МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Сергій БЛАЖЕНКО	___Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 2025р.	«___» _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Модернізація заторного апарата продуктивністю 35 т/добу

Виконав: здобувач_4_ курсу, групи__ОХ-4-7ск ___

_Холод Олександр Андрійович_____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Миколів Іван Михайлович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_ _ _ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ _____
(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 - 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут *ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого*

Кафедра *Технологічного обладнання та компютерних технологій проектування*

Освітній ступінь *бакалавр*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(код і назва)

Освітньо-професійна програма *Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв*
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТОКТП
проф. *Микола ЯКИМЧУК*

“___” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧ

Холода Олександра Андрійовича
(прізвище, ім’я, по батькові)

Тема роботи: Модернізація заторного апарата продуктивністю 35 т/добу

1. Керівник роботи Миколів іван Михайлович , доцент, к.т.н.
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закл. вищої осв. від “ 10 ” квітня 2025 року № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи *01 червня 2025 р.*

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *анотація, зміст; вступ, аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення, техніко-економічне обгрунтування, характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охрони праці, екології; загальні висновки, список використаної літератури, специфікація*

5. Перелік графічного матеріалу
Загальний вигляд -2 арк., Основні вузли модернізації-1 арк., Деталювання -1 арк.,Технологія машинобудування- 1 арк.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання *11 квітня 2025 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	*Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів*	*12.04.2025р.*	
2	*Вступ*	*13.04.2025р.*	
3	*Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі*	*14.04.2025р.*	
4	*Техніко-економічне обґрунтування*	*15.04.2025р.*	
5	*Характеристика вихідної сировини і готового продукту*	*18.04.2025р.*	
6	*Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.*	*22.04.2025р.*	
7	*Вибір конструкційних матеріалів*	*24.04.2025р.*	
8	*Розрахункова частина*	*30.04.2025р.*	
9	*Технологічний маршрут виготовлення деталі*	*7.05.2025р.*	
10	*Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу*	*12.05.2025р.*	
11	*Опис системи управління*	*18.05.2025р*	
12	*Заходи щодо охорони праці*	*23.05.2025р*	
13	*Висновки*	*27.05.2025р*	
14	*Список використаних літературних джерел*	*27.05.2025р*	
15	*Графічна частина: 5 аркушів формату А1*	*27.05.2025р.*	
	Подача кваліфікаційної роботи на кафедру	*01.06.2025р.*	

Здобувач_____ **Олександр ХОЛОД**
(підпис)

Керівник роботи_____ **Іван МИКОЛІВ**
(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі на тему: «Модернізація заторного апарата продуктивністю 35т/добу » проведена модернізація заторного апарата шляхом встановлення гомогенізатора подрібненого солоду.

В проекті наводиться класифікація різних типів заторних апаратів, їх аналіз та порівняльна характеристика, опис роботи та будова заторного апарату.

Завдяки використанню нормативно-технічної документації та довідкової літератури проведено тепловий розрахунок, та розрахунки елементів привода, розрахунок гомогенізуючого валу та підбір привода гомогенізатора. Використання спеціальної літератури дозволило підібрати конструктивні матеріали, враховуючи економічність, безпеку виробничого персоналу та споживачів продукції.

Наводяться правила експлуатації, монтажу та ремонту обладнання, охорона праці та система управління процесом затирання солоду.

Дипломний проект складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка викладена на аркушах формату А4 друкованим текстом. Графічна частина представлена на 5-ти аркушах формату А1.

Ключові слова: солод, затор, гомогенізатор, заторний апарат, вал.

Abstract

In the qualification work on the topic: ‘Modernisation of the mash tun with a capacity of 35 tonnes per day’ the mash tun was modernised by installing a homogeniser of crushed malt.

The project provides a classification of different types of mash tuns, their analysis and comparative characteristics, description of the operation and structure of the mash tun.

Using the regulatory and technical documentation and reference literature, the thermal calculation and calculations of the drive elements, calculation of the homogenising shaft and selection of the homogeniser drive were carried out. The use of specialised literature allowed us to select constructional materials, taking into account the efficiency and safety of production personnel and consumers of products.

The rules of operation, installation and repair of equipment, labour protection and the control system for the mashing process are presented.

The diploma project consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note is presented on A4 sheets of printed text. The graphic part is presented on 5 sheets of A1 format.

Key words: malt, mash, homogeniser, mash tun, shaft.

Зміст

стор.

Анотація.....

Вступ.....

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....
2. Техніко-економічне обґрунтування …….....
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту……
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання…….....
5. Вибір конструкційних матеріалів…….
6. Розрахункова частина
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі…….....
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу……
9. Опис системи управління…….....
10. Заходи щодо охорони праці……...

Висновки .....

Список використаних літературних джерел.....

Додатки.....

Вступ

Розвиток харчової промисловості в нашій країні ставить перед експлуатаційниками й конструкторами нові завдання по розробці й удосконалюванню технологічних процесів, по модернізації існуючого устаткування й по створенню раціональних конструкцій машин й апаратів.

Студенти вузів харчової промисловості здобувають навички з розрахунку й конструюванню машин й апаратів при вивченні цілого ряду загально інженерних і спеціальних дисциплін, до числа яких ставляться «Процеси й апарати харчових виробництв», «Розрахунок і конструювання машин й апаратів харчових виробництв» й «Технологічне устаткування харчових виробництв». Кожна із цих дисциплін має своє особливе завдання: дві перші вивчають методи конструювання й розрахунку, що мають загальний для багатьох галузей харчової промисловості характер, остання розглядає тільки специфічні для даної галузі об'єкти устаткування.

Швидкий ріст пивоварної промисловості в сучасний період розвитку привернув увагу працівників цієї галузі до питань освоєння технологічного пивоварного устаткування, що ввозитьсяся через кордон. Вітчизняні заводи продовольчого машинобудування за останні роки освоїли більшу номенклатуру машин й апаратів, забезпечивши нове технічне озброєння пивоварної промисловості.

Частина апаратів і машин, виготовлених іноземними виробниками, була піддана значній модернізації.

Але все таки на даний час харчова промисловість представлена переважно застарілим обладнанням та технологіями, внаслідок чого нераціонально витрачається сировина і енергоресурси.

Отже, зважаючи на вище сказане, головною проблемою є оновлення парку технологічного обладнання, створення автоматизованих систем

управління процесами на базі мікропроцесорної техніки, впровадження найновіших технологічних процесів виробництва продуктів харчування. Ці заходи пови- нні забезпечити раціональне використання сировини, паливно-енергетичних ресурсів.

Метою кваліфікаційної роботи є збільшення продуктивності та підвищення надійності роботи заторного апарата за рахунок удосконалення конструкції

його окремих вузлів .

Об'єкт дослідження: процес затирання солоду в заторному апараті.

Предмет дослідження: закономірності впливу конструктивних параметрів

та режимів роботи заторного апарата на процес затирання солоду.

Також, одна з основних задач, що стоїть перед харчовою промисловістю є створення безвідходних та екологічно безпечних виробництв. Зокрема, для пивоварної промисловості, важливим є впровадження технологій, які б не лише забезпечили максимальний вихід екстракту з солоду, але і забезпечили зниження собівартості продукції та максимальний економічний ефект, екологічну безпеку та безпеку праці. Є велика необхідність у впровадженні технологій, які б дозволили максимально використовувати вторинні продукти виробництва пива, такі як віджата пивна дробина.

1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі

У процесі затирання домагаються максимального екстрагування цінних складових частин солоду, несолоджених матеріалів і хмелю.

На сучасних заводах виробництво пивного сусла здійснюють на чотирьох- або шестиапаратному варильних агрегатах. Затирання проводять у два етапи: спочатку переводять водорозчинні речовини солоду й несолоджених матеріалів у розчин без участі ферментів, а потім водонерозчинні речовини солоду й несолоджених матеріалів - у розчин за допомогою ферментів солоду або додають спеціально в заторну масу різних мікробних ферментних препаратів.

Заторні апарати встановлюються у варильному відділенні заводу.

Розглянемо основні типи обладнання для затирання солоду та проведемо їх аналіз.

На деяких пивзаводах в якості заторного апарата використовують заторні чани.

Заторний чан ЗВУ. Заторний чан - це сталева, рідше мідна, ємність циліндричної форми із плоским днищем (рис. 1.1). Перехід від циліндра до днища повинен бути закруглений, а днище повинне мати слабкий нахил до спускного отвору. Чан не обігрівається й призначений для одержання заторної маси й зберігання частин затору при перекачуванні їх на кип'ятіння. Щоб частини заторів не прохолоджувалися, циліндричну поверхню чана теплоізолюють. Ізоляція захищена сталевим кожухом. Чан має сферичну кришку, а також витяжну трубу. Кришка й кожух ізоляції в добре оснащених варильних відділеннях іноді виготовлені з міді. На кришці є розсувні дверцята, які служать для спостереження, а також як лази.

Для змішування солоду з водою й перемішування заторів раніше вико-

ристовували складні пристосування самих різних конструкцій. У цей час

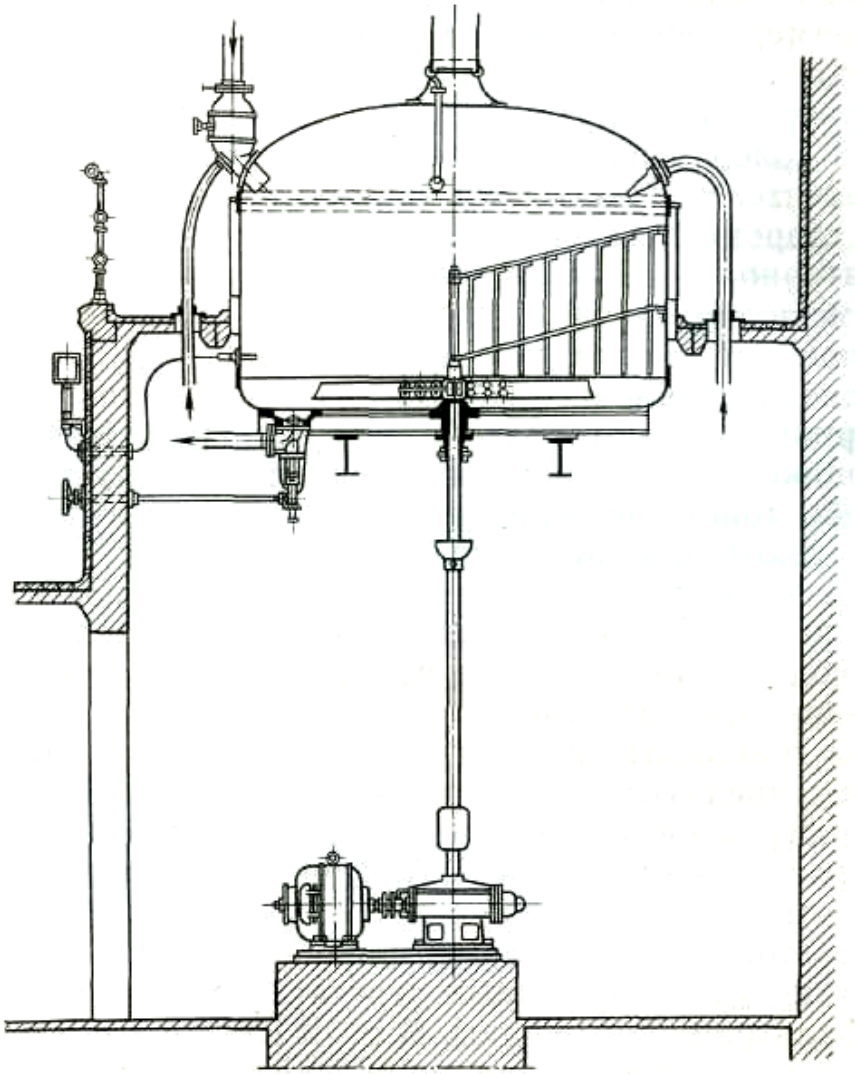


Рис. 1. 1..Заторний чан ЗВУ

застосовуються найпростіші пропелерні мішалки, розміщені поблизу днища. Пропелери відповідної конструкції при частоті обертання 30- 40 про/хв перемішують затор біля стінок і відкидають у центр чана. Перемішування затору повинне бути інтенсивним, однак обережним, щоб зайво не подрібнювалася оболонка й тим самим не утруднялася фільтрація. З огляду на те, що 100 кг дробленого солоду у воді займають обсяг від 0,7 до 0,8 гл, обсяг чана, наприклад, при наборі води (наливі) 5 гл на 100 кг засипу повинен відповідати 7-8 гл на 100 кг засипу.

До чана кріпиться предзаторнік, через який надходить дроблений солод і вода. Тепла й холодна вода перемішуються в змішувачі, оснащеному термометром, а часто й витратоміром. У сучасних варильних відділеннях регулювання температури заторної води проводиться автоматично. Заторний чан повинен мати термометр і термограф.

Заторний пристрій, або предзаторнік, установлюється на лінії підведення дробленого солоду з бункера в заторний чан. Предзаторніки бувають різної конструкції. Як правило, в предзаторніку вода розприскується й змочує дроблений солод, щоб тонкі фракції, головним чином пудра, не розпорошувалися. У деяких конструкціях стікаюча вода утворить циліндричну завісу навколо солоду, що падає в центрі. Предзаторнік повинен забезпечувати швидке регулювання подачі солоду й води, щоб зайвий раз не подовжити процес затирання. Внутрішня поверхня предзаторніка повинна легко очищатися, і в ньому не повинні зкупчуватися залишки мокрого солоду. Конструкція найпростішого предзаторніка наведена на рис.1.2.

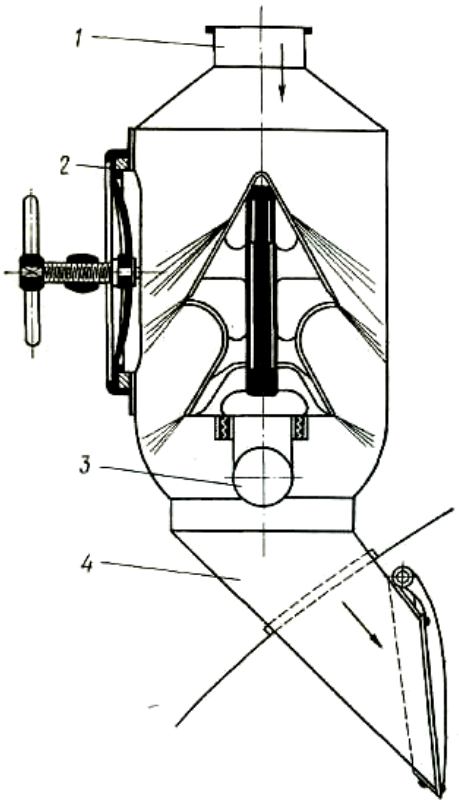


Рис.1. 2. Предзаторнік (Фермаін): *1* — подача солоду; *2* — кришка очисного отвору; *3* — подача води; *4* — клапанний затвор випускного отвору.

На двухпосудних варильних агрегатах затирання проводиться прямо у фільтраційні чани. У цьому випадку до звичайного оснащення фільтраційного чана додана пропелерна мішалка, що запускається при затиранні й при перемішуванні затору, після закінчення цих робіт мішалка піднімається нагору до плечей розпушувача над поверхнею затору. Чан забезпечений також комунікацією для подачі дробленого солоду, іноді обладнаної предзаторніком, а у фільтраційному дні є отвір для спуска заторів. Крім двох швидкостей для розпушення й вивантаження пивної дробини коробка передач комбінованого фільтраційного чана повинна бути оснащена ще й третьою швидкістю для пуску пропелерної мішалки.

Основним недоліком заторного чана є те, що він не має оснащення для обігріву, це значно ускладнює технологічний процес.

Замість заторних чанів останнім часом часто використаються заторні казани. Їхнє оснащення й обсяг такі ж, як у заторних чанів. Однак дно пристосоване для обігріву паром так, що затор може підігріватися. Для регулювання й підтримки температури це зручно; іноді підігрівом затору заміняється кип'ятіння відварок.

Заторний казан ВКЗ. Призначений для готування затору й відварки частини затору, що готується в іншому казані, що входить до складу варильного агрегату. Виготовляються декількох типорозмірів: ВКЗ—1 - для варильних агрегатів на 1 т затору, ВКЗ-1,5 - на 1,5 т, ВКЗ-3 – на 3 т, ВКЗ-5 на 5 т. Застосовуються на пивоварних заводах. Представляють собою (рис. 1.3) сталевий циліндричний резервуар зі сферичним і подвійним днищем і кришкою.

Простір між днищами являється паровою сорочкою, у яку поступає гріюча пара. Вона має відповідні фланці й пристрої для підведення пари, відводу повітря й конденсату. У нижній частині днища перебуває розвантажувальний пристрій для спуска частини затору (густої фази) на відварку або випуску всього затору при передачі у фільтраційний чан. Керування пристроєм здійснюється поворотом відповідних маховичків, один із яких встановлений на його осі, а другий - на колонці, що знаходится на площадці обслуговування. Працює пристрій з допомогою зубчастої конічної передачі. Над днищем розташована пропелерна меішалка для розмішування заторної маси. Привод її здійснюється від двигуна через черв'ячний редуктор, встановлений на фундаменті під днищем. Усередині казана на шарнірі перебуває легкознімна стяжна труба з поплавцем для відбору рідкої фази затору. Вивідна

частина її має запірний пристрій, керований маховичком, винесеним на колонку.

Сферична кришка оснащена витяжною трубою з поворотною дросельною заслонкою, що дозволяє регулювати тягу пари. Заслонка повертається маховичком, установленим на краю кришки. У витяжній трубі - кільцевий збірник для видалення конденсату по відповідній трубі.

Змонтований на кришці казана предзаторнік служить для змочування сухих дроблених зерноприпасів при подачі в казан, що регулюється шиберною засувкою. Поруч із предзаторніком установлений змішувач для холодної і гарячої води, що дозволяє отримувати певну температуру для готування затору. Температура води контролюється термометром на змішувачі. З метою використання теплої води для інших потреб змішувач оснащений патрубком з вентилем і штуцером для приєднання шланга. Розсувний люк на кришці забезпечує промивку казана й спостереження за технологічним процесом. Рефлектор з низьковольтною електролампою, у кришці освітлює продукт, що перебуває в казані.

У внутрішній частині казана по периметрі встановлений трубчастий зрошувач для гасіння хвилеутворень при кип'ятінні й промиванні казана. Патрубок для підведення до нього води виведений зовні кришки й оснащений запірним вентилем. Другий служить для повернення частини затору, відвареного в іншому казані, унизу має наконечник, що розподіляє затор віялоподібно, що створює сприятливий режим його

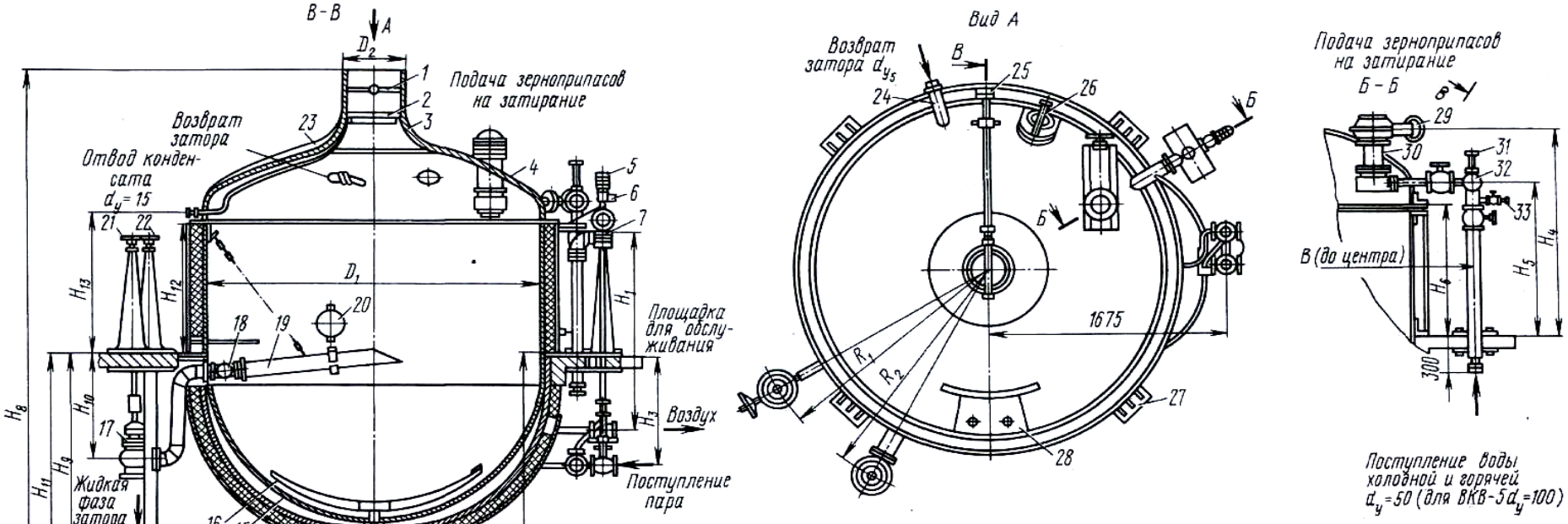


Рис. 3. Заторний казан ВКЗ: 1 - поворотна дросельна заслінка; 2 - збірник для видалення конденсату; 3 - витяжна труба; 4 - сферична кришка; 5 - манометр; 6 - циліндричний резервуар; 7 - маховичок (рукоятка керування); 8 фундамент; 9 - двигун; 10 - редуктор; 11 - розвантажувальний пристрій; 12- вісь розвантажувального пристрою; 13 - зубчаста конічна передача; 14 - маховички для керування розвантажувальним пристроєм; 15 - подвійне сферичне днище; 16 -пропелерна мішалка; 17 - запірний пристрій; 18 - шарнір; 19 - стяжна труба; 20 - поплавець; 21 - маховичок для керування запірним пристроєм; 22 маховичок для керування розвантажувальним пристроєм; 23 - труба для видалення конденсату; 24 - патрубок для повернення затору; 25 - маховичок для повороту дросельної заслінки; 26 т

змішування й перешкоджає утворенню концентрованих ділянок з підвищеною температурою.

При монтажі варильного агрегату патрубок з'єднується з розподільним пристроєм, що дозволяє повертати частину затору, що відбирає з казана, у той же казан, передавати частину на відварку в інший, приготовлений - з будь якого казана, чьотирьохпосудного агрегату у фільтраційний чан, із заторного казана в кожній із двох фільтраційних чанів шестипосудного (у двухпосудних пристрій не застосовується). Температура затору в процесі готування контролюється дистанційним термометром опору, датчик якого розташований у циліндричній частині казана.

Рукоятка керування вентилями подачі пари в сорочку й відводу повітря виконана у вигляді маховичка на колонці, установленої на площадці обслуговування. Манометр на колонці контролює тиск пари. Казан має по окружності опорне кільце з кутового заліза, до нього приварені чотири башмаки для установки його на площадці. Через те, що в кожному окремому випадку казан може встановлюватися на різній висоті до залежності від місцевих умов, приводний вал мішалки виконаний з окремих частин, з'єднаних муфтами. Довжина його середньої частини уточнюється при монтажі.

Дроблений солод (зернопрепаси) надходить у предзаторнік, де змочується теплою водою зі змішувача, потім у вигляді кашки зливається в казан. Після отварки заторна маса нагнітається насосом назад у казан для кип'ятіння, а з нього подається у фільтраційний чан.

Даний заторний апарат має парову рубашку тільки у днищі, такий спосіб не є ефективним так як не досягається рівномірна температура затору по всьому об'ємі. Тим паче апарат такого типу не повністю проводить затирання, частина затору готується в іншому казані.

Заторно-сусловарильний казан ВСЦ-1. Призначений для затирання дробленого солоду, відварки частини затору, що

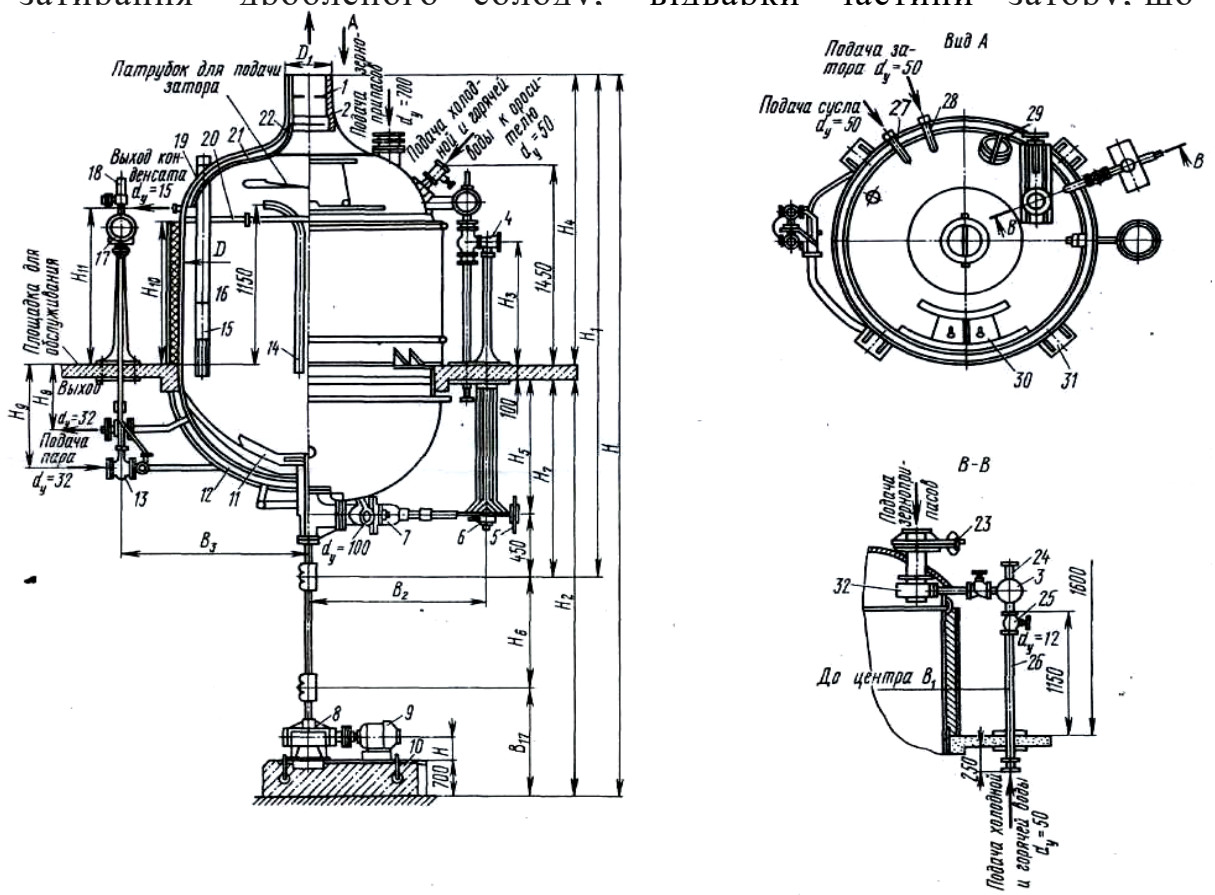


Рис.1. 4. Заторно-сусловарильний казан ВСЦ-1: 1 - дросельна заслінка; 2 - витяжна труба; 3 - змішувач; 4 - патрубок; 5 - маховички для керування розвантажувальним пристроєм; 6 - конічна зубчаста передача; 7 - розвантажувальний пристрій; 8 - черв'ячний редуктор; 9 - електродвигун; 10 - фундамент; 11 -пропелерна мішалка; 12 - подвійне сферичне днище; 13 - вентиль для подачі пари; 14 - труба патрубка для подачі сусла; 15 - мірна лінійка; 16 - сталевий циліндричний резервуар; 17 - маховичок (рукоятка керування); 18 - манометр;19-сферична кришка; 20 - трубчастий зрошувач; 21 - труба для відводу конденсату; 22 - кільцевий збірник конденсату; 23 - шиберна засувка; 24 - термометр; 25 -труба для води; 26 - штуцер; 27 - патрубок для подачі

заторно-фільтраційному чані, кип'ятіння й випарювання сусла після фільтрації. Застосовується на пивоварних заводах у складі варильних агрегатів на 1 т затору. При використанні двохпосудного агрегату казан оснащується таким же предзаторніком, як заторно-фільтраційний чан. Наявність його дозволяє додавати в казан зерноприпаси при готуванні основного затору в чані. Він являє собою (Рис.1.4) сталевий циліндричний резервуар зі сферичними подвійним днищем і кришкою.

Простір між сферами днищ є паровою сорочкою, у яку подається гріюча пара. Вона має фланці із пристроями для підведення пари, відводу повітря й конденсату. У нижній частині днища змонтований розвантажувальний пристрій для випуску затору (при відварці) або сусла. Керування ним здійснюється поворотом кожного із двох маховичків, один із яких установлений на горизонтальній осі пристрою, а інший - на вертикальній стійці, що перебуває на площадці обслуговування. Розвантаження продукту виконують вручну, обертаючи маховичок за допомогою зубчастої конічної передачі. Над днищем усередині казана розташована пропелерна мішалка для розмішування затору або поліпшення циркуляції сусла при кип'ятінні. Всередині казана по периметру закріплений трубчастий зрошувач для гасіння водою хвилеутворювань, що виникають на поверхні киплячого сусла. Мірна лінійка перебуває у відкритій нижній частині труби, закріпленої на кришці. Труба опущена нижче рівня сусла, що створює в зоні, обмеженої її стінками, рівну поверхню його й дає можливість правильно визначити рівень. Лінійка виконується без градуювання (виконується при монтажі казана).

У кришці є витяжна труба з поворотною дросельною заслінкою, що регулює тягу пари. Управляється заслінка тросом з ланцюгом, У штуцері встановлений кільцевий збірник для збору конденсату. Труба для його відводу виведена через кришку й при монтажі приєднується до каналізаційної мережі. На кришці розташований патрубок для подачі затору з фільтраційного чана. Наконечник патрубка розподіляє затор віялоподібно, що створює сприятливий режим його змішування й перешкоджає утворенню концентрованих ділянок з підвищеною температурою.

Через патрубок із трубою надходить сусло із заторно-фільтраційного чана. Труба опущена в нижню частину казана, це забезпечує більш спокійне заповнення його й швидке нагрівання. Шиберна засувка предзаторніка для подачі в казан дроблених зерноприпасів і змочування водою дозволяє регулювати їхню кількість.

На площадці обслуговування установлений змішувач для поступаючої по трубі холодної й гарячої води. Він дозволяє одержувати воду, будь якої температури, необхідної для затирання зерноприпасів. Для контролю її установлений термометр. З метою використання теплої води на інші потреби змішувач комплектується патрубком з вентилем і штуцером для приєднання шланга. Для контролю температури відварки в процесі приготування затору встановлений дистанційний термометр опору, датчик його знаходится в циліндричній частині казана.

Розсувний люк на кришці служить для обслуговування казана при промиванні й спостереження за технологічним процесом. Поверхня продукту освітлюється рефлектором з низьковольтною електролампою.

Для установки на площадці обслуговування казан має опорне кільце, укріплене спеціальними башмаками. Рукоятка керування вентилями подачі пари в сорочку й відводу повітря у вигляді маховичків винесена на спарену вертикальну стійку, де розташований манометр для контролю тиску пари. Привод мішалки - від електродвигуна через черв'ячний редуктор, установлений на фундаменті. Через те, що казан у кожному окремому випадку може встановлюватися на різній висоті залежно від місцевих умов, приводний вал мішалки виконаний з окремих частин. Середня частина вала уточнюється в процесі монтажу й виготовляється по спеціальному замовленню.

Для відварки 1/3 частина затору надходить із заторно-фільтраційного чана в казан при працюючій мішалці. У парову сорочку подається пара, витримуются необхідні температурні режими, і виконується кип'ятіння затору. Приготовлений, він випускається через розвантажувальний пристрій і перекачується назад у чан. Далі вся маса затору перекачується в казан,де повністю оцукрюється. Після цього затор знову подається в чан з попередньо покладеними фільтраційними ситами, де відстоюється.

Для кип'ятіння й випарювання сусла після фільтрації через люк казана засипається необхідна кількість хмеля, у парову сорочку пускається пара, що гріє, коли сусло починає закипати, перекривається паровий вентиль, невелика прохідна щілина в ньому підтримує постійну температуру кипіння.

Недолік даного апарата недостатня ефективність підігріву заторної маси, та складність процесу експлуатації.

Казан заторний Ш4-ВВП-7/1. Призначений для готування затору. Застосовується на заводах пивоварної промисловості. Являє собою (рис. 1.5) циліндричний апарат з листової сталі з

конічними днищем і кришкою. Парові рубашки бічних стінок і днища, корпуса, мають патрубки для подачі пари, відводу повітря й конденсату, кришка має витяжну трубу з поворотною дросельною заслінкою. У трубі є кільцевий збірник для видалення конденсату, що утворюється при кип'ятінні, на кришці - люк і світильник. Привод мішалки встановлений на фундаменті.

Висновки. Розглянувши основні типи існуючого обладнання для затирання солодової маси можемо зробити висновок, що апарат який розглядається в даному проекті найбільш відповідає технологічному процесу, так як має парову сорочку в конічному днищі, та циліндричному корпусі, що сприяє рівномірному розподіленні температури між заторною масою. Заторний апарат працює в парі з механічним гомогенізатором подрібненого солоду, в якому відбувається змішування солоду з гарячою водою та часткове затирання солоду. Такий процес є оптимальним і забезпечує отримання найбільшої кількості екстракту хорошої якості.

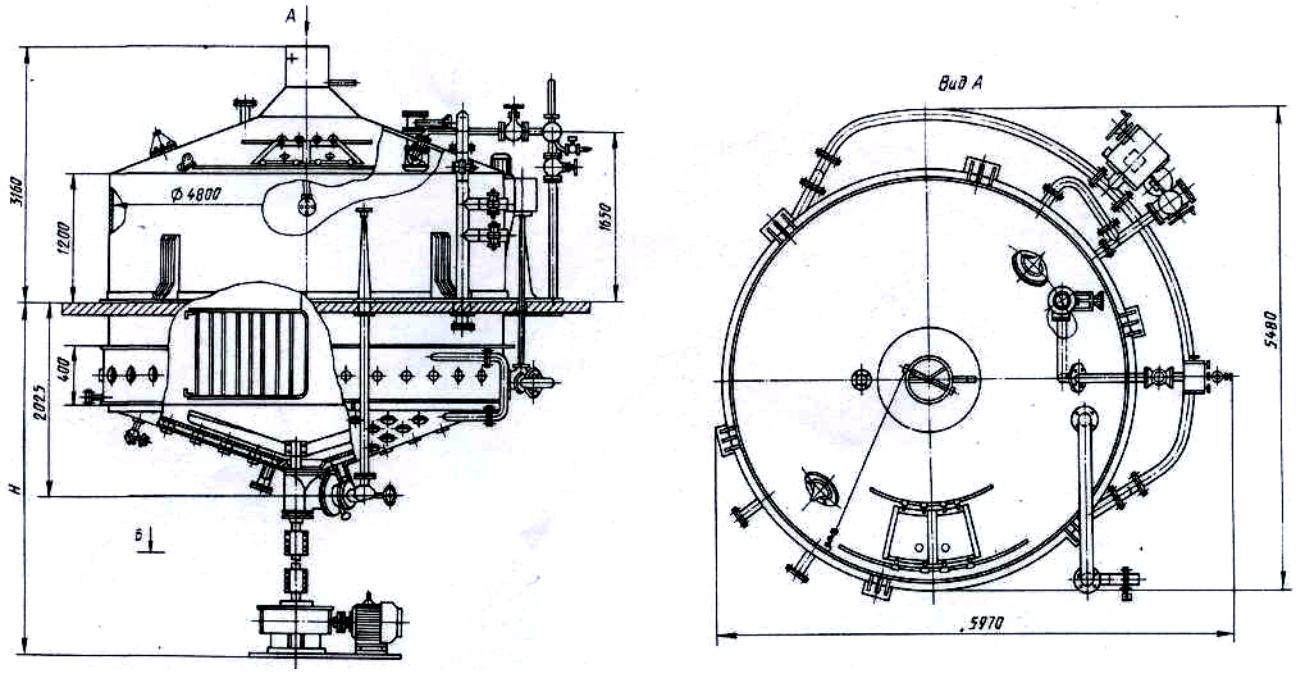


Рис.1. 5. Заторний казан Ш4-ВВП-7/1

2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування

В даний час наш вітчизняний ринок пива є підготовленим до змін смаків споживачів, але він не був готовий до воєнного стану та важкості придбання інгредієнтів з-за кордону. Тому, до війни, на ньому з'являлося багато раніше невідомих сортів пива та цікавих чи як полюбляють казати «екзотичних» смаків пива, які в результаті успішно знаходили свій збут, а зараз наші виробники просто намагаються пристосуватися до нових умов та до того щоб мінімально підвисити ціну маючи складники з-за кордону. Продукція міні-пивоварні спрямована в основному на пасивного і помірного споживача. Та і в зв'язку з жарким кліматом на півдні України, економічно вигідним, є розташування пивоварні в місті Одеса. Впродовж останніх десятиліть спостерігається тенденція до активного розвитку ресторанного бізнесу та планомірне поєднання його з іншими галузями, що пропонують продукцію і послуги. Одним із таких тандемів є міні-виробництва, яскравим представником яких є технологія міні-пивоваріння. З'явилися професійні пивні виставки та дегустаційні конкурси, розвивається сегмент HoReCa, який також є частиною європейської пивної культури, оскільки більше половини пива (54% у Німеччині та 56% у Чехії) випивають у різного роду закладах. Незаперечна перевага таких місць — атмосфера, колорит і можливість спробувати різні сорти свіжого розливного пива.

На більшості пивоварних заводах України використовуються класична апаратурно-технологічна схема одержання пивоварного сусла, що включає два заторних апарати.

Від правильності проведення процесу затирання затору залежить якість кінцевого продукту – пива. Тому, актуальним на сьогоднішній день є пошук принципово нових апаратурно-технологічних рішень проведення даного процесу.

Конструкція такого варильного агрегату не є раціональною, тому що перший заторний апарат використовується тільки для змішування солодової

крупки з водою, тобто апарат не використовується для своєї основної цілі – затирання, крім того маємо невеликий вихід екстракту, що в свою чергу призводить до неекономічного використання солодової крупки. Тому необхідно використовувати обладнання яке дозволяє проводити не тільки змішування солодової крупки з гарячою водою, а й попереднє її затирання, різновидом такого обладнання є механічний гомогенізатор подрібненого солоду.

Встановлення гомогенізатора, передбачає змішування солодової крупки з гарячою водою, та попереднє затирання через предзаторний насос, за допомогою якого заторна маса подається на остаточне затирання на заторний апарат. Така схема є дуже ефективною, так як дозволяє отримати найбільший вихід екстракту на заторному апараті, тобто досягти максимального розчинення сахарози, декстринів, неорганічних речовин, білків крохмалю, клітковини, частини високомолекулярного білка й інших з'єднань, при цьому досягається отримання необхідної кількості екстракту, а отже маємо економію сировини – солоду.

3.Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Який з інгредієнтів великою мірою відповідає за те, яким буде майбутнє пиво? Звичайно ж солод! Він впливає на тіло пива, його смак і аромат, а також пінну шапку. Типів солоду значно більше, ніж уявляє собі пересічний поціновувач пива. У різних країнах варять пиво з ячменю, пшениці, жита, вівса, рису або навіть з кукурудзи та сорго. З кожної з цих зернових культур виготовляють безліч різних видів солоду. Який саме продукт вийде з однієї й тієї самої культури залежить від декількох факторів: типу початкової сировини (адже зерно буває різних сортів), ступеню солодження та ступеню потужності ферментів, який походить від двох попередніх перемінних. В пивоварінні існують визначення базового та додаткового (або ж, спеціального) солодів. Звичайно, можна зварити сорт і на одному виді , але у декотрих сортах кількість солодів доходить до 7-8 солодів. Такий мікс називають купажем. Для чого ж потрібні ці складнощі? Справа в тому, що спеціальні солоди дають пиву особливий колір, цікаві відтінки смаку та аромату, але через обробку за вищих температур, вони містять значно менше активних ферментів, що не дозволяє процесу зброджування відбуватися як треба. Тому на допомогу приходить базовий солод, у якому цих ферментів достатньо. Отже, як відбувається процес приготування солоду? Після збору врожаю зерно потрапляє на солодовні – там його сушать та очищають від дрібного сміття та пилу. Тоді сортування: до наступного етапу надходять тільки найякісніші зерна. Потому сировину замочують у воді певної температури, необхідної, щоб зернятка розпочали проростати. У наслідок замочування у них всередині починається обмін речовин і активізуються необхідні ферменти. Згодом, коли пивовари будуть затирати сусло, вони допоможуть перетворити крохмаль у зерні на прості цукри. На певній стадії процес пророщування зупиняють, зерно сушать та видаляють паростки, що з’явилися на зернятках. В залежності від умов, за яких відбувається висушування, отримують солод різних типів. Їх колір теж різниться: від блідого світлого до темного-коричневого. Все це у кінцевому результаті

впливає на аромат і смак пива – в залежності від солоду в них можуть з’являтися зернові, хлібні, бісквітні, карамельні, копчені, димні, кавові або шоколадні нотки.

Пиво — слабоалкогольний пінистий напій, отриманий зброджуванням спеціальними расами пивних дріжджів охмеленого сусла, виробляється з ячмінного солоду і неосолоджених матеріалів . Масова частка спирту в пиві — 1,8—7%, зміст незброджених речовин сусла — 11—22%.

Пиво — хороший смаковий і жагоутоляючий напій, сприятливо впливає на відділення жовчі і роботу шлунково-кишкового тракту. Завдяки цим властивостям воно успішно конкурує з міцними алкогольними напоями. У створенні смакових властивостей пива (специфічного аромату, смаку, пінявості, кольору) велику роль грає основна сировина — ячмінний солод і хміль. Залежно від виду використовуваного солоду пиво виробляють двох типів: світле і темне з масовою часткою сухих речовин — від 8 до 22%. За способом обробки воно може бути непастеризоване і пастеризоване, а також неосвітлене (реалізують через спеціальні ізотермічні резервуари).

Світле пиво має колір від жовтого до світло-коричневого, хмелевий смак з добре вираженою гіркотою; темне — коричневий колір, солодовий смак. Асортимент світлого пива: Жигулівське, Мінське, Московське, Ризьке, Ленінградське, Донецьке, Львівське; темного — Мартовське, Українське, Оксамитове, Портер. Випускають також пиво спеціальне (світле і темне) і оригінальне (світле).

Доброякісне пиво повинне бути прозорим, без сторонніх включень і муті, при наливанні давати компактну стійку піну, мати характерні чистий смак і аромат зброджeного продукту з хмільною гіркотою. У нім нормуються: масова частка сухих речовин в початковому суслі, масова частка спирту, кислотність, колір, масова частка двоокису вуглецю, стійкість

пива і час доброджування. Кожна марка пива характеризується властивими їй смаковими, властивостями і фізико-хімічними показниками.

До дефектів пиво відноситься відчуття зайвої солодкості або гіркоти, кислий смак, помутніння. Розлив пива проводять в пивні пляшки оранжевого або темно-зеленого кольору ємкістю 0,5 і 0,33 л або бочки. На етикетці окрім звичайних реквізитів указується відсоток сухих речовин в початковому суслі. Дата закінчення терміну реалізації наголошується насічкою на одній із сторін етикетки. Маркірують бочку наклеюванням ярлика з відомостями про продукт.

Зберігають пиво в пляшках при температурі не нижче 2 і не вище 12°С. Гарантійний термін зберігання з дня розлива — 8 діб, окремих найменувань — 12 діб. Для збільшення терміну зберігання пиво пастеризують. Термін зберігання пастеризованого пива 45 діб з дня розлива.

3. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання

3.1. Сутність модернізації

Від правильності проведення процесу затирання затору залежить якість кінцевого продукту – пива. Тому, актуальним на сьогоднішній день є пошук принципово нових апаратурно-технологічних рішень проведення даного процесу.

Конструкція такого варильного агрегату не є раціональною, тому що перший заторний апарат використовується тільки для змішування солодової крупки з водою, тобто апарат не використовується для своєї основної цілі – затирання, крім того маємо невеликий вихід екстракту, що в свою чергу призводить до неекономічного використання солодової крупки. Тому необхідно використовувати обладнання яке дозволяє проводити не тільки змішування солодової крупки з гарячою водою, а й попереднє її затирання, різновидом такого обладнання є механічний гомогенізатор подрібненого солоду.

Встановлення гомогенізатора, передбачає змішування солодової крупки з гарячою водою, та попереднє затирання через предзаторний насос, за допомогою якого заторна маса подається на остаточне затирання на заторний апарат. Така схема є дуже ефективною, так як дозволяє отримати найбільший вихід екстракту на заторному апараті, тобто досягти максимального розчинення сахарози, декстринів, неорганічних речовин, білків крохмалю, клітковини, частини високомолекулярного білка й інших з'єднань, при цьому досягається отримання необхідної кількості екстракту, а отже маємо економію сировини – солоду.

3.2. Заторний апарат

Схема заторного апарата представлена на Рис. 3.1 і має такий вигляд. Заторний апарат являє собою вертикальний циліндр корпус 1, який закінчується знизу конічною частиною з патрубком 3 (А), який призначений для входу затору з механічного гомогенізатора, та виходу його в прес-фільтр. Апарат має також конічну кришку 2, яка дозволяє працювати людям поруч з апаратом так як вона в деякій мірі ізолює його корпус.

Затор в казані підігрівається за допомогою парових рубашок в які надходить гріюча пара. В циліндричній та конічній частинах апарата по стінках розміщенні трубні решітки 18 в конічному днищі, 17 в корпусі апарата. В парову рубашку 18 гріюча пара надходить через патрубок 5 (Д), конденсат який утворюється в процесі затирання відводиться з конічного днища через патрубок 4 (Е). В циліндричний корпус пара надходить патрубком 7 (В), а конденсат відводиться через патрубок 6 (Г). Патрубки підводу пари в парові рубашки мають запобіжні вакуумні клапана, в конічній частині 12 (З), а в циліндричні 11 (К). Кожна частина казана в якій розміщується парова рубашка має спеціальні патрубки для виходу повітря 9 (Ж), 8 (І), які призначені для деаерації заторної маси, тобто видалення надлишкового повітря яки негативно впливає, на подальших етапах, на якість сусла. Такі патрубки встановлені по всьому периметру трубних решіток апарата, в конічній частині їх кількість складає 7шт., а циліндрична частина має 5шт. Частина повітря, разом з вторинною порою видаляються з апарата через витяжну трубу (Н), яка розміщена у верхній частині казана. Температуру затору контролюють за допомогою патрубка (Л), з якого беруть температурну пробу заторної маси.

Для того щоб можна було спостерігати за процесами які відбуваються в апараті в верхній частині його розміщений люк 15 (М), який забезпечує спостереження за технологічним процесом затирання. Для освітлення внутрішньої частини апарата встановлено ліхтар 14,

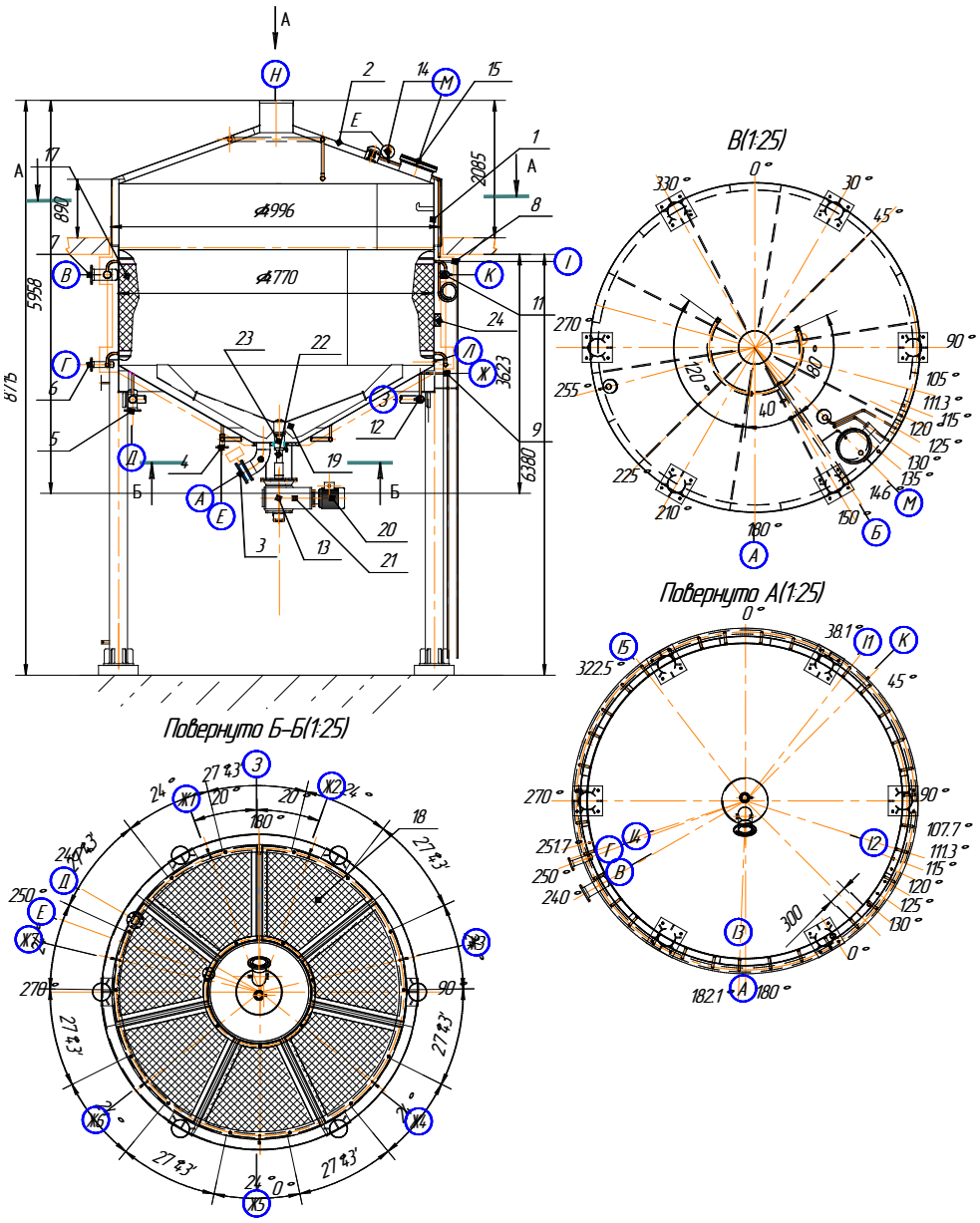


Рис. 3.1. Заторний апарат:

1 – циліндричний корпус; 2 – конічна кришка; 3(А) – патрубок для входу та виходу затору; 4(Е) – патрубок відводу конденсату з конічної частини; 5(Д) – патрубок входу гріючої пари в конічну парову рубашку; 6(Г) - патрубок відводу конденсату з циліндричної частини; 7(В) - патрубок входу гріючої пари в циліндричну парову рубашку; 8(І) – патрубок виходу повітря з циліндричного корпусу; 9(Ж) – патрубок виходу повітря з конічного днища апарата; 11 (К) – запобіжний вакуумний клапан циліндра корпуса; 12 (З) - запобіжний вакуумний клапан конічної кришки; 13 – привод мішалки; 14 – ліхтар; 15 – оглядовий люк; 17 – циліндрична трубна решітка; 18 – конічна трубна решітка; 19 – робочий орган (мішалка); 20 – електродвигун; 21 – черв'ячний редуктор; 22 – вал мішалки; 23 – опора (підшипник ковзання); 24 – теплоізоляція.

сам ліхтар встановлено зовні апарата, а світло до внутрішньої частини надходить по світлопроводі. Працює пристрій від привода 13, який складається з електродвигуна змінного струму 20, рух від якого передається до черв'ячного редуктора 21, він в свою чергу приводить в обертовий рух вал мішалки 22 встановлений в опору 23, таким чином робочий орган 19 приводиться в рух. Щоб заторна маса не охолоджувалася в процесі затирання корпус тепло-ізолюють, ізоляційним матеріалом 24. Для миття апарата розчином «CIP», або гарячою водою використовується патрубок (Б).

Принцип роботи заторного апарата полягає в наступному. Заторний апарат розроблений для одержання затору, що надходить по патрубку 3 (А) із механічного гомогенізатора, що розташований у днищі заторного апарата.

Це необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування.

Під час наповнення заторного апарата, у момент повного покриття мішалки 19, виконується її плавний запуск, від привода 13, рух якого здійснюється від електродвигуна 20,на черв'ячний редуктор 22, який з'єднаний через постійну муфту з валом 22, що встановлений в опору 23,

це також необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування. Коли весь затор буде перекачаний, може бути початий “процес затирання”. “Процес затирання” складається з різних операцій витримки й нагрівання, необхідних для протікання різних ензиматичних активностей.

Операції нагрівання до різних температур виробляються за допомогою подачі

пари в подвійну сорочку 17,18, монтовану на циліндрі й конусі заторного апарата. Конденсат що утворився в процесі затирання відводиться з конічного днища через патрубок 4 (Е), в циліндричній частині через 6 (Г). Пар до парових рубашок подається через патрубки 5 (Д), 7 (В). Під час даних операцій нагрівання мішалка (обладнана двигуном з частотним перетворювачем) збільшує кількість обертів щоб уникнути пригоряння затору до стінок заторного апарата.

Кожна частина казана в якій розміщується парова рубашка має спеціальні патрубки для виходу повітря 9 (Ж), 8 (І), які призначені для деаерації заторної маси, тобто видалення надлишкового повітря яки негативно впливає, на подальших етапах, на якість сусла. Такі патрубки встановлені по всьому периметру трубних решіток апарата, в конічній частині їх кількість складає 7шт., а циліндрична частина має 5шт.

Тиск пари (а, отже, і температура пари), що надходить у заторний апарат, є постійним, що досягається за допомогою регулювального клапана й датчика тиску. Це необхідно для забезпечення однакових умов нагрівання протягом усього процесу.

Нагрівання за допомогою пари допускається тільки, у випадку якщо область нагрівання (конус і циліндр) покриті рідиною.

Під час різних операцій витримки мішалка або вимикається, або працює з дуже низькою кількістю обертів.

Вторинна пара що утворюється в процесі затирання відводиться витяжною трубою (Н). Для того щоб можна було спостерігати за процесами які відбуваються в апараті в верхній частині його розміщений люк 15 (М), який забезпечує спостереження за технологічним процесом затирання. Для освітлення внутрішньої частини апарата встановлено ліхтар 14, сам ліхтар встановлено зовні апарата, а світло до внутрішньої частини надходить по світлопроводі.

Після перевірки оператором оцукрення заторної маси, затор подається в прес-фільтр із заторного апарата по патрубку 3 (А) , до моменту, поки заторний апарат не буде порожній.

Під час накачування затору в прес-фільтр, але не під час початку або закінчення накачування, до заторного апарата може бути доданий труб (що йде від бака для труба), для компенсації втрат від відстійного резервуара для сусла.

При певному рівні наприкінці перекачування (визначається програмою й безупинно виміряється) затор змивається гарячою водою й, отже, “очищаються” стінки заторного апарата.

Заторний апарат уважається порожнім, а перекачування в прес-фільтр припиняються, коли в заторному апараті буде досягнутий найменший рівень.

Для миття апарата розчином «CIP», або гарячою водою використовується патрубок (Б).

Тепер заторний апарат підготовлений для наступного варіння.

3.3. Гомогенізатор

Схема гомогенізатора подрібненого солоду представлена на рис. 7 і має такий вигляд. Механічний гомогенізатор складається з корпусу 1 в якому обертається гомогенізуючий вал 2, що встановлений в опори 3 та 4, вал приводиться до руху за допомогою привода 5, який складається з

електродвигуна 6 та редуктора 7. В верхній частині корпуса встановлюється гідратор 8 за допомогою якого солодова крупка

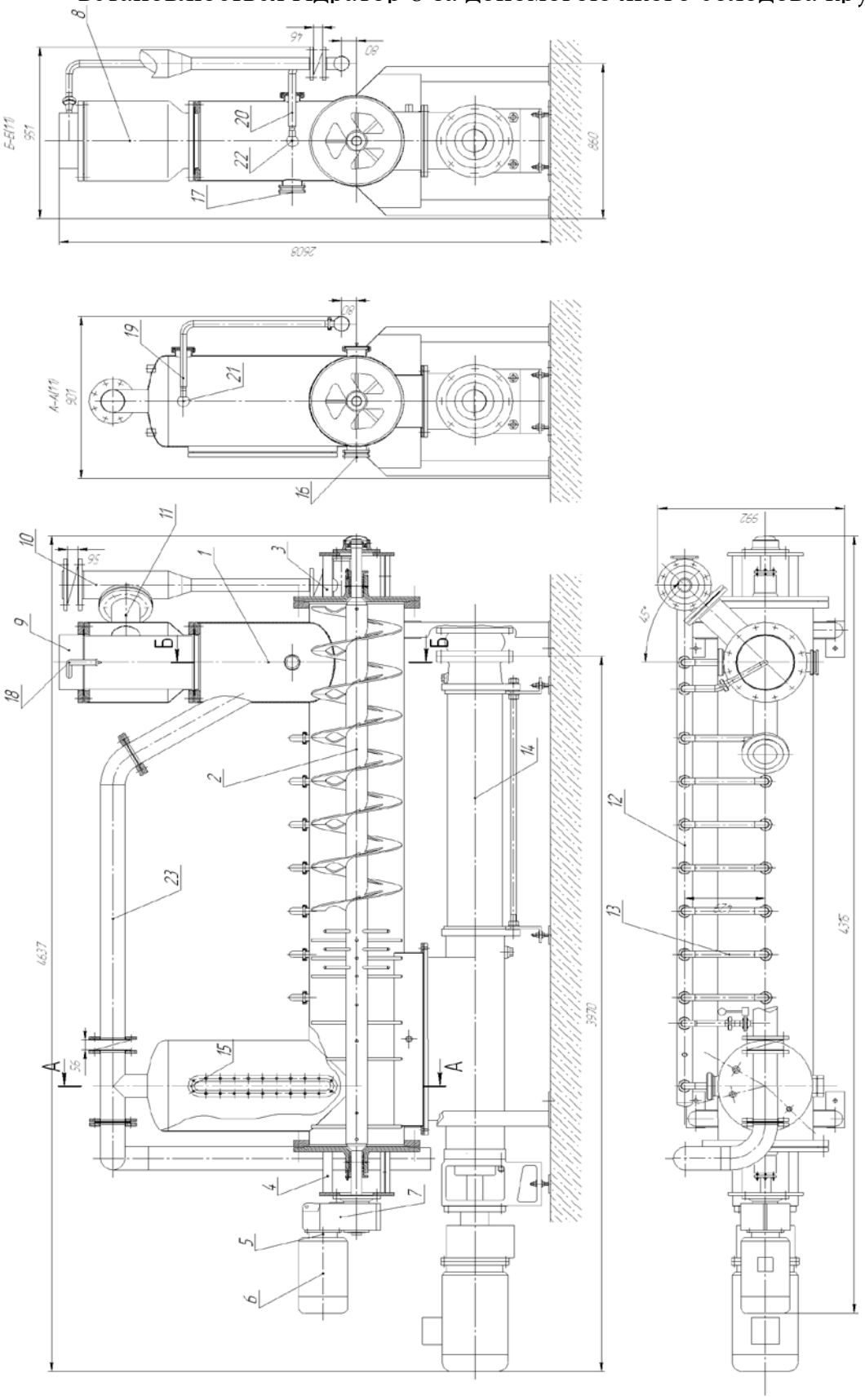


Рис.7. Гомогенізатор подрібненого солоду: 1 – корпус; 2 – гомогенізуючий вал; 3,4 – опори вала ; 5 - привод; 6 - електродвигун; 7 – редуктор; 8 - гідратор; 9 – патрубок для подачі крупки; 10 – труба для подачі води; 11 - з’єднувальний патрубок; 12 – розподільча труба; 13 – патрубок; 14 – хвильовий насос; 15,16,17 – оглядові вікна; 18 – патрубок для подачі води; 19,20 – патрубки для миття «СІП»; 21,22 – сферичні форсунки; 23 – труба для видалення

змішується з водою. Труба для подачі води 10 з'єднується з гідратором за допомогою патрубка 11, труба 10 також з'єднана з розподільчою трубою 12, яка має патрубки 13 для рівномірного розподілення води по всьому об'ємі заторної комери. В нижній частині апарата встановлено хвильовий насос 14 за допомогою якого відбувається подача затору в заторний апарат. Для візуального спостереження за рівнем заторної маси, а також протікання технологічного процесу встановлені вікна 15, 16, 17. В гідраторі також розміщується патрубок 18 для подачі води, або ферментів разом з водою. Процес миття «CIP» здійснюється через ті самі патрубки по яких подається вода, але додатково у важкодоступних місцях встановлені патрубки 19,20 з сферичними миючими форсунками 21,22. Для видалення повітря з гомогенізатора призначена труба 23, клапан якої періодично відкривають.

Затирання заключається в ретельному перемішуванні солодової крупки з водою в процесі попереднього затирання при певній температурі.

Гомогенізуюча установка використовується в пивоварінні для затирання солодової крупки для мінімізації поглинання кисню під час процедури затирання, що зазвичай приводить до погіршення якості.

Принцип роботи гомогенізатора заключається в слідуючому. Крупка з бункера подається через патрубок 9 до гідратора вода надходить в трубу 10 де через патрубок 11 надходить в гідратор, також через патрубок 18 в середину гомогенізатора подається вода. В гідраторі відбувається змішування крупки з водою. Вода в гомогенізатор надходить через патрубки 13, які зеднуються з розподільчою трубою 12 .Коли гомогенізатор заповниться почнеться власне попередне затирання, яке буде здійснюватись за допомогою гомогенізуючого валу 2, що встановлений в опори 3 та 4, вал приводиться до руху за допомогою

привода 5, який складається з електродвигуна 6 та редуктора 7. При перекачці в гомогенізатор в заторну воду можуть бути додані деякі добавки (сіль, кислота, ензими). По закінченні затирання заторна маса перекачується хвильовим насосом 14 до заторного апарата для подальшого затирання.

Хвильовий насос

вода, але додатково у важкодоступних місцях встановлені патрубки 19,20 з сферичними миючими форсунками 21,22. Для видалення повітря з гомогенізатора призначена труба 23, клапан якої періодично відкривають.

Затирання полягає в ретельному перемішуванні солодової крупки з водою в процесі попереднього затирання при певній температурі.

Гомогенізуюча установка використовується в пивоварінні для затирання солодової крупки для мінімізації поглинання кисню під час процедури затирання, що зазвичай приводить до погіршення якості.

Принцип роботи гомогенізатора полягає в наступному. Крупка з бункера подається через патрубок 9 до гідратора вода надходить в трубу 10 де через патрубок 11 надходить в гідратор, також через патрубок 18 в середину гомогенізатора подається вода. В гідраторі відбувається змішування крупки з водою. Вода в гомогенізатор надходить через патрубки 13, які з’єднуються з розподільчою трубою 12 .Коли гомогенізатор заповниться почнеться власне попередне затирання, яке буде здійснюватись за допомогою гомогенізуючого валу 2, що встановлений в опори 3 та 4, вал приводиться до руху за допомогою привода 5, який складається з електродвигуна 6 та редуктора 7. При перекачці в гомогенізатор в заторну воду можуть бути додані деякі добавки (сіль, кислота, ензими). По закінченні затирання заторна маса перекачується хвильовим насосом 14 до заторного апарата для подальшого затирання.

3.4. Хвильовий насос

Схема хвильового насоса представлена на рис. 7 і має такий вигляд.

Рис.8. Хвильовий насос: 1 – корпус; 2 – електродвигун; 3 – редуктор ; 4 – приєднувальний фланець; 5 – проміжний

Насос складається з корпусу 1, в якому обертаються гвинтовий 8 і хвильвий 9 вали, вал 9 обертається в гумовому статорі 10, що закріплений в корпусі. Вся система приводиться в рух від електродвигуна 2, що передає крутний момент через циліндричний редуктор 3 на перехідний вал 5, корпус насоса та редуктор приєднуються за допомогою спеціального приєднувального фланця 4. Перехідний вал 5 з'єднується через гнучку муфту 6 з гвинтовим валом 8, який в свою чергу через гнучку муфту 7 приєднаний до хвильвого вала 9. Для з'єдна-

ння насоса з трубопровідною комунікацією, через перехідний фланець, служить корпусний фланець 11.

Хвильвий насос використовується в пивоварінні для часткового затирання солодової крупки та перекачці отриманої заторної маси на заторний апарат для подальшого її затирання.

Принцип роботи насоса заключається в слідуючому. Система приводиться в рух від електродвигуна 2, що передає крутний момент через циліндричний редуктор 3 на перехідний вал 5, корпус насоса та редуктор приєднуються за допомогою спеціального приєднувального фланця 4. Перехідний вал 5 з'єднується через гнучку муфту 6 з гвинтовим валом 8, заторна маса з верхньої частини механічного гомогенізатора надходить в приймальну частину насоса де додатково перемішується гвинтовим валом 8, який в свою чергу передає її на попереднє затирання і перекачування валом 9 хвильового насоса. Принципова схема процесу затирання хвильовим валом зображена на рис.9. За рахунок того що гвинтовий вал 8 і хвильовий вал 9 мають, при їх з'єднанні через гнучку муфту 7, невелику неспіввісність, а тому при обертанні вал 9 буде мати зворотньо-поступальний рух, при цьому захоплюється заторна маса і гумовий статор, він має пористу структуру, стискується, в зазор що утворився проштовхується затор, який при цьому ще й затирається. Далі затор переходить певну кількість перепадів

хвиль статора й по трубопроводу надходить в заторний аппарат для остаточного затирання.

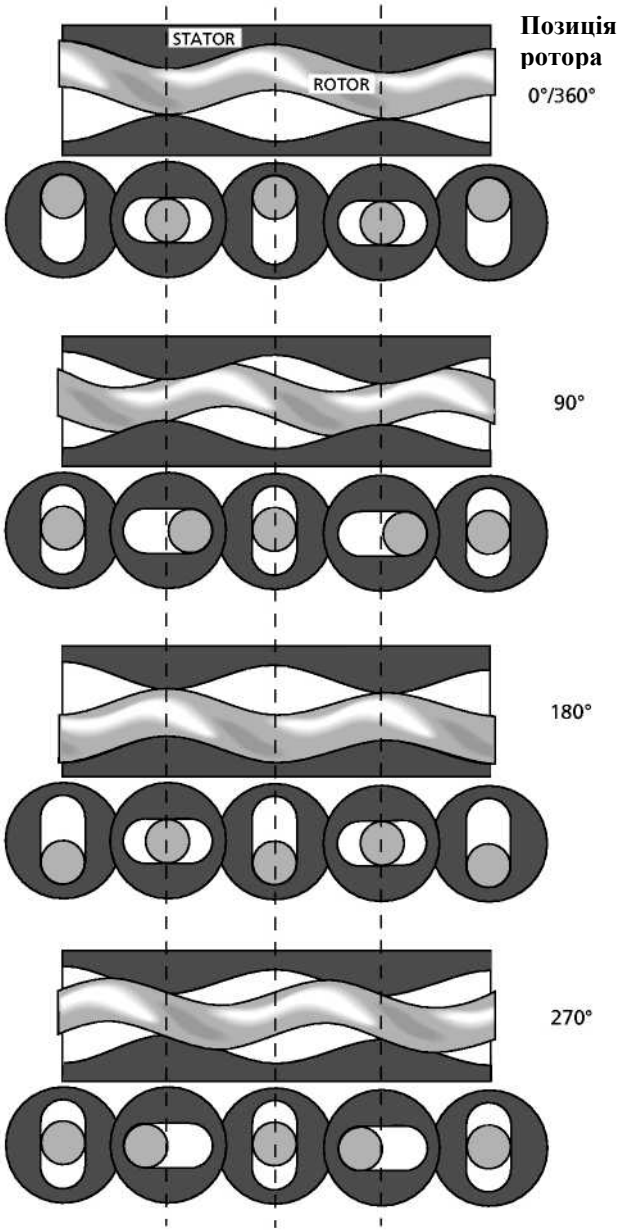


Рис. 9. Принципова схема перекачування та затирання хвильовим насососом заторної маси

5. Вибір конструкційних матеріалів

При виборі конструкційних матеріалів враховувалися особливі вимоги до вибору матеріалів при конструюванні технологічного обладнання, властивості, а також безпечність різних матеріалів при взаємодії їх з: корозійно-активними біотехнологічними середовищами, миючими і дезинфікуючими розчинами, підвищеною температурою, високою швидкістю протікання робочих середовищ, значними перепадами тиску тощо.

Однією з основних вимог до матеріалів, що використовуються для технологічного обладнання, являється їх висока корозійна стійкість. Також ці матеріали руйнуються під дією органічних середовищ. При виборі того чи іншого конструкційного матеріалу, що контактує з середовищем, необхідно враховувати токсичність матеріалу, а також дозвіл органів охорони здоров'я на його застосування при безпосередньому контакті з конкретним технологічним середовищем фармацевтичного виробництва; корозійну стійкість при довгій дії на матеріал реальних мікробіологічних середовищ, підвищених температур і тисків, а також миючих і дезінфікуючих розчинів; механічну міцність при виконанні необхідних робочих циклів деталей, вузлів і механізмів машини; економічну доцільність.

Виходячи з цього можна сказати, що термін роботи апарату визначатиметься головним чином властивостями вибраних матеріалів, їх зносостійкістю. Саме тому одним із основних напрямів збільшення терміну служби та надійності роботи апарату є правильний вибір конструкційних матеріалів.

Отже, вибір конструкційних матеріалів для виготовлення заторного апарата заснований на застосуванні матеріалів, що забезпечують найбільшу довговічність, з урахування корозійного впливу робочого середовища та їх економічної доцільності.

При проектуванні машин та апаратів харчового машинобудування ці фактори забезпечуються шляхом застосування конструктивних матеріалів, дозволених для контакту з харчовими продуктами (матеріали, які використовуються в апаратах для отримання затору приведені в таблиці 5.1.), використання найбільш дешевих матеріалів, які відповідають вимогам конструкції, а також поєднанням пар конструкційних матеріалів, що забезпечує найменше з можливого зношування поверхонь тертя.

Таблиця 5.1

Перелік матеріалів, використаних в обладнанні та дозволених органами МОЗ України.			
Найменування деталі	Найменування матеріалу, марка	ГОСТ	Номер та дата дозволу МОЗ України
Заторний апарат			
Корпус, кришка	12Х21Н5Т	ГОСТ 5632-72	123-14/297-7, 29.01.76
Опорні стійки	Ст4пс	ГОСТ 535-88	126-14/1040-3, 30.11.73
Трубні решітки, труби	12Х18Н10Т	ГОСТ 5949-75	126-14/1461-3, 16.09.67
Мішалка	12Х13	ГОСТ 5632-72	126-14/1461-3, 16.09.67
Вал мішалки	40ХН	ГОСТ 4543-71	08С/Б-7-128, 18.07.63
Механічний гомогенізатор			
Корпус, фланцеві опори, гідратор	12Х21Н5Т	ГОСТ 5632-72	123-14/297-7, 29.01.76
Труби, опорні планки	12Х18Н10Т	ГОСТ 5949-75	126-14/1461-3, 16.09.67
Гомогенізуючий вал	20Х17Н2	ГОСТ 5632-72	123-12/328-7, 07.08.79
Опорні стійки	Ст4пс	ГОСТ 535-88	126-14/1040-3, 30.11.73
Хвильовий насос			
Корпус, фланець перехідний	12Х21Н5Т	ГОСТ 5632-72	123-14/297-7, 29.01.76
Опорні планки	12Х18Н10Т	ГОСТ 5949-75	126-14/1461-3, 16.09.67
Гвинтовий вал, хвильовий вал, проміжний вал, корпус муфти	20Х17Н2	ГОСТ 5632-72	123-12/328-7, 07.08.79
Кришка муфти	15Х25Т	ГОСТ 5632-72	126-14/1461-3, 16.09.67
Пальці муфти	12ХН3А	ГОСТ 454371	08С/Б-7-128, 18.07.63

6. Розрахункова частина

6.1. Визначення продуктивності варочного агрегату

Продуктивність варочного агрегату будемо визначати виходячи з формули (6.1) [1 стор. 179]:

$$Q = \frac{G_{зат} \cdot n \cdot T}{G_{дал}} \quad (6.1)$$

Де Q – Продуктивність варочного агрегату;

$G_{зат}$ = 6000 кг – маса засипу зернопродуктів на один затор;

n = 12 – кількість варок на добу;

T = 1 доба – час роботи агрегата;

$G_{дал}$ = 1,75 кг/дал – витрата зернопродуктів на один дал товарного пива, дал/добу

$$Q_{доб} = \frac{6000 \cdot 12 \cdot 1}{1.75} = 41143.0$$

Визначимо також місячну та річну продуктивність, згідно нормам технологічного проектування варочне відділення не ремонтний місяць працює 28,5 діб . На протязі року варочне відділення працює 323 доби, чи 11,33 місяця. Отже виходячи з цього місячна та річна продуктивності, дал/міс, дал/рік:

$$Q_{міс} = 41143.0 \cdot 28.5 = 1172576.0$$

$$Q_{річ} = 41143.0 \cdot 11{,}33 = 13285286.0$$

6.2. Розрахунок потужності заторного апарата

Розрахунок ведемо за формулою:

$$Q = \frac{G_{маси} \cdot 60}{\tau} \quad (6.2)$$

$G_{мас}$ = 43200 кг – кількість заторної маси;

τ = 70 хв – сумарний час затирання зерно продуктів.

Отже продуктивність, кг/доб: $Q = \frac{43200 \cdot 60}{70} = 37028.0$, приймаємо 35 тонн/добу

6.3. Тепловий розрахунок заторного апарата

6.3.1 Визначення кількості води, яка випаровується при варці затору

Дані до розрахунку:

початкова концентрація сухих речовин в заторі $К_П$ = 9 мас. %;

кінцева концентрація сухих речовин в заторі $К_К$ = 11 мас. %;

початкова кількість затору в заторному апараті $\upsilon_П$ = 40 м^3;

густина заторної маси $\rho_З$ = 1081 кг/м^3.

Кількість випарюваної води із сусла W визначають з рівняння матеріального баланса, приймаючи, що кількісь сухих речовин в заторі до та після кип'ятіння являється величиною постійною.

$$\frac{M \cdot K_П}{100} = \frac{(M - W) \cdot K_К}{100} \quad (6.3)$$

де $M = V_П . \rho_З$ – початкова кількість затору, кг.

Тоді кількість води випареної із затору буде визначатись за формулою, [2 стор. 77] кг:

$$W = M(1 - \frac{K_П}{K_К}) \quad (6.4)$$

$$W = 40 \cdot 1081(1 - \frac{9}{11}) = 7862{,}0$$

6.3.2 Витрата пара на варку затору в заторному апараті

Дані до розрахунку:

початкова кількість затору в заторному апараті $\upsilon_П$ = 40 м^3, або $M = V_П . \rho_З$ = 40·1081 = 43240 кг;

початкова концентрація сухих речовин в заторі $К_П$ = 9 мас. %;

кінцева концентрація сухих речовин в заторі $К_К$ = 11 мас. %;

початкова температура затору t_0 = 60 °С;

початкова густина заторної маси ρ_0 = 1081 кг/м^3;

кількість випареної води W = 7862.0 кг;

надлишковий тиск гріючого пару $P_г$ = 350000 Па.

Рівняння теплового балансу [2 стор. 77]:

$$V\cdot \rho_0\cdot c_c\cdot t_0 + D\cdot i_г = (V\cdot \rho_0\cdot c_c - W\cdot c_B)\cdot t_1 + W\cdot i_B + D\cdot\theta + Q_П \quad (6.5)$$

де c_c – теплоємкість затору, кДж/(кг·К); D – витрата гріючого пара, кг; t_1 – температура кипіння, близька до 100 °С; $i_г$, i_B – ентальпія граючої та вторинної пари, кДж/кг; θ – ентальпія конденсату, кДж/кг.

Із рівняння теплового баланса знайдемо витрату пара D (кг):

$$D = \frac{[V\cdot\rho_0\cdot c_C\cdot(t_1 - t_0) + W\cdot(i_B - c_B\cdot t_1) + Q_П]}{(i_Г - \theta)} \quad (6.6)$$

де c_c – питома теплоємкість затору, яка визначається як середньо взята величина питомих теплоємкостей сухих речовин [c_0 = 1,423 кДж/(кг·К)] та води [c_B = 4,1868 кДж/(кг·К)].

Питома теплоємкість затору буде визначатись за формулою:

$$c_C = \frac{c_0\cdot[100 - (100 - K_П)]}{100} + \frac{c_B\cdot(100 - K_П)}{100} \quad (6.7)$$

Отже теплоємність, кДж/(кг·К):

$$c_C = \frac{1.423\cdot[100 - (100 - 9)]}{100} + \frac{4.1868\cdot(100 - 9)}{100} = 3.94$$

Ентальпії граючої і вторинної пари знайдемо з таблиць, [2 стор. 176 дод.4] при тиску граючої пари 3,5 бар та вторинної 1 бар.

$i_г$ = 2731,5 кДж/кг;

i_B = 2674,5 кДж/кг.

Витрату пара розраховуємо в залежності від ККД апарата (η = 0,95), при хорошій ізоляції заторних апаратів втрати тепла $Q_П$ звичайно не перевищують 5% від загальної витрати тепла.

Отже витрата пара, кг:

$$D = \frac{[43240 \cdot 3.94 \cdot (100 - 60) + 7862 \cdot (2674.5 - 418.68 \cdot 100)]}{[(2731.5 - 418.68 \cdot 100) \cdot 0.95]} = 8104.6$$

6.3.3 Розрахунок площі поверхні теплопередачі заторного апарата

Вихідні дані до розрахунку:

корисна місткість затору в заторному апараті $\upsilon_П = 40$ м^3, або $M = V_П \cdot \rho_З = 40 \cdot 1081 = 43240$ кг;

початкова концентрація сухих речовин в заторі $К_П = 9$ мас. %;

кінцева концентрація сухих речовин в заторі $К_К = 11$ мас. %;

початкова температура затору $t_0 = 60$ °С;

початкова густина заторної маси $\rho_0 = 1081$ кг/м^3;

кількість випареної води W = 7862.0 кг;

надлишковий тиск гріючого пару $Р_г = 350000$ Па;

витрата гріючого пара D = 8104.6 кг;

поверхня теплопередачі – парова рубашка з листової сталі товщиною $\delta = 0{,}015$ м;

температура граючої пари $t_Г = 138{,}2$ °С.

Визначимо теплове навантаження на поверхню теплопередачі за формулою [2 стор. 84]:

$$Q = \frac{D \cdot (i_Г - i_К)}{3{,}6} \quad (6.8)$$

Ентальпії граючої і вторинної пари, а також конденсату знайдемо з таблиць, [2 стор. 176 дод.4] при тиску граючої пари 3,5 бар та вторинної 1 бар.

$i_г = 2731{,}5$ кДж/кг;

$i_В = 2674{,}5$ кДж/кг;

$i_К = 418{,}68$ кДж/кг.

Отже теплове навантаження, Вт:

$$Q = \frac{8104.6 \cdot (2731.5 - 418.68)}{3{,}6} = 5206800$$

Температура гріючої пари та киплячого затору в період всього часу кип'тіння залишається незмінною на протязі всього процесу, т. є. Δt = 138.2-100 = 38.2°С.

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 від граючої пари визначимо з формули, [2 стор. 85]:

$$\alpha_1 = c \cdot \sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}} \cdot \frac{\sqrt[4]{r}}{\sqrt[4]{L(t_\Gamma - t_{CT})}} \quad (6.9)$$

де с – коефіцієнт пропорційності (для вертикальних труб і стінок с = 0,553); γ – питома вага конденсату, Н/м^3 ; λ – коефіцієнт теплопровідності конденсату,

Вт/(м·К); μ – коефіцієнт в'язкості, Па·с ; r – питома теплота випаровування, кДж/кг; t_Γ, t_{CT} – температура гріючого пара та стінки, °С; L – лінійний розмір (для вертикальних стінок і труб L = Н), приймаємо L = 1,5 м.

Значення всіх величин які входять до кореня четвертого степеня $\sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}}$ формули (9), приймають в залежності від середньої температури плівки конденсату:

$$t_{CT} = 0.5 \cdot (t_\Gamma - t_{CT}), \quad (6.10)$$

Температуру стінки $t_{CT,}$ °С будемо визначати з рівняння [2 стор. 85]:

$$t_{CT} = t_\Gamma - \frac{K \cdot \Delta t}{\alpha} \quad (6.11)$$

К – коефіцієнт теплопередачі приймемо рівним 1860 Вт/(м^2·К), а коефіцієнт тепловіддачі α = 5800 Вт/(м^2·К)

Отже температура стінки, °С:

$$t_{CT} = 138.2 - \frac{1860 \cdot 38.2}{5800} = 126$$

Температура плівки конденсату, °С:

$$t_{CP} = 0.5 \cdot (138.2 - 126) = 132.1$$

Значення другого кореня $\sqrt[4]{r}$ приймаємо в залежності від температури насиченої пари $t_Г$. Величину значень коренів будемо вибирати з таблиці [2 стор. 85 таб. 9]. Отже крінь $\sqrt[4]{\frac{\gamma^2 \cdot \lambda^3}{\mu}}$ замінимо на 12090, а корінь $\sqrt[4]{r}$ на 6,81 кДж/кг.

Використовуючи всі знайдені параметри визначимо коефіцієнт тепловіддачі α_1,

Вт/(м^2·К):

$$\alpha_1 = \frac{0.533 \cdot 12090 \cdot 6.81}{\sqrt[4]{1.5 \cdot (138.2 - 126)}} = 21220$$

Визначимо величину коефіцієнта тепловіддачі для похилої стінки апарата , для цього введемо поправку. Будемо вважати, що нахил стінки має кут 30°, тоді

$\alpha_{накл}$ буде дорівнювати, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_{накл} = \alpha_1 \cdot \cdot \sqrt[4]{\sin\varphi} \quad (6.11) \qquad \alpha_{накл} = 21220 \cdot \sqrt[4]{\sin 30°} = 17844$$

Для деякого спрощення розрахунків коефіцієнт тепловіддачі від поверхні парової рубашки до киплячого затору будемо визначати нехтуючи впливом фізичних параметрів затору (λ, с, ρ, μ), через його невисоку концентрацію, по слідкуючій формулі, Вт/(м^2·К):

$$\alpha_2 = 3.25 \cdot q^{0.75} \quad (6.12) \qquad \alpha_2 = 3.25 \cdot 63805^{0.75} = 13047$$

де q – питоме теплове навантаження, обчислене по близьким нормам (q = 63805 Вт/м^2), [2 стор. 86].

Коефіцієнт теплопередачі К від гріючого пару до затору буде визначатись за слідучою формулою:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{накл}} + \frac{1}{\lambda_{СТ}} + \frac{1}{\alpha_2}\right)} \quad (6.13)$$

де $\lambda_{СТ}$ – коефіцієнт теплопровідності сталі ($\lambda_{СТ}$ = 46,5 Вт/(м·К).

Отже К, Вт/(м^2·К):

$$K = \frac{1}{\left(\frac{1}{17844} + \frac{0.012}{46.5} + \frac{1}{13047}\right)} = 2559,$$

На внутрішній поверхні апарата при кип'ятінні сусла утворюється осад, який зменшує теплопередачу, тому коефіцієнт теплопередачі знизимо на 15%, тобто

К = 2559·0,8 = 2047 Вт/(м^2·К).

Поверхня теплопередачі апарата, м^2:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}, \quad (6.14) \qquad F = \frac{5206800}{2047 \cdot 38.2} = 66.6$$

Таким чином, площа поверхні теплопередачі на 1 м^3 корисної місткості апарата вийшла рівною 66,6/40 = 1,67 м^2/м^3.

6.4. Розрахунки привода мішалки

6.4.1 Розрахунок необхідної потужності електродвигуна для мішалки заторного апарата

Вихідні дані:

діаметр апарата (внутрішній) D = 4770 мм;

висота рівня рідини в апараті H = 3000 мм;

діаметр (довжина) мішалки d = 3721 мм;

ширина лопаті мішалки b = 263 мм;

число обертів мішалки n = 30 об/хв;

густина заторної маси ρ = 1081 кг/м^3.

Необхідну потужність для перемішування рідини будемо визначати по слідкуючій формулі, [3 стор. 91]:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 \quad (6.15)$$

де K_N – критерій потужності; ρ – густина заторної маси, кг/м^3; n – частота обертів мішалки, с$^{-1}$; d – діаметр мішалки, м.

Критерій потужності визначимо в залежності від відцентрового критерія Рейнольда $Re_Ц$, по експериментальним графікам чи по емпіричним формулам, які отримані дослідним шляхом для кожного різновиду мішалок. Критерій Рейнольда для мішалок виражається слідуючим шляхом:

$$\mathrm{Re} = a \cdot \pi \cdot \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (6.16)$$

де а – коефіцієнт пропорційності.

Постійний множник $a \cdot \pi$ можна виключити і визначати величину критерія по формулі:

$$\mathrm{Re} = \frac{n \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (6.17)$$

В'язкість не оцукреної маси можна визначити як в'язкість суспензії, яка складається із дробленого солоду та води, Па·с:

$$\mu = \mu_Ж \cdot \left(1 + \frac{2.5 \cdot V_{СОЛ}}{V_{С.М}}\right) (6.18)$$

де $V_{СОЛ}/V_{С.М} = 0{,}33$ – відношення об'єму твердих частин солода в заторній масі до загального її об'єму; $\mu_Ж$ – в'язкість води, Па·с (при 20 °С $\mu_Ж = 1{,}005 \cdot 10^{-3}$

Па·с).

Отже в'язкість не оцукреної маси, Па·с:

$$\mu = 1.005 \cdot 10^3 \cdot (1 + 2.5 \cdot 0.33) = 1.83 \cdot 10^{-3}$$

Звідси визначимо критерій Рейнольда:

$$\mathrm{Re}_Ц = \frac{30 \cdot 3.721^2 \cdot 1081}{(1.83 \cdot 10^{-3} \cdot 60)} = 4.1 \cdot 10^{-6}$$

Для модельної мішалки пропелерного чи лопатевого встановлені певні залежності між критеріями потужності та Рейнольда:

співвідношення розмірів мішалок

$D_м/d_м \approx H_м/d_м \approx 3$;

При $Re_Ц < 50$ (ламінарний режим перемішування)

$K_N = 230 \cdot Re_Ц^{-1,67}$; (6.19)

При $Re_Ц > 50$ (турбулентний режим перемішування)

$K_N = 0{,}845 \cdot Re_Ц^{-0{,}05}$; (6.20)

В нашому випадку $Re_Ц > 50$, отже маємо турбулентний режим перемішування. Критерій потужності для модельної мішалки при турбулентному режимі перемішуання:

$$K_N = 0{,}845 \cdot Re_Ц^{-0{,}05} \qquad K_N = \frac{0.845}{\left(4.1 \cdot 10^6\right)^{0.05}} = 0.384$$

Так як у нас відношення $D_м/d_м = 4770/3721 = 1{,}28$, відрізняється від $D_м/d_м \approx H_м/d_м \approx 3$, то в критерій потужності K_N вводимо поправочні коефіцієнти:

$$f = \left[\frac{D}{(\alpha \cdot d_M)}\right]^{1.1} \quad (6.21)$$

$$f = \left(\frac{H}{D}\right)^{0.6} \quad (6.22)$$

$$f = \left[\frac{b}{(\beta \cdot d_H)}\right]^{0,3} \quad (6.23)$$

де α – відношення $D_м/d_м \approx 3$ (для модельної мішалки); β – відношення ширини до довжини мішалки ($b_M/d_M = 0.25$).

Отже поправочні коефіцієнти:

$$f = \left[\frac{4.770}{3 \cdot 3.721}\right]^{1.1} = 0.39;$$

$$f = \left(\frac{3}{4.77}\right)^{0.6} = 0.76;$$

$$f = \left[\frac{0.263}{(0.25 \cdot 3.721)}\right]^{0,3} = 0.68$$

Критерій потужності K_N' з врахуванням поправочних коефіцієнтів:

$K_N' = K_N \cdot f_D \cdot f_H \cdot f_b$ (6.24) $\qquad K_N' = 0.384 \cdot 0.39 \cdot 0.76 \cdot 0.68 = 0.077$

Необхідна потужність для перемішування заторної маси в апараті, Вт:

$$N' = 0.077 \cdot 1081 \cdot \left(\frac{30}{60}\right)^3 \cdot (3.721)^5 = 7422$$

Розрахуємо необхідну потужність мішалки з врахуванням додаткових опорів при перемішуванні:

$$N = N' \cdot f_Г \cdot f_{ТР} \cdot f_Ш \quad (6.25)$$

де $f_Г = 1,1$ – поправочний коефіцієнт опору гільзи для термометра; $f_{ТР} = 1,2$ – поправочний коефіцієнт опору труби для стягування заторної маси; $f_Ш = 1,1$ – поправочний коефіцієнт на шорсткість стінок апарата.

Необхідна потужність мішалки, Вт:

$$N = 7422 \cdot 1.1 \cdot 1.2 \cdot 1.1 = 10776$$

Приймаючи ККД передачі рівним 0,85 знайдемо потужність електродвигуна, Вт:

$$N_E = \frac{N}{\eta} \quad (6.26) \qquad N_E = \frac{10776}{0.85} = 12678$$

По електронному PDF каталозі [11] підбираємо найближчий по потужності фланцевий електродвигун типу B 1040 фірми « NORD » , потужністю $N_{ДВ}$ = 15 кВт, частотою обертів номінальною n = 750 об/хв, дійсною n = 730 об/хв, коефіцієнт корисної дії ККД η = 89,0 %. Ескіз електродвигуна зображено на рис.10.

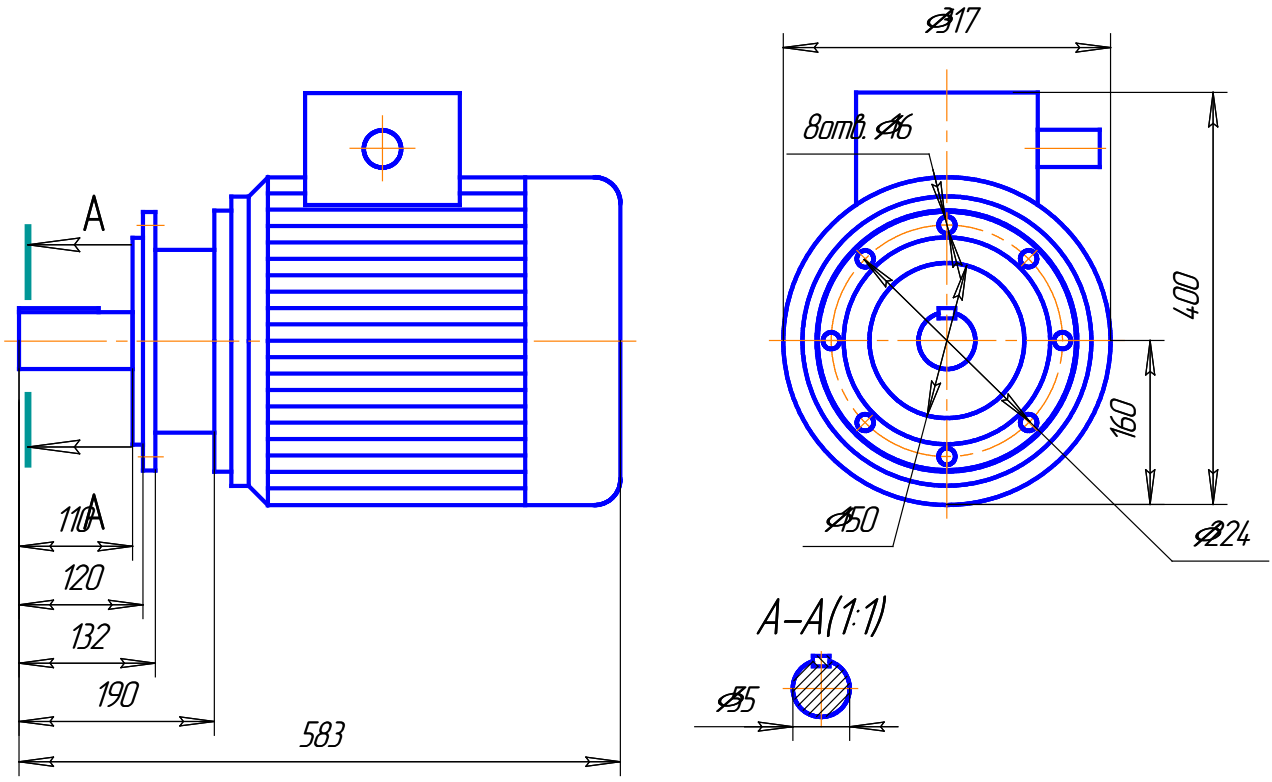


Рис.6.1. Ескіз електродвигуна типу В 1040 фірми « NORD »

6.4.2 Розрахунок кінематичних і силових параметрів привода

Вихідні дані:

кінематична схема приводу;

потужність електродвигуна $N_{ДВ}$ = 15 кВт;

частота обертів електродвигуна $n_{дв}$ = 730 об/хв;

частота обертів мішалки n = 30

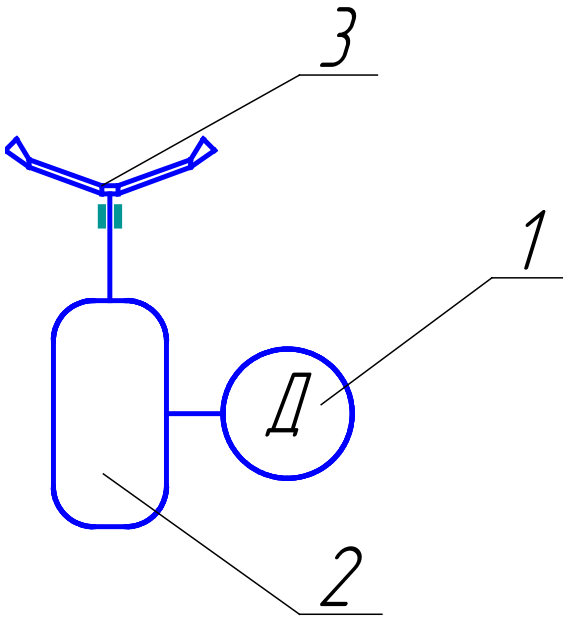


Рис.6.2. Кінематична схема привода

1- елекектродвигун;

2- черв’ячний редуктор;

3- мішалка.

1.Передаточне число привода:

$$u_{прив} = \frac{n_{двиг}}{n_{вих}};\ (6.27) \qquad u_{прив} = \frac{730}{30} = 24.3$$

де $n_{вих}$ = n = 30 об/хв – частота обертів мішалки.

2.Потужності на окремих валах привода, Вт:

$$N_1 = N_{дв.розр.} = 15000;$$

$$N_2 = N_1;\ (6.28) \qquad N_2 = 15000;$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{підш};\ (6.29) \qquad N_3 = 15000 \cdot 0{,}78 \cdot 0{,}99 = 11583$$

$\eta_{муф}$ = 0,995 – ККД муфти; $\eta_{ред}$ = 0,78 – ККД редуктора; η = 0,995 – ККД підшипників [5, стор. 15].

3.Частота обертання валів привода об/хв:

$$n_1 = n_{дв.} = 730;$$

$$n_2 = n_1 = 730;$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{ред}};\ (6.30) \qquad n_3 = \frac{730}{24.3} = 30.0$$

4.Кутові швидкості на окремих валах привода, рад/с :

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30};\ (6.31) \qquad \omega_1 = \frac{3.14 \cdot 730}{30} = 76.4;$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 76.4$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{n_{ред}};\ (6.32) \qquad \omega_3 = \frac{76.4}{24.3} = 3.1$$

5.Крутні моменти на валах приводу, Н·м:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1};\ (\ 6.33\ ) \qquad T_1 = \frac{15000}{76.4} = 196.3$$

$$T_2 = T_1;\ (\ 6.34\ ) \qquad T_2 = 196.3$$

$T_3 = T_2 \cdot \eta_{підш} \cdot u_{ред} \cdot \eta_{ред}$; (6. 35) $T_3 = 196.3 \cdot 0.995 \cdot 24.3 \cdot 0{,}78 = 3702$

6.Таблиця кінематичних і силових параметрів привода

Таблиця 6.1.

Номер валу	N,Вт	n , об/хв	ω , рад/с	T ,Н·м	Примітка
1	15000	730	76,4	196,3	
2	15000	730	76,4	196,3	U = 24.3
3	11583	30	3,1	3702	

З електронного PDF каталога [11] за заданим числом обертів n = 750 об/хв, крутним моментом T = 3700 Н·м, та передаточним числом u = 24.3, вибираємо одно- ступінчатий черв'ячний редуктор типу B8 9052 фірми « NORD », з номінальним передаточним числом $u_{РЕД}$ = 25, потужність на вхідному валу $N_{РЕД}$ = 15 кВт,

з крутним моментом на вихідному валу $T_{ВИХ}$ = 3700 Н·м, номінальна частота обертів на вхідному валу $n_{ВХ}$ = 750 об/хв, ККД η = 0,78.

Ескіз редуктора зображено на рис. 6.3.

6.4.3 Розрахунок вала мішалки

На вал мішалки в даному випадку діє тільки крутний момент. Тому виконаємо тільки розрахунки, необхідні для визначення діаметра вала, з умови міцності при крученні.

Діаметр вала будемо розраховувати за формулою:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0{,}2 \cdot [\tau]}} \quad (36)$$

де T = 3700 Н·м – крутний момент на валу мішалки, [τ] = допустиме напруження на кручення, для матеріалу сталі 40ХН приймаємо [τ] = 30 МПа.

Отже діаметр валу, мм:

$$d = \sqrt[3]{\frac{3700 \cdot 10^3}{0{,}2 \cdot 30}} = 85.0$$

Приймаємо d_B = 90 мм, за діаметром вихідного валу редуктора.

Так як в нас діє тільки крутний момент, значить на опору мішалки не будуть діяти значні навантаження, тож в якості опори приймаємо радіальний підшипник ковзання. Попередньо з каталогу [6 стор. 43, таб. 9] приймаємо втулку підшипника ковзання для встановлення в нероз'ємному корпусі.

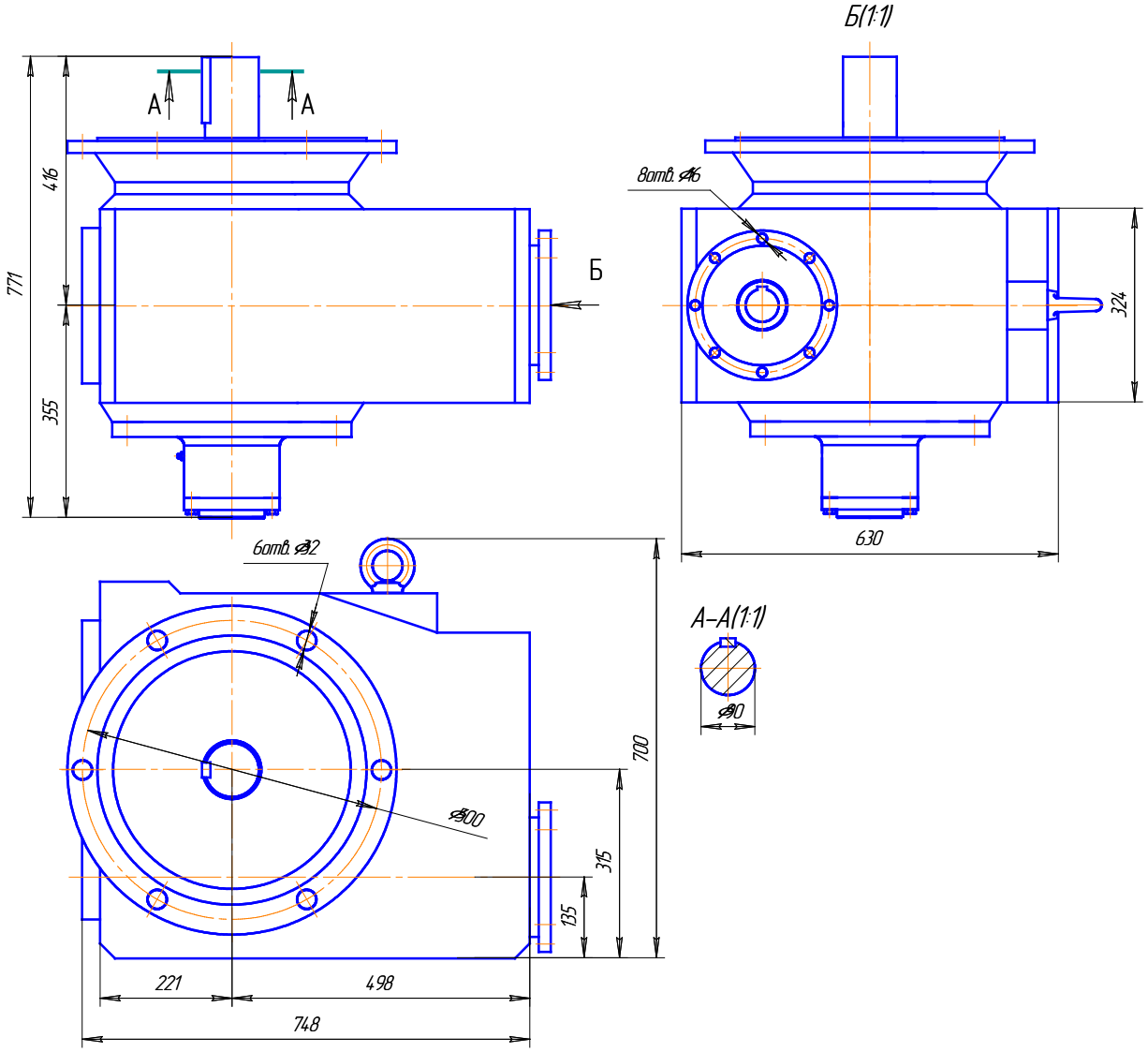


Рис .6.3. Ескіз черв'ячного редуктора типу В8 9052 фірми « NORD »

Умовне позначення втулки 90×100, тобто маємо втулку з внутрішнім діаметром

d = 90 мм, зовнішній діаметр D = 105 мм, довжина втулки L = 100 мм, втулку виготовлено з антифрикційного чавуну АЧС – 1.

6.4.4 Перевірочний розрахунок радіального підшипника ковзання

Розрахунок будемо проводити по питомому навантаженню p в підшипнику, та величині pv, яка в деякій мірі характеризує зношення підшипника та його нагрів [6 стор. 32].

Визначимо колову швидкість шийки вала за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (6.37)$$

де d = 90 мм – діаметр підшипника, n = 30 об/хв. – частота обертів валу.

Отже колова швидкість вала, м/с:

$$v = \frac{3.14 \cdot 90 \cdot 30}{1000 \cdot 60} = 0.14$$

Визначимо питоме навантаження в підшипнику:

$$p = \frac{P}{l \cdot d} \quad (6.38)$$

де d = 90 мм – діаметр підшипника, l = 100 мм – довжина підшипника, P, Н – сила що діє на підшипник.

Визначимо силу P, Н:

$$P = \frac{T}{d} \quad (6.39)$$

де T = 3700 Н·м – крутний момент на валу, d = 90 мм – діаметр вала.

$$P = \frac{3700 \cdot 1000}{90} = 41111.0$$

Отже питоме навантаження в підшипнику, МПа:

$$p = \frac{41111}{100 \cdot 90} = 4.6$$

Добуток pv, МПа·м/с:

$$p \cdot v = 4.6 \cdot 0.14 = 0.644$$

$$0.664 МПа \cdot \frac{м}{с} \leq 6 МПа \cdot \frac{м}{с}$$

[p·v] = 6 МПа·м/с – допустиме значення [5 стор.33, таб.1].

Так як виконується умова p·v ≤ [p·v], отже залишаємо вибраний підшипник 90×100.

Визначимо момент тертя на шипі:

$$M_T = 0.5 \cdot f \cdot p \cdot l \cdot d^2 \quad (6.40)$$

Де f = 0.15 коефіцієнт тертя при малому змащення для сталі по антифрикційному чавуну.

Отже момент тертя, Н·м:

$$M_T = \frac{0.5 \cdot 0.15 \cdot 4.6 \cdot 100 \cdot 90^2}{1000} = 279.5$$

Втрата потужності на тертя в підшипнику та відповідне тепловиділення, кВт:

$$A = \frac{M_T \cdot \omega}{1020} \quad (6.41)$$

де ω = 3,1 рад/с – кутова швидкість валу.

$$A = \frac{279.5 \cdot 3.1}{1020} = 0.86$$

Температура підшипника залежить від відношення v^2/Δ. При її визначенні ми будемо виходити з умови центрального розміщення цапфи в підшипнику. При такому припущенні температура визначається по графіку[6 стор. 34, рис.1] в залежності від величини v^2/Δ, де Δ = 0,015 – діаметральний зазор [5 стор. 34].

$$\frac{v^2}{\Delta} = \frac{0.14^2}{0.015} = 1.3 \quad (6.42)$$

Отже температура підшипника згідно графіку, при роботі з індустріальним мастилом И – 20 становить 38 °С, робоча температура не перевищує 75 °С, значить підшипник підібрано правильно.

Ескіз підшипникової втулки зображено на рис.13.

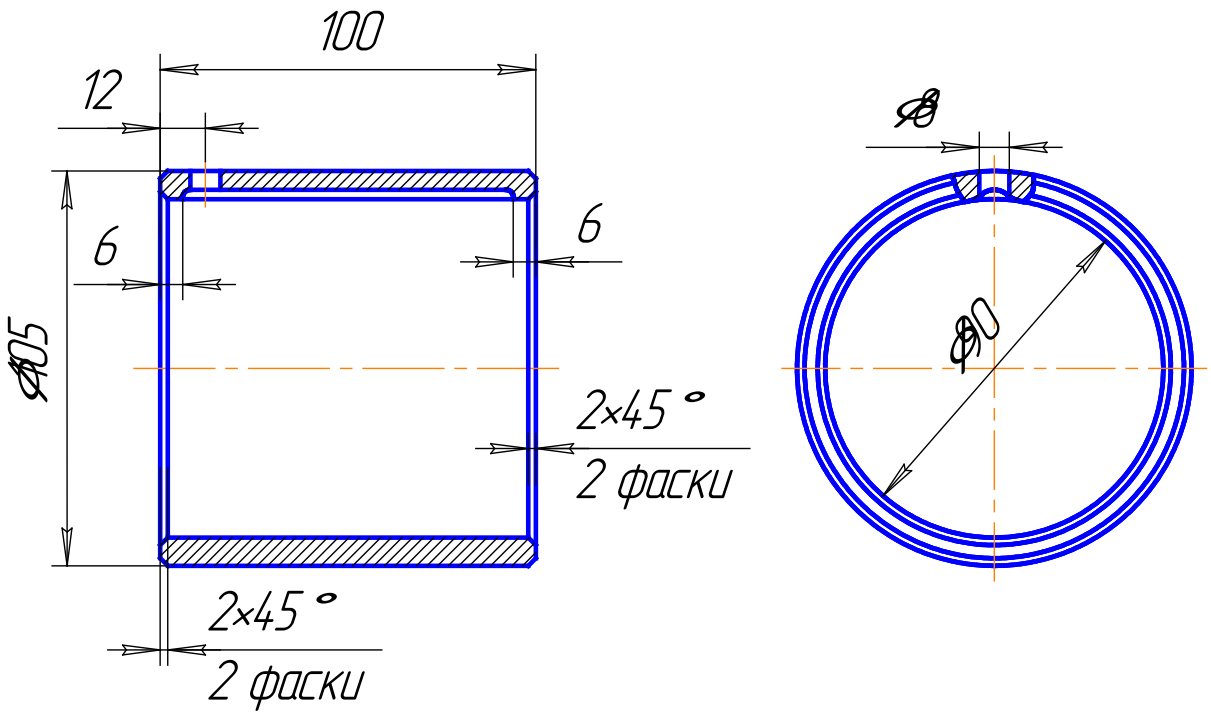


Рис.6.4. Ескіз втулки 90×100 підшипника ковзання

6.4.5 Вибір постійної муфти

Так як нам потрібно з'єднати вихідний вал редуктора з валом мішалки, то для цього використаємо постійну муфту.

З каталога [6 стор. 304] підбираємо по ГОСТ 24246 - 80 муфту втулочну з призматичними шпонками, виконання - 2 , номінальний крутний момент Т = 4500 Н·м, діаметр посадочного отвору d = 90 мм, в кліматичному виконанню У, категорії 3 по ГОСТ 15150 – 69. Умовне позначення муфти – Муфта втулочна

2 – 4500 – 90 – У3 ГОСТ 24246 – 80.

Ескіз муфти зображено на рис.6.5

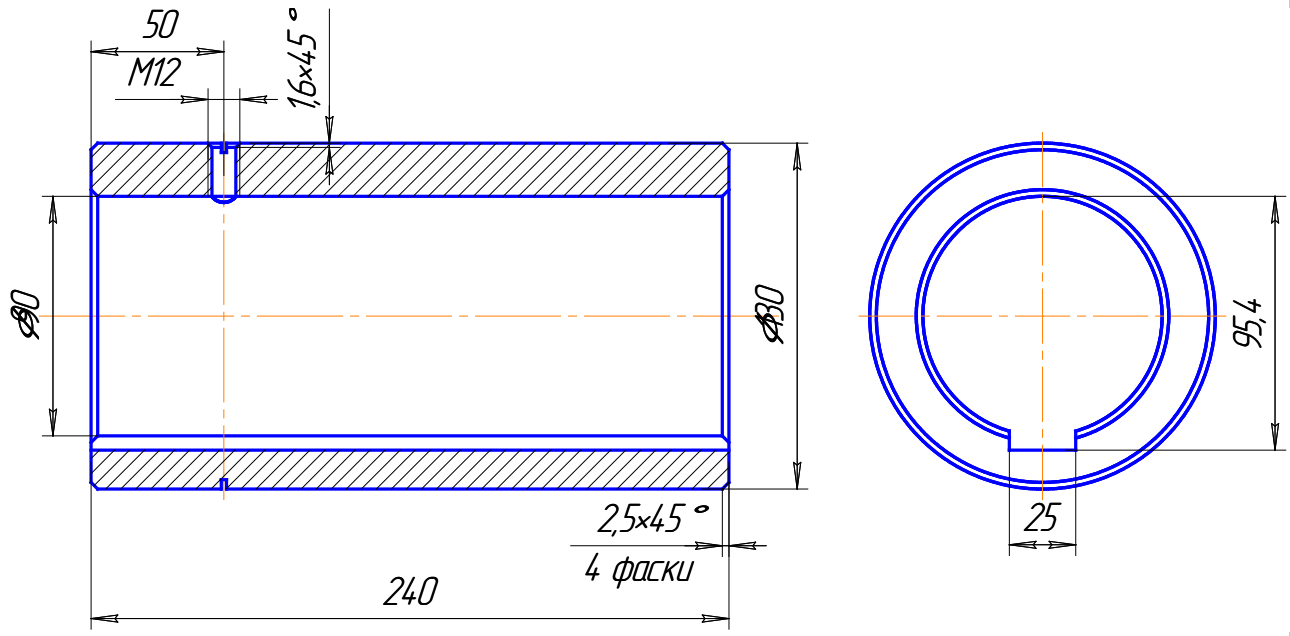


Рис.6.5. Ескіз постійної муфти 2 – 4500 – 90 – У3 ГОСТ 24246 – 80

6.4.6 Розрахунок шпонкового з`єднання.

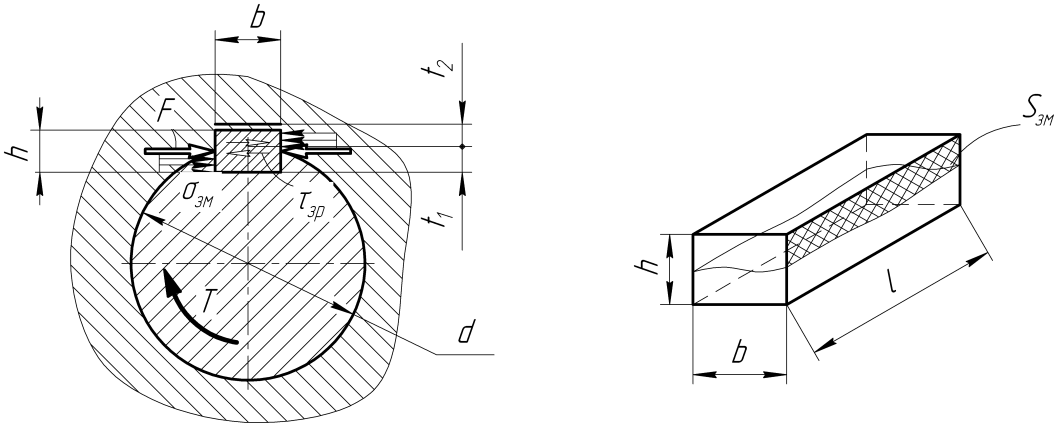


Рис.6.6. Ескіз шпонкового з’днання

Розрахуємо шпонкове з’єднання яке буде здійснюватись на валу мішалки.

Умова міцності для шпонкового з`єднання:

$$\sigma_{зм}=\frac{F}{S_{зм}}\le[\sigma_{зм}],(43)$$

$$F=\frac{2T}{d},(44),$$

$$S_{зм}=l(h-t_1),(45),$$

$$\sigma_{зм}=\frac{2T}{l(h-t_1)\cdot d}\le[\sigma_{зм}],(46)$$

де напруження зминання для шпонок 25×14×110 ГОСТ 10748 – 79, та 25×14×175 ГОСТ 10748 – 79 діаметр вала d = 90 мм, $[\sigma_{зм}]$=150 МПа, крутний момент Т = 3700 Н·м.

Отже напруження, МПа:

$$\sigma_{зм}=\frac{2\cdot 3700\cdot 10^3}{110\cdot(14-9)\cdot 90}=149{,}8 \qquad \sigma_{зм}=\frac{2\cdot 3700\cdot 10^3}{175\cdot(14-9)\cdot 90}=93.9$$

Умова міцності для напружень зрізу:

$$\tau_{зр}=\frac{F}{S_{зр}}\le[\tau_{зр}]$$

$$\tau_{зр}=\frac{2T}{b\cdot l\cdot d} \quad (6.47)$$

де $[\tau_{ЗР}]$ = 40 МПа – допустиме напруження на зріз.

Отже напруження зрізу, МПа:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 3700 \cdot 10^3}{25 \cdot 110 \cdot 90} = 29.8 \qquad \tau_{зр} = \frac{2 \cdot 3700 \cdot 10^3}{25 \cdot 175 \cdot 90} = 18.8$$

В даному випадку обидві умови міцності виконуються, отже, шпонки витримують навантаження.

6.5. Розрахунок продуктивності гомогенізатора

Вихідні дані:

густина заторної маси ρ = 1081 кг/м^3.

довжина гвинтової поверхні L = 1.688 м;

об'єм жолоба V = 1.2 м^3;

радіус обертання центра лопаті R = 0.148 м.

Продуктивність гомогенізуючого валу будемо визначати за формулою (48) [11, стор. 384]:

$$Q = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D_B^2}{4} \cdot t \cdot n \cdot \rho_З \cdot \psi \cdot C \text{ , (6.48)}$$

Де Q — продуктивність, т/год ;

$D_Г$ = 480 мм - попередньо прийнятий діаметр гвинта [11, стор. 384];

t — крок гвинта , мм

n — частота обертання гвинта, об/хв;

ψ = 0,4 – коефіцієнт заповнення поперечного перерізу жолоба[11, таб.80 стор. 384];

C = 1,0 – коефіцієнт що залежить від кута нахилу [11, таб.81 стор. 384];

$\rho_З$ = 1,081 т/м³ густина заторної маси.

Крок гвинта вибираємо в залежності від від властивостей продукту що перемішується t = (0,5÷1,0)· $D_В$.

Для транспортування та перемішування крупки з водою приймаємо крок гвинта t = 0,5·$D_В$ (6.49).

Отже крок, м :

$$t = 0{,}5 \cdot 0{,}48 = 0{,}24$$

Число обертів гвинта повинно забезпечувати умову:

$$n_M \le n_{MAX} \text{ , (6.50)}$$

Найбільше число обертів гвинта визначаємо за емпіричною формулою, об/хв:

$$n_{\max} = \frac{A_B}{\sqrt{D_B}}, \text{(6.51)} \qquad n_{\max} = \frac{65}{\sqrt{0.48}} = 93.8$$

де $A_B = 65$ – табличний коефіцієнт [11, таб.80 стор. 384].

Результат отриманий по формулі (51), узгоджуємо з рекомендаціями [11, таб.79 стор. 384] і приймаємо $n_M = 90$ об/хв.

Отже при прийнятих параметрах шнек гомогенізатора забезпечить продуктивність, т/год:

$$Q = 60 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.48^2}{4} \cdot 0.24 \cdot 90 \cdot 1.081 \cdot 0.4 \cdot 1.0 = 100$$

5

6.6. Розрахунок привода гомогенізатора

Визначаємо необхідну потужність на валу гвинта з урахуванням всіх опорів переміщенню вантажу:

1.сила тертя маси по жолобу, Н:

$$W_1 = q \cdot f_{Ж} \cdot L, \text{(6.52)}$$

де $f_{ж} = 0{,}60$ коефіцієнт тертя заторної маси по сталі, L = 1.688 м – довжина шнека, q – масса вантажу , що рухається на 1 м довжини жолобу, Н/м.

Параметр q визначимо за такою формулою, Н/м:

$$q = \frac{Q}{3.6 \cdot \upsilon}, \text{(6.53)} \qquad q = \frac{1000}{3.6 \cdot 0.36} = 772.0$$

υ — швидкість переміщення заторної маси вздовж вісі гвинта, м/с:

$$\upsilon = \frac{t \cdot n}{60}, \text{(6.54)} \qquad \upsilon = \frac{0.24 \cdot 90}{60} = 0.36$$

Отже сила тертя продукту що затирається по жолобу, Н:

$$W_1 = 772.0 \cdot 0.60 \cdot 1.688 = 782.0$$

2.зусилля вздовж гвинта, еквівалентне моменту тертя між гвинтом і жолобом, Н:

$$W_2 = \frac{W_1 \cdot f_{Ж} \cdot L \cdot \pi \cdot D_B}{t}, \text{(6.55)} \qquad W_2 = \frac{782.0 \cdot 0.60 \cdot 1.688 \cdot 3.14 \cdot 0.48}{0.24} = 4974.0$$

3. зусилля, еквівалентне внутрішньому терті в матеріалі, Н:

$$W_3 = \frac{(1 - k_1) \cdot g \cdot q \cdot L \cdot D_B \cdot f_{Ж} \cdot \pi}{t}, \text{(6.56)}$$

$$W_3 = \frac{(1 - 0.65) \cdot 1.688 \cdot 0.48 \cdot 772.0 \cdot 0.60 \cdot 3.14}{0.24} = 1718.0$$

k_1— швидкісний коефіцієнт, який характеризує відношення середньої фактичної швидкості руху до номінальної швидкості транспортування, на основі дослідних даних можна приймати k_1 =0,65.

Потужність що затрачається на переміщення заторної маси визначимо за формулою, Вт:

$$N_1 = k_2 \cdot \upsilon \cdot \sum_{i=1}^{3} W_i \text{ , (6.57)} \quad N_1 = 1.2 \cdot 0.36 \cdot (782.0 + 4974.0 + 1718.0) = 3230.0$$

k_2 = 1,2 – коефіцієнт запасу.

Визначимо потужність яка необхідна для обертання місильного органу, Вт:

$$N_1 = 0.4 \cdot \psi \cdot V \cdot \rho \cdot R \cdot \omega \cdot g \text{ , (6.58)} \quad N_1 = 0.4 \cdot 0.4 \cdot 1.2 \cdot 1081 \cdot 0.148 \cdot 9.81 \cdot 9.42 = 2840.0$$

Ω_1 – кутова швидкість обертання вала, рад/с:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \text{, (6.59)} \quad \omega = \frac{3.14 \cdot 90}{30} = 9.42$$

Потужність двигуна, Вт:

$$N_{ДВ} = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \text{, (6.60)} \qquad N_{ДВ} = \frac{3230.0 + 2840}{0.85} = 7142.0$$

η = 085 – ККД двигуна.

По електронному PDF каталозі [12] підбираємо найближчий по потужності фланцевий електродвигун типу В3-67 фірми « Flender » , потужністю $N_{ДВ}$ = 7,5 кВт, частотою обертів номінальною n = 1000 об/хв, дійсною n = 880,0 об/хв, коефіцієнт корисної дії ККД η = 85,0 %. Ескіз електродвигуна зображено на рис.6.7.

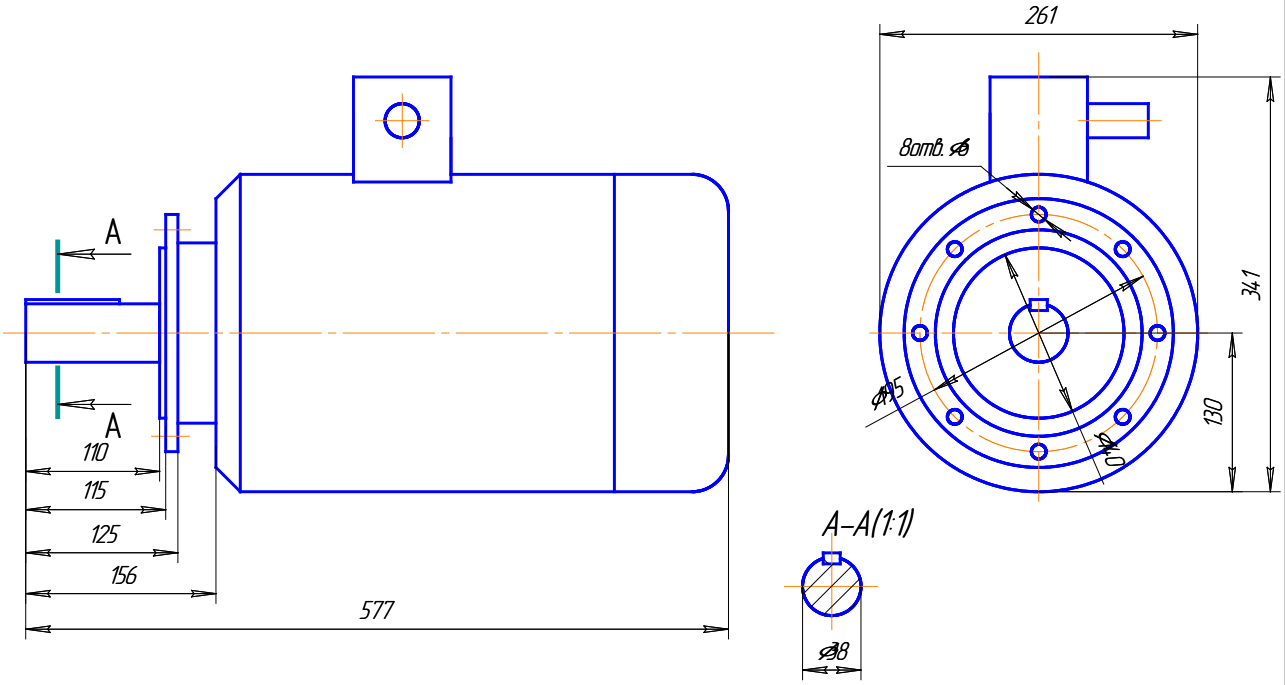


Рис.6.7. Ескіз електродвигуна типу В3-67 фірми «Flender»

6.6.1. Розрахунок кінематичних і силових параметрів привода

Вихідні дані:

кінематична схема приводу;

потужність електродвигуна $N_{ДВ}$ = 7.5 кВт;

частота обертів електродвигуна $n_{дв}$ = 880 об/хв;

частота обертів вихідного валу n = 90 об/хв.

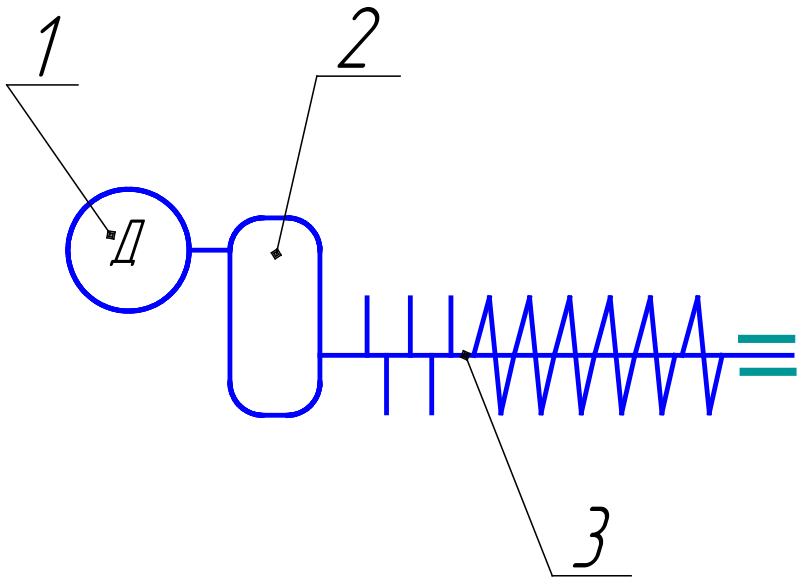


Рис.6.8. Кінематична схема привода

1- елекектродвигун; 2- циліндричний редуктор; 3- гомогенізуючий вал.

1.Передаточне число привода:

$$u_{прив} = \frac{n_{двиг}}{n_{вих}}; \qquad u_{прив} = \frac{880}{90} = 9.8$$

де $n_{вих} = n = 90$ об/хв – частота обертів валу.

2.Потужності на окремих валах привода, Вт:

$$N_1 = N_{дв.розр.} = 7500;$$

$$N_2 = N_1; \qquad N_2 = 7500;$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_{підш}; \qquad N_3 = 7500 \cdot 0{,}78 \cdot 0{,}99 = 5792.0$$

$\eta_{муф} = 0{,}995$ – ККД муфти; $\eta_{ред} = 0{,}78$ – ККД редуктора; $\eta = 0{,}995$ – ККД підшипників [5, стор. 15].

3.Частота обертання валів привода об/хв:

$$n_1 = n_{дв.} = 880;$$

$$n_2 = n_1 = 880;$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{ред}}; \qquad n_3 = \frac{880}{9.8} = 90.0$$

4.Кутові швидкості на окремих валах привода, рад/с :

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30}\ ; \qquad \omega_1 = \frac{3.14 \cdot 880}{30} = 92.1;$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 92.1$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{n_{ред}}\ ; \qquad \omega_3 = \frac{92.1}{9.} = 9.4$$

5.Крутні моменти на валах приводу, Н·м:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1}\ ; \qquad T_1 = \frac{7500}{92.1} = 81.4$$

$$T_2 = T_1; \qquad T_2 = 81.4$$

$$T_3 = T_2 \cdot \eta_{підш} \cdot u_{ред} \cdot \eta_{ред}; \quad T_3 = 81.4 \cdot 0.995 \cdot 9.8 \cdot 0{,}78 = 620.0$$

6.Таблиця кінематичних і силових параметрів привода

Таблиця 6.2.

Номер валу	N,Вт	n , об/хв	ω , рад/с	T ,Н·м	Примітка
1	7500	880	92,1	81,4	
2	7500	880	92,1	81,4	U = 9,8
3	5792,0	90	9,4	620,0	

З електронного PDF каталога [12] за заданим числом обертів n = 880 об/хв, крутним моментом T = 620 Н·м, та передаточним числом u = 9,2, вибираємо фланцевий редуктор типу BA F298 EN 0.300 фірми «Flender», з номінальним передаточним числом $u_{РЕД}$ = 10, потужність на вхідному валу $N_{РЕД}$ = 7,5 кВт, з крутним моментом на вихідному валу $T_{ВИХ}$ = 630 Н·м, номінальна частота

обертів на вхідному валу $n_{ВХ}$ = 1000 об/хв.

Ескіз редуктора зображено на рис.18.

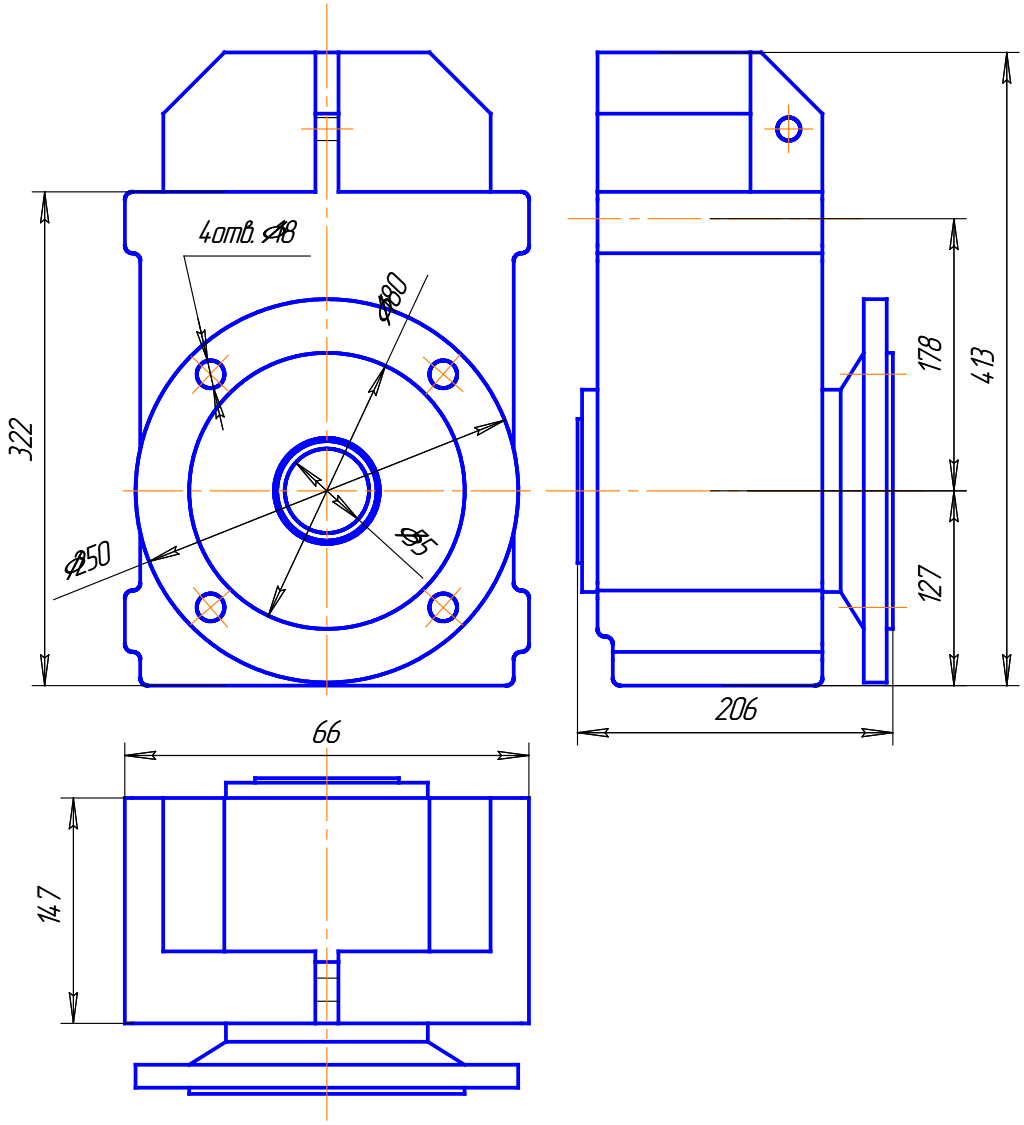


Рис.6.9. Ескіз редуктора типу BA F298 EN 0.300 фірми «Flender»,

6.6.2. Розрахунок гомогенізуючого вала.

Визначимо діючу на гвинт вісьову силу, Н:

Вісьова сила, яка діє на вал гвинта:

$$F_a = \frac{2T}{d_{cp} \cdot tg(\psi + \varphi')}, \quad (6.61)$$

де d_0 — діаметр, на якому діє вісьова сила,м:

$$d_0 = 0.75 \cdot D_B, \quad (6.62) \qquad d_0 = 0.75 \cdot 0.48 = 0.36$$

ψ — кут підйому гвинтової лінії:

$$\psi = arctg\frac{t}{\pi \cdot d_0}, \quad (6.63) \qquad \psi = arctg\frac{0.24}{3.14 \cdot 0.36} = 11^\circ 59'$$

φ' — приведений кут тертя,

$$\varphi' = arctgf, \quad (6.64) \qquad \varphi' = arctg\,0.2 = 11^\circ 03'$$

f =0.2 – приведений коефіцієнт тертя.

Вісьова сила, яка діє на вал гвинта, Н:

$$F_a = \frac{2 \cdot 620}{0.36 \cdot tg(11.59 + 11.03)} \approx 8267.0$$

Проведемо розрахунок вала використовуючи розрахункову схему рис.6.10. Визначаємо реакції в опорах А та В, Н. Для цього складемо рівняння рівноваги відносно точки А.

$$R_a \cdot 3.644 - F_a \cdot \frac{d_0}{2} = 0, \quad (6.65)$$

Тоді

$$R_a = \frac{F_a \cdot \frac{d_{cp}}{2}}{3.644}, \quad (6.66) \qquad R_a = \frac{8267.0 \cdot \frac{0.36}{2}}{3000} = 408.4$$

$R_A = R_B = 408.4$ Н

Будуємо епюру згинальних моментів, крутних моментів. Визначимо також максимальний приведений момент:

$$M_{ПР} = \sqrt{M_{ЗГ}^2 + \alpha \cdot (T)^2}, \quad (6.67)$$

$M_{ЗГ} = 1006.0$ Н·м – максимальний згинаючий момент, α – Коефіцієнт що враховує дію крутного моменту при згині.

$$\alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_0]}, \quad (6.68) \qquad \alpha = \frac{75}{130} = 0.57$$

$[\sigma_{-1}] = 75 МПа, [\sigma_0] = 130 МПа$ - допустиме знакозмінне та пульсуюче напруження для вала [5 стор. 46 таб. 5.3]

Отже приведений момент, Н·м:

$$M_{ПР} = \sqrt{1006.0^2 + 0.57 \cdot (620)^2} = 1109.0$$

Діаметр вала визначимо за такою формулою, мм:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{ПР} \cdot 1000}{0{,}1 \cdot [\sigma_{-1}]}}, \quad (6.69) \qquad d = \sqrt[3]{\frac{1109{,}0 \cdot 1000}{0{,}1 \cdot 75}} = 53{,}0$$

З конструктивних міркувань приймаємо d = 55 мм.

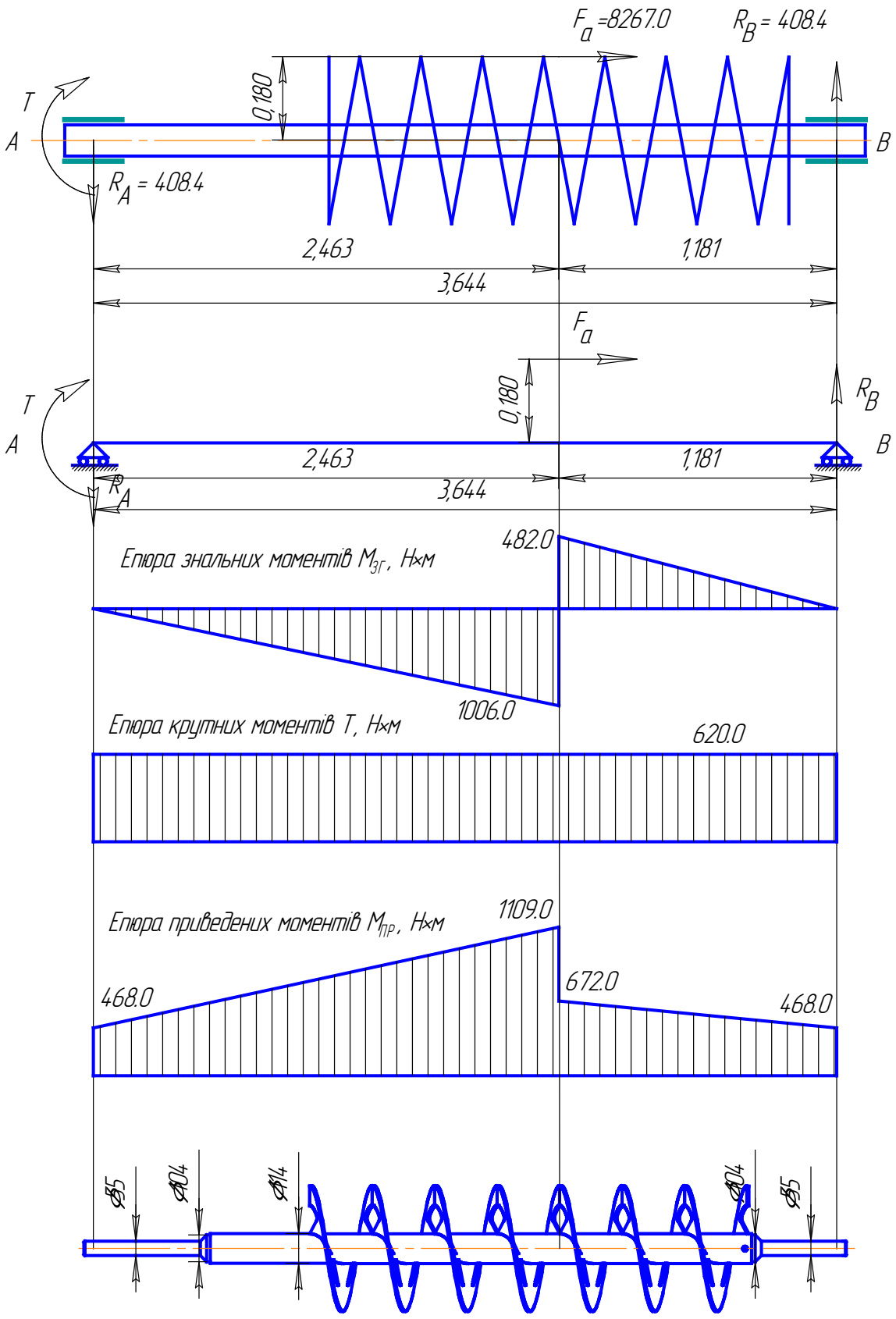


Рис.6.10. Розрахункова схема навантаження валу

6.6.3. Розрахунок підшипників.

Підберемо підшипник опори, яка сприймає вісьове навантаження. Попередньо приймемо підшипник 11211 дворядний з закріпленою втулкою, величина динамічного навантаженн C_0 = 15 500

Розрахунок ведемо за динамічною вантажопідйомністю :

$$C_{розр} \le C_0, \text{ (6.70)}$$

$$C_{розр} = P_{екв} \sqrt[p]{L}, \text{ (6.71)}$$

де $P_{екв}$ – еквівалентне навантаження на підшипник.

$$P_{екв} = \left(XVF_{rB} + YF_{aB}\right) \cdot K_Б \cdot K_T, \text{ (6.72)}$$

де $F_{rB} = R_B = 408.4H$.

F_{aB} – осьова сила , яка діє на підшипник опори В.

$$F_{aB} = 8267.0$$

За [5 стор.73 таб. 6.9] коефіцієнти радіального і осьового навантаження X = 1,44, Y = 0,6.

V – коефіцієнт обертання кільця ,якщо внутрішнє кільце обертається по відношенню до навантаження , то V = 1.

$К_б$ – коефіцієнт безпеки , $К_б$ = 1,2,

$К_Т$ – температурний коефіцієнт $К_Т$ = 1,0,

p – показник ступеня , для роликових підшипників $p = 3$

L – довговічність підшипника, млн. циклів.

$$L = \frac{t_{екв} \cdot 60 \cdot n_2}{10^6}, \text{ (6.73)} \qquad L = \frac{5000 \cdot 60 \cdot 90}{10^6} = 27$$

$t_{екв}$ = 5000 год. – тривалість роботи підшипника.

Отже еквівалентне навантаження на підшипник, Н.

$$P_{екв} = \left(1{,}44 \cdot 1 \cdot 408.4 + 0{,}6 \cdot 8267.0\right) \cdot 1.2 \cdot 1 = 6658.0$$

Динамічна вантажопідйомність, Н.

$$C_{розрВ} = 6658.0 \sqrt[3]{27} = 19974.0$$

Хоч умова не виконується все таки залишаємо прийнятий підшипник, причому ресурс роботи його буде менше 5000 год. ми повинні його замінити після 2000 год. роботи.

Ескіз підшипника зображено на рис.6.11.

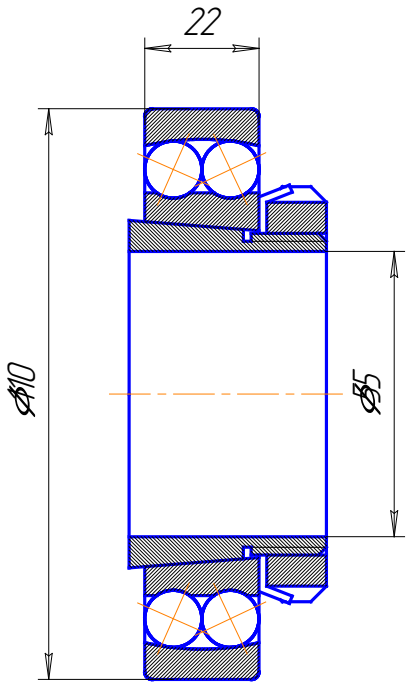


Рис. 6.11. Ескіз дворядного шарикопідшипника 11211

Підберемо та розрахуємо проміжні радіальні підшипники ковзання.

В якості проміжних опор на валу додатково будуть встановлюватися радіальні підшипники ковзання конструкцію втулки підшипника зображено на рис. 17., втулку виготовлено з антифрикційного чавуну АЧС – 1.

Розрахунок будемо проводити по питомому навантаженню p в підшипнику, та величині pv, яка в деякій мірі характеризує зношення підшипника та його нагрів [6 стор. 32].

Визначимо колову швидкість шийки вала за формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

де d = 55 мм – діаметр підшипника, n = 90 об/хв. – частота обертів валу.

Отже колова швидкість вала, м/с:

$$v = \frac{3.14 \cdot 55 \cdot 90}{1000 \cdot 60} = 0.26$$

Визначимо питоме навантаження в підшипнику:

$$p = \frac{P}{l \cdot d}$$

де d = 55 мм – діаметр підшипника, l = 24 мм – довжина підшипника, P, Н – сила що діє на підшипник.

Визначимо силу P, Н:

$$P = \frac{T}{d}$$

де T = 620 Н·м – крутний момент на валу, d = 55 мм – діаметр вала.

$$P = \frac{620 \cdot 1000}{55} = 11273.0$$

Отже питоме навантаження в підшипнику, МПа:

$$p = \frac{11273.0}{24 \cdot 55} = 8.5$$

Добуток pv, МПа·м/с:

$$p \cdot v = 8.5 \cdot 0.26 = 2.21$$

$$2.21 МПа \cdot \frac{м}{с} \le 6 МПа \cdot \frac{м}{с}$$

[p·v] = 6 МПа·м/с – допустиме значення [6 стор.33, таб.1].

Так як виконується умова p·v ≤ [p·v], отже залишаємо зконструйовану втулку підшипника 55×24.

Визначимо момент тертя на шипі:

$$M_T = 0.5 \cdot f \cdot p \cdot l \cdot d^2$$

Де f = 0.15 коефіцієнт тертя при малому змащення для сталі по антифрикційному чавуну.

Отже момент тертя, Н·м:

$$M_T = \frac{0.5 \cdot 0.15 \cdot 8.5 \cdot 24 \cdot 55^2}{1000} = 46.3$$

Втрата потужності на тертя в підшипнику та відповідне тепловиділення, кВт:

$$A = \frac{M_T \cdot \omega}{1020}$$

де ω = 3,1 рад/с – кутова швидкість валу.

$$A = \frac{46.3 \cdot 9.4}{1020} = 0.43$$

Температура підшипника залежить від відношення v^2/Δ. При її визначенні ми будемо виходити з умови центрального розміщення цапфи в підшипнику. При такому припущенні температура визначається по графіку[6 стор. 34, рис.1] в залежності від величини v^2/Δ, де $\Delta = 0{,}015$ – діаметральний зазор [6 стор. 34].

$$\frac{v^2}{\Delta} = \frac{0.26^2}{0.015} = 4.5$$

Отже температура підшипника згідно графіку, при роботі з індустріальним мастилом И – 20 становить 38 °С, робоча температура не перевищує 75 °С, значить підшипник підібрано правильно.

Ескіз підшипникової втулки зображено на рис.6.12.

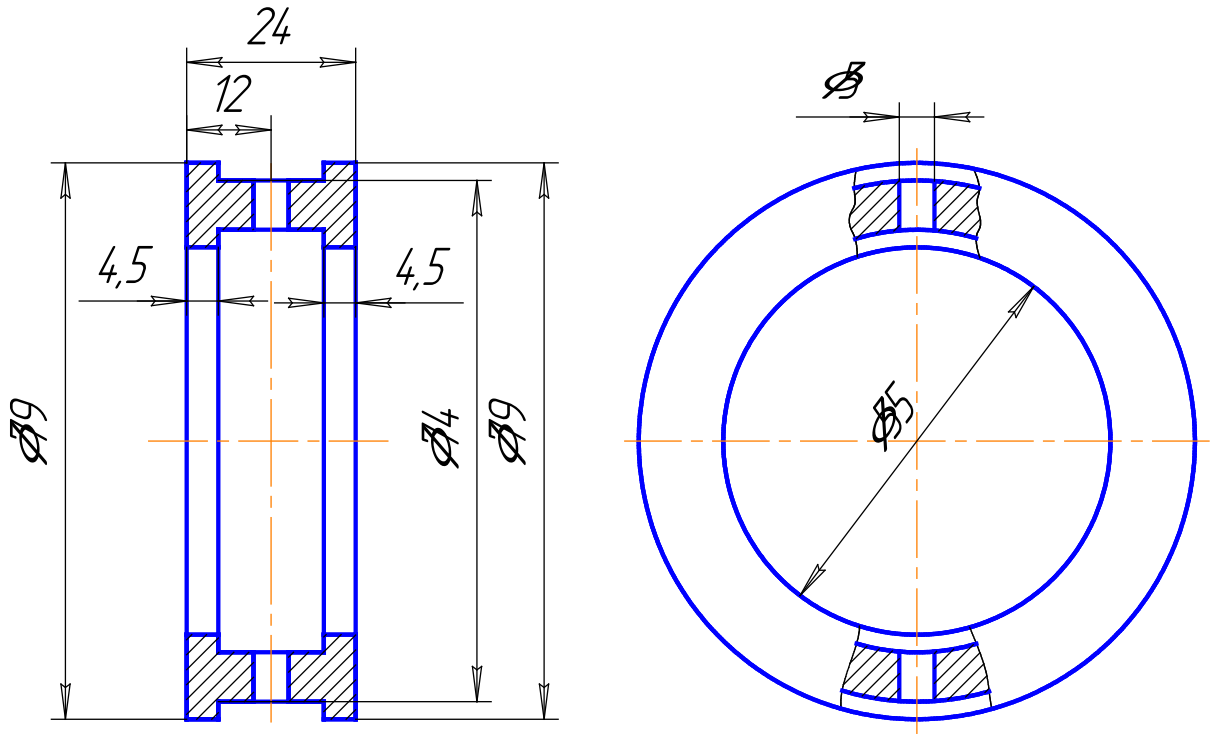


Рис.6.12. Ескіз втулки 55×24 підшипника ковзання

6.6.4. Розрахунок штифтового з’єднання

Розрахуємо штифтове з’єднання яке буде здійснюватись на валу.

Умова міцності для штифтового з`єднання**:**

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{S_{зм}} \le [\sigma_{зм}], (73)$$

$$F = \frac{2T}{d_B}, (74)$$

$$S_{зм} = \frac{(D_B - d_B) \cdot \pi \cdot d}{2}_{шт}, (75),$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4T}{(D_B - d_B) \cdot \pi \cdot d_{шт} \cdot d_B} \le [\sigma_{зм}], (76)$$

де напруження зминання $[\sigma_{зм}]$=150 МПа**,** діаметр вала d_B = 104 мм, крутний момент Т = 620 Н·м, D_B = 114 мм – діаметр вала, $d_{ШТ}$ = 16 мм – діаметр штифта.

Отже напруження, МПа:

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 620 \cdot 10^3}{(114 - 104) \cdot 3.14 \cdot 16 \cdot 104} = 48.0$$

Умова міцності для напружень зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{S_{зр}} \le [\tau_{зр}], (77)$$

$$\tau_{зр} = \frac{8T}{\pi \cdot d^2_{ШТ} \cdot d_B}$$

де $[\tau_{ЗР}]$ = 80 МПа – допустиме напруження на зріз.

Отже напруження зрізу, МПа:

$$\tau_{зр} = \frac{8 \cdot 620 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 16^2 \cdot 104} = 60.0$$

В даному випадку обидві умови міцності виконуються, отже, штифти витримують навантаження.

Ескіз штифтового з'єднання зображено на рис.6.13.

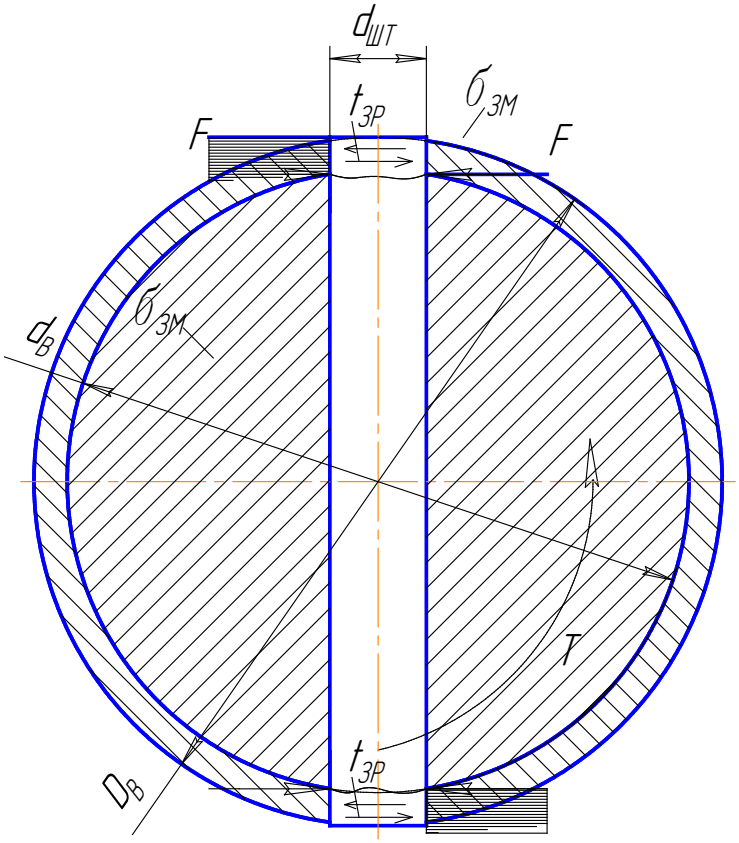


Рис.6.13. Ескіз штифтового з'єднання

6.7. Підбір хвильового насоса

Так, як для перекачування солодової крупки для подальшого затирання на заторному апараті необхідний предзаторний насос то з каталога [13] по потужності 100 т/год обираємо хвильвий насос фірми «NETZSCH» типу NM 125 з потужністю електродвигуна N_e = 22 кВт, частотою обертів вихідного валу 125 об/ хв, який створює робочий тиск 6 бар. Даний тип насоса має

хвильовий вал, який буде забезпечувати попереднє затирання заторної маси і перекачування її до заторного апарата.

6.8. Визначення виходу екстракту у варильному відділенні

Розрахунок будемо проводити за такою формулою:

$$Є = \frac{0{,}96 \cdot V \cdot e \cdot d}{G} \quad ,(6.78)$$

де 0,96–коефіцієнт, що враховує стиск сусла при охолодженні від 100 ºС до 20 ºС;

V=35500 л – об’єм гарячого сусла в сусловарильному козані;

e = 12,506 % – місткість екстракту в суслі, виміряне цукроміром при 20 ºС;

d = 1.05050 – густина сусла, яка відповідає значенню e;

G = 6000 кг – кількість затертих зернопродуктів.

Отже вихід екстракту %:

$$Є = \frac{0{,}96 \cdot 35500 \cdot 12{,}506 \cdot 1{,}05050}{6000} = 74{,}6$$

При встановленні гомогенізатора вихід екстракту у варильному відділенні збільшиться на 0,12 % і буде становити Є = 74.72 %.

7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.

7.1. Вибір деталі та обґрунтування вибору матеріалів

В даному розділі дипломного проектування розглянемо технологічний процес виготовлення валу привода гомогенізатор. Я обрав для роботи саме цю деталь, оскільки, на мою думку, вона відіграє важливу роль в роботі гомогенізатора. Вал привода гомогенізатора повинен забезпечувати надійність та міцність на всіх етапах роботи, а отже, в свою чергу, потребує якості і точності в процесі виготовлення.

7.2. Розробка робочого креслення вибраної деталі

Беручи до уваги розмірні співвідношення із креслення загального виду гомогенізатора та його приводу, умови роботи валу, а також з естетичних та технологічних міркувань, розробимо робоче креслення деталі «вал».

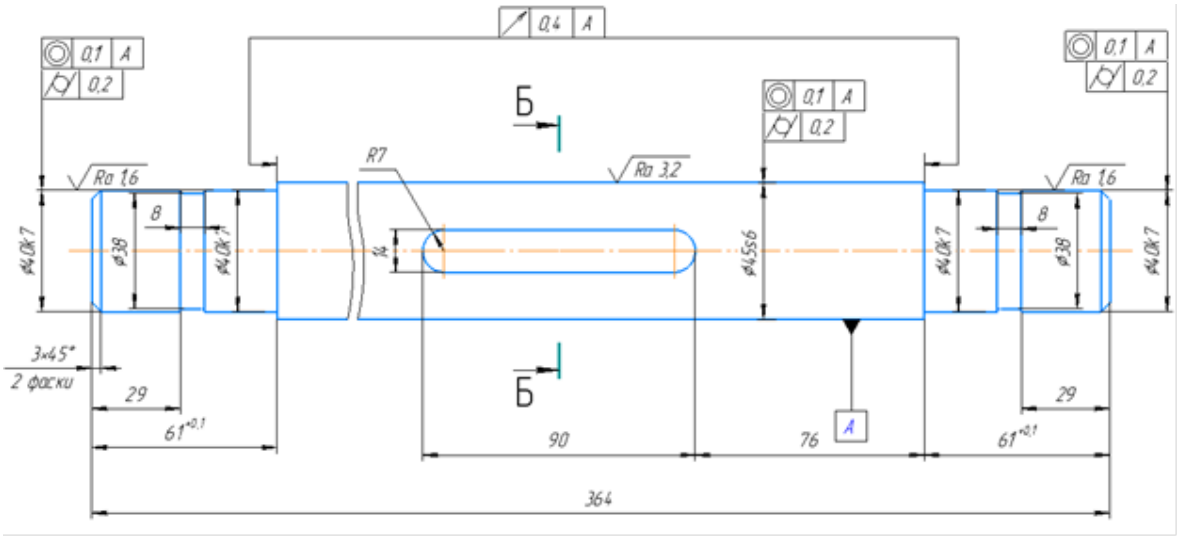


Рис. 7.1. Вал привода гомогенізатора.

7.3. Розрахунок припусків.

Вибираємо заготовку з прокату.

За табл. 1 при діаметрв Ø45 і довжині 364 мм беремо прокат Ø48. Припуск на підрізання торців становить (табл. 2): $2 \cdot 2 = 4$ мм.

Отже, заготовка являє собою Ø 48 мм і довжиною 368 мм.

Розрахунок загального припуску кованої заготовки ведемо за найточнішим розміром Ø45k7.

Припуск на чистове шліфування:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + Д_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + E_{y4}^2})$$

$Rz_3, Д_3, Tnp_3$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому шліфуванні.

E_{Y4} - похибка установки деталі під час чмстового шліфування. Rz_3=10 мкм, $Д_3$=20 мкм .

При установленні деталі в центрах Tnp_3=0 мкм, E_{Y4}=0.

Тоді $2Z_{4\min} = 2(5+10+\sqrt{0^2+0^2}) = 60$ мкм, $2Z_{4\max} = 2Z_{4\min} + T_3 - T_4$

T_3 - допуск при чорновому шліфуванні, $T_3 = IT8 = 39$ мкм,

T_4 – допуск при чистовому шліфуванні, $T_3 = IT6 = 16$ мкм.

$$2Z_{4\max} = 60 + 39 - 16 = 83 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4ном} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{83+60}{2} = 72 \quad \text{мкм}$$

Припуск на чорновому шліфуванні:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + Д_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

$Rz_2, Д_2, Tnp_2$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому шліфуванні.

E_{Y3} - похибка установки деталі під час чорнового шліфування. Rz_2=25 мкм, $Д_2$=25 мкм .

При установленні деталі в центрах Tnp_3=0 мкм, E_{Y4}=0.

Тоді $2Z_{3\min} = 2(25+25+\sqrt{0^2+0^2}) = 100$ мкм, $2Z_{3\max} = 2Z_{3\min} + T_2 - T_3$

T_2 - допуск при чистовому точінні, $T_2 = IT11 = 160$ мкм,

$$2Z_{3\max} = 100 + 160 - 39 = 221 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3ном} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{221+100}{2} = 160{,}5 \quad \text{мкм}$$

Припуск на напівчисте точіння:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + Д_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}})$$

$Rz_1, Д_1, Tnp_1$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення просторових відхилень при чорновому точінні.

E_{Y2} - похибка установки деталі при напівчистому точінні. Rz_2=50 мкм, $Д_2$=50 мкм . При установленні деталі в патроні з центром Tnp_1=100 мкм, E_{Y2}=0.

Тоді $2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 200$ мкм, $2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$

T_1 - допуск при чорновому точінні, $T_1 = IT13 = 390$ мкм,

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

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{430 + 200}{2} = 315 \quad \text{мкм}$$

Припуск на чорнове розточування:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + Д_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

$Rz_0, Д_0, Tnp_0$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка кованої заготовки.

Rz_0=160 мкм; $Д_0$=200 мкм; $Tпр_0$=1,4 мм;

E_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі в патрон E_{y1}=100 мкм

$$2Z_{1\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{1400^2 + 100^2}) = 3527{,}1 \text{ мкм}$$

Загальний припуск

$$2Z_{сум} = \sum_1^i 2Zi_{ном} = 72 + 160{,}5 + 315 + 3527{,}1 = 4074{,}6 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{сум}$=4,5 мм.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{дет}}{M_{заг}} = \frac{4{,}1}{5{,}2} = 0{,}79$$

7.4. Розроблення технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі

Основою для проектування технологічних процесів (ТП) механічного оброблення деталей і їх складання у вузли та вироби є виробнича програма, робочі креслення виробів і деталей та технічні умови на їх виготовлення.

Технологічний процес, який розробляється, має забезпечувати:

- підвищення продуктивності праці та якості виробу;
- скорочення витрат праці й матеріальних витрат;
- зменшення шкідливого техногенного впливу на навколишнє природне середовище;
- реалізацію значень основних показних показників технологічності конструкції певного виробу.

При розробленні технологічного процесу слід керуватись такими рекомендаціями: насамперед обробляють ті поверхні деталі, що є базовими для оброблення найточніших її поверхонь; після цього обробляють поверхні з найбільшим припуском; потім обробляють поверхні, зняття металу з яких найменшою мірою впливає на їх твердість.

Ознайомившись з технологією виготовлення деталі, складаємо технологічний маршрут. При розробленні технологічного маршруту, вибираємо методи оброблення, кріплення та базування заготовки, що забезпечуватиме надійність її установлення та точність виготовлення.

Технологічний процес виготовлення деталі матиме вигляд наведений в Таблиці 7.1.

7.1. Технологічний маршрут виготовлення вала.

№	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, інструмент оброблюваний, контрольний
10	Заготівельна (УЗЗ)	Верстат відрізний
10.1	Відрізати заготовку з прокату Ø 48, довжиною L=368 мм.	
20	Фрезерно-центрувальна (УЗЗ)	Фрезерно-центрувальний верстат. Лещата
20.1	Торцювати в розмір 188 мм	Торцеві фрези Ø 200. Т15К10
20.2	Центрувати	Центрові свердла Ø 10. Р6М5 ШЦ1.
30	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон, центра.

30.1	Точити Ø 40k7 начорно на L=61 мм. Пов(1)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
30.2	Точити Ø 40k7 напівчисто з припуском на шліфування. Пов(1)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
30.3	Точити канавку шириною 8 мм. Пов. (2)	Різець канавочний, b=8, Т15К6.
30.4	Знатя фаску 3х45^0 Пов.(3)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
40	Токарна (УЗЗ)	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3-ох кулачковий патрон, центра.
40.1	Точити Ø 45s8 начорно. Пов(1)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
40.2	Точити Ø 45k7 напівчисто з припуском на шліфування. Пов(1)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
40.3	Точити Ø 40k7 начорно на L=61 мм. Пов(2)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
40.4	Точити Ø 40k7 напівчисто з припуском на шліфування. Пов(2)	Різець упорний правий Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=7º, γ=10º, φ=90º ШЦ1
40.5	Точити канавку шириною 8 мм. Пов. (3)	Різець канавочний, b=8, Т15К6.
40.6	Знатя фаску 3х45^0 Пов.(4)	Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, В×Н×L=16×25×140мм, α=8º, γ=10º, φ=45º ШЦ1
50	Фрезерна (УЗЗ)	Вертикально-фрезерний верстат 6М12П. Поводок, центра.
50.1	Фрезерувати шпонковий паз 14х5,5х90	Шпонкова фреза ∅14, Р6М5, ШЦ1-1
60	Шліфувальна (УЗЗ)	Круго-шліфувальний верстат. Центра, поводок.

60.1	Шліфувати Ø40k7 начорно. Пов.(1)	Круг 1 250х25х32 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83.
60.2	Шліфувати Ø40k7 начисто	Круг 1 250х25х32 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 40k7
60.3	Шліфувати Ø45s8 начорно. Пов.(2)	Круг 1 250х25х32 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 46s8
60.4	Шліфувати Ø40k7 начорно. Пов.(1)	Круг 1 250х25х32 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83.
60.5	Шліфувати Ø40k7 начисто	Круг 1 250х25х32 14А F40-50 С2 6 К 35 А 2 2424-83, скоба 40k7
70	Мийна	Мийна машина
70.1	Промити деталь	
80	Слюсарна	Верстак
80.1	Зняти задирки і притупити гострі кромки	
90	Контрольна	Стіл контролера

7.5. Розрахунок операції.

7.5.1. Токарна операція

Перехід 20.1 Точити Ø 40k7 начорно. Пов(1).

Приймаємо глибину різання *t=3,5 мм.*
Подача табл.№17 S=0,3…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 163,1 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 163{,}1}{3{,}14 \cdot 48} = 1082{,}2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1000 об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 48 \cdot 1000}{1000} = 150{,}7 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 61 + 2 = 63 \text{мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}$=*61* мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту l_3=*0*

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{63}{1000 \cdot 0{,}4} = 0{,}16 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

T_3=*0 хв* – заміна різця.

Перехід 20.2 Точити Ø 40k7 напівчисто. Пов(1)

Нехтуючи припуском під шліфування загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{d_з - d}{2} = \frac{41 - 40}{2} = 0{,}5$ *мм.*

Подача табл.. №18 S=0,35…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об. Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 0{,}5^{0,15} \cdot 0{,}4^{0,35}} = 219{,}3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 219{,}3}{3{,}14 \cdot 41} = 1703{,}4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1600 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 41 \cdot 1600}{1000} = 205{,}9 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 61 + 2 = 63 \text{мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=61$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{63}{1600 \cdot 0{,}4} = 0{,}1 \text{хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Перехід 20.3 Точити канавку, пов.(2). b=8 мм.

Приймаємо глибину різання $t = 1$ *мм.*

Подача табл.. №17 S=0,4…0,5 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №22

$$V = 15 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 15}{3{,}14 \cdot 40} = 119{,}4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо nв=100 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 40 \cdot 100}{1000} = 12{,}6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 1 + 2 + 1 = 4 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ} = 1$ *мм*

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 1$ *мм*

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{4}{100 \cdot 0{,}4} = 0{,}1 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д3} = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 + 0{,}7 = 0{,}91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_З$ =0,7 хв. – заміна різця.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0{,}16 + 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}56 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $T_Д = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0{,}39 + 0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}91 + 0{,}04 = 2{,}15$ хв.

Для установлення деталей масою до 5 кг в патрон з центром $t_y = 0{,}39$

Операційний час $T_{оп}=T_0+T_Д=0{,}56+2{,}15=2{,}71$ хв.

Час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби:

$$T_{об}+T_{п.п}=(2,5+4,0)\cdot T_{оп}/100=6,5\cdot 2,71/100=0,18 \text{ хв.}$$

Штучний час становить $T_{шт}=T_{оп}+T_{об}+T_{п.п}=2,71+0,18=2,89$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_К=T_{шт}+T_{п.з}/n$$

$T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$T_{п.з}=10+10+4=24$ хв.

n – кількість деталей у партії (серії).

Якщо виходити з річної програми 2000 деталей на рік, яка виконується помісячно 10 раз по 200 шт, то

$$T_К=2,89+24/200=3,01 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N=60/T_К=60/3,01=19 \text{ деталей.}$$

7.5.2. Токарна операція.

Перехід 30.1 Точити Ø 45s8 начорно. Пов(1).

Приймаємо глибину різання *t=1 мм.*
Подача табл.№17 S=0,4…0,5 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V=\frac{C_V}{T^{0,2}\cdot t^{0,15}\cdot S^{0,35}}=\frac{327}{60^{0,2}\cdot 1^{0,15}\cdot 0,4^{0,35}}=197,3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B=\frac{1000\cdot V}{\pi\cdot d_з}=\frac{1000\cdot 197,3}{3,14\cdot 48}=1309,1 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1250 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 48 \cdot 1250}{1000} = 188{,}4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 303 + 2 = 305 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=303$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{305}{1250 \cdot 0{,}4} = 0{,}61 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Перехід 30.2 Точити Ø 45s8 напівчисто. Пов(1)

Нехтуючи припуском під шліфування загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{d_з - d}{2} = \frac{46 - 45}{2} = 0{,}5$ *мм.*

Подача табл.. №18 S=0,35…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об. Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 0{,}5^{0,15} \cdot 0{,}4^{0,35}} = 219{,}3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 219{,}3}{3{,}14 \cdot 46} = 1518{,}3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1250 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 46 \cdot 1250}{1000} = 180{,}6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 303 + 2 = 305 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}$=*303* мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту l_3=*0*

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{305}{1250 \cdot 0{,}4} = 0{,}61 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

T_3=*0 хв* – заміна різця.

Перехід 30.3 Точити Ø 40k7 начорно. Пов(2).

Приймаємо глибину різання *t=2 мм.*
Подача табл.№17 S=0,4…0,5 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}4^{0,35}} = 177{,}8 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 177{,}8}{3{,}14 \cdot 45} = 1258{,}2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1250 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 45 \cdot 1250}{1000} = 176{,}6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 61 + 2 = 63 \text{мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=61$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{63}{1250 \cdot 0{,}4} = 0{,}13 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 = 0{,}21 \text{хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Перехід 30.4 Точити Ø 40k7 напівчисто. Пов(2)

Нехтуючи припуском під шліфування загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{d_з - d}{2} = \frac{41 - 40}{2} = 0{,}5$ *мм.*

Подача табл.. №18 S=0,35…0,4 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,35}} = \frac{327}{60^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} = 219,3 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 219,3}{3,14 \cdot 41} = 1703,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо ближчу меншу частоту обертів шпинделя верстата nв=1600 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 41 \cdot 1600}{1000} = 205,9 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 61 + 2 = 63 \text{мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ}=61$ мм

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 0$

l_3 - перебіг інструменту $l_3=0$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{63}{1600 \cdot 0,4} = 0,1 \text{хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_Д = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,1 = 0,21 \text{хв}$$

$t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору (табл..26).

$t_2 = 0,05 + 0,05 = 0,1$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_3=0$ *хв* – заміна різця.

Перехід 30.5 Точити канавку, пов.(2). b=8 мм.

Приймаємо глибину різання $t = 1$ *мм.*

Подача табл.. №17 S=0,4…0,5 мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо S=0,4 мм/об.

Визначаємо швидкість різання табл.. №22

$$V = 15 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_з} = \frac{1000 \cdot 15}{3{,}14 \cdot 40} = 119{,}4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо nв=100 об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_Д = \frac{\pi \cdot d_з \cdot n_B}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 40 \cdot 100}{1000} = 12{,}6 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 1 + 2 + 1 = 4 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - довжина деталі $l_{ДЕТ} = 1$ *мм*

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - врізання інструменту $l_2 = 1$ *мм*

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_{05} = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{4}{100 \cdot 0{,}4} = 0{,}1 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{Д5} = t_1 + t_2 + t_3 = 0{,}11 + 0{,}1 + 0{,}7 = 0{,}91 \text{ хв}$$

$t_1 = 0{,}11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору.

$t_2 = 0{,}05 + 0{,}05 = 0{,}1$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя і подачі.

$T_З$ =0,7 хв. – заміна різця. Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 0{,}61 + 0{,}61 + 0{,}13 + 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}2 = 1{,}75 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $T_Д = 2 \cdot t_y + \sum_1^i t_{\Delta i} = 2 \cdot 0{,}39 + 0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}21 + 0{,}91 + 0{,}04 = 2{,}57$

хв.

Для установлення деталей масою до 5 кг в патрон з центром $t_y = 0{,}39$

Операційний час $T_{оп}=T_0+T_Д=1{,}75+2{,}57=4{,}32$ хв.

Час на обслуговування робочого місця, перерви, відпочинок і природні потреби:

$$T_{об}+T_{п.п}=(2{,}5+4{,}0)\cdot T_{оп}/100=6{,}5\cdot 4{,}32/100=0{,}28 \text{ хв.}$$

Штучний час становить $T_{шт}=T_{оп}+T_{об}+T_{п.п}=4{,}32+0{,}28=4{,}6$ хв.

Калькуляційний час на виконання операції при виготовленні однієї деталі:

$$T_К=T_{шт}+T_{п.з}/n$$

$T_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час на партію деталей.

$T_{п.з}=10+10+4=24$ хв.

n – кількість деталей у партії (серії).

Якщо виходити з річної програми 2000 деталей на рік, яка виконується помісячно 10 раз по 200 шт, то

$$T_К=4{,}6+24/200=4{,}72 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за 1 год становить:

$$N=60/T_К=60/4{,}72=12 \text{ деталей.}$$

7.5.3. Фрезерна операція.

Перехід 40.1 Фрезерувати шпонковий паз b=14N9.

Глибина – t = 5,5 мм, ширина B=14 мм.

Визначити геометричні дані інструменту (довідник):

Шпонкова фреза: $D_Ф=14$ мм, число зубців Z=2 шт.

Приймаємо $S_z= 0{,}028$ мм/зуб.

Вибраємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання сталі (табл..28):

$$V_p = \frac{13{,}6\cdot D_\phi^{0,3}}{T^{0.26}\cdot t^{0.3}\cdot S_z^{0,25}} = V_p = \frac{13{,}6\cdot 14^{0,3}}{60^{0.26}\cdot 5{,}5^{0.3}\cdot 0{,}028^{0.25}} = 15{,}1 \text{ м/хв}$$

де T = 60 хв. – стійкість фрези (табл.. 35);

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000V_p}{\pi D_\phi} = = \frac{1000 \cdot 15{,}1}{3{,}14 \cdot 32} = 150{,}3 \text{ об/хв}$$

Узгодити $n_р$ з паспортними характеристиками верстату 6М12П і приймаємо $n_в$=125 об/хв.

Тоді дійсна швидкість обертання:

$$V_д = \frac{\pi D_ф n_в}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 14 \cdot 125}{1000} = 5{,}5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_z \cdot n_в \cdot z$$

$$S_{хв} = 0{,}028 \cdot 125 \cdot 2 = 7 \text{ мм/хв}$$

Розрахункова довжина обробки :

$$L_р = L_д + L_1 + L_2;$$

$$L_р = 90 + 3 + 10 = 103 \text{ мм}$$

де L_1 = 2…3мм – підвід інструменту,

L_2= 10 – врізання і перебіг залежить від типу фрези

Основний час на перехід 40.1

$$T_о = L_р / S_{хв}$$

$$T_o = \frac{103}{7} = 14{,}7 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_у = t_{у1} + t_{у2},$$

$t_{у1}$=0,26 хв (табл..37) час на установлення деталі масою до 5 кг з кріпленням рукояткою ексцентрика.

$t_{у2}$=0,10 хв (табл.. 37) час на очищення місця установки деталі від стружки

$$t_у = 0{,}26 + 0{,}1 = 0{,}36 \text{ хв.}$$

Основний час на перехід

$$T_0 = \sum_1^i t_{0i} = 14{,}7 \text{ хв.}$$

Допоміжний час

$$T_{Д} = t_{у} + \sum_{1}^{i} t_{\Delta i} = 0{,}31 + 0{,}36 = 0{,}67$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола 1250 мм, автоматичним переміщенням, установленою на розмір, $t_д$=0,31 хв (табл..38).

Оперативний час: $T_{оп} = T_{о} + T_{д}$

$T_{оп}$=14,7+0,67=15,37 хв

Штучний час: $T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

$T_{об}$=0,045·$T_{оп}$ і $T_{пер}$=0,06·$T_{оп}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу (табл.. 36)

$T_{шт}$=15,37+0,045·15,37+0,06·15,37=16,98 хв

Калькуляційний час:

$$T_{к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}$$

$T_{пз}$ – підготовчо-завершувальний час, що згідно з табл.36 визначається як сума часу налагодження верстата (при кріпленні в лещатах з двома болтами кріплення – 14,7хв) та на одержання наряду, інструментів, пристроїв - 7хв

$T_{пз}$=14,7+7=21,7хв

Тоді

$T_к$=16,98+21,7/200=17,1 хв

Норма виробітку (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_{к.}}$$

За формулою визначаємо

N=60/17,1=3 деталей.

8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.

Заторний апарат розміщується на другому поверсі варильного цеху.

Складові частини апарата повинні відповідати кліматичному виконанню УХЛЧ по ГОСТ 550-69.

Конструкція складових частин комплекту повинна забезпечувати безпечність персоналу при обслуговуванні і експлуатації згідно ГОСТ 12.2.003-90 і ГОСТ 12.2.124-90.

Композиційне рішення і зовнішній вигляд виробу повинні відповідати сучасним вимогам технічної естетики та ергономіки згідно ГОСТ 12.2.033-78,ГОСТ 12.2.049-80,ГОСТ 22269-79 і забезпечувати:

- єдиний стиль виконання композиційних елементів, що входять до складу встановлюємих деталей;
- мінімальну втомнювальність операторів;
- мінімальні фізичні зусилля, необхідні для управління апаратом;
- максимальні комфортабельність і зручність при обслуговуванні.

8.1. Монтаж обладнання

Монтажні роботи щодо установлення технологічного устаткування та ремонтні роботи повинні відповідати вимогам СНиП 3.05.05–84, СНиП III–4–80 “Техника безопасности в строительстве”, стандартам і технічним умовам.

Компоновочні рішення розміщення та опорні елементи металоконструкцій модернізованого апарата повинні бути узгоджені між пивоварним заводом і організацією, яка має дозвіл на проведення монтажних робіт.

Монтажно-технологічні вимоги до розробляємих складових частин заторного апарата.

Проходи і проїзди в зоні виробництва монтажних і ремонтних робіт повинні бути закриті.

При підготовці апарата до монтажу потрібно:

- провентилювати аппарат та приміщення;
- ознайомити осіб, що беруть участь у роботі, з порядком проведення робіт і засобами безпеки;
- перевірити кріплення фундаментних болтів, наявність ограджень, запобіжних і контрольно-вимірювальних приладів;
- впевнитись про відсутність в середині заторного апарата сторонніх предметів;
- закрити доступ до апарата і до зони його розміщення особам, які не призначені для виконання цієї роботи;

- перевірити освітленість місця монтажу, дотримання протипожежних заходів, наявність інструкції з охорони праці та знання їх працюючих;

- ділянку монтажних робіт потрібно відділити від решти частини приміщення тимчасовим огородженням висотою не менше 1 м. У зоні проведення монтажних робіт потрібно виключати прохід сторонніх осіб.

При виявленні в процесі випробування апарата дефектів, які допущені при проведенні монтажних робіт, випробування потрібно повторити після їх усунення.

Не допускається усунення дефектів під час роботи заторного казана.

У місці проведення монтажу (для запобігання доступу сторонніх осіб) межа небезпечної зони повинна бути чітко позначена запобіжними знакамиі написами за ГОСТ 12.4.026-76.

8.2. Експлуатація обладнання

Подача заторної маси повинна відбуватися безперервно, відповідно робочої фази казана.

Обслуговування здійснюється оператором варильного цеху, що вивчив принцип роботи та будову нових та модернізованих частин комплекту.

Процес затирання солодової маси потрібно проводити у закритому апараті.

Перед початком виробничого сезону трубопроводи підводу речовин потрібно оглядати візуально і перевіряти їх на герметичність.

Для запобігання виділення шкідливих речовин (парів, газів) у повітряне середовище робочих зон варильного відділення заторного апарата, що є джерелом виділення вологи, парів, тепла, газів, агресивних рідин, повинен бути конструктивно укритий і максимально герметизований.

Процеси дозування ферментів для затирання повинні бути автоматизовані і виконуватись відповідно до технологічної схеми автоматизації.

Подавання в апарат заторної маси повинно бути автоматизоване.

Засоби безпеки при обслуговуванні процесу затирання повинні бути розроблені з врахуванням місцевих умов на пивоварному заводі .

Всі елементи комплекту, що встановлюються в процесі модернізації, які підлягають в процесі експлуатації змащуванню, технічному нагляду, санітарній обробці повинні бути легко доступними.

Покриття зовнішніх поверхонь нових і модернізованих складових частин комплекту виконується споживачами. Група умов експлуатації за ГОСТ 9.104-79.

Маса зйомних частин для здійснення санітарної обробки або технічного огляду не повинна перевищувати 16 кг.

При роботі в нормальному режимі не повинно бути шкідливих впливів на обслуговуючий персонал і оточуюче середрвище.

Заторний апарат призначено для експлуатації у закритих приміщиннях за температури оточуючого повітря 5…35^{0}С.

8.3. Послідовність експлуатації заторного апарата

- ПОСЛІДОВНІСТЬ 01. - ПЕРЕВІРТЕ УМОВИ ЗАПУСКУ

Заторний апарат готовий до прийому затору, що надходить із механічного гомогенізатора, якщо заторний апарат порожній й у ньому немає активної послідовності (інше варіння).

- ПОСЛІДОВНІСТЬ 02. – ПЕРЕКАЧУВАННЯ ЗАТОРУ З МЕХАНІЧНОГО ГОМОГЕНІЗАТТОРА

Заторний апарат розроблений для одержання затору, що надходить із механічного гомогенізатора, що розташований у днище заторного апарата.

Це необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування.

Під час наповнення заторного апарата, у момент повного покриття мішалки, виробляється її плавний запуск, це також необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування.

- ПОСЛІДОВНІСТЬ 03. - ВІДЛЕЖУВАННЯ ЗАТОРУ
- ПОСЛІДОВНІСТЬ 04. - НАГРІВАННЯ ЗАТОРУ

Коли весь затор буде перекачаний, може бути початий “процес затирання”.

“Процес затирання” складається з різних операцій витримки й нагрівання, необхідних для протікання різних ензиматичних активностей.

Операції нагрівання до різних температур виробляються за допомогою подачі пари в подвійну сорочку, монтовану на циліндрі й конусі заторного апарата. Під час даних операцій нагрівання мішалка (обладнана двигуном з регульованою кількістю обертів) збільшує кількість обертів щоб уникнути пригоряння затору до стінок заторного апарата.

Тиск пари (а, отже, і температура пари), що надходить у заторний апарат, є постійним, що досягається за допомогою регулювального клапана й датчика тиску. Це необхідно для забезпечення однакових умов нагрівання протягом усього процесу.

Нагрівання за допомогою пари допускається тільки, у випадку якщо область нагрівання (конус і циліндр) покриті рідиною.

Під час різних операцій витримки мішалка або вимикається, або працює з дуже низькою кількістю обертів.

Заключною операцією перед початком фільтрації є перевірка оцукрювання затору.

Для цього оператор повинен підійти до люка заторного апарата й вручну взяти пробу затору, а потім зробити йодну перевірку.

Реакція на йод: син або фіолетовий переходить у червоні кольори перевірка не пройдена.

Якщо при операціях нагрівання процесу затирання спостерігається надлишок піни, необхідно використати встановлений датчик рівня піни й розпилювач гарячої води.

(Час і кількість розпилень може бути задане за допомогою програми.)

- ПОСЛІДОВНІСТЬ 05. - ПЕРЕКАЧУВАННЯ ЗАТОРУ В ПРЕС-ФІЛЬТР

Якщо прес-фільтр підготовлений для накачування затору, він подається в прес-фільтр із заторного апарата, до моменту, поки заторний апарат не буде порожній.

Під час накачування затору в прес-фільтр, але не під час початку або закінчення накачування, до заторного апарата може бути доданий труб (що йде від бака для труба), для компенсації втрат від відстійного резервуара для сусла.

При певному рівні наприкінці перекачування (визначається програмою й безупинно виміряється) затор змивається гарячою водою й, отже, “очищаються” стінки заторного апарата.

Заторний апарат уважається порожнім, а перекачування в Прес-фільтр припиняються, коли в заторному апараті буде досягнутий найменший рівень.

Тепер заторний апарат підготовлений для наступного варіння.

8.4. Ремонт обладнання

Ремонт заторного апарата потрібно проводити відповідно до вимог

“Положення про систему планового технічного ообслуговування і ремонту обладнання підприємств пиво безалкогольної галузі”.

Робітники ремонтних бригад повинні бути забезпечені справними пристроями і інструментом у необхідній кількості.

До роботи в середині апарату відповідності до переліку газонебезпечних робіт, допускають осіб чоловічої статі, яким виповнилось 18 років і котрі пройшли медичне обстеження, спеціальне навчання, повторну перевірку знань: фахівці – не рідше одного разу в 3 роки, робітники – не рідше одного разу на рік. Цільовий інструктаж проводять щоразу перед виконанням зазначених робіт.

Заторний апарат перед внутрішнім оглядом, очищенням, ремонтом потрібно охолодити, звільнити від продукту, промити, а при необхідності пропарити гострою парою, продути інертним газом і повітрям, відключений за допомогою заглушок від діючої апаратури та системи трубопроводів.

Заглушки з хвостовиками повинні бути установлені на всіх, без винятку, комунікаціях, підведених до ремонтної ємкості.

Апарат, нагрітий у процесі експлуатації, перед проведенням газонебезпечних робіт повинний бути охолоджений до температури, що не перевищує 30^0С.

Очищення апарату повинно виключати застосування ручної праці шляхом розроблення та запровадження конструкції решіток, які забезпечують механічне виведення накипу або засобів для хімічного очищення накипу в апаратах.

Роботи по огляду, ремонту та очищенню заторного апарата потрібно проводити бригадою у складі не менше 2 осіб (працюючий і спостерігач), не рахуючи відповідального за проведення газонебезпечних робіт.

У ємності дозволяється працювати одній особі. При необхідності роботи у ємності двох або більше осіб повинні бути прийняті додаткові заходи безпеки, які визначаються на місці проведення робіт і записуються в наряд-допуск.

Робітник, що знаходиться в середині апарата, повинен бути забезпечений спецодягом та спецвзуттям, рятівним поясом з прикріпленою до нього мотузкою. Мотузка повинна мати вузли через

кожні 0,5 м і надійно (другим кінцем) прив'язана до трубопроводу, перил або інших закріплених предметів.

Доступ робітників в середину апарата потрібно здійснювати через верхній

люк по переносній драбині, яка має зверху гаки для зачіпляння за люк.

У аварійних випадках, при роботі в апараті з недостатнім обміном повітря, а також при наявності в апараті задушливого або отруйного газу, робітник повинен мати справний шланговий протигаз з гофрованим шлангом, що виходить із апарата не менше ніж на 2 м. Кінець шланга повинен бути виведений у зону чистого повітря і закріплений на заздалегідь вибраному місці. Використовувати фільтруючі протигази не дозволяється.

Робітник, який спостерігає, повинен також мати при собі протигаз. Час перебування робітника у протигазі без перерви не повинен перевищувати 15 хв. Потім робітник повинен відпочити на чистому повітрі не менше 15 хв.

При необхідності знаходження людей поблизу гарячих частин устаткування потрібно вживати заходи для захисту працюючих від опіків і дії високої температури (огородження працюючого устаткування, вентеляція, спецодяг тощо).

9. Опис системи управління

9.1. Загальна характеристика системи автоматизації процесу затирання

Автоматизація виробництва зажди була одною з основних складових прискорення науково – технічного прогресу у всіх галузях народного господарства. Головним напрямком автоматизації є створення комп'ютерно – інтегрованих виробництв. Основною системою автоматизації нині стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання систем інтеграції розподіленого управління програмних комплексів. При автоматизації виробництва, об'єктом автоматизації є не окремий технологічний процес, чи агрегат, а технологічний комплекс (ТК) із складними взаємозв'язками між його підсистемами.

При автоматизації дається можливість централізації, контролю і управління машинами, агрегатами, а в деяких випадках всіх заводів, що значно полегшує ведення технологічного процесу. Автоматизація також сприяє зниженню аварійності і як наслідок, покращенню роботи обладнання.

Затирання солоду є важливим етапом технологічного процесу виробництва пивного сусла і одним з основних факторів, що визначають якість готового пива. Характер затирання і якість продукту в значній мірі залежать від тривалості затирання, рівномірного, однорідного перемішування солодової крупки і води без окислення, забезпечення необхідних температурних режимів, часових витримок на окремих етапах технологічного процесу також температури та кількості пари що надходить до заторного апарата і кількості гарячої води що подається в гомогенізатор.

Для різних сортів пива потрібна різна тривалість затирання і відповідний температурний і паровий режим в механічному гомогенізаторі та

заторному апараті. Тому для строгого нагляду і дотримання режиму затирання необхідно мати можливість регулювати вказані параметри у визначених межах. Це досягається шляхом автоматизації виробничого процесу.

9.2. Аналіз технологічного процесу

Модернізований фільтраційно-заторний апарат має шнек і поверхню нагріву (парову рубашку). В пивоварінні заторний апарат є основною ланкою технологічного процесу так як в ньому відбувається процес розчинення розчинних(сахарози, декстрини, неорганічні речовини й деякі білки) і нерозчинних(крохмаль, клітковину, частину високомолекулярного білка й інші з'єднання, які залишаються як пивна дробина після фільтрації) речовин, табто готується середовище для зброджування пивними дріжджами . Під час обробки в заторній масі відбувається складний комплекс змін і вона перетворюється в готовий затор. Заторний котел працює в парі з механічним гомогенізатором подрібненого солоду, в якому проводиться змішування солодової крупки та горячої води, а також попередне затирання цієї суміші. Обробка солодової крупки в гомогенізаторі і заторному аппараті характеризується певною послідовністю:

1) Попередне наповнення і стабілізація – на цьому етапі відбувається наповнення механічного гомогенізатора водою, для виключення можливості окислення солодової крупки. Температура

гарячої води для гомогенізації повинна бути близько 60 ºС. Максимальний час цієї фази 7 хв.

2) Затирання – коли заданий об’єм води буде перекачаний, в гомогенізатор з постійною швидкістю потоку почнеться подаватись солодова крупка, одночасно з постійною швидкістю потоку і температурою подається заторна вода через вхідний отвір для технологічної води для підтримання заданого співвідношення вода/солодова крупка.

Попередне змішування води і солодової крупки відбувається в верхній частині механічного гомогенізатора конструкція шнека для гомогенізації і плавний обертальний рух забезпечують однорідне змішування солодової крупки і води без використання зрушуючого зусилля.

При перекачці в гомогенізатор в заторну воду можуть бути додані деякі добавки(сіль, кислота, та ензими). Задана кількість дозується з інтервалами часу.

Постійний рівень в гомогенізаторі підтримується завдяки предзаторному насосу, який оснащений регулюванням кількості обертів. Максимальний час цієї фази 30 хв.

3) Пост – функціонування - якщо в механічний гомогенізатор надійшла необхідна кількість солодової крупки, буде поданий додатковий обсяг заторної води для забезпечення бажаної густоти в заторному котлі, що відповідає сорту пива, що виготовляється.

4) Перекачування – заторний апарат одержує затор, що надходить із механічного гомогенізатора, що розташований у днищі заторного апарата.

Це необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування.

Під час наповнення заторного апарата, у момент повного покриття шнеку, виробляється її плавний запуск, це також необхідно для запобігання максимального насичення киснем під час перекачування.

5) Затирання в заторному котлі – коли весь затор буде перекачаний, може бути початий процес затирання.

Процес затирання складається з різних операцій витримки й нагрівання, необхідних для протікання різних ензиматичних активностей.

Операції нагрівання до різних температур відбуваються за допомогою подачі пари в подвійну сорочку, монтовану на циліндрі й конусі заторного апарата. Під час даних операцій нагрівання шнек (обладнана двигуном з регульованою кількістю обертів) збільшує кількість обертів щоб уникнути пригоряння затору до стінок заторного апарата.

Тиск пари (а, отже, і температура пари), що надходить у заторний апарат, є постійним і складає близько 2,3 бар, що досягається за допомогою регулювального клапана й датчика тиску. Це необхідно для забезпечення однакових умов нагрівання протягом усього процесу. Температура затору в ході технологічного процесу змінюється від 65º С – 78º С.

Нагрівання за допомогою пари допускається тільки, у випадку якщо область нагрівання (конус і циліндр) покриті рідиною.

Під час різних операцій витримки шнек або вимикається, або працює з дуже низькою кількістю обертів. Частота обертів шнеку в ході технологічного процесу змінюється від 20 – 30 об/хв.

Якщо при операціях нагрівання процесу затирання спостерігається надлишок піни, необхідно використати встановлений датчик рівня піни й розпилювач гарячої води.

6) Перекачування затору в прес-фільтр – якщо прес-фільтр підготовлений для наповнення, затор подається в прес-фільтр із заторного апарата, до моменту, поки заторний апарат не буде порожній.

Під час перекачування затору в прес-фільтр , але не під час початку або закінчення перекачування, до заторного апарата може бути доданий труб (що йде від бака для труба), для компенсації втрат від відстійного резервуара для сусла.

При певному рівні наприкінці перекачування затор змивається гарячою водою, отже, очищаються стінки заторного апарата.

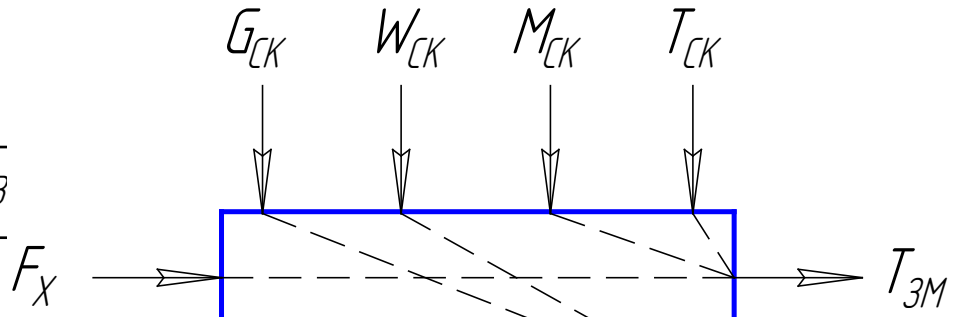
Заторний апарат уважається порожнім, а перекачування в прес-фільтр припиняються, коли в заторному апараті буде досягнутий найменший рівень.

Автоматизація такого складного процесу може бети досягнута завдяки засобами автоматичного вимірювання і регулювання температури, тиску, витрат гарячої води, рівня заторної маси на окремих етапах технологічного процесу.

9.3. **Аналіз виробничої дільниці, як об’єкта автоматизації**

Параметрична схема механічного гомогенізатора зображена на рис.9.1.

Величина F_X, $F_{ЗВ}$, $G_{СК}$, $M_{СК}$,$W_{СК}$, $T_{СК}$, – вхідні параметри, а величини $T_{ЗМ}$, $G_{ЗМ}$ – вихідні параметри (контролюємі і регулюємі) об’єкта регулювання:



F_X – регулююча дія – витрата холодної води;

$T_{ЗМ}$ – регулюємий параметр – температура заторної маси;

$F_{ЗВ}$– регулююча дія – витрата заторної води;

$G_{ЗМ}$ – регулюючий параметр – кількість заторної маси;

Збурюючими діями будуть такі параметри:

$G_{СК}$ – кількість солодової крупки;

$M_{СК}$ – вологість солодової крупки;

$T_{СК}$ – температура солодової крупки;

$W_{СК}$ – маса солодової крупки.

На рис.9.2. зображена структурна схема автоматичного регулювання температури гарячої води механічного гомогенізатора подрібненого солоду «MECHANICAL PREMASHER»

ЧЕ – чутливий елемент;

ВП – вторинний прилад;

З – задавач, вбудований у вторинний прилад;

ВМ – виконавчий механізм;

РО – регулюючий орган;

АР – автоматичний регулятор.

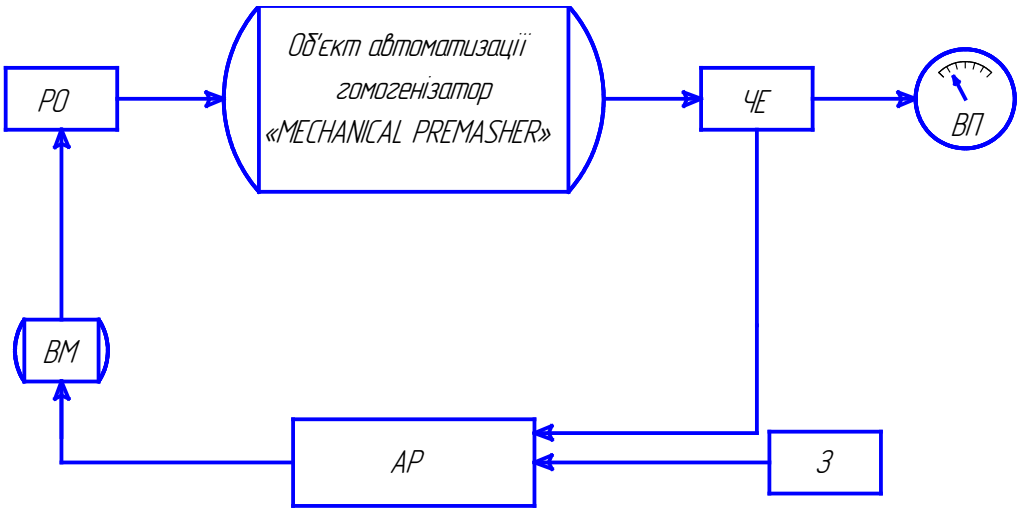


Рис. 9.2. Структурна схема автоматичного регулювання температури гарячої води гомогенізатора подрібненого солоду «MECHANICAL PREMASHER»

Параметрична схема заторного апарата зображена на рис. 9.3.

Величина $F_П$, $S_{МІШ}$, $G_{ЗМ}$, $T_{ЗМ}$, – вхідні параметри, а величини $T_{ЗАТ}$, $G_{ЕК}$ – вихідні параметри (контролюємі і регулюємі) об'єкта регулювання:

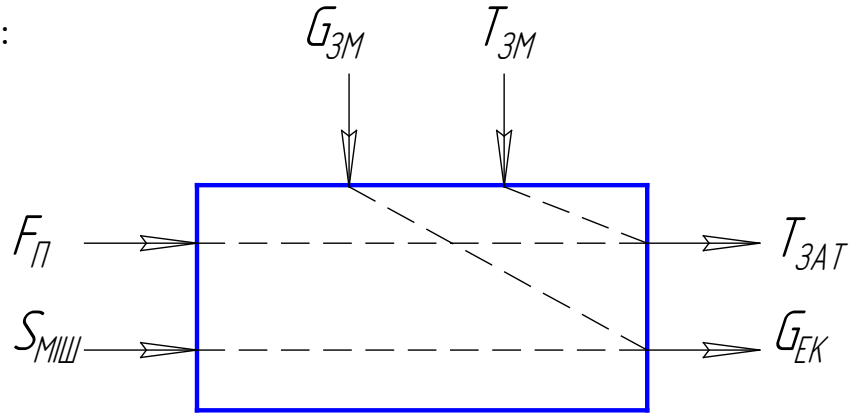


Рис.9.3. Параметрична схема заторного апарата « MASH TUN »

$F_П$ – регулююча дія – витрата пару;

$T_{ЗАТ}$ – регулюємий параметр – температура затору;

$S_{МІШ}$– регулююча дія – частота обертів шнеку;

$G_{ЕК}$ – регулюючий параметр – кількість екстракту;

Збурюючими діями будуть такі параметри:

$G_{ЗМ}$ – кількість заторної маси;

$T_{ЗМ}$ – температура затору;

На рис. 9.4. зображена структурна схема автоматичного регулювання тиску пари заторного апарата « MASH TUN »

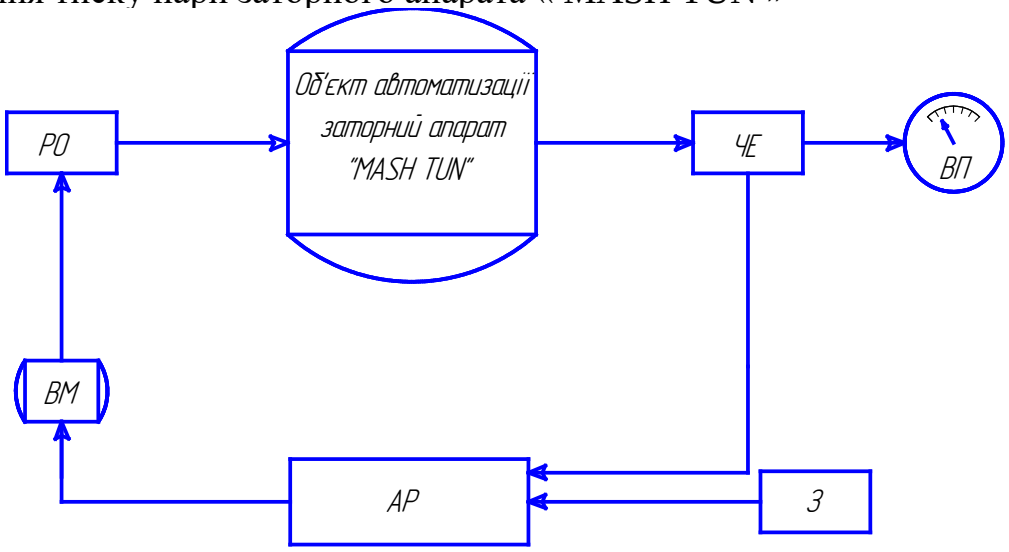


Рис. 9.4. Структурна схема автоматичного регулювання тиску пари заторного апарата « MASH TUN »

ЧЕ – чутливий елемент;

ВП – вторинний прилад;

З – задавач, вбудований у вторинний прилад;

ВМ – виконавчий механізм;

РО – регулюючий орган;

АР – автоматичний регулятор.

9.4. Вибір технічних засобів вимірювання і автоматичного регулювання

При виборі приладів важливе значення має його оформлення, наявність вимірювальної (показуючої чи реєструючої) частини сигнального пристрою, можливість переходу з автоматичного на ручне дистанційне регулювання.

Суттєве значення при виборі регуляторів, як і при виборі контрольно – вимірювальних приладів, має вибір діапазона шкали приладу. Цей діапазон повинен охоплювати всі можливі відхилення

величини регулюємого параметру при будь яких збуреннях притаманних даному об’єкту. Але значно розширювати шкали не варто, так як при цьому збільшується абсолютна похибка вимірювання параметру. Вибір чутливих елементів чи датчиків зводиться до підвищення чутливості датчика, зменшення його інерційності, відносно більшої розвиваємої потужності для зменшення зони нечутливості. Тип виконавчого механізму і регулюючого органу обирається, виходячи з конкретних умов, конструктивних і монтажних особливостей ,систем розмірів об’єктів і комунікацій, величини затрат регулюючих об’єктів, необхідних характеристик виконавчого механізму і регулюючого органу. Вибір роду допоміжної енергії (пневматичної чи гідравлічної) здійснюють в залежності від конкретних умов роботи приладів у виробництві.

Втілення автоматики у виробництво сприяє безаварійній роботі обладнання, виключає випадки травматизму, попереджує забруднення атмосферного повітря і водойм промисловими відходами.

Комплексна автоматизація процесів передбачає не тільки автоматичне забезпечення нормального перебігу цих процесів у використанні різних автоматичних пристроїв, але й автоматичне управління пуском і зупинкою апаратів, для ремонтних робіт, критичних ситуацій.

10. Заходи щодо охорони праці.

Аналіз виробничого травматизму.

Метою дослідження виробничого травматизму є розроблення до запобігання нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини.

Для вивчення виробничого травматизму використовують різні методи. Найпоширеніші і взаємодоповнюючі – статистичний, монографічний, економічний методи.

Для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні показники, що засновані на вивченні первинних документів про травматизм. Кількісний показник травматизму або показник частоти $K_ч$ нещасних випадків розраховується на 1000 середньоспискової кількості працюючих:

$$K_ч = 1000 \cdot T/P;$$

де T – кількість нещасних випадків та захворювань на підприємстві за звітний період із втратою працездатності на 1 і більше днів;

P – середньоспискова кількість працюючих на підприємстві за той же звітний період часу.

Якісний показник травматизму $K_в$– характеризує середню втрату працездатності в днях на одного потерпілого за звітний період:

$$K_в = Д/T;$$

де $Д$ – загальна кількість днів непрацездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів;

T – загальна кількість таких нещасних випадків за той же період часу.

Цей показник не враховує стійкої втрати працездатності і тому не характеризує важкості травматизму. Таким чином, коефіцієнт нещасних випадків – це середня тривалість непрацездатності одного потерпілого, виражена в робочих днях за відповідний період (півріччя, рік).

Крім цих показників підприємство підраховує відомості про кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих, що відображається коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків:

$$K_з = 1000 \cdot Д / Т .$$

Ці показники використовуються при проведенні статистичного аналізу виробничого травматизму.

Мікрокліматичні умови

Для підвищення працездатності та збереження здоров′я важливо створити для організму людини стабільні метеорологічні умови праці.

В поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять:

- температура;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень встановлюють оптимальні та допустимі норми:

- температуру;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

В приміщенні проводять заміри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та зрівнюють їх з нормативними значеннями .

Повітря робочої зони виробничого приміщення відповідає ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ.

Для забезпечення здорових безпечних умов праці оточуюче повітряне середовище на виробництві відповідає встановленим санітарно-гігієнічним нормативам. Значення ГДК для нейтрального пилу, не маючого отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м^3.

Норми мікроклімату встановлюють в залежності від сезону року та категорії робіт. Сезони року діляться на теплий та холодний (середньо добова температура > +10 ; < +10 °С). Категорія робіт - розмежування робіт на основі загальних енерговитрат організму. У варильному відділенні пивзаводу встановлені норми, які узгоджені з технологічним процесом, який не дозволяє підвищувати температуру вище 40°С. Для виконання робіт повинні дотримуватися оптимальні норми: t = 20…24 °С ; W = 40…60 % і V

= 0,1 м/с . Зрівняємо допустимі та фактичні значення мікроклімату в варильному цеху.

З таблиці 10.1, ми бачимо, всі фактичні норми входять в оптимальні значення, тобто для робітників створюються найкращі умови.

Значення параметрів мікроклімату. Таблиця 10.1.

Сезон року	Параметри	Отримані норми	Допустимі норми	Фактичні Значення
Холодний	Температура	21…23	20…24	21
	Відносна вологість	20…40	75	40
	Швидкість повітря	0,1	Не більше 0,1	< 0,1
Теплий	Температура	22…24	21…28	22
	Відносна вологість	20…40	60	35
	Швид. повітря	0,2	0,1…0,3	0,2

Освітлення

Освітлення у виробничих та побутових приміщеннях, а також на території підприємства відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Освітлення в цеху комбіноване. Головна частина світла потрапляє через вікна, ліхтарі, як додаткове використовується штучне освітлення в денні часи і як головне в нічний час.Для штучного освітлення використовується система загального освітлення, виконана стельовими (люмінесцентними) лампами білого світла ЛБ – 80 потужністю 80 Вт, В даному приміщенні максимально використовується саме природне освітлення, що дає можливість нормально проводити технологічний процес, а також обслуговувати і ремонтувати обладнання.

Шум і вібрація, методи боротьби

У приміщенні, де розташований заторний апарат, утворюється шум та вібрація від роботи основного технологічного обладнання, а також від роботи інших допоміжних механізмів. За ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ та ГОСТ 12.1.012-90 рівень шуму тут повинен складати 85дБА, а фактично є 88дБА. Еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску на робочих місцях в активних полосах частот подано в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2.

Професія	Рівні звукового тиску дБ, в активних смугах із середньогеометричними частотами, Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор -наладник	103	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Заходи по боротьбі з шумом і вібраціями:

- використання основ і фундаментів, що відповідають динамічному навантаженню обладнання;
- ізоляція фундаментів від несучих конструкцій і технологічних комунікацій;
- теплоізоляція трубопроводів.

Головними напрямками боротьби з шумом є його послаблення або ліквідація безпосередньо в джерелі утворення.

Заходи з електронебезпеки

Розглядаючи приміщення цеху, можна визначити, що зона де встановлене обладнання належать згідно з класифікації ПУЕ до зон підвищеної небезпеки (фактор небезпеки - можливість одночасного доторкання до заземлених

конструкцій і до конструкцій, що працюють під напругою, в разі пошкодження ізоляції, або непрофесійних дій працівника).

Засоби електрозахисту:

1) заземлення всіх металевих неструмоведучих конструкцій електричного обладнання;

2) застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;

3) усі машини цеху, що живляться змінною напругою 220/380 В обладнуються заземленням і аварійним відімкненням;

4) електричне освітлення здійснюється струмом напругою 127/220 В за обов'язкового встановлення світильників загального освітлення на висоті не нижче 4 м;

5) всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками. Під щитами повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);

6) приміщення цеху обладнується знаками безпеки;

7) ремонт та профілактика обладнання здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

8) Використання спеціального одягу, ізолюючого взуття та рукавиць при ремонтах.

Вентиляція виробничих приміщень

Вентиляція виробничих приміщень на пивоварному заводі є механічна, припливновитяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в помешканнях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

У фіксованих місцях виділення шкідливостей передбачене улаштування місцевих відсмоктувачів, пилевиділяюче обладнання має аспіраційні установки з очисткою повітря, що викидається.

Для швидкої заміни повітря у приміщенні бродильного відділення на випадок аварії передбачена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при досягненні допустимої концентраційної межі шкідливих або небезпечних виділень (вуглекислого газу).

Приміщення дробильно-полірувального відділення добре вентилюється і має місцеві відсмоктувачі, а також аспіраційну установку з очисткою повітря, що викидається.

Повітряні обміни в підсобних приміщеннях прийняті у відповідності з відповідними санітарними нормами.

Згідно технологічному завданню в приміщенні підтримують температуру 18 ^{0}C ± 2 ^{0}C за санітарними нормами (СН 245-84). Це досягається шляхом кондиціювання, вентилювання повітря.

Вентиляція виробничих приміщень на типовому пивоварному заводі є механічна, припливновитяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в помешканнях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

В фіксованих місцях виділення шкідливостей передбачене улаштування місцевих відсмоктувачів, пилевиділяюче обладнання має аспіраційні установки з очисткою викидаємого повітря.

Для швидкої заміни повітря у приміщенні цеху на випадок аварії передбачена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при досягненні допустимої концентраційної межі шкідливих або небезпечних виділень (сатураційного або несконденсованих газів).

Повітряні обміни в підсобних приміщеннях прийняті в відповідності з відповідними санітарними нормами.

Цех, де встановлений заторний апарат, добре вентилюється і має місцеві відсмоктувачі, а також аспіраційну установку з очисткою викидаємого повітря.

Заходи з пожежної безпеки

Згідно “ППБ в Україні”, виробничі приміщення підприємств харчової промисловості за ступенем небезпеки відносяться до категорії “В” згідно з ОНТП 24-86.

На вхідних дверях головного корпусу заводу, де знаходиться варильне відділення повинні бути виконані надписи категорії приміщення по вибухо-пожежній та пожежній небезпеці та класів приміщення по ПЕУ, а також прізвище та посада особи, відповідальної за пожежну безпеку.

Усі виробничі приміщення забезпечені первинними засобами пожежогасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Розрахункові витрати води на підприємствах складаються із загальної її витрати на зовнішнє і внутрішнє пожежогасіння і максимальної витрати на виробничі потреби.

В варильному відділення в доступному місці змонтовано один пожежний кран. Розрахунковий запас води при 3-годинному пожежогасінні визначається із формули, $м^3$:

В будівлях і приміщеннях передбачені 2 шляхів евакуації людей. Ефективність евакуації оцінюється часом, необхідним для евакуації людей із приміщень будівлі.

Заходи безпеки при роботі і обслуговуванні обладнання варильного відділення

Обслуговування обладнання здійснюється операторами, що вивчили принцип роботи та будову обладнання. Вони повинні знати всі інструкції правил безпеки, ознайомитися із всіма процедурами техніки безпеки, аварійними процедурами і протипожежними заходами; знати, як уникнути поранень. Тому до роботи на апаратах варильного відділення, їх технічного обслуговування і ремонту допускаються особи, які пройшли теоретичну і практичну підготовку.

Заторні і сусловарочні апарати: вони повинні бути укомплектовані:

- кранами, які забезпечують безпечний відбір проб затору в зручних для обслуговування місцях;
- пристроями для гасіння піни;
- переливними трубами без запірних органів;
- запірною арматурою;

- покажчиками рівня.

Апарат потрібно обладнати люками, які щільно закриваються кришками, і спускними вентилями з механізмом дистанційного керування. Люки повинні бути обладнані карусельним шарніром і швидкознімними відкидними болтами.

Перед початком виробничого сезону трубопроводи підводу речовин потрібно оглядати візуально і перевіряти їх на герметичність.

Для запобігання виділення шкідливих речовин (парів, газів) у повітряне середовище робочих зон варильного відділення заторного апарата, що є джерелом виділення вологи, парів, тепла, газів, агресивних рідин, повинен бути конструктивно укритий і максимально герметизований.

Апарат також повинен бути обладнаний витяжною трубою для виведення вторинного пару.

При обслуговуванні заторного апарата повинні дотримуватись правила техніки безпеки які визначаються відносно умов його роботи, та технологічними особливостями самого апарата.

Так як циліндр і конус заторного апарата обладнані водяною рубашкою приблизне значення можливої температури 143°С (при 3 Бар). Якщо ці частини не були б ізольовані, та оператор повинен уникати контакту з даними ділянками. Дані ділянки будуть гарячими протягом декількох хвилин після закінчення процесу. Для безпечної роботи конус і циліндр апарата тепло-ізолюють так що температура на поверхні не перевищує 45ºС.

Для процесу затирання й «CIP » робоча температура становить приблизно 80°С. Люк і верхня кришка заторного апарата можливо також будуть мати цю температуру. Оператор повинен уникати торкання цих компонентів.

Всі можливі джерела небезпеки, що виходять від електрики, повинні бути усунуті.

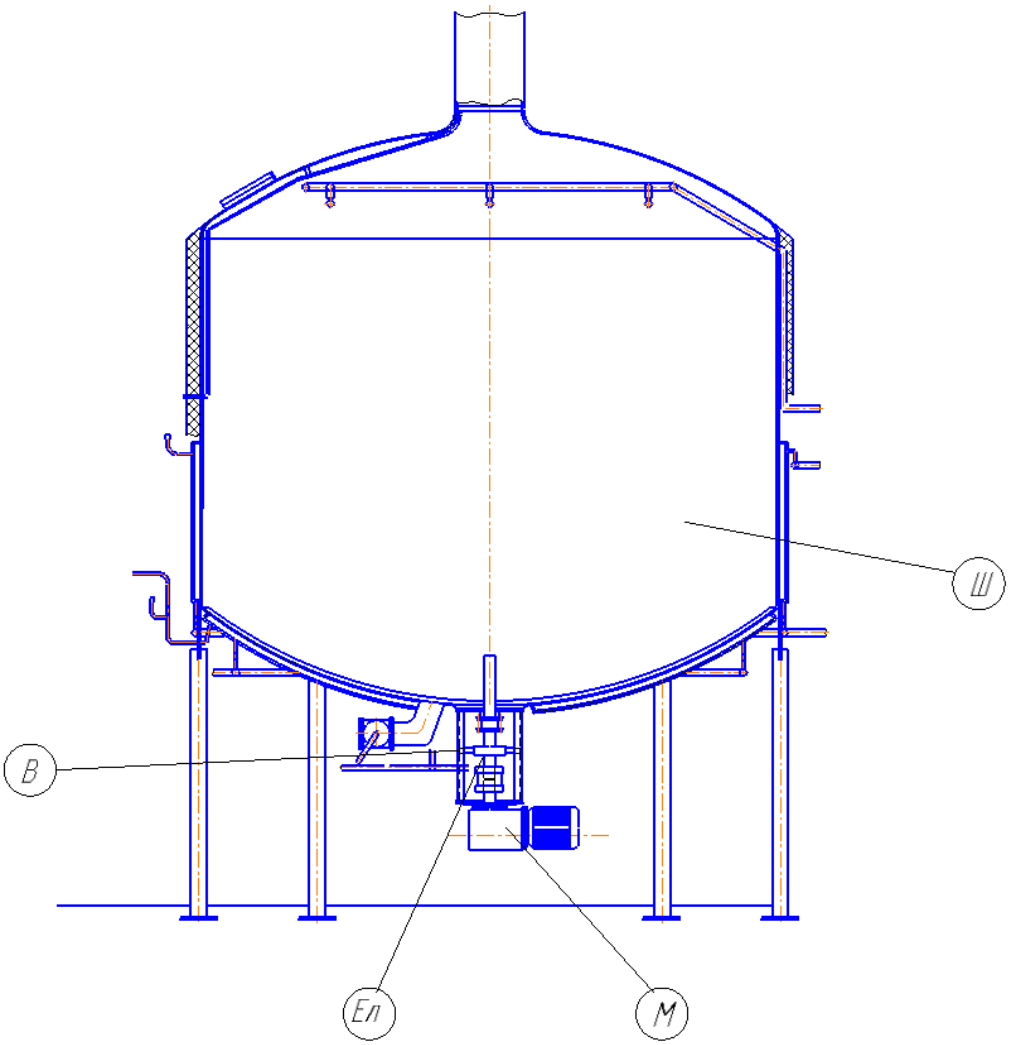


Рис.

10.1. Загальний вигляд заторного апарату з вказівкою небезпечних та шкідливих факторів (Ш – шум; В – вібрація; М – механічні травми; Ел - електронебезпека)

Пропозиції щодо покращення умов праці

Для запобігання захворювань і травматизму потрібно:

- ліквідувати протяги(шляхом ущільнення дверних коробок і віконних рам спеціальним герметиком, або волокнистим матеріалом);
- біля апаратів, які експлуатуються розмістити інструкції по експлуатації;
- огородити всі рухомі частини і пофарбувати огорожі в червоний колір;
- на видному місці розмістити план евакуації виробничого персоналу в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

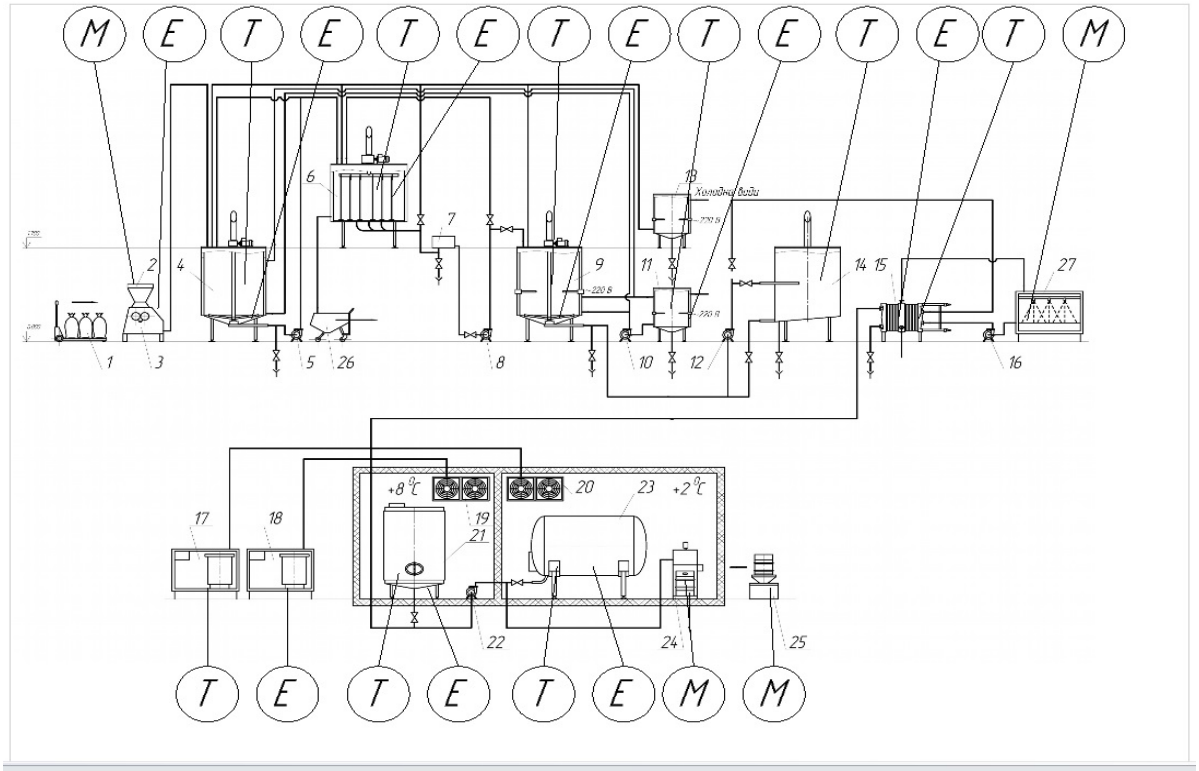


Рис. 10.2. Апаратурно-технологічна схема лінії виготовлення пива із вказівкою небезпечних та шкідливих факторів (Ш – шум; В – вібрація; М – механічні травми; Е – електронебезпека)

Висновки

В даному дипломному проекті на тему: «Модернізація заторного апарата продуктивністю 35т/добу» було модернізовано заторний апарат у парі із механічним гомогенізатором подрібненого солоду.

Завдяки використанню нормативно-технічної документації та довідкової літератури проведено тепловий розрахунок, та розрахунки елементів привода. Використання спеціальної літератури дозволило підібрати конструктивні матеріали, враховуючи економічність, безпеку виробничого персоналу та споживачів продукції.

Даний заторний апарат є оптимальним для технологічного процесу, так як має парову сорочку в конічному днищі, та циліндричному корпусі, що сприяє рівномірному розподіленню температури між заторною масою. Згідно модернізації в даному дипломному проекті апарат працює в парі з механічним гомогенізатором подрібненого солоду, в якому відбувається змішування солоду з гарячою водою та часткове затирання солоду. Такий процес є оптимальним і забезпечує отримання найбільшої кількості екстракту хорошої якості.

Список використаних літературних джерел

1.Технологічні комплекси харчових виробництв . Навчальний посібник /В.І.Теличкун, О.М.Гавва, Ю.С.Теличкун, О.О.Губеня, М.Г.Десик, О.М.Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017._ 456 с.

2.Мирончук, В.Г. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: підручник / В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко та інші. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

3.Мирончук, В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець [та ін.]. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.

4.Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І. П. Паламарчук, П. С. Берник, З. А. Стоцько, В. В. Яськов. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 368 с.

5.Машини та обладнання переробних виробництв : навч. посібник для студ. вузів / О.В. Дацишин та ін.; за ред. О.В. Дацишина. – К.: Вища освіта, 2005. – 159 с.

6.Коробов, М.М. Технологічні розрахунки бродильних виробництв. / М.М. Коробов. – К. « Техніка », 1999. – 300 с.

7.Балашов, В.Є. Практикум по розрахунку технологічного обладнання виробництва пива та безалкогольних напоїв. / В.Є. Балашов. — К.
« Техніка », 2000. – 188 с.

8.Главачек, Ф.А. Пивоваріння. Пер. з чеської мови. / Ф.А. Главачек. – К.: « Техніка », 1999. – 664 с.

9.Електронний PDF каталог електродвигунів і редукторів фірми «NORD», 2003. – 51с.

10.Електронний PDF каталог електродвигунів і редукторів фірми «Flender», 2003. – 48с.

11.Головко, Д.Б. Автоматика і автоматизація технологічних процесів. / Д.Б. Головко, К.Г. Рего, Ю.О. Скрипник. – К.: «Либідь», 1997. – 232 с.