \text{ [хв]}$$

10. Допоміжний час:

$$t_{д4} = 0,12 \text{ [хв]}$$

Перехід 20.6

Точити канавку, пов.4

Вибираємо різець токарний канавочний, Т15К6

Подача, швидкості та частота не змінні

1. Основний час:

$$t_{02} = 0,08 \text{ [хв]}$$

2. Допоміжний час:

$$t_{д2} = 0,14 \text{ [хв]}$$

6.5. Розрахунок нормочасу

Основний час:

$$T_o = 0,14 + 0,18 + 0,13 + 0,17 + 0,44 + 0,08 = 1,14 \text{ [хв]}$$

Додатковий час:

$$T_d = 0,04 + 0,08 + 0,12 + 0,12 + 0,12 + 0,14 = 0,62 \text{ [хв]}$$

Операційний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 1,14 + 0,62 = 1,76 \text{ [хв]}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 1,76 + \frac{(2,5 + 4) \cdot 1,76}{100} = 1,87 \text{ [хв]}$$

Калькуляційний час:

$$T_k = 1,87 + \frac{24}{250} = 1,96 \text{ [хв]}$$

де: $T_{н.з} = 24 \text{ [хв]}$

$n=250$ (2500 за рік)

Норма виробітку:

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{1,96} = 30,61 \text{ [деталей/год]}$$

7. ВИМОГИ ДО МОНТАЖУ, РЕМОНТУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Монтаж - встановлення обладнання або його складових частин на місце експлуатації за призначенням. Монтаж обладнання - комплекс робіт, що передбачає збирання обладнання, його встановлення в робоче положення на передбаченому проектом місці, збирання та з'єднання в технологічні лінії та установки, випробування в режимі холостого ходу та під навантаженням, а також допоміжні підготовчі операції, які не були виконані зatih чи інших причин при виготовленні обладнання.

Організація монтажних робіт:

Монтажні роботи виконують за спеціально розробленим проектом організації монтажу, в якому відображені наступні питання та рішення:

- календарний план робіт монтажу в цілому, а також монтажу окремих видів обладнання;
- план площадки для монтажних робіт;
- методи роботи, їх механізація, заходи по охороні праці та техніці безпеки; технологічні схеми процесів монтажу окремих об'єктів обладнання в планах та розділах; необхідність в підйомно-транспортному обладнанні, пристосуваннях, опорних пристроях та інструментах для механізації монтажних робіт; необхідність у робочій силі відповідної кваліфікації;
- розстановка спеціалізованих та монтажних бригад;
- схеми суміщення монтажних робіт із будівельними та спеціально монтажними роботами;
- кошториси на виконання монтажних робіт.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i>		16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.	Вимоги до монтажу		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

Найбільш поширені методи монтажу, які використовують в промисловості:

- поточно-сумісний метод виконання будівельних і монтажних робіт;
- крупноблочний метод, при якому завод-виробник поставляє обладнання у вигляді транспортабельних комплектних блоків. Монтаж виконується шляхом установки укрупнених блоків. Цей метод ще називають комплектно-блочним.

7.1. Технологія монтажу шнекового солодозворушувача

1. Транспортування зі складу до місця монтажу. Для перевезення солодозворушувача до місця монтажу використовують залізничний або автомобільний транспорт. При вантаженні використовують спеціальний причеп-тягач, узгоджується схема завантаження, розвантаження, кріплення та маршрут руху. На території підприємства транспортування здійснюється також за допомогою спеціального транспорту.

2. Розпаковка та розконсервація. Апарат звільняється від упаковки і проводиться очищення апарату від шару захисного покриття, та звільняються від покриття вузли та деталі апарату.

3. Укрупнююча зборка. Встановлення системи зрошення, аерації. Встановлюються елементи кінематики. Підключення контрольно-вимірювального інструменту.

4. Такелажні роботи. Переміщення апарату здійснюється за допомогою спеціального транспорту.

5. До установки солодозворушувача на ящик встановлюють рейки і кріплять їх болтами. За допомогою стріловидного крана монтують апарат на рейки. Потім встановлюють привід руху візка, привід Обертання шнеків. Протягують дроти до пульту керування.

6. Наладка. Проводимо підключення до електромережі.

7. Випробування холостою ходою та під навантаженням. Після перевірки правильності монтажу.

8. Прийом в експлуатацію. Солодозворушувач здається в експлуатацію після проведення всіх монтажних робіт та після його випробування на холостому ходу, шляхом підписання акту здачі в експлуатацію посадовою особою.

7.2. Експлуатація ковшового солодозворушувача

Експлуатацію апарату проводити у відповідності з робочою інструкцією з експлуатації, розробленою споживачем з урахуванням конкретних умов роботи на підставі цієї інструкції.

Підготовку апарату до пуску проводити за розпорядженням відповідальної особи, після проведеного технічного огляду:

- перевірити роботу систему сигналізації;
- переконатися в наявності на робочому місці засобів пожежогашіння;
- перевірити освітленість робочих місць.

При виявленні несправностей пуск установки дозволяється тільки після усунення неполадок і перевірки надійності роботи обладнання і приладів.

Пуск апарату в роботу виробляти за технологічним регламентом на ведення процесу. У випадку встановлення апарата на відкритому майданчику або в неопалюваному приміщенні технологічний регламент повинен бути складений з урахуванням усіх вимог «Регламенту».

Під час роботи апарата повинен підтримуватися заданий технологічний режим (у відповідності з технологічним регламентом), при цьому робочі параметри не повинні бути вище передбачених технічною характе-

ристиккою апарату (записаних в паспорті апарату) і технологічним регламентом на ведення процесу.

Апарат повинен бути зупинений у наступних аварійних випадках:

- при підвищенні тиску і температури за межі, зазначені в технічній характеристиці;
- при виявленні в основних елементах апарата тріщин, пропусків або потіння у зварних швах, течі у фланцевих з'єднаннях, розриву прокладок;
- при виникненні пожежі, безпосередньо загрозливого апарату;
- при несправності або неповноті кількості кріпильних деталей фланцевих з'єднань;
- при несправності запобіжних блокувальних пристроїв;
- при несправності (відсутності) передбачених проектом контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики;
- при виникненні стуку, шуму всередині апарату, підвищеної вібрації.

При виявленні несправностей апарату необхідно діяти відповідно до вказівок регламенту на ведення технологічного процесу, затверджених керівництвом підприємства.

Технічне обслуговування апарату повинне проводитися відповідно до вимог інструкцій для експлуатації, техніці безпеки й інших нормативних документів, що діють на виробництві підприємства, що експлуатує апарат.

Технічне обслуговування апарату здійснюється експлуатаційним і обслуговуючим персоналом. Керівництво обслуговуючим персоналом здійснює особу, відповідальне за справний стан і безпечну роботу апарату, призначуване наказом. Обслуговуючий персонал повинен вести спостереження за роботою арматур і підтримувати апарат у справному стані. Про-

водити огляд відповідно до графіка, складеним заводом, що експлуатує апарат.

7.3. Ремонт солодозворушувача

Ремонт – це сукупність заходів по відновленню працездатності обладнання до рівня надійної експлуатації.

Перед початком ремонтних робіт проводять організаційно-технічну та матеріально-технічну підготовку. Головний механік підприємства через свої служби (бюро ППР, конструкторське бюро та ін.) повинен забезпечити: розроблення річних та місячних планів-графіків профілактичних оглядів і ремонтів; облік і паспортизацію всього обладнання з присвоєнням кожній машині (агрегату) інвентарного номеру та заведення „формуляру” машини (агрегату); облік технологічного стану обладнання у виробничих цехах із заповненням змінним персоналом журналу прийому-здачі змін; технічні вказівки на капітальний та середній ремонти з комплектом ремонтних креслень, а також каталог деталей та складальних одиниць; наявність норм витрат запасних деталей і матеріалів.

Річний план-графік ремонту складають на кожну одиницю обладнання на основі даних обліку роботи, відображених у „формулярі” машини, структури і тривалості міжремонтного циклу та відпрацьованого часу за період від останнього планового ремонту обладнання.

На основі затвердженого плану-графіка складають уточнені графіки на кожний місяць. Місячним графіком встановлюють рівномірне завантаження ремонтного персоналу, призначають відповідальних за проведення ремонтних робіт у встановлені терміни.

В процесі ремонту виконують наступні основні операції: чищення і миття обладнання; розбирання машини (агрегату) на вузли та деталі; чищення та миття вузлів і деталей; дефектація та сортування деталей; віднов-

лення або заміна зношених деталей; балансування роторів; збирання машини (агрегату); індивідуальні випробування та здача в наладку.

Перед початком ремонту обладнання досконало миють та очищують від залишків продукту, змащення та інших забруднень. Поверхні, які контактують із продуктами, чистять щітками та йоржами, миють гарячими розчинами кальцієвої або каустичної соди, гарячою водою.

Перед розбиранням обладнання необхідно визначити особливості конструкції машини та розробити порядок її розбирання. При цьому слід встановити призначення та взаємодію окремих вузлів та деталей. В першу чергу знімають ті деталі та збиральні одиниці, які мішають подальшому розбиранню. Складне за конструкцією обладнання розбирають у наступному порядку: спочатку на групи складальних одиниць, групи – на окремі на окремі збірні одиниці, збірні одиниці – на деталі. Деталі необхідно складати у тій послідовності, в якій їх знімали з машини.

Збирання деталей виконують у порядку, оберненому розбиранню. При цьому керуються допусками, приведеними в інструкціях заводу-виготовлювача, та технічним умовам на виготовлення, комплектування та поставку.

Проведення ремонту обладнання проводять у такій послідовності: основні можливі несправності та заходи для їх усунення; застосовувані пристрої, інструменти, матеріали; здача в експлуатацію після ремонту.

1. Основні можливі несправності та заходи для їх усунення. Можливими несправностями є: ослаблення натягу ланцюга, або його обрив. Усунення таких недоліків можливе шляхом заміни ланцюга і контролю його натягу.

2. Застосовувані пристрої, інструменти, матеріали. Електродугове зварювання проводимо за допомогою електрозварювальних пристроїв (автоматів). Також використовуємо допоміжні прилади та матеріали необхідні для проведення ремонту.

3. Здача в експлуатацію після ремонту. Апарат здається в експлуатацію після ремонту в два етапи – попередньо та остаточно. Попередньо апарат після ремонту приймає комісія в складі механіка цеху, представника ремонтної бригади, яка виконувала ремонт, наладчика, який обслуговує дану машину шляхом огляду та випробування холостою ходою. Остаточно апарат приймає та ж комісія після випробування апарату під навантаженням у виробничих умовах. Прийняття апарату із ремонту оформлюється актом прийому-здачі обладнання, який затверджує головний інженер підприємства.

8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

Метою даної частини є проведення аналізу шкідливих та небезпечних факторів, що можуть вплинути на стан здоров'я людини при експлуатації солодоростильного обладнання, та визначення організаційних і технічних засобів безпеки для забезпечення електричної та пожежної безпеки, а також засобів захисту від шуму і вібрації даного обладнання.

8.1. Мікроклімат виробничого приміщення

Мікроклімат виробничих приміщень нормується в залежності від теплових характеристик виробничого приміщення, категорії робіт по важкості та періоду року. Основні нормативні документи, де наводяться норми мікроклімату - це санітарні норми та стандарти безпеки праці.

Мікроклімат або метеорологічні умови виробничих приміщень, визначаються температурою повітря в приміщенні, °С; відносною вологістю повітря, %; рухливістю повітря, м/с; тепловим випромінюванням, Вт/м². У робочій зоні вони регламентуються ГОСТ 2.1.005-88 ССБТ "Общие санитарно-гигиенические нормы к воздуху рабочей зоны".

Роботи по обслуговуванню пневматичної солодовні, яка працює в автоматичному режимі, за важкістю та енерговитратами, можна віднести до категорії 1б – легкі (ГОСТ 12.1.005-88). Вони виконуються сидячи, стоячи або в русі з незначними фізичними навантаженнями, при цьому енерговитрати коливаються в межах 121–150 ккал/год (140–174) Вт.

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для категорії робіт легкої – 1б наведені в таблиці 8.1.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці та техні- ка безпеки	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

Таблиця 8.1

Оптимальні і допустимі норми для оператора категорії робіт 1б

Показник мікроклімату	Період року	Значення				
		оптимальне	Допустиме			
			верхня границя		Нижня границя	
			на робочих місцях			
		постійних	непостійних	постійних	непостійних	
Температура, °С	холодний	21...23	24	25	20	17
	теплий	22...24	28	30	21	19
Відносна вологість, %	холодний	40...60	не більше 75			
	теплий	40...60	60 (при 27°С)			
Швидкість, м/с	холодний	0,1	не більше 0,2			
	теплий	0,2	0,1...0,3			

Контроль вказаних в таблиці параметрів повітря покладено на службу КІПіА. Він проводиться за показами контрольно-вимірювальних приладів.

8.2 Виробничий шум і вібрація

Одним з найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, є шум і вібрація.

Приміщення відділення солодоростильного цеху за шумовим режимом відносяться до класу цехів, де шум на окремих ділянках перевищує допустимі рівні (понад 80 дБ). Основними джерелами виникнення шуму є обладнання зворушення солоду: обертання шнеків та переміщення зворушувача по солодоростильному ящику, а також вентилятори та насоси з власними електроприводами, пневмосистеми стисненого повітря. Кожен з цих пристроїв утворюють різні рівні шуму. Контроль рівнів шуму на робочих місцях повинен

проводитись не рідше одного разу на рік відповідно до вимог ГОСТ 12.1.003-83 і ГОСТ 12.1.050-86 за наступними методами:

1.Метод вільного звукового поля .Застосовується у ревербераційних камерах чи у приміщеннях з великим відбиттям звуку у відкритому просторі.

2.Метод відбитого звуку поля чи у приміщеннях з великим відбиттям звуку чи у відкритому просторі.

3.Метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1м від зовнішнього контуру машини .Застосовується у заглушених камерах, у приміщеннях з великим звуком або у відкритому просторі.

8.3 Техніка безпеки

Персонал обслуговування солодовні повинен знати і виконувати чинні правила й інструкції з техніки безпеки та виробничої санітарії на підприємствах, в організаціях і установах бродильної галузі України, виконувати вимоги до влаштування та експлуатації солодовень.

Заново прийняті робітники повинні пройти вступний інструктаж та інструктаж на робочому місці з техніки безпеки, вивчити правильне використання запобіжних пристроїв і засобів індивідуального захисту, правила виробничої санітарії, а також ретельно ознайомитися з усіма розвішеними на робочих місцях попереджувальними знаками, плакатами та інструкціями з безпечних прийомів праці.

До роботи з обладнанням не допускаються робітники, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, робітники, що не ознайомлені з обладнанням і принципом його роботи та робітники, що не досягли 18-ти років.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту проведено огляд пивоварної галузі, проаналізовано існуючі конструкції та технологічні рішення процесу солодощення та ящичного пневматичного солодоростильного апарата зі шнековим солодозворощувачем.

Метою модернізації було зменшення часу вивантаження свіжо-пророслого солоду із солодоростильного ящика. На шнек було встановлено шарнірно закріплені лопатки, та гумовий скребок. До найсуттєвіших переваг даної модернізації можна віднести:

1. Зменшення кількості пошкодженого солоду, за рахунок встановлення гумового скребка.
2. Прискорення процесу вивантаження солоду з ящика.
3. Покращення аерації солоду за рахунок прорізання шару сировини лопатками, які знаходяться в горизонтальному положенні.

Запропонована модернізація може бути впроваджена у виробництво в стислі терміни.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

Список використаної літератури

1. Кретов, И.Т. Инженерные расчеты технологического оборудования предприятий бродильной промышленности / И.Т. Кретов, С.Т. Антипов, С.В. Шахов. – М.: Колос, 2006. – 391с.
2. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце, Г. Мит. – СПб.: Профессия, 2001. – 824 с.
3. <http://www.findpatent.ru>
4. <http://worldwide.espacenet.com>
5. Купчик, М.П. Основи охорони праці / М.П.Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець . - К.:Основа, 2000.- 416 с.
6. Удодов С.О. Монтаж, ремонт та експлуатація технологічного обладнання / С.О. Удодов, Л.В. Марцинкевич.- К. : НУХТ, 2012. – 73с.
7. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива. / В.А. Домарецький. – Київ: «Фірма «ІНКОС», 2004 – 426с.
8. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов, В.Г. Мирончук, А.І. Українець, О.Т. Лісовенко, В.М. Таран, В.М. Гуцалюк, В.Л. Яровий, І.М. Литовченко, Н.М. Пушанко. За ред. Академіка УААН Гулого І.С. – Вінниця: Нова лінія, 2001 – 576с.
9. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів / А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний. – К.: АртЕк, 2002. – 304 с.
10. Кретов І.Т. Інженерні розрахунки технологічного устаткування підприємств бродильної промисловості / І.Т. Кретов, С.Т. Антипов., С.В. Шахов. - М.: Колос, 2004. - 391 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Корнієнко Л.В.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Скринський А.К.	<i>Назва, додаткова назва</i>	16-2558.ДП.09.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Мирончук В.Г.	<i>Список використаної літератури</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1

11. Антипов С. Т. Машины та апарати харчових виробництв / С.Т. Антипов, І.Т. Кретов, А.М. Остріков. та інших - М.: Вищ. шк., 2001. - Кн. 2. – 680.
12. Кавецький Г. Д. Процеси та апарати харчової технології / Г.Д. Кавецький, Б.В. Васильєв. - М.: Колос, 2000. - 551 с.
13. Соколенко А.І. Транспортно-технологічні системи пивзаводів /А.І. Соколенко, А.І. Українець, В.А. Піддубний. – К.: АртЕк, 2002. – 304 с.
14. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.
15. Соколенко А. І. Фізико-хімічні методи обробки сировини та продуктів харчування / А.І. Соколенко, В.Б. Костін, К.В. Васильківський, О.Ю. Шевченко . – К. 2000, - 350 с.
16. Фараджєва О.Д. Загальна технологія бродильних виробництв/ О.Д. Фараджєва, Е.А. Федоров. – М.: Колос, 2002. – 408 з.
17. Таран В.М. Технологічне обладнання галузі. Частина 1. Виробництво солоду та пива. Виробництво квасу; Конспект лекцій для студентів спеціальностей 7.05050313, 8.05050313 "Обладнання переробних і харчових виробництв" спеціалізації «Обладнання бродильних і спиртових виробництв» та спеціальності «Технологія бродильних виробництв і виноробства» напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» денної та заочної форм навчання./ В.М.Таран ,С.О.Удодов, Л.В. Марцинкевич. – К.:НУХТ, 2011. - 125с.
17. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение,1980-512с.
18. В. Е. Донцов, Р. В. Зуева, Р. В. Крушпова и др. Організація і планування виробництва на підприємствах харчової промисловості. 1972-522с.

19. Основы проектирования деталей машин. В. Л. Устиненко, Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. - Харьков: Высшая школа. Издательство при Харьковском университете, 1983-184с.
20. Островский Е. В., Эйдельман Е. В., Краткий справочник конструктора продовольческих машин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Агропромиздат, 1986-621с.
21. Зенков Р. Л. Машины непрерывного транспорта. – 2 – е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение 1987-432с.
22. Попов В.И. Примеры расчетов по курсу технологического оборудования предприятий бродильной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1969 – 152с.
23. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник.- К:Вища шк.,1993.-556 ст.
24. Справочник конструктора оборудования пищевых производств А. С. Команюк, В. А. Бачанько. - К.: Техника 1981-320с.
25. Харламов С. В. Практикум по розрахунку и конструювання машин і апаратів харчових виробництв. - Л.: Харчпромиздат 1991-256с.
26. Ерохин В. Г., Маханько М. Г. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники: Учеб. пособие для техникумов. – 2 – е изд., - перероб. и доп. - М.: Энергия, 1979 - 240с.
27. Яцюк М. М., Коняев А. И., Яппаров М. Г. Методичні вказівки до виконання розділу "Цивільна оборона" в дипломному проекті. - К.: УДУХТ 990 - 172с.
28. Никитин В.С. Бурашников Ю.М. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности.-М.: Агропромиздат, 1991.-350 с.
29. Зайцев Н.В. Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности. - М.: Легкая и пещевая промышленность, 1972.-430 с.

30. Супрунчук В.К. Роменський М.П. Панчук О.М. Роменська В.М. Ремонт обладнання підприємств по переробці сільсько-господарської продукції.-К.: Урожай, 1992.- 176 с.

31. Комаров В.И. Лифанчиков А.М. и др. Справочник экономиста пищевой промышленности.-М.: Агропромиздат, 1987.-271 с.

32. Технологическое оборудование предприятий бродильной промышленности /В.И. Попов, И.Т. Кретов, В.Н. Стабников, В.К. Предтеченский. – 6-е из. Перераб. И доп. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1983.-464с.

33. Киркач Н.Ф. Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин.-Х.: Вища школа, 1988. - 143 с.

34. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора. - Л.: Машиностроение, 1984. - 464 с.

35. Благовещенская М. М., Воронина Н. О. и др. Автоматика и автоматизация пищевых производств. - М.: Агропромвидавн, 1991. - 239