

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« » _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: Модернізація заторно-сусловарильного апарату об'ємом 2,2 м3.

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-7ск

Гайструк Сергій Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник: Чепелюк Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО

(ім'я та прізвище)

_____ (підпис)

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

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХФВ

проф. Олександр ГАВВА

“ ___ ” _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Гайсрука Сергія Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема проекту (роботи)** Модернізація заторно-сушловарильного апарату об'ємом 2,2 м³

Керівник проекту (роботи) Чепелюк Олександр Миколайович, доц., кандидат тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2025 р. № 218-кв

- 2. Строк подання здобувачем роботи** «__» червня 2025р.

- 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 та соціальне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип дії модернізованого обладнання; підбір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; розрахунок технології виготовлення опорного патрубку; правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання; система управління; охорона праці; висновки; список використаних літературних джерел, додатки.

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання, вузли, деталі – 3 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «10» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>11.04.2025</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>14.04.2025</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>29.04.2025</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування та соціальне обґрунтування</i>	<i>30.04.2025</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>02.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>05.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>06.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>09.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>13.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>16.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>20.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>22.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Висновки</i>	<i>23.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	<i>26.05.2025</i>	<i>Виконано</i>
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>02.06.2025</i>	<i>Виконано</i>
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	<i>03.06.2025</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

_____ (підпис)

Сергій ГАЙСТРУК

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олександр ЧЕПЕЛЮК

Анотація

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання модернізації заторно-сусловарильного апарата об'ємом 2,2 м³, що використовується у пивоварінні для приготування затору та сусла. В процесі експлуатації апарата було виявлено значний недолік — необхідність ручного миття внутрішніх поверхонь після завершення кожного циклу роботи. Це спричиняло підвищення трудомісткості, збільшення витрат часу та зниження загальної продуктивності виробництва.

З метою усунення вказаної проблеми та підвищення рівня автоматизації запропоновано технічне рішення — встановлення кільцевого миючого пристрою у верхній частині корпусу апарата. Конструкція включає чотири зварні кронштейни, на яких кріпиться миючий пристрій, через який подається мийний розчин під тиском. Завдяки спеціально спроектованим отворах конічної форми досягається ефективне розбризування рідини по всій внутрішній поверхні апарата, що дозволяє повністю автоматизувати процес миття. Це рішення суттєво зменшує участь оператора в санітарній обробці, скорочує час на підготовчо-завершальні операції та покращує санітарно-гігієнічний стан обладнання.

Особливу увагу приділено підбору конструкційних матеріалів, розрахунку вузлів, аналізу умов монтажу та технічного обслуговування. У роботі також розглянуто систему автоматизації управління процесами у модернізованому апараті, що забезпечує стабільність температури, тиску, рівня рідин і витрати сусла.

У розділах охорони праці та охорони довкілля розглянуто заходи безпечної експлуатації та мінімізації впливу на навколишнє середовище. Проведено оцінку техніко-економічної ефективності впровадження модернізованого обладнання у виробництво.

Результати роботи свідчать про доцільність модернізації обладнання та доводять її технічну та економічну ефективність.

Ключові слова: заторно-сушварильний апарат, модернізація, пивоваріння, теплообмін, автоматизація, внутрішнє миття, зрошувач, предзаторник, миючий пристрій.

Abstract

This diploma project focuses on the modernization of a mash wort kettle with a volume of 2.2 m³, used in brewing processes for preparing mash and wort. During the operation of the apparatus, a significant drawback was identified — the need for manual cleaning of internal surfaces after each production cycle. This resulted in increased labor intensity, longer processing times, and a reduction in overall production efficiency.

To eliminate this issue and enhance the level of automation, a technical solution was proposed: the installation of a ring-type bubbler at the top of the vessel. The design includes four welded brackets that support the bubbler, through which a cleaning solution is supplied under pressure. Thanks to specially designed conical nozzles, the liquid is efficiently sprayed across the entire internal surface of the vessel, enabling a fully automated cleaning process. This solution significantly reduces operator involvement in sanitation procedures, shortens the duration of preparatory and final operations, and improves the sanitary condition of the equipment.

Special attention is given to the selection of structural materials, the calculation of critical components, and the analysis of installation and maintenance conditions. The project also includes the design of an automation system for controlling key technological parameters in the modernized apparatus, ensuring stable temperature, pressure, liquid levels, and wort flow rate.

The occupational safety and environmental protection sections describe measures for the safe operation of the equipment and minimizing its environmental impact. The technical and economic efficiency of implementing the modernized system in production has also been evaluated.

The results of the study confirm the feasibility of the proposed modernization and prove its technical and economic effectiveness.

Keywords: mash wort kettle, modernization, brewing, heat exchange, automation, internal cleaning, sprinkler, pre-masher, bubbler.

ЗМІСТ

стор.

Вступ.....	
1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення.....	
2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування.....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання.....	
5. Підбірконструкційних матеріалів.....	
6. Розрахункова частина.....	
7. Розрахунок технології виготовлення опорного патрубку.....	
8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання.....	
9. Система управління.....	
10. Охорона праці.....	
11. Охорона довкілля.....	
Висновки.....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

Вступ

Сучасне харчове машинобудування відіграє важливу роль у розвитку промислового виробництва продуктів харчування, забезпечуючи підвищення ефективності, надійності та якості технологічних процесів. У зв'язку зі зростанням попиту на високоякісну продукцію та необхідністю раціонального використання ресурсів, усе більшої актуальності набувають питання модернізації та вдосконалення існуючого обладнання.

Особливе значення мають технології, що використовуються у пивоварній галузі, адже процеси приготування пивного суслу вимагають високої точності регулювання температури, інтенсивного перемішування та ефективної теплопередачі. Від ефективності цих процесів залежить не лише якість кінцевого продукту, а й економічні показники роботи підприємства.

У таких умовах модернізація обладнання, його автоматизація та розширення функціональних можливостей стають пріоритетними напрямками для підприємств галузі. Особливої уваги заслуговує вдосконалення апаратів комбінованої дії, які дозволяють об'єднати кілька технологічних операцій в одному пристрої, зменшуючи витрати на утримання та обслуговування.

Дану кваліфікаційну роботу присвячено вирішенню актуального завдання – розробці сучасного технічного рішення для підвищення технологічної ефективності одного з ключових елементів пивоварного виробництва.

1. Аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення

Призначення та схема приготування затору

Процес затирання полягає в змішуванні подрібненого солоду та несолодженого зерна з водою, після чого суміш піддається поетапному нагріванню й витримці при заданих температурних режимах. Отриману при змішуванні сировини з водою масу називають затором, а кількість зернопродуктів, що завантажуються в заторний апарат, – засипом. Витрата води, яка використовується для приготування затору, називається наливом.

Основна мета затирання полягає в тому, щоб виділити розчинні компоненти із солоду та несолодженого зерна, а також під дією ферментів перетворити значну частину нерозчинних речовин у розчинні. Речовини, які переходять у розчин під час процесу, називають екстрактом. Саме цей екстракт формує основу для подальшого виробництва пивного сусла.

Для приготування сусла у пивоварінні застосовуються такі основні апарати: заторні котли, фільтраційний апарат та сусловарильний котел. Усі ці елементи з'єднані трубопроводами в єдину функціональну систему – варочний агрегат. До складу цієї системи також входять насоси для переміщення затору, мутного сусла та охмеленого сусла, хмелевідділювачі, а також контрольно–вимірювальні прилади, що забезпечують контроль та регулювання технологічного процесу.

Варочний агрегат типу Е–23

Цей агрегат включає два прямокутні заторні апарати, один сушварильний котел аналогічної форми, фільтраційний апарат, гідроциклон, циліндричну ємність для збору сусла, пристрої для дроблення зволоженого солоду, несолоджененого зерна та хмелю, а також окремі резервуари для промивних вод. Усі елементи агрегату мають окремий привід і розміщені на одному технологічному рівні. Роботою системи керує автоматизована система управління.

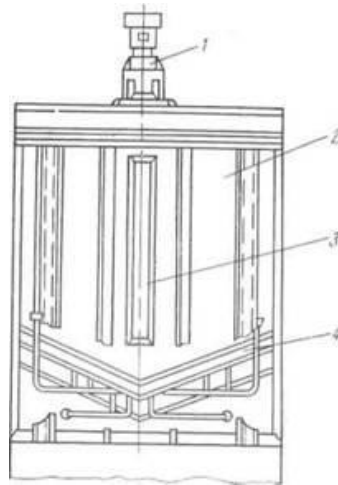


Рис. 1.1. Заторний апарат Е–2355

Апарат моделі Е–2355 (рисунок 1.1) є резервуаром прямокутної форми з плоскою кришкою та двосхилим днищем, нахиленим до центру. Він обладнаний двома пропелерними мішалками з верхнім приводом (1), оглядовим вікном (3), а також нагрівальними елементами (4), які виготовлені з металевих кутників, приварених ребрами до днища. На задній стінці встановлено люк для огляду та технічного обслуговування. Усередині, під кришкою, розташований колектор із форсунками, призначеними для промивання внутрішньої поверхні та видалення залишків дробини.

Апарат оснащений арматурою для подачі подрібненого зерна, пари, води, виведення сусла, а також для відведення пари, промивної води й конденсату.

Сусловарильний апарат Е-2328

Сусловарильний апарат Е-2328 (рисунок 1.2), що входить до складу агрегату Е-23, також має прямокутну форму. На його кришці встановлено дві мішалки з приводами (1), які забезпечують перемішування сусла під час варіння. Поверхня нагріву (3) утворена кутниками, привареними до днища апарата. На передній панелі корпусу (2) розміщене оглядове вікно (4). Заповнення та спорожнення апарата здійснюється через відповідні штуцери.

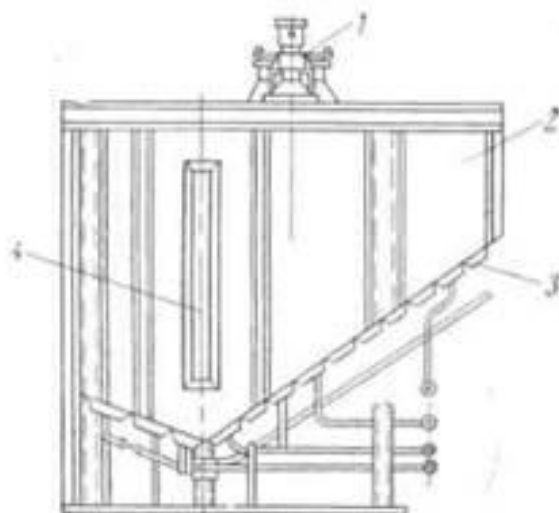


Рис. 1.2. Сусловарильний апарат Е-2328

Установка для подрібнення зволоженого солоду, ячменю та хмелю, а також фільтраційний і гідроциклонний апарати за своєю конструкцією аналогічні тим, що використовуються у варочному агрегаті типу ВВЦ-3. Варочний агрегат Е-23 забезпечує п'ять повних циклів роботи на добу, що дозволяє досягти річної продуктивності на рівні 4,8 мільйона декалітрів пива.

Варочні агрегати класифікують за кількістю основних апаратів. Найпоширенішими є варіанти з двома, чотирма або шістьма апаратами, кожен із яких виконує певну стадію технологічного процесу.

Чотириапаратний варочний агрегат

На рисунку 1.3 представлена схема чотириапаратного варочного агрегату. До його складу входять два заторні котли (поз. 4), фільтраційний апарат (поз. 1), сусловарильний котел (поз. 2), водопідігрівач (поз. 3) та хмелеотділювач (поз. 5). Один із заторних котлів використовується для затирання солоду та

несоложеного зернового матеріалу, а також для процесу осахарення. В іншому котлі проводиться підігрів і кип'ятіння заторної маси. Обидва заторні котли є конструктивно ідентичними, що дозволяє гнучко керувати процесом і перерозподіляти навантаження залежно від виробничих потреб.

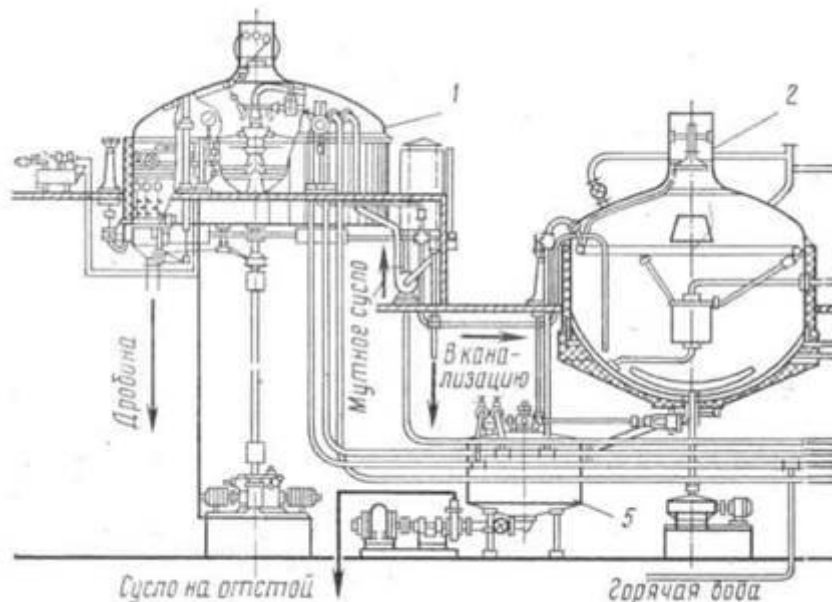


Рис. 1.3. Чотириапаратний варочний агрегат
Заторно–відварочний апарат РЗ–ВВЦ–3–3

Цей апарат, що входить до складу варочного агрегату (див. рисунок 1.4), є циліндричною ємністю (поз. 1) із плоским днищем, яке нахилене до зливного отвору, та кришкою конічної форми (поз. 2), обладнаною люком для технічного обслуговування. У центрі встановлена мішалка (поз. 5) з верхнім приводом (поз. 3), яка забезпечує рівномірне перемішування затору. Для візуального контролю процесу передбачено оглядове скло (поз. 4).

Нагрівальні елементи виготовлені з металевих кутників, які приварені ребрами до нижньої частини циліндричного корпусу та днища. Вони забезпечують рівномірний тепловий вплив на всю об'ємну масу затору. В апараті передбачено систему подачі подрібненої сировини, затору, пари, а також відведення конденсату та відпрацьованого матеріалу.

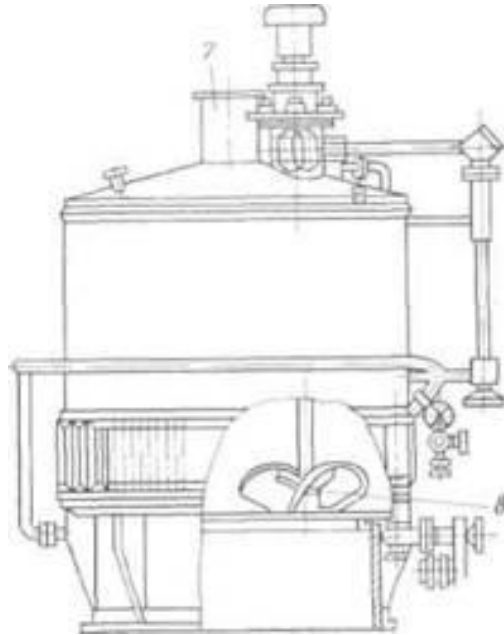


Рис. 1.4. Заторно–відварочний апарат РЗ–ВВЦ–3–3

Для санітарної обробки внутрішньої поверхні апарата використовуються спеціальні форсунки, з'єднані зі штуцерами, які підведені до кільцевої камери подачі води або миючого розчину. Це дає змогу ефективно очищувати апарат після кожного циклу роботи та забезпечувати високу гігієнічність виробничого процесу.

Збірник промивної води моделі Е–2321 має циліндричну форму та обладнаний двома сферичними днищами, що сприяє рівномірному розподілу тиску та підвищує механічну міцність конструкції. В апараті передбачені нагрівальні елементи, які забезпечують підігрів води до необхідної температури для технологічних потреб. Також він оснащений штуцерами для подачі та відведення води, введення пари в нагрівальну систему, зливу конденсату, а також має посадкові місця для встановлення термометра та повітряного клапана (воздушника).

Для забезпечення зручності обслуговування конструкцією передбачений оглядовий люк, через який здійснюється візуальний контроль, технічна чистка та санітарна обробка внутрішньої поверхні ємності. Завдяки такому оснащенню апарат забезпечує стабільну подачу гарячої промивної води для підтримки ефективного процесу фільтрації затору.

Фільтраційний апарат Е-2318

Фільтраційний апарат Е-2318 (рисунок 1.5) являє собою вертикальну ємність циліндричної форми з плоскою верхньою кришкою та конічним днищем. У центрі днища розташований кран для відведення сусли, тоді як ближче до краю корпусу встановлено вихідний штуцер для видалення дробини. Конічне дно сприяє повному зливу рідини та полегшує виведення твердих залишків після завершення процесу.

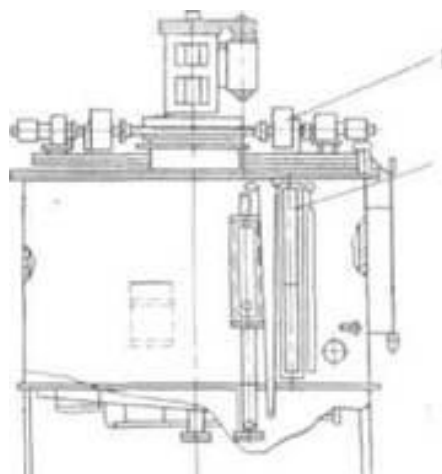


Рис. 1.5. Фільтраційний апарат Е-2318

Внутрішній простір апарата додатково обладнаний другим дном у вигляді сітки, розташованим на певній висоті над основним. Під сітчастим дном змонтовано два кільцеві колектори з форсунками, які подають промивну воду як для очищення сита, так і для інтенсивного промивання шару дробини.

На верхній частині апарата встановлено механізм розпушування дробини, привод якого (1) розміщується на кришці. Цей механізм містить траверсу з вертикальними ножами, нижче яких встановлені скребок і нахилена планка для згрібання дробини під час обертання. Вся система доповнена підйомним пристроєм, що дозволяє підіймати або опускати механізм залежно від технологічних потреб.

Циліндричний корпус також містить зрошувальний колектор із форсунками, які використовуються для подальшого промивання дробини, знецукрення залишків, а також для очищення внутрішньої частини апарата після завершення процесу фільтрації.

Сусло, що накопичується над шаром дробини, видаляється з апарата шляхом декантації. Швидкість декантації регулюється спеціальним клапаном, який розміщується на напірному трубопроводі. Цей трубопровід під'єднано до насоса, що працює у зв'язці з автоматичним регулятором фільтрації, який, у свою чергу, пов'язаний із промивною ємністю (поз. 4 на рисунку).

Завдяки поєднанню фільтраційної сітки, системи зрошення та механізму розпушування апарат забезпечує високу ефективність розділення сусла та твердих фракцій, що суттєво впливає на якість кінцевого продукту та стабільність процесу пивоваріння.

Збірник гарячого сусла моделі РЗ–ВВЦ–3–С є герметичним апаратом циліндричної форми з конічною верхньою кришкою та днищем, яке має нахил у напрямку зливного отвору. Така конструкція забезпечує ефективне видалення сусла та полегшує процес очищення. Для підігріву апарат обладнаний паровою гріючою сорочкою, яка дозволяє підтримувати необхідну температуру продукту в процесі накопичення.

У кришці передбачені штуцери для подачі гарячого сусла та промивної води, а в нижній частині розташовані з'єднання для подачі пари в сорочку, зливу конденсату та промивної рідини. Для візуального контролю стану апарата встановлено оглядове вікно. Крім того, конструкція передбачає вмонтовану систему автоматизованого миття, яка складається з кільцевого колектора та розбризкувальних форсунок, розміщених під кришкою.

Сусловарильний апарат РЗ–ВВЦ–3–С

Сусловарильний апарат цієї ж серії (рисунок 1.6) має циліндричну форму корпусу з плоским днищем, яке виконане з нахилом до зливного патрубку. Верхня кришка апарата – конічна, що сприяє конденсації пари й зменшенню втрат вологи.

Усередині встановлена мішалка (поз. 5), яка забезпечує однорідність суміші під час кип'ятіння. Привід мішалки (поз. 2) змонтований на верхній

крищі. Там само встановлено трубу для відведення пари (поз. 1), яка забезпечує безпечне відведення надлишкового тиску та вологи під час варіння.

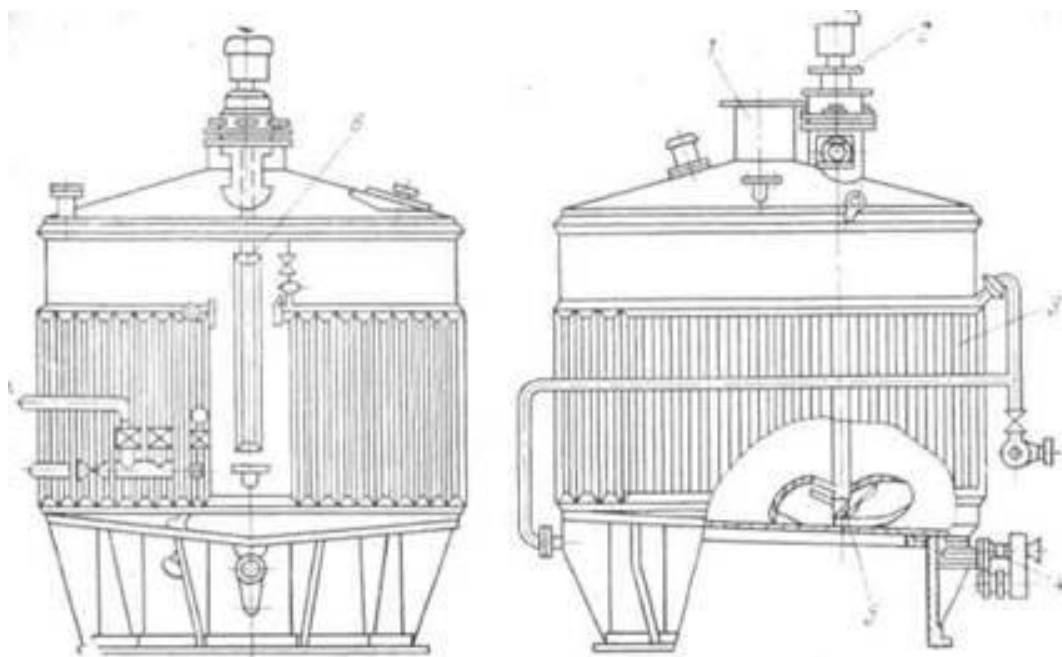


Рис. 1.6. Суловарильний апарат РЗ-ВВЦ-3-С

На передній панелі корпусу розташоване оглядове скло (поз. 6) для візуального спостереження за процесом. У верхній частині внутрішнього простору апарата змонтована кільцева труба з форсунками, що використовуються для промивання внутрішньої поверхні після завершення варочного циклу.

Злив сусла здійснюється через патрубок, який закривається за допомогою засувки (поз. 4). Така система дозволяє повністю видалити сусло з апарата без залишків, що важливо для дотримання санітарних вимог та уникнення забруднення наступних партій продукту.

Комбінований апарат (Комбі–Апарат)

Комбінований апарат разом із заторно–суловарильним апаратом (рисунок 1.7), робочим майданчиком, сходами, спільною рамою–основою, пультом керування та системою з'єднувальних і розподільчих трубопроводів утворює єдиний, стабільний функціональний блок – варочний агрегат. Цей агрегат забезпечує отримання сусла – ключового проміжного продукту у процесі пивоваріння.

Фільтраційна секція апарата виконує функцію цедильного чана та призначена для фільтрації затору, тобто для відділення твердих залишків солодового шроту (дробини) від рідкої частини – осахареного розчину. Отриманий фільтрат називається суслем і є основою для подальшого варіння пива.

У нижній частині апарата розташовано бойлер, який виконує роль резервуара гарячої води. Ця вода використовується як під час технологічного процесу варіння, так і в санітарних операціях, пов'язаних з очищенням обладнання.

Комбі–Апарат – це вертикальна двостінна циліндрична ємність із нержавіючої сталі, що має плоску кришку. Внутрішнє дно виконано у вигляді конуса з реверсивним конічним заглибленням у центральній частині, що сприяє повному відведенню сусла. На дні апарата розміщено чотири відвідні отвори, через які сусло подається до трубчастого колектора. Звідти воно прямує до наступної стадії обробки. Біля виходу з колектора встановлене прозоре оглядове вікно з нижньою підсвіткою, що дозволяє контролювати прозорість сусла.

Над дном апарата змонтоване фільтраційне сито з щілинними отворами шириною 0,7 мм. Воно забезпечує ефективне відділення рідкої фракції від дробини, не затримуючи сусло. Подавання затору до ємності здійснюється знизу через отвір діаметром 120 мм за допомогою насоса.

Апарат оснащений спеціальним розрихлювальним механізмом, який приводиться в дію електродвигуном з редуктором. Частота обертання регулюється плавно за допомогою частотного перетворювача. Рекомендована швидкість обертання – 1 оберт на хвилину. Два пневмоциліндри, закріплені на кришці апарата, забезпечують вертикальне переміщення вала механізму в межах 150 мм.

Розрихлювач виконує дві основні функції:

під час нормальної роботи він обережно й рівномірно розпушує шар дробини, не порушуючи структуру фільтраційного шару;

у режимі реверсу розрихлювач спрямовує дробину до прямокутного бокового люка, через який вона вивантажується у встановлений ззовні лоток.

Завдяки такій конструкції Комбі-Апарат дозволяє здійснювати затирання, фільтрацію, підігрів води, розпушування та вивантаження дробини в одному модулі, що істотно підвищує ефективність і компактність варочного процесу.

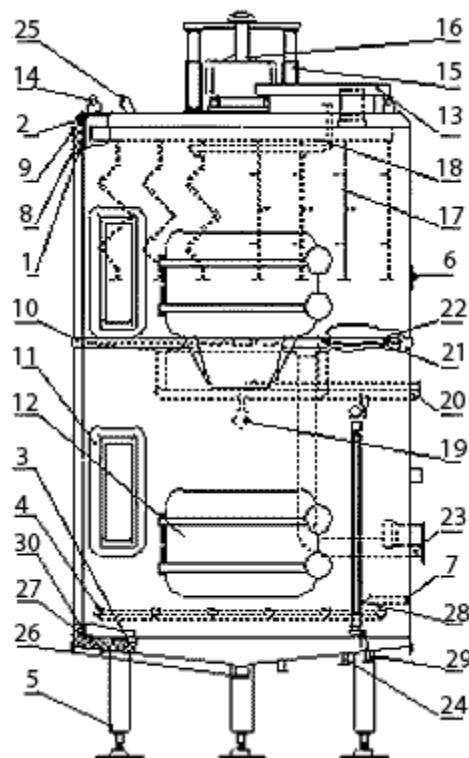


Рисунок 1.7. Комбі-Танк

- 1 – корпус ємності;
- 2 – плоска верхня кришка;
- 3 – нижнє днище;
- 4 – нагрівальна спіраль для термічної обробки продукту;
- 5 – опорна ніжка (стійка) для фіксації апарата;
- 6, 7 – термодатчики (термосенсори) для контролю температури в різних зонах апарата;
- 8 – теплоізольована сорочка для подачі теплоносія (пара або гарячої води);
- 9 – вузол кріплення верхньої частини сорочки до корпусу;
- 10 – галтель (внутрішнє округлення) для полегшення миття та уникнення застою;
- 11 – бічне похиле дно, що сприяє виведенню рідини до зливного отвору;
- 12 – бічний люк для технічного обслуговування й вивантаження дробини;
- 13 – верхній оглядовий люк;
- 14 – маніпуляційне оглядове вікно для візуального контролю процесів усередині ємності;
- 15 – пневматичний поршень, що забезпечує вертикальний рух розрихлювача;
- 16 – електродвигун з редуктором для приводу мішалки або розрихлювального механізму;
- 17 – колектори для збору сусла після фільтрації;
- 18, 19 – миючі головки для санітарного оброблення внутрішніх поверхонь ємності;
- 20 – патрубок для відведення готового сусла;
- 21 – внутрішнє конусоподібне днище для спрямування потоку рідини;
- 22 – щілинне фільтраційне дно (рифлене фальш–дно), яке затримує тверді частинки;
- 23 – отвір для подачі затору або сусла до апарата;

- 24 – підвід пари для нагріву через сорочку;
- 25 – випускний отвір для відведення повітря (дренаж або продух);
- 26 – допоміжний вихідний патрубок;
- 27 – дно нижньої сорочки з привареною гріючою системою;
- 28 – вимірювальна рейка (щуп) для контролю рівня рідини в апараті;
- 29 – перепускний трубопровід для перерозподілу рідин або тиску;
- 30 – теплоізоляційний шар, що знижує втрати тепла та підвищує енергоефективність установки.

На плоскій кришці ємності розташовано круглий люк діаметром 450 мм, що забезпечує доступ до внутрішнього простору для технічного огляду та обслуговування. Для якісного очищення внутрішніх поверхонь обладнання передбачена верхня миюча головка. У підситовому просторі рівномірно розміщено вісім форсунок, які забезпечують ефективне промивання. Верхня миюча головка, змонтована на кришці, також виконує функцію промивання шару дробини водою після завершення фільтрації.

На кришці встановлено трубчасте коліно з клапаном, що виконує функцію балансування тиску в середині апарата. Під час фільтраційного процесу можливе повернення мутного первинного суслу назад у фільтраційний відсік за допомогою насоса – цей процес називається рециркуляцією. Завдяки рециркуляції підвищується ступінь вилучення екстрактивних речовин із затору, що сприяє покращенню виходу суслу.

У нижній та верхній частинах бічної поверхні ємності встановлені оглядові вікна з підсвічуванням, які дозволяють оператору контролювати процеси всередині апарата візуально.

Нагрівання нижньої частини ємності (бойлера) здійснюється двома способами – за допомогою парової сорочки (дублікатора) або електричного ТЕНу. Подавання пари температурою до 150 °С і тиском 4 бар здійснюється через дублікатор, при цьому керування виконується пневматичними клапанами, які відкриваються відповідно до сигналів із пульта управління.

Ручні регулювальні клапани, доступні з робочого майданчика, дозволяють оперативно коригувати параметри обігріву вручну.

Температура в середині ємності контролюється за допомогою термодатчиків, дані з яких виводяться на цифрові дисплеї пульта керування варочного агрегата.

Циліндрична частина ємності має поліуретанову теплоізоляцію, що зменшує теплові втрати та підвищує енергоефективність. Днище, обладнане паровою сорочкою, утеплене мінераловолокнистим теплоізоляційним матеріалом NOBASIL, який забезпечує додатковий захист від втрат тепла.

Для контролю рівня води у бойлері передбачена поплавкова вимірювальна рейка, яка дозволяє візуально визначати об'єм рідини в резервуарі під час експлуатації.

Комбінований апарат для затирання, варіння та фільтрації пивного сусла

Комбінований апарат, призначений для проведення технологічних операцій затирання, варіння та фільтрації пивного сусла, являє собою вертикальний циліндричний резервуар (поз. 1 на рисунку 1.8), оснащений системою перемішування (поз. 3). Усередині корпусу встановлений фільтраційний елемент (поз. 2), який обладнано механізмом розпушування дробини (поз. 12), що обертається за допомогою електроприводу (поз. 4).

Для дотримання технологічних параметрів конструкція апарата передбачає оптимальне співвідношення об'ємів фільтраційного елемента та загального об'єму циліндричної ємності у пропорції 1:4. Це дозволяє досягти ефективної фільтрації та забезпечити високу якість отриманого сусла.

Циліндричний корпус закріплений на опорних стійках (поз. 10), що забезпечують стабільне розміщення апарата в межах виробничої зони. Для зливу охмеленого сусла передбачено відповідний патрубок (поз. 8), а для виконання санітарно-технічного обслуговування – окремий технічний патрубок (поз. 9).

У верхній частині апарата розташована кришка (поз. 5), оснащена фіксувальними гвинтами (поз. 6), які забезпечують герметичне закриття. На нижньому валу мішального механізму встановлено пропелерну мішалку (поз. 7), яка створює необхідну турбулентність у зоні затирання та сприяє рівномірному перемішуванню компонентів. Під сферичним днищем апарата змонтовано нагрівальні елементи (поз. 11), роль яких можуть виконувати електричні ТЕНи або парові теплообмінні системи, залежно від технічної конфігурації установки.

Застосування такого комбінованого апарата дозволяє підвищити якість кінцевого продукту завдяки точному дотриманню технологічних режимів, забезпечити економію сировини за рахунок рівномірного розподілу матеріальних потоків, а також створює передумови для розширення виробничих потужностей без потреби в збільшенні площ. Крім того, універсальність пристрою сприяє виробництву широкого асортименту продукції в межах існуючого підприємства.

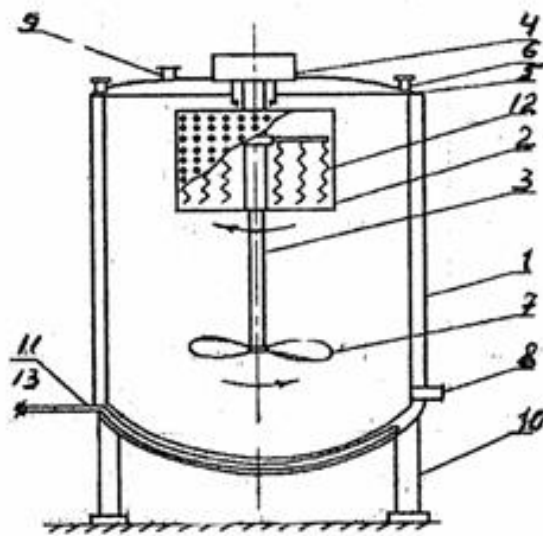


Рис. 1.8. Комбінований апарат для затирання, варіння та фільтрації пивного сусла

Пивоварна система CARRY Brewtech 2000L



Рис. 1.9. Пивоварна система CARRY Brewtech 2000L

Це професійна пивоварна система, призначена для комерційного виробництва пива. Складається з чотирьох окремих судин: заторного котла, фільтраційного чану, варильного котла та вихрового чану. Виготовлена з харчової нержавіючої сталі марки 304 та сертифікована за стандартами CE та ISO.

Характеристики

Об'єм: 2000 літрів (також доступна версія на 3000 літрів)

Матеріал: харчова нержавіюча сталь 304

Заторний котел (Mash Tun): оснащений мотором з частотним перетворювачем (VFD), люком, клапаном для дихання, мішалкою та температурним датчиком

Фільтраційний чан (Lauter Tun): має мотор, люк, систему очищення, розпилювач для промивання, мішалку з VFD, дверцята для видалення дробини, трубопровід для збору суслу та систему зворотного промивання

Варильний котел (Kettle Tun): оснащений конденсаційним блоком, люком, системою очищення, рівнемір та температурним датчиком

Вихровий чан (Whirlpool Tun): має конденсаційний блок, люк, систему очищення, рівнемір та вхід для вихрового потоку

Додаткове обладнання: фільтр для хмелю, пластинчастий теплообмінник, температурний датчик, резервуар для додавання дріжджів, пристрій для насичення сула киснем

Переваги

- Висока ефективність: великий об'єм варіння дозволяє задовольнити потреби комерційних пивоварень та підвищити продуктивність.
- Якісні матеріали: використання високоякісної нержавіючої сталі та сучасних технологій обробки забезпечує довговічність та надійність обладнання.
- Сертифікація: відповідає міжнародним стандартам якості (CE та ISO)
- Індивідуальне налаштування: можливість адаптації обладнання під конкретні вимоги замовника.
- Стабільність: оснащена чотирма опорами з регульованими санітарними прокладками для стійкості на підлозі.

Ізольований заторно-суловарильний апарат

Цей заторно-суловарильний апарат призначений для середніх та великих пивоварень, ресторанів і барів. Він забезпечує повний цикл виробництва пива, включаючи затирання, фільтрацію, кип'ятіння та вихрове осадження. Виготовлений з високоякісної нержавіючої сталі SUS304 або SUS316, що гарантує довговічність і гігієнічність процесу.

Модель: HG-2000L

Об'єм: 2000 літрів на партію

Матеріал: SUS304/SUS316 або червона мідь

Комбінація посудин: заторний/фільтраційний чан, варильний котел/вихровий чан

Застосування: ресторани, бари, готелі, пивоварні

Спосіб нагріву: електричний, паровий або прями́й вогонь

Напруга: AC380/220V, 50/60Hz

Споживання води: 4 м³/тонну

Діаметр: 1960 мм

Висота: 3150 мм

Ступінь автоматизації: повністю автоматизований

Сертифікація: CE, ISO

Полірування: 0,4–0,6 мікрон

Площа встановлення: 10 м²



Рис. 1.10. Ізольований заторно-сусловарильний апарат

Переваги

- Висока ефективність: забезпечує стабільну якість пива при кожній варці
- Гнучкість нагріву: можливість вибору між електричним, паровим або прями́м нагрівом
- Ізоляція: подвійні стінки з ізоляцією для збереження температури

- Автоматизація: повністю автоматизована система управління для зручності оператора
- Гігієнічність: високий рівень полірування внутрішніх поверхонь для легкого очищення

Висновок до розділу

У результаті проведеного аналізу сучасних промислових заторно-сусловарильних апаратів можна зробити висновок, що саме ці агрегати є ключовими вузлами в структурі варочного обладнання пивоварного виробництва. Вони поєднують декілька технологічних процесів: затирання, оцукрення, фільтрацію та варіння, що дозволяє оптимізувати виробничий цикл, зменшити витрати ресурсів і забезпечити стабільну якість пивного суслу.

Заторно-сусловарильні апарати нового покоління вирізняються високим рівнем автоматизації, енергоефективністю та гнучкістю у налаштуваннях, що дозволяє адаптувати обладнання під потреби як малих, так і промислових пивоварень. Значну увагу виробники приділяють не лише технічним характеристикам, а й ергономіці, легкості в обслуговуванні, гігієнічності та можливості дистанційного моніторингу процесів.

Порівняльний огляд апаратів підтверджує, що найбільш конкурентоспроможними є багатосудинні модулі (3–4 посудини), що дозволяють одночасне виконання кількох операцій. Таке конструктивне рішення значно скорочує час варки, знижує витрати енергії та підвищує продуктивність.

Отже, вибір та правильне проектування заторно-сусловарильного апарата має вирішальне значення для ефективності пивоварного виробництва, і саме модернізація цього вузла є обґрунтованим та стратегічно доцільним напрямом удосконалення технологічної лінії.

2. Техніко – економічне та соціальне обґрунтування

У процесі експлуатації заторно-сусловарильного апарата було виявлено значний недолік, який негативно впливав на ефективність виробничого процесу. Зокрема, завершальним етапом кожного циклу варіння пива є санітарна обробка обладнання, яка в чинній конструкції виконувалась вручну. Після кожної варки працівники відкривали вентиляційний патрубок і, використовуючи шланг та щітку, вручну промивали внутрішню поверхню апарата. Такий підхід вимагав значних трудових та часових витрат і призводив до подовження підготовчо-завершальних операцій.

Для усунення зазначеного недоліку запропоновано технічне рішення, яке полягає у частковій модернізації конструкції заторно-сусловарильного апарата. Суть удосконалення полягає в установці в верхній частині корпусу апарата, кільцевого миючого пристрою. Він монтується на чотирьох жорстко приварених кронштейнах. До миючого пристрою підводиться вода з мийним розчином під тиском. Внутрішня поверхня миючого пристрою містить систему розпилювальних отворів з конічною формою перерізу. Це дає змогу створити локальне підвищення тиску на виході, внаслідок чого рідина подається на внутрішні стінки апарата з високою силою, рівномірно змиваючи залишки сула та дробини.

Реалізація запропонованої конструкції дозволяє повністю автоматизувати процес мийки, усунути потребу у фізичному втручанні персоналу та значно скоротити час простою обладнання між варками.

Технічне обґрунтування ефективності

Модернізація не потребує кардинального переобладнання корпусу апарата, адже всі елементи встановлюються в межах наявної геометрії. Підвід мийного розчину може бути організований з існуючої системи СІР-мийки, або, за потреби, за допомогою окремого насоса. Отвори у миючому пристрої забезпечують високу ефективність мийки завдяки оптимально підбраному куту нахилу та діаметру.

Очікуване скорочення часу на мийку — до 70%. При середній тривалості ручного миття 30–40 хвилин, автоматизована система дозволить зменшити цей час до 10–12 хвилин, при цьому забезпечуючи стабільно високий рівень гігієнічності.

Крім того, знижується ймовірність помилок, пов'язаних з людським фактором (недостатнє миття, залишки продукту тощо), а також зменшується знос внутрішніх поверхонь, що нерідко виникає через абразивне ручне очищення.

Економічна доцільність

Реалізація запропонованого удосконалення передбачає одноразові витрати на виготовлення миючого пристрою, монтажні роботи та підключення до системи водопостачання або СІР-станції. Орієнтовна вартість комплектуючих становить 8000–12000 грн, залежно від обраних матеріалів (нержавіюча сталь, кронштейни, арматура).

Натомість економія часу працівників, зниження витрат на воду, мийні засоби та електроенергію вже протягом перших 3–4 місяців експлуатації дозволяє повністю окупити модернізацію. Також варто враховувати, що завдяки скороченню перерв між варками можливе збільшення загальної кількості партій пива протягом зміни — що напряду впливає на зростання продуктивності підприємства.

Соціальні аспекти

Впровадження автоматизованої системи мийки позитивно впливає на умови праці персоналу. Зменшення фізичного навантаження, виключення контакту з агресивними мийними речовинами, підвищення гігієнічності робочого процесу — все це сприяє покращенню трудової мотивації працівників, зниженню рівня втоми та ризику професійних захворювань.

Крім того, автоматизація процесу мийки є частиною загального підходу до модернізації харчових виробництв, який передбачає впровадження технологій, що відповідають сучасним вимогам щодо безпеки харчових продуктів та умов праці відповідно до норм HACCP і ISO 22000.

Висновок

Запропонована модернізація заторно-сушварильного апарата шляхом впровадження кільцевого миючого пристрою для автоматизованої мийки є технічно доцільною, економічно виправданою та соціально обґрунтованою. Вона дозволяє підвищити загальну ефективність виробництва, покращити умови праці персоналу та забезпечити стабільну якість продукції при одночасному зниженні експлуатаційних витрат.

3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту

Властивості пива як харчового продукту

Пиво — це слабоалкогольний напій, що утворюється внаслідок спиртового бродіння пивного сусла, виготовленого на основі ячмінного солоду з додаванням хмелю. Завдяки наявності діоксиду вуглецю та невеликого вмісту етанолу, пиво має тонізуючий ефект і добре втамовує спрагу. У ньому міститься багато поживних речовин: білки, вуглеводи, мінерали та вітаміни.

Якість пива визначається органолептичними та фізико-хімічними показниками — прозорість, колір, аромат, смак, піноутворення та його стійкість. Випускають три основні типи пива: світле, напівтемне та темне. Об'ємна частка спирту варіюється в межах від 2,8 до 9,4%. Усі типи пива повинні мати не менше 0,33% CO₂ та піну висотою щонайменше 30 мм. Пастеризація впливає на термін зберігання: непастеризоване зберігається не менше 8 діб, пастеризоване — від 30 діб і більше.

Основна сировина для пивоваріння

Головною сировиною є ячмінний солод (світлий, темний, карамельний і палений). Темні сорти солоду отримують шляхом обжарювання світлого. Якість солоду має відповідати встановленим стандартам за зовнішнім виглядом, ароматом, кольором, розміром зерен, вологістю та екстрактивністю.

Окрім солоду, можливе використання несоложеного зернового матеріалу — ячменю, рисової січки, кукурудзяного борошна або пшениці. Таке рішення знижує собівартість і дозволяє розширити асортимент.

Допоміжні матеріали

Вода є найважливішим компонентом, оскільки її якість безпосередньо впливає на смакові властивості пива. Ідеальне співвідношення іонів кальцію та магнію повинне становити від 1:1 до 1:3.

Хміль забезпечує характерну гіркоту, аромат, покращує піноутворення та діє як природний консервант. Застосовуються шишки, гранули, брикети та екстракти.

Ферментні препарати додаються у випадках, коли частка несоложеної сировини перевищує 20%. Протеолітичні та амілолітичні ферменти покращують якість сусла, розщеплюють білки й підвищують стабільність пива.

Основні етапи технологічного процесу

Подрібнення солоду

Перед помелом солод очищують від пилу, домішок і металевих часток. Подрібнення здійснюється переважно на чотири- або шестивальцьових дробарках, які роздавлюють зерна, зберігаючи цілісність оболонки — важливого фільтраційного елемента.

Оптимальний помел повинен забезпечувати максимальний вихід екстракту й належну швидкість фільтрації. Частки поділяють на шелуху (15–18%), крупку (до 35%) та борошно (25–35%).

Затирання

Затирання — це змішування дробленого солоду з водою з подальшим нагріванням при контрольованому температурному режимі. Його мета — перетворення нерастворних речовин солоду в розчинні, так звані екстрактивні речовини.

Існує два основні методи затирання: настійний (без кип'ятіння) і відварочний (з кип'ятінням частини затору). Від обраного способу залежить вміст амінокислот і мальтози у готовому суслі.

Бродіння та доброджування

Процес бродіння триває в два етапи: основне бродіння (7–10 діб) і доброджування (3–8 тижнів). Основне бродіння відбувається при температурі 6–10 °С (нижнє бродіння) або 14–25 °С (верхнє). Доброджування проходить при низьких температурах під тиском, що сприяє насиченню пива вуглекислим газом та покращенню смакових властивостей.

Сучасні пивоварні широко використовують циліндро-конічні танки, які дають змогу поєднувати обидві фази бродіння в одному апараті та підтримувати стабільну температуру за допомогою автоматичних охолоджувачів.

Освітлення, фільтрація та дозрівання

Після доброджування пиво освітлюють — спочатку відстоюванням, потім фільтрацією. Для цього використовують сепаратори та діатомові або кизельгурові фільтри. Важливим етапом є пастеризація або стерилізація, яка забезпечує мікробіологічну стабільність продукту.

Паралельно проходить дозрівання, під час якого зникають залишки дріжджового смаку, а хмелева гіркота набуває м'якості. У цей період формуються остаточні смакові характеристики пива.

Показники якості готового продукту

Готове пиво повинне бути прозорим, мати стабільну піну, характерний колір і насичений смак. Показники якості включають:

Прозорість — блиск і відсутність мути;

Колір — стабільний, відповідно до сорту (золотистий, бурштиновий, темний);

Смак і аромат — без домішок, зі збалансованою хмелевою гіркотою та солодовою повнотою;

Пінність — висока піностійкість (не менше 2 хвилин);

Насичення CO₂ — дрібні рівномірні бульбашки;

Енергетична цінність — 30–85 ккал на 100 г продукту.

4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії модернізованого обладнання

Опис запропонованого технічного рішення

У процесі експлуатації заторно-сусловарильного апарата було виявлено суттєвий недолік – ручне миття внутрішніх поверхонь обладнання після завершення кожної варки. Для очищення апарата працівники змушені були відкривати вентиляційний патрубок, після чого вручну, за допомогою шланга та щітки, проводили санітарну обробку внутрішнього об'єму. Такий підхід займав значний час, підвищував трудомісткість підготовчо-завершальних операцій і знижував загальну ефективність виробництва.

З метою автоматизації та покращення умов санітарної обробки було запропоновано технічне рішення: у верхній частині корпусу апарата, на чотирьох зварних кронштейнах, встановити кільцевий миючий пристрій. Через цей пристрій здійснюється подача води з мийним розчином під тиском. Для підвищення тиску струменя вода подається через отвори конічної форми, що дозволяє збільшити швидкість витікання рідини й забезпечити ефективне розбризкування по всій внутрішній поверхні апарата. Така конструкція дозволяє виконувати миття автоматично, без участі оператора, що суттєво знижує витрати часу та покращує санітарно-гігієнічний стан обладнання.

Будова модернізованого заторно-сусловарильного апарата

Модернізований заторно-сусловарильний апарат є вертикально орієнтованою циліндричною ємністю зі зварною конструкцією, виготовленою з нержавіючої сталі, яка забезпечує високу корозійну стійкість та відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Верхня частина апарата має сферичну форму та оснащена розсувним люком для технічного обслуговування й візуального контролю за процесом. Нижня частина апарата виконана з плоским днищем, що спрощує конструкцію та здешевлює виготовлення, але потребує ефективного перемішування для запобігання осіданню твердих часток.

Між внутрішньою і зовнішньою оболонками апарата утворено простір, який виконує роль парової сорочки. Вона призначена для нагрівання затору та сусла за допомогою поданої пари. Парова сорочка обладнана штуцерами для підведення пари, відведення повітря та конденсату. Усередині апарата змонтована вертикальна пропелерна мішалка, яка забезпечує інтенсивне перемішування продукту як під час затирання, так і в процесі кип'ятіння.

На внутрішній поверхні корпусу закріплено трубчастий зрошувач для зрошення стінок водою, що дозволяє гасити хвилі киплячого сусла та зменшити піну. У верхній частині апарата розташований предзаторник, оснащений шиберною засувкою, який дозволяє подавати та зволожувати зернопродукти до моменту потрапляння в основну ємність. Також передбачено змішувач гарячої і холодної води, що дозволяє оперативно забезпечувати необхідну температуру для процесу затирання.

Кришка апарата обладнана витяжною трубою з регульованою заслінкою для контролю над видаленням пари. Є патрубки для подачі сусла та затору, які рівномірно розподіляють продукт по поверхні, мінімізуючи температурні перепади. В нижній частині апарата змонтований зливний патрубок для виведення сусла. Для визначення рівня продукту передбачена мірна лінійка.

Окремо на корпусі встановлений автоматизований миючий пристрій – кільцева система з конічними отворами, через які під тиском подається миючий розчин для внутрішнього очищення апарата без його розбирання.

Принцип дії модернізованого заторно-сушварильного апарата

Робота апарата починається з подачі подрібненого солоду та несоложеного зернового матеріалу через предзаторник, де вони попередньо зволожуються. Через змішувач подається вода потрібної температури, яка надходить до апарата одночасно з підготовленою сировиною. Після заповнення ємності мішалка включається, забезпечуючи рівномірне перемішування затору.

У парову сорочку подається пара, яка підігріває масу до заданого температурного режиму затирання. Залежно від технології (настійний або відварний спосіб), проводяться температурні паузи для ферментативного оцукрювання крохмалю. За допомогою системи автоматичного контролю підтримується необхідна температура впродовж усіх етапів.

Після завершення затирання частково оцукрена маса може бути перекачана до фільтраційного апарата, а сусло – повернуте назад. Завдяки рівномірному розподілу сусла з патрубків та постійному перемішуванню мішалкою забезпечується гомогенність продукту. Після оцукрення в апарат подається хміль, і починається кип'ятіння сусла при температурі близько 105 °С.

Для забезпечення стабільного кипіння та уникнення втрат рідини, апарат герметизують, залишаючи невеликий зазор у паровому клапані. Після завершення кип'ятіння тиск знижують, поступово відкриваючи витяжну заслінку. Сусло охолоджується та виводиться з апарата через нижній патрубок для подальшого процесу бродіння.

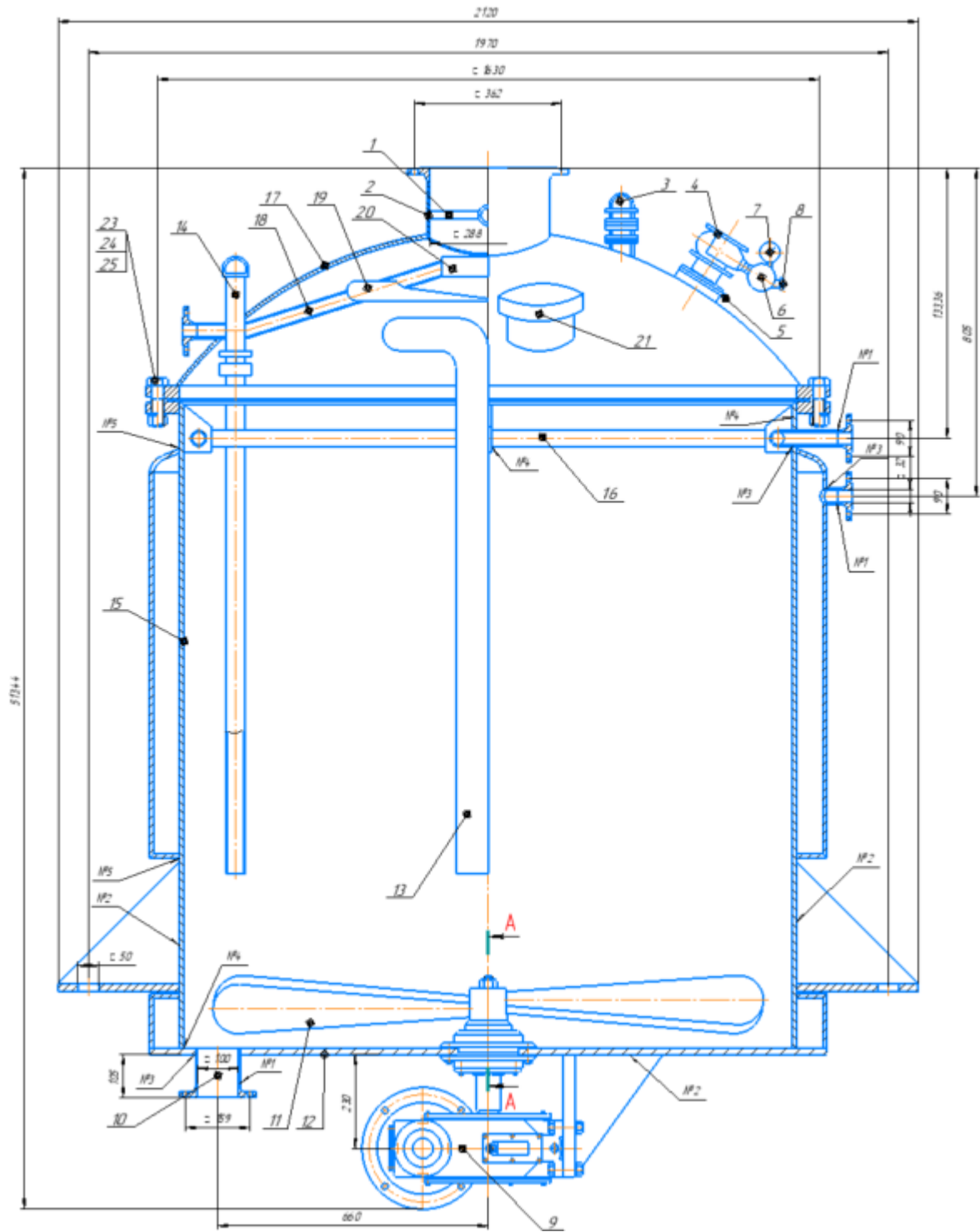


Рис. 4.1. Модернізований заторно-сусловарильний апарат об'ємом 2,2 м.куб.

5. Підбір конструкційних матеріалів

Вибір конструкційних матеріалів для виготовлення заторно-сушловарильного апарата має вирішальне значення для забезпечення довговічності, гігієнічності, хімічної стійкості та технологічної надійності обладнання. Враховуючи специфіку експлуатаційних умов — постійний контакт з гарячими водно-зерновими сумішами, змінне термічне навантаження, вплив органічних кислот, а також потребу в легкому очищенні — до матеріалів висуваються підвищені вимоги.

Корпус і внутрішні поверхні

Основним матеріалом для виготовлення корпусу, кришки та внутрішніх поверхонь апарата є нержавіюча сталь марки AISI 304 (08X18H10). Цей сплав містить не менше 18% хрому та близько 8–10% нікелю, що забезпечує:

- високу корозійну стійкість у середовищі пивного суслу;
- хімічну інертність при контакті з кислотами, ферментами, солями;
- гігієнічність і легкість очищення поверхонь;
- стійкість до термічних циклів.

Для частин, що зазнають особливо агресивного впливу (наприклад, зони кипіння), можливо використання AISI 316 (10X17H13M2) з додаванням молібдену, що додатково підвищує кислотостійкість.

Оболонка для теплообміну (рубашка)

Обігрів апарата здійснюється через парову або рідинну рубашку. Для її виготовлення застосовують ту ж нержавіючу сталь марки AISI 304, яка зберігає структурну стабільність при постійному нагріванні до температур 130–150 °С. Товщина стінки теплообмінника зазвичай становить 2–3 мм, що забезпечує ефективний теплоперенос без ризику деформації.

Теплоізоляція

Для мінімізації тепловтрат і збереження стабільного температурного режиму між зовнішньою стінкою апарата і кожухом розміщується теплоізоляційний шар. У якості ізолюючого матеріалу доцільно застосувати мінераловатну плиту (типу Rockwool або NOBASIL) або спінений поліуретан, залежно від вимог до екологічності та теплопровідності. Оптимальна товщина шару — 40–60 мм.

Мішалка та розподільчі пристрої

Вали, робочі органи мішалки, а також форсунки подачі мийного розчину виготовляють з нержавіючої сталі AISI 304, іноді з поліруванням до класу Ra $\leq 0,8$ мкм, що зменшує прилипання суспензій і полегшує очищення. Конструкція мішалки передбачає роботу у в'язкому середовищі з механічним навантаженням, тому важливим є не тільки вибір сталі, але й контроль якості зварних швів і балансування рухомих частин.

Арматура і ущільнення

Клапани, крани, патрубки та фітинги виготовляються з нержавіючих сталей AISI 304 або AISI 316, залежно від тиску та температури середовища. Ущільнювальні елементи (прокладки, сальники) виконують із термостійких і харчових полімерів:

EPDM (етилен-пропілен-дієновий каучук) — для стандартних температур до 130 °C;

PTFE (тефлон) — у зонах підвищеного хімічного навантаження;

силікон — для місць, де важлива еластичність і герметичність при частих циклах нагрівання/охолодження.

Опорна рама і зовнішній кожух

Несуча конструкція апарата виконується зі звичайної конструкційної сталі (наприклад, Ст3) з подальшим антикорозійним фарбуванням або, за підвищених вимог до санітарної чистоти, з нержавіючої сталі AISI 201 або 304.

Зовнішній кожух, що закриває теплоізоляцію, не контактує з продуктом, але виконує декоративну та захисну функцію. Він також виготовляється з нержавіючої сталі, з обробкою «сатин» або дзеркальною поліровкою для покращення зовнішнього вигляду й захисту від механічних пошкоджень.

Висновок до розділу

Вибір матеріалів для заторно-сусловарильного апарата ґрунтується на поєднанні таких факторів, як гігієнічність, корозійна стійкість, термічна стабільність, технологічність та довговічність. Застосування нержавіючої сталі AISI 304 або 316 для основних вузлів, а також ефективної теплоізоляції та санітарних полімерів для ущільнення дозволяє створити надійний, енергоефективний і безпечний у роботі апарат, який відповідатиме сучасним вимогам харчового машинобудування та забезпечуватиме стабільну якість пивного сусла.

6. Розрахункова частина

Технологічний розрахунок

Вихідні дані: геометричний об'єм робочої камери – 2,2 м³.

Приймаємо: діаметр апарата $D = 1,5$ м.

Площа поперечного перерізу:

$$F = \pi \times (D^2 / 4) \quad (6.1)$$

$$F = 3.1416 \times (1,5^2 / 4) = 3.1416 \times (2,25 / 4) = 3.1416 \times 0,5625 = 1,767 \text{ м}^2$$

Висота апарата:

$$V_0 = F \times h \rightarrow h = V_0 / F$$

$$h = 2,2 / 1,767 \approx 1,245 \text{ м}$$

Перевіримо, скільки продукту можна завантажити, якщо об'єм використовується на 2/3:

$$E_p = V_0 \times 2 / 3 = 2,2 \times 2 / 3 = 1,467 \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

Приймаємо густину сусли $\rho = 950$ кг/м³, тоді:

$$m = E_p \times \rho = 1,467 \times 950 = 1\,393,65 \text{ кг}$$

Таким чином:

Геометричний об'єм апарата: 2,2 м³

Діаметр апарата: 1,5 м

Висота апарата: 1,245 м

Робоча місткість (2/3): 1,467 м³

Маса сусли при заповненні на 2/3: 1 393,65 кг

Тепловий розрахунок

Витрата теплоти на нагрівання продукту в корпусі апарату, кДж/год

$$Q'_1 = G \cdot c(t'_k - t'_n) \quad (6.3)$$

де c – питома теплоємність сула ($c = 4,02$ кДж/(кг·К));

t'_k – кінцева температура нагрівання продукту, °С. (При залишковому тиску 0,0533 МПа вона рівна 82,37°С. Оскільки температурна депресія становить 0,6 °С, приймаємо кінцеву температуру продукту, що дорівнює 83 °С.

$$Q'_1 = 4\,000 \cdot 4,02 \cdot (83 - 70) = 209\,040 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Витрата теплоти на випаровування вологи в апараті, кДж/год

$$Q'_2 = W_1 \cdot r \quad (6.4)$$

где r – питома теплота пароутворення. (При залишковому тиску 0,0533 МПа вона складає 2305 кДж/кг.

$$Q'_2 = 1\,760 \cdot 2\,305 = 4\,056\,800 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Витрата теплоти на компенсацію втрат теплоти в корпусі апарату приймаємо рівним 1 % від суми перших двох статей витрат теплоти, кДж/год

$$Q'_3 = 0,01 (Q'_1 + Q'_2); \quad (6.5)$$

$$Q'_3 = 0,01 (209\,040 + 4\,056\,800) = 42\,658 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Загальна витрата теплоти в корпусі апарату, кДж/год

$$Q'_{\text{общ}} = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 \quad (6.6)$$

$$Q'_{\text{заг}} = 209\,040 + 4\,056\,800 + 42\,658 = 4\,308\,498 \frac{\text{кДж}}{\text{год}}$$

Розрахунок міцності

Для вінця черв'ячного колеса приймаємо безолов'яну бронзу БрА9ЖЛЗ, при швидкості ковзання $v=4\text{м/с}$ $[\sigma_H] = 161\text{ МПа}$, $[\sigma-1F] = 83\text{ МПа}$, для черв'яка - сталь 45 з твердістю $\text{HRC}>45$.

Розрахункова напруга, що допускається

$$[\sigma_H] = [\sigma_H] \cdot K_{H\alpha} = 161 \cdot 0.67 = 107.87\text{ МПа} \quad (6.7)$$

де $K_{H\alpha}=0,67$

Число витків черв'яка $Z_1=2$, передатне відношення $u=20$

Число зубів черв'ячного колеса

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 2 \cdot 20 = 40 \quad (6.8)$$

Приймаємо попередньо коефіцієнт діаметра черв'яка $q=10$ та коефіцієнт завантаження $K=1,2$

Визначаємо міжосьову відстань з умови контактної міцності

Міжосьова відстань черв'ячної передачі:

$$a_x = ((Z_2 / q) + 1) \times \sqrt{((170 \times Z_2 \times [\sigma_H]) / q)^2 \times T_2 \times K} \quad (6.9)$$

$$Z_2 = 40$$

$$q = 10$$

$$[\sigma_H] = 107,67\text{ МПа}$$

$$T_2 = 160300$$

$$K = 1,2$$

$$a_x = ((40 / 10) + 1) \times \sqrt{((170 \times 40 \times 107,67) / 10)^2 \times 160300 \times 1,2} \approx 155,1\text{ мм}$$

Модуль

$$m = \frac{2a_w}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 155.1}{40 + 10} = 6.2$$

Приймаємо за ГОСТ 2144-76 стандартні значення $m=6,3$, $q=10$, а також $Z_2=40$ та $Z_1=2$

Перераховуємо міжосьову відстань за стандартними значеннями:

$$a_w = \frac{m(z_2 + q)}{2} = \frac{6.3(40 + 10)}{2} = 157.5 \text{ мм}$$

Основні розміри черв'яка:

ділительний діаметр черв'яка

$$d_1 = qm = 10 * 6.3 = 63 \text{ мм} \quad (6.10)$$

діаметр обертання витків черв'яка

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 63 + 2 * 6.3 = 75.6 \text{ мм} \quad (6.11)$$

діаметр западин витків черв'яка

$$d_{f1} = d_1 - 2.4m = 63 - 2.4 * 6.3 = 47.88 \text{ мм} \quad (6.12)$$

довжина нарізної частини шліфованого черв'яка

$$b_1 \geq (11 + 0.06Z_2)m + 35 = (11 + 0.06 * 40)6.3 + 35 = 119.4 \text{ мм} \quad (6.13)$$

Основні розміри вінця черв'ячного колеса

ділительний діаметр черв'ячного колеса

$$d_2 = Z_2m = 40 * 6.3 = 252 \text{ мм} \quad (6.14)$$

діаметр вершин зубів черв'ячного колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 252 + 2 * 6.3 = 264.6 \text{ мм} \quad (6.15)$$

діаметр западин зубів черв'ячного колеса

$$d_{f2} = d_2 - 2.4m = 252 - 2.4 * 6.3 = 236.88 \text{ мм} \quad (6.16)$$

найбільший діаметр черв'ячного колеса

$$d_{am2} = d_{a2} + \frac{6m}{Z_1 + 2} = 264.6 + \frac{6 * 6.3}{2 + 2} = 274 \text{ мм} \quad (6.17)$$

ширина вінця черв'ячного колеса

$$b_2 = 0.75d_{a1} = 0.75 * 75.6 = 56.7 \text{ мм} \quad (6.18)$$

Колова швидкість черв'яка

$$v_1 = \frac{\pi d_1 n_1}{60} = \frac{3.14 * 63 * 10^{-3} * 1415}{60} = 4.66 \text{ м/с} \quad (6.19)$$

Швидкість ковзання

$$v_s = \frac{v_1}{\cos \gamma} = \frac{4.66}{\cos 11^{\circ}19'} = 4.75 \text{ м/с} \quad (6.20)$$

Припущення, що швидкість ковзання буде 4 м/с виправдалася. Тому для черв'ячного колеса було обрано безолов'яну бронзу.

Уточнення ККД редуктора

$$\eta = (0.95..096) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\gamma + \rho)} \quad (6.21)$$

де ρ – наведений кут тертя, який визначається дослідним шляхом.

$$\eta = (0.95..096) \frac{\operatorname{tg} 11^{\circ}19'}{\operatorname{tg}(11^{\circ}19' + 1^{\circ}25')} = 0.84$$

Вибираємо 7-му ступінь точності передачі та знаходимо значення коефіцієнта динамічності $K_v = 1,1$

Коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{t_2}{\theta} \right)^3 (1 - x) \quad (6.22)$$

де θ – коефіцієнт деформації черв'яка, визначається в залежності від $q=10$, $Z_1=2$, $\theta=86$;

x – допоміжний коефіцієнт, при незначних коливаннях $x = 0,6$

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{40}{86} \right)^3 (1 - 0.6) = 1.04$$

Коефіцієнт навантаження $K = K_\beta K_v = 1,04 * 1,1 = 1,14$

Перевіряємо контактну напругу

Контактна напруга зубів черв'ячної передачі:

$$\sigma_h = 170 / Z_2 \times \sqrt{((T_2 \times K \times ((Z_2 / q) + 1)^3) / a^{w3})} \quad (6.23)$$

де:

$$Z_2 = 40$$

$$q = 10$$

$$T_2 = 160300$$

$$K = 1,14$$

$$a^w = 157,5 \text{ мм}$$

$$\sigma_h = 170 / 40 \times \sqrt{((160300 \times 1,14 \times ((40 / 10) + 1)^3) / 157,5^3)} \approx 4,25 \times 2,417 \approx 102,7 \text{ МПа}$$

Порівняння:

$$\sigma_h = 102,7 \text{ МПа} < [\sigma_h] = 107,87 \text{ МПа} \rightarrow \text{умова виконується.}$$

Перевіряємо міцність зубів черв'ячного колеса на вигин

Еквівалентна кількість зубів

$$Z_v = \frac{Z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{40}{\cos^3 11^{\circ}19'} \quad (6.24)$$

коефіцієнт форми зуба $Y_F = 2.25$

Напруга вигину

$$\sigma_F = \frac{1.2\tau_2 KY_F}{Z_2 b_2 m^2} = \frac{1.2 * 160 * 10^3 * 1.14 * 2.25}{40 * 56.7 * 6.3^2} = 5.47 \text{ МПа} \quad (6.25)$$

Розрахункова напруга, що допускається

$$[\sigma_{-1F}] = [\sigma_{-1F}]^! K_{FL} = 83 * 0.543 = 45 \text{ МПа} \quad (6.26)$$

де $K_{FL} = 0,543$ – коефіцієнт довговічності

$$\sigma_F < [\sigma_{-1F}]$$

Таким чином $5.47 < 45$ – міцність забезпечена.

Попередній розрахунок валів

Діаметр вихідного кінця провідного валу з розрахунку на кручення при $[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$

$$d_{\text{в1}} = \sqrt[3]{\frac{16T_{K1}}{\pi[\tau_K]}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 9.175 * 10^3}{3.14 * 20}} = 13.5 \text{ мм} \quad (6.27)$$

Так як для нашого електродвигуна $d_{\text{об}}^{\text{min}} = 19$ мм, тоді діаметр валу зі стандартного ряду $d_{\text{в1}} = 19$ мм. Прийmemo під підшипником $d_{\text{н1}} = 30$ мм.

Діаметр вхідного кінця веденого валу

$$d_{\text{в1}} = \sqrt[3]{\frac{16T_2}{\pi[\tau_K]}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 160.3 * 10^3}{3.14 * 20}} = 34.4 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр валу $d_{e2}=36$ мм. Діаметр валу під підшипникам $d_{n2}=40$ мм під зубчастим колесом $d_{K2}=45$ мм.

Розрахунок опор апарату

Опори служать для встановлення апаратів на фундаменти та несучі конструкції. Тільки прості резервуари не мають опор та встановлюються безпосередньо на фундамент. Розміри та форма опор залежать в основному від величини та характеру навантажень, від матеріалу, з якого зроблено апарат, маси апарату, а також від розташування апарату у просторі.

Опори вертикальних апаратів зазвичай зварюються зі шматків листової сталі. Така конструкція найпоширеніша. Для того щоб розподілити реактивне зусилля на велику площу стінки судини і уникнути її змінання, між опорою і стінкою великих або тонкостінних апаратів поміщають (приварюють) металеву прокладку.

Кількість опор на вертикальних апаратах беруть від двох до чотирьох, кількість ребер, що вварюються в кожен опору, залежить від навантаження, що припадає на опору.

Поверхня опор, що спираються на цегляні або бетонні фундаменти, повинна бути достатньою для того, щоб у фундаменті не виникла напруга вище допустимих (2 МПа – для бетону, и 0,7–0,8 МПа – для цегляних кладок), тобто повинна дотримуватися умова:

$$F \geq G_{\max} / [\sigma_{\delta}], \quad (6.28)$$

де σ_{\max} – максимальна вага апарата під час випробування, коли апарат та вся його апаратура заповнена водою, Н;

$[\sigma_{\phi}]$ – допустиме напруження для фундаменту, Па

Відношення катетів ребра опори має бути приблизно 1:2.

При числі опор n нагрузка, навантаження, що припадає на одну опору,

$$G = G_{\max} / n, \quad (6.29)$$

Товщина ребра опори визначається за формулою:

$$\delta = 2,24 \times G_{\max} / (k \times m \times [\sigma_{\text{ж}}] \times A) \quad (6.30)$$

де:

δ — товщина ребра, м

G_{\max} — максимальне навантаження на одну опору, Н

k — коефіцієнт, що враховує гнучкість ребра

m — кількість ребер в одній опорі

$[\sigma_{\text{ж}}]$ — допустиме напруження при стисканні, Па

A — винос опори, м. Величиною коефіцієнта доводиться задаватися в межах 0,2–1. Радіус інерції ребра $r = 0,2896$.

Гнучкість ребра з його гіпотенузі знаходиться за виразом:

$$\lambda = l/r = l/0,2896\delta, \quad (6.31)$$

де δ – товщина ребра, м.

За значенням λ , визначають коефіцієнт k , який повинен дорівнювати прийнятому або перевищувати його. У разі потреби після зміни прийнятих величин розрахунок зробити ще раз.

Перевірка флангових зварних швів на зріз:

$$G / (0,7 \times h \times L) \leq [\sigma_{\text{ш}}] \quad (6.32)$$

де:

G — навантаження на опору, Н

h — розмір катета зварного шва, м

L — загальна довжина зварних швів, м

$[\sigma_{\text{ш}}]$ — допустиме напруження для зварного шва, Па

де h – розмір катета зварного шва, м;

L – загальна довжина швів, м;

$[\sigma_{\text{ш}}]$ – напруга матеріалу шва (80 МПа), що допускається.

Зробимо розрахунок опор для апарату.

Найбільша маса вертикального апарату (при гідравлічному випробуванні) становить 3000 кг. Апарат виконаний із сталі X18H10T. Робоча температура в апараті вбирається у 130 °С.

Розрахунок та конструювання опори апарата

(для встановлення на цегляний фундамент)

Приймаємо допустиме напруження для фундаменту:

$$\sigma_{\phi} = 0,7 \times 10^6 \text{ Па}$$

Перевірка площі опори

$$F \geq G_{\max} / [\sigma_{\phi}]$$

$$G_{\max} = 3000 \times 9,81 = 29430 \text{ Н}$$

$$F \geq 29430 / (0,7 \times 10^6) = 0,042 \text{ м}^2$$

Кількість опор

Приймаємо $n = 4$.

Тоді навантаження на одну опору:

$$G = 29430 / 4 = 7357,5 \text{ Н}$$

Матеріал

Матеріал опор: сталь 12X18H10T

Допустиме напруження на розтяг $\sigma = 125 \text{ МПа}$

Площа однієї опори

Опора складається з двох ребер ($m = 2$)

Площа однієї опори: $S = 112 \text{ см}^2 = 0,0112 \text{ м}^2$

Геометричні параметри

Приймаємо відношення $a : c = 0,8$

$$a = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$$

$$c = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$$

Виліт опори: $A = 220 \text{ мм} = 0,22 \text{ м}$

Товщина ребра

Приймаємо $\kappa = 0,3$

Допустиме напруження при стисканні $[\sigma_{\text{ж}}] = 125 \times 10^6 \text{ Па}$

Формула:

$$\delta = 2,24 \times G / (\kappa \times m \times [\sigma_{ж}] \times A)$$

Підставляємо:

$$\delta = 2,24 \times 7357,5 / (0,3 \times 2 \times 125 \times 10^6 \times 0,22)$$

$$\delta \approx 0,0009 \text{ м} = 0,9 \text{ мм}$$

7. Гнучкість ребра

$$\lambda = 1 / r$$

$$r = 0,2898$$

$$l = 0,44$$

$$\lambda = 0,44 / 0,2898 \approx 1,687$$

8. Повторний розрахунок для прийнятого коефіцієнта жорсткості $k = 0,2$

$$\delta = 2,24 \times 7357,5 / (0,2 \times 2 \times 125 \times 10^6 \times 0,22)$$

$$\delta = 0,0014 \text{ м} = 1,4 \text{ мм}$$

$$\lambda = 0,25 / (0,289 \times 1,4 \times 10^{-3}) = 618$$

Приймаємо товщину ребра $\delta = 5 \text{ мм}$

Перевірка флангових швів на зріз

Формула:

$$G / (0,7 \times h \times L) \leq [\sigma_{ш}]$$

$$7357,5 / (0,7 \times 0,004 \times 0,44) = 5,9 \times 10^6 \leq 80 \times 10^6 \text{ Па}$$

Умова виконується.

7. Розрахунок технології виготовлення опорного патрубку

У процесі виготовлення заторно-суловарильного апарата особливу увагу слід приділяти правильному вибору технології виготовлення його основних конструктивних елементів. Виробничий процес включає декілька стадій: аналіз конструкції, вибір заготівлі, встановлення технологічних баз, вибір методів обробки, визначення допусків і шорсткості поверхонь, а також розробку маршруту механічної обробки. Такий підхід забезпечує досягнення необхідної точності, надійності й довговічності обладнання.

Однією з ключових деталей, що підлягає технологічному аналізу, є опорний патрубок (рис. 7.1), який виконує функцію з'єднувального елемента та є несучою частиною конструкції, що сприймає навантаження від основного корпусу апарата та передає його на опору. Деталь має відповідати високим вимогам щодо геометричної точності, міцності та корозійної стійкості.

Обґрунтування вибору деталі

Опорний патрубок є критично важливим елементом у конструкції заторно-суловарильного апарата. Його основне призначення — забезпечення герметичного та міцного з'єднання корпусу апарата з опорною рамою або трубопроводами. В процесі експлуатації патрубок піддається впливу підвищених температур, механічного навантаження та впливу технологічного середовища. У зв'язку з цим деталь повинна мати високу точність виготовлення, надійність конструкції та бути виготовленою з відповідного матеріалу, що забезпечує корозійну стійкість.

Загальна характеристика деталі

Деталь має форму відносно простої обточеної втулки з буртом і внутрішнім уступом. Зовнішній діаметр — 182 мм, загальна довжина — 400 мм. Конструкція передбачає наявність фасок з обох боків під кутом 45° , що полегшує монтаж і з'єднання. Опорний бурт шириною 40 мм є монтажною поверхнею для кріплення до корпусу апарата. Центральна частина деталі є наскрізним отвором, що забезпечує вільний прохід сусла або пари. З огляду на розміри та форму, патрубок класифікується як циліндрична деталь обертання.

Матеріал заготовки

З огляду на експлуатаційні умови (висока температура, вологість, контакт із продуктами бродіння), матеріалом для виготовлення опорного патрубку обрано нержавіючу сталь марки 12Х18Н10Т, яка широко використовується в харчовому машинобудуванні. Ця сталь має високу корозійну стійкість, добрі механічні властивості та стійкість до термічних навантажень. Заготівля буде виготовлена у вигляді циліндричного прутка або кованої заготовки з припуском на обробку.

Вибір технологічної бази

Для забезпечення точності обробки при виконанні токарних операцій технологічною базою слугує зовнішня циліндрична поверхня заготовки. В якості установчих баз використовуються торцева поверхня та зовнішній діаметр бурта. Таке базування дозволяє точно виконати внутрішню обробку отвору, забезпечити співвісність усіх поверхонь та зменшити похибки при подальшому складанні.

Вимоги до точності

До деталі висуваються наступні вимоги:

Допуски на діаметри — не менше 0,05 мм;

Допуски на співвісність і торцеве биття — до 0,1 мм;

Шорсткість поверхонь:

для ущільнювальних посадкових місць — не більше Ra 1,6 мкм;

для монтажних поверхонь — до Ra 3,2 мкм;

Фаски виконуються під кутом 45° з точністю до $\pm 2^\circ$;

Контроль геометричних параметрів проводиться на кожному етапі виготовлення.

Усі зазначені вимоги покликані забезпечити не лише працездатність патрубків як окремої деталі, а й його точне стикування в загальній збірці апарата без потреби в додатковій обробці при монтажі.

Вибір методу одержання заготовки

Для раціональної побудови технологічного процесу виготовлення опорного патрубка необхідно правильно визначити оптимальний спосіб отримання заготовки. При цьому слід враховувати геометричні параметри деталі, вимоги до точності, обсяг виробництва та механічні властивості матеріалу.

Під час проєктування технологічного маршруту береться до уваги такий принцип: першочерговій обробці підлягають ті поверхні, які будуть використовуватись як базові при подальшій обробці точніших елементів. Наступним кроком є зняття припусків з поверхонь, що мають найбільшу товщину оброблюваного шару, після чого виконуються чистові операції, які найменше впливають на структуру матеріалу та його твердість.

Для виготовлення опорного патрубка доцільно застосувати заготовку у вигляді суцільного сталевого прокату круглого перерізу — гарячекатаного або кованого прутка діаметром 182 мм. Такий вибір пояснюється простою геометрією деталі, а також відносно невеликим обсягом обробки в серійному виробництві. Кування забезпечує рівномірну щільність матеріалу по перерізу, що важливо для елементів, які сприймають навантаження та працюють при підвищених температурах.

Матеріал — нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, яку добре обробляти різанням і яка має відмінну корозійну стійкість. За наявності точного гарячекатаного прокату необхідного діаметра, можливо використати його як альтернативу куванню, що дозволить знизити витрати на виготовлення заготовки, скоротити цикл механічної обробки і зменшити кількість технологічних відходів.

При обраному способі одержання заготовки важливо також забезпечити припуск на обробку, який повинен враховувати можливі допуски на діаметр, овальність, кривизну осі та термічну деформацію. Припуск призначається згідно з ДСТУ або заводськими нормативами залежно від типу заготовки.

Таким чином, вибір методів одержання заготовки обґрунтований не лише конструктивними особливостями деталі, а й вимогами до її точності, міцності та довговічності при експлуатації в складі заторно-сусловарильного апарата. Це створює умови для ефективного і якісного виконання подальших етапів механічної обробки.

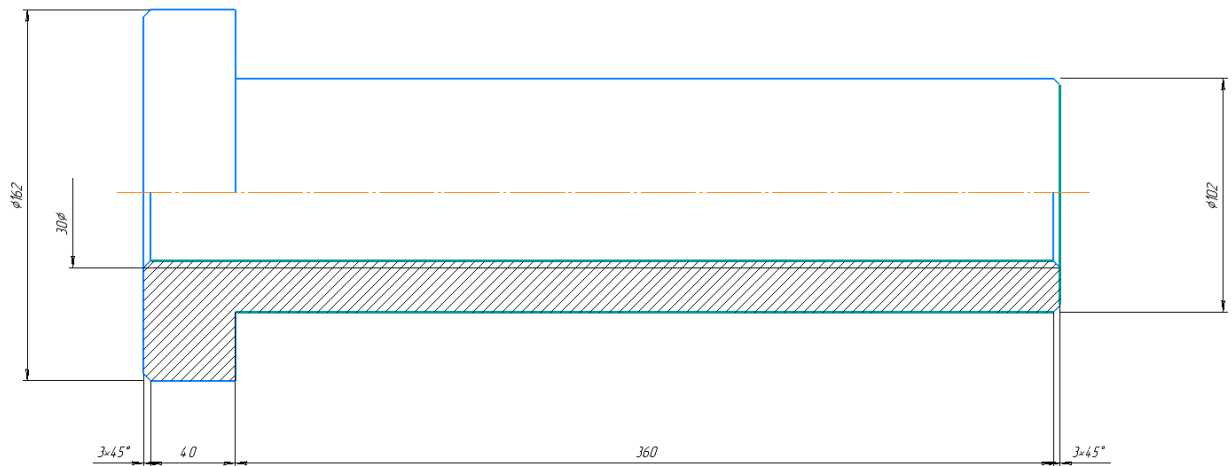


Рис. 7.1. Опорний патрубок

Опис обладнання для виготовлення деталі

Для виготовлення опорного патрубку потрібне типове металообробне обладнання, яке є на більшості машинобудівних підприємств:

Стрічкова або відрізна пила – використовується для відрізання заготовки потрібної довжини з круглого прокату.

Токарний верстат – основне обладнання для обробки деталі. На ньому виконуються операції обточування зовнішньої поверхні, обробка торців, свердління отвору, зняття фасок тощо.

Свердлильний верстат – застосовується для дообробки або розточування отворів, якщо це передбачено конструкцією.

Контрольно-вимірювальні інструменти – штангенциркуль, мікрометр, нутромір – для перевірки розмірів після кожної технологічної операції.

Допоміжне оснащення – це різні пристрої для закріплення деталі на верстаті, різці для точіння, свердла та інший ріжучий інструмент.

В залежності від обсягів виробництва, можуть застосовуватись як універсальні токарні верстати, так і більш точне обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПУ), яке дозволяє автоматизувати обробку і підвищити її якість.

Вибір технологічного обладнання

Для виготовлення опорного патрубку обирається серійне металообробне обладнання, яке забезпечує необхідну точність, чистоту обробки та продуктивність. Підбір верстатів здійснюється відповідно до характеру кожної операції, виду обробки, габаритів деталі та вимог до точності.

1. Відрізний верстат

Застосовується для відрізання заготовки з прокату діаметром 85 мм.

Обладнання: відрізний верстат з лещатами.

Забезпечує грубе формування заготовки потрібної довжини ($l = 205$ мм).

2. Фрезерно-центрувальний верстат

Необхідний для обробки торців, центрування отворів та підготовки до токарної обробки.

Операції: торцювання, центрування, розмітка.

Інструменти: центрувальні свердла Ø6, Ø8, Ø10 мм, торцеві різці, розміточні інструменти.

Верстат забезпечує точне позиціонування заготовки для подальших операцій.

3. Токарно-гвинторізний верстат

Є основним для механічної обробки деталі.

Операції: чорнове та чистове точіння циліндричних поверхонь Ø51 мм, зняття фасок 45°.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат типу У33, оснащений трьохкулачковим патроном, упорами та різцетримачем.

Інструмент: прохідні різці типу Т15К6 з кутами $\gamma = 8^\circ$, $\phi = 45^\circ$, викружні різці.

4. Свердлильний верстат

Використовується для свердління отвору під різьбу М30.

Обладнання: свердлильний верстат типу 2А125 або аналогічний.

Інструмент: свердло Ø26.5 мм, що забезпечує підготовку під нарізання різьби.

Усі обрані верстати належать до групи стандартного загальноживаного устаткування та широко застосовуються в машинобудівному виробництві. Їх характеристик достатньо для забезпечення стабільної якості обробки та ефективності технологічного процесу при виготовленні опорного патрубку.

Технологічний маршрут виготовлення опорного патрубку

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
10 10.1	Заготівельна Установити, закріпити і зняти заготовку Відрізати заготовку з прокату $\varnothing 85$, $l=205$	Верстат відрізний Лещата
20 20.1 20.2 20.3 20.4 20.5	Фрезерно-центрувальна УЗЗ Торцювати пов.1 Центрувати пов.2 Переставити заготовку Торцювати пов.3 на довжину $l=200$ Центрувати пов.4	Токарно-гвинторізний верстат 3-кулачковий патрон, упор Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$, ШЦ1 Центрувальне свердло $\varnothing 8,5$; Р6М5; ШЦ1 Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=45^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$, ШЦ1 Центрувальне свердло $\varnothing 6$; Р6М5; ШЦ1
30 30.1 30.2 30.3 30.4	Токарна УЗЗ Точити пов.5 на $l=180$ $\varnothing 51h10$ начорно Точити пов.5 на $l=180$ $\varnothing 51h10$ начисто Зняти фаску $1 \times 45^{\circ}$ пов.4 Зняти фаску $1 \times 45^{\circ}$ пов.6	Токарно-гвинторізний верстат Центра, 3-кулачковий патрон Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$ Різець прохідний упорний правий, Т15К6, $\varphi=90^{\circ}$, $\gamma=12^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$ Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=30^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$ Різець прохідний відігнутий правий, Т15К6, $\varphi=30^{\circ}$, $\gamma=10^{\circ}$, $\alpha=8^{\circ}$; $V_x H_x L=16 \times 25 \times 140$
40 40.1	Свердлильна УЗЗ <i>Свердлити отвір під М30 пов.7</i>	Токарно-гвинторізний верстат Свердлильний верстат 2А125, кондуктор. Свердло $\varnothing 26.50$

50	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 3-кулачковий патрон, нерухома опора
50.1	Розточування пов.7 на l=200 Ø30 начорно	Розточувальний різець для наскрізних отворів
50.2	Розточування пов.7 на l=200 Ø30 начисто	Розточувальний різець для наскрізних отворів
60	Токарна УЗЗ	Верстат 1К62 3-кулачковий, нерухома опора
60.1	Нарізати різьбу пов.7 М30	Різець різьбовий Т16К20, $\beta=60^0, \alpha=3^0, B \times H \times L=16 \times 25 \times 140$ мм, ШЦ1, різьбовий калібр

Розрахунок припусків

Мінімальний припуск на оброблення поверхні розраховується двосторонній –

$$2Z_{I_{\min}} = 2(Rz_{I-1} + D_{I-1} + \sqrt{Tnp_{I-1}^2 + E_{yi}^2})$$

Rz_{I-1}, D_{I-1}, Tnp - відповідно висота мікро-нерівностей, глибина дефектного шару і сумарне значення допуску просторових відхилень оброблюваної поверхні на попередньому ступені її оброблення;

E_{yi} - похибка установки заготовки на даному ступені оброблення.

Максимальний припуск на оброблення

$$2Zi_{\max} = 2Zi_{\min} + T_{I-1} - T_I$$

T_{I-1} - допуск розміру поверхні на попередньому ступені обробленні

T_I - допуск розміру поверхні на даному ступені оброблення

Номінальний припуск на оброблення поверхонь

$$2Zi_{ном} = \frac{2Zi_{\max} + 2Zi_{\min}}{2}$$

Максимальні припуски служать для визначення зусиль різання під час оброблення, номінальні – для визначення сумарного припуску на оброблення поверхні.

Для виготовлення даного виробу обираємо заготовку довжиною 205мм.

Розрахунок загального припуску заготовки ведемо за найточнішим розміром $d=85H8$.

Припуск на розточування чистове:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}^2})$$

Rz_1, D_1, Tnp_1 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка при чорновому розточуванні.

$$Rz_1 = 50 \text{ мкм}; D_1 = 50 \text{ мкм}$$

E_{y2} - похибка установлення при чистовому розточуванні.

При установленні деталі в патрон з центром $Tnp_1 = 100$ мкм.

$$\text{Тоді } 2Z_{2\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{100^2 + 0^2}) = 400 \text{ мкм}, 2Z_{2\max} = 2Z_{2\min} + T_1 - T_2$$

T_1 - допуск при чорновому розточуванні, $T_1 = IT12 = 210$ мкм

T_2 - допуск при напівчистовому розточуванні, $T_2 = IT10 = 165$ мкм

$$2Z_{2\max} = 400 + 210 - 165 = 445 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\text{ів}} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{445 + 400}{2} = 422,5 \text{ мкм}$$

Припуск на розточування чорнове:

$$2Z_{1\min} = 2(Rz_0 + D_0 + \sqrt{Tnp_0^2 + E_{y1}^2})$$

Rz_0, D_0, Tnp_0 - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару і сумарна просторова похибка відлитої заготовки.

Для заготовок (1.табл. 6) $Rz_0 = 160$ мкм; $D_0 = 200$ мкм, $Tnp_0 = 0,8$ мм (1.табл. 7);

E_{y1} - похибка установлення при чорновому розточуванні.

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

$$2Z_{1\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{800^2 + 100^2}) = 2332 \text{ мкм}$$

Загальний припуск

$$2Z_{\text{н\ddot{o}i}} = \sum_1^3 2Zi_{\text{и}} = 356 + 422,5 + 2332 = 3111 \text{ мкм}$$

Приймаємо $2Z_{\text{сум}} = 3 \text{ мм}$.

Розрахунок технологічних операцій

20 Токарна

Перехід 20.1. Торцювати пов. 1 $\varnothing 85$; припуск $z=1,5 \text{ мм}$.

1. Вибираємо глибину різання. Припуск на обробку точимо за один прохід (в даному випадку це можливо, тому що припуск незначний). Глибина різання $t = z = 1,5 \text{ мм}$.

2. За нормативними таблицями призначаємо подачу в залежності від діаметра заготовки, прийнятої глибини різання, розмірів тіла різця, характеристик оброблюваного матеріалу.

При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром до 400мм з глибиною різання до 3мм та перетином тіла різця 16×25мм подача повинна бути в інтервалі $S=0,8 \dots 1,3 \text{ мм/об}$ (табл. 1, додаток А). За паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 (табл. 6, додаток А) приймаємо подачу $S_v=0,8 \text{ мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою: $V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}}$;

де T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60 - 90хв для різців зі швидкоріжучої сталі і 90 – 120хв для різців із твердосплавною ріжучою пластинкою);

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання (табл. 4, додаток А).

$$V = \frac{175}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 0,8^{0,35}} = 63,22 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 63,22}{\pi \cdot 85} = 236 \text{ об/хв.}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм;

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо ближче менше значення $n_B=200$ об/хв

6. За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi \cdot 85 \cdot 200}{1000} = 53,38 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_o = \frac{D_{\text{заг}}}{2} = \frac{85}{2} = 42,5 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 42,5 + 2 + 1,5 + 2 = 48 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{01} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{48}{200 \cdot 1} = 0,24$ хв.

30 Токарна

Перехід 30.1. Точити пов. 5 начорно $\varnothing 51$; $l = 180$ мм.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 1,5$ мм. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 1,25$ мм. На чистову обробку залишається $t = 0,25$ мм з умови, що 10 квалітет точності відповідає шорсткості $Ra = 2,5$ і рекомендована глибина різання на чистову обробку $t = 0,1 \dots 0,4$ мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 1, додаток А). Приймаємо $S_B = 1$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною

формулою:
$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} 1,25^{0,15} 1^{0,35}} = 55,68 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 55,68}{\pi \cdot 51} = 348 \text{ об/хв.}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, м;

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення: $n_b=315$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_b визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_b}{1000} = \frac{\pi \cdot 51 \cdot 315}{1000} = 50,44 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_d = 180$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання прохідного упорного різця у заготовку;

$L_3 = 0$ мм – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 180 + 2 + 1,5 = 183,5 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{02} = \frac{L_p}{n_b S_e} = \frac{183,5}{315 \cdot 1} = 0,58 \text{ хв}$$

Перехід 30.2. Точити пов. 5 начисто $\varnothing 51$; $l = 180$ мм.

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,25$ мм.

2. Вибираємо подачу (табл. 3, додаток А) при чистовому точінні із шорсткістю $Ra=2,5$ що відповідає 10 квалітету точності та радіусу при вершині різця $r=0,8$ мм. Вона повинна бути в інтервалі подач $S=0,18 \div 0,22$ мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо $S_b=0,2$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною

$$\text{формулою: } V = \frac{C_v}{T^{0,3} t^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{120^{0,3} 0,25^{0,1} 0,2^{0,25}} = 89,87 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 89,87}{\pi \cdot 51} = 561 \text{ об/хв.}$$

де $D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки, мм;

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення $n_B=500$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_B}{1000} = \frac{\pi \cdot 51 \cdot 500}{1000} = 80,07 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_d = 180$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – відстань врізання у заготовку різця;

$L_3 = 0$ мм – відстань перебігу різця для повної обробки поверхні.

$$L_p = 180 + 2 + 1,5 = 183,5 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{03} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{183,5}{80,07 \cdot 0,2} = 11,45 \text{ хв.}$$

Перехід 30.3 Зняти фаску $1 \times 45^\circ$. пов. 4

Приймаємо глибину різання 1.5 мм.

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

Визначаємо швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{371}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} = 196,2 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 196,2}{3,14 \cdot 51} = 1225 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B=1000$ об/хв.

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 51 \cdot 1000}{1000} = 160,14 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{\text{АА0}} + l_1 + l_2 + l_3 = 2 + 1,5 + 1 = 4,5 \text{ мм}$$

$l_{\text{ДЕТ}}$ - довжина деталі

l_1 - підвід інструменту $l_1 = 2 \text{ мм}$

l_2 - врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{4,5}{1000 \cdot 0,5} = 0,009 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{\text{А}} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,05 + 0,12 + 0,7 = 0,87 \text{ хв.}$$

40 Свердлильна

Перехід 40.1. Свердлити отвір під М30.

1. Глибина різання при свердленні дорівнює половині діаметра оброблюваного отвору: $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{26,5}{2} = 13,25 \text{ мм.}$

2. За нормативними даними вибираємо подачу в залежності від діаметра отвору та міцнісних характеристик заготовки матеріалу. При свердленні сталевих деталей з $\sigma_B \leq 800 \text{ МПа}$ подача вибирається з інтервалу $S=0,16..0,2 \text{ мм/об}$ (табл. 1, додаток В). За паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2А125 (табл. 3, додаток В) приймаємо подачу $S_B=0,18 \text{ мм/об.}$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання, яка залежить від діаметра свердла та його матеріалу, інтервалу подач та характеристик оброблюваного матеріалу (табл. 8, додатка В), за емпіричною формулою:

$$V_c = \frac{5 \cdot d_{ce}^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.7}} = \frac{5 \cdot 26,5^{0.4}}{30^{0.2} \cdot 0,18^{0.7}} = 31,2 \text{ м/хв};$$

де $T = 30 \text{ хв}$ – середнє значення періоду стійкості свердла (табл. 6, додатку В).

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_d = \frac{1000 \cdot V_{\bar{n}}}{\pi \cdot d_{\bar{n}d}} = \frac{1000 \cdot 21,2}{\pi \cdot 10,1} = 668 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p коригуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_B = 500 \text{ об/хв.}$

6. За прийнятим значенням n_B визначається фактична швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_B}{1000} = \frac{\pi \cdot 26,5 \cdot 500}{1000} = 41,605 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 200 + 2 + 5 = 207 \text{ мм};$$

де $L_d = 200 \text{ мм}$ – глибина свердлення;

$L_1 = 2 \dots 3 \text{ мм}$ – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу свердла: $L_2 + L_3 = 5 \text{ мм}$, (табл. 5, додаток В);

8. Основний час на свердлення отвору:

$$t_{01} = \frac{L_3}{S_g \cdot n_g} = \frac{207}{0,18 \cdot 500} = 2,3 \text{ хв.}$$

50 Токарна

Перехід 50.1. Розточити отвір начорно під $\varnothing 30$; $l = 200 \text{ мм}$.

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = 1,5 \text{ мм}$. Для чорнової обробки поверхні приймаємо глибину різання $t = 1,15 \text{ мм}$. На чистову обробку залишається $t = 0,35 \text{ мм}$ з умови, що 8 квалітет точності відповідає шорсткості $Ra = 2,5$ і рекомендована глибина різання на чистову обробку $t = 0,1 \dots 0,4 \text{ мм}$.

2. Вибираємо подачу (табл. 2, додаток А). Приймаємо $S_B=0,5\text{мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною

$$\text{формулою: } V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{150}{120^{0,2} 1,15^{0,15} 0,5^{0,35}} = 71,86\text{м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 71,86}{\pi \cdot 30} = 763\text{об/хв.}$$

де $D_{заг}$ – діаметр заготовки, м;

5. Із ряду обертів шпинделя верстата (табл. 5, додаток А) вибираємо найближче менше значення: $n_B=630\text{об/хв}$.

6. За прийнятним значенням n_B визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_{заг} \cdot n_B}{1000} = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 630}{1000} = 33,912\text{м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_d = 200\text{мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2\text{мм}$ – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \text{ ctg } \varphi = 1,5 \text{ ctg } 45^\circ = 1,5\text{мм}$ – величина врізання різця у заготовку;

$L_3 = 0\text{мм}$ – величина перебігу різця для завершення обробки поверхні;

$$L_p = 200 + 2 + 1,5 = 203,5\text{мм}$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{от} = \frac{L_p}{n_B S_B} = \frac{203,5}{630 \cdot 0,5} = 0,65\text{ хв.}$

60 Токарна

Перехід 60.1. Нарізати різьбу М12-7Н.

1. Глибина різання: $t=1,5$ (крок різьби М12 – 1,5 мм).

2. Подача $S_B=1,5\text{мм/об}$.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною

формулою:

$$V_c = \frac{5 \cdot d_i^{0.4}}{T^{0.2} \cdot S^{0.7}} = \frac{5 \cdot 12^{0.4}}{100^{0.2} \cdot 1,5^{0.7}} = 4,05 \text{ м/хв};$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_\delta = \frac{1000 \cdot V_{\bar{n}}}{\pi \cdot d_i} = \frac{1000 \cdot 4,05}{\pi \cdot 12} = 107,48 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункову кількість обертів n_p коригуємо з паспортними даними прийнятого верстата і приймаємо ближче менше значення – $n_b=90$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_b визначається фактична швидкість різання:

$$V_{\bar{a}} = \frac{\pi \cdot d_i \cdot n_{\bar{a}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot 90}{1000} = 3,39 \text{ м/хв.}$$

7. Розрахункова довжина обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3 = 34 + 2 + 5 = 41 \text{ мм};$$

де $L_d = 34$ мм – глибина нарізання;

$L_1 = 2 \dots 3$ мм – відстань підводу інструменту до деталі з робочою подачою;

L_2, L_3 – величина врізання і перебігу: $L_2 + L_3 = 5$ мм, (табл. 5, додаток В);

8. Основний час на нарізання отвору:

$$t_{02} = \frac{L_\xi}{S_{\bar{a}} \cdot n_{\bar{a}}} = \frac{41}{1,5 \cdot 90} = 0,3 \text{ хв.}$$

$$T_o = \sum_1^i t_{oi} = 0,45 + 0,3 = 0,75 \text{ хв.}$$

8. Правила монтажу, експлуатації та ремонту обладнання

Монтаж і налагодження

Монтаж заторно-сусловарильного апарата здійснюється поетапно, після завершення основних будівельних робіт на об'єкті. У першу чергу, до місця встановлення доставляють великогабаритні частини конструкції, зокрема корпус та кришку котла. Їх монтаж виконується безпосередньо за допомогою автокранів відразу після спорудження стін цеху. Інші складові — пропеллерна мішалка, привод, теплоізоляційні елементи, патрубки, арматура та елементи обв'язки — транспортуються у зібраному вигляді або комплектуються вже на місці.

Перед початком монтажних робіт здійснюють перевірку комплектації. Усі елементи конструкції розпаковують неподалік від майданчика встановлення, при цьому важливо дотримуватись правил протипожежної безпеки. Для транспортування тари та вантажів зі складу до зони монтажу використовують навантажувачі або крани. Під час підйому елементів корпусу необхідно правильно використовувати стропи, орієнтуючись на спеціально передбачені точки підйому згідно з технічною документацією.

Після розпакування проводять зовнішній огляд елементів на предмет механічних пошкоджень. Далі виконується попереднє складання вузлів відповідно до затвердженого проекту організації робіт. Поверхня майданчика повинна бути вирівняна, адже від цього залежить точність подальшої установки.

Після підготовчих робіт розмічають положення майбутнього розташування апарата, встановлюють корпус у проектне положення. Вертикальне та горизонтальне вирівнювання виконується з точністю не більше $\pm 0,3$ мм на метр довжини. Потім конструкцію закріплюють анкерними або фундаментними болтами. Електричну частину під'єднують згідно з монтажними схемами, після чого короткочасно вмикають приводи для перевірки правильності обертання електродвигунів.

Наступним етапом є підключення подачі пари та води. Після монтажу трубопроводів перевіряють герметичність усіх стиків. Якщо паропровід не має протікань, його теплоізольовують. Поверхні, які контактують із продуктом, очищають від консерваційного покриття, миють гарячим розчином лугу або мила, а потім споліскують чистою водою й протирають насухо.

Перед першим запуском здійснюють холостий пуск. Паралельно налагоджувальна група у співпраці з працівниками підприємства перевіряє працездатність усіх елементів обладнання, у тому числі автоматичних систем контролю та керування. Регулюють терморегулятори, сигналізатори температури та реле тиску в парових і водяних магістралях. Усі механізми, які мають обертові вузли, змащуються згідно з картою змащення. Також вручну прокручують приводний шків або муфту для перевірки вільного ходу робочих органів.

Після завершення первинного налагодження апарат запускають під навантаження та спостерігають за його роботою протягом кількох змін. У цей час коригують продуктивність апарата відповідно до швидкості роботи виробничої лінії. Якщо виявляються неузгодженості або недоліки, вони усуваються до введення обладнання в експлуатацію.

Після стабільної роботи котла в режимі проектної продуктивності проводять підсумкові випробування всіх агрегатів і оформлюють відповідні акти. Якщо випробування підтверджують відповідність заданим технічним параметрам, апарат передається підприємству для промислової експлуатації.

Лише після досягнення повного виходу продукції, відповідної сортовим і якісним вимогам, а також набуття персоналом необхідних практичних навичок, можна вважати цикл монтажу й налагодження завершеним. На завершальному етапі складається загальний акт приймання споруди до експлуатації з фіксацією виходу на проектну потужність.

Експлуатація обладнання

Під час нормального виробничого процесу заторно-сусловарильний апарат не потребує постійного втручання оператора. Його обслуговування зводиться до періодичного контролю за роботою та виконанням санітарної обробки, що покладається на оператора IV розряду. Технічне обслуговування та перевірка контрольно-виміральної апаратури здійснюються слюсарем відповідної кваліфікації.

Перед кожним пуском необхідно оглянути апарат, переконатися у справності всіх вузлів і відсутності перешкод, які можуть завадити його запуску або подальшій роботі. Особливу увагу приділяють справності арматури, відсутності витоків та правильному положенню запірних пристроїв.

Під час роботи необхідно стежити за показаннями вимірвальних приладів і світловою/звуковою сигналізацією. Якщо апарат зупинився внаслідок спрацювання будь-якої системи безпеки, слід виявити джерело збою, усунути причину несправності та поновити роботу в штатному режимі.

Для запуску апарата слід спочатку активувати автоматичний вимикач на панелі управління. Після цього вручну відкривають подачу пари та води до відповідних магістралей і натискають кнопку «Пуск». Коли апарат досягне робочої температури (про що свідчитиме сигнал), вмикають подачу пари та води в режимі технологічного процесу.

У разі виникнення сторонніх звуків, ударів або коливань апарат негайно зупиняють. Подальша експлуатація дозволяється лише після повного з'ясування причин несправності та їх усунення.

По завершенню робочої зміни або варки необхідно виконати повне зупинення: закрити вентиль подачі пари, вимкнути насос і привід мішалки, перекрити подачу води, а також деактивувати автоматичний вимикач на щиті управління.

Після проведення дослідного запуску під навантаженням і виготовлення продукції, що відповідає встановленим стандартам за якістю та сортом, проводиться додаткове регулювання. На цьому етапі також усуваються всі виявлені недоліки або вузькі місця в роботі агрегатів. Це дає змогу поступово довести систему до проєктної продуктивності.

Коли обладнання стабільно працює в заданих технологічних режимах, а обслуговуючий персонал повністю опановує навички управління, окремі агрегати та вся лінія випробовуються на максимально можливій продуктивності. За результатами випробувань складаються офіційні акти, після чого обладнання передається в повноцінну промислову експлуатацію.

Технічне обслуговування та ремонт

Підтримання заторно-сусловарильного апарата у справному стані передбачає системний підхід до організації технічного обслуговування та ремонту. Така система об'єднує комплекс нормативної документації, методичних засобів та виконавців, відповідальних за збереження функціональності обладнання, а також за його своєчасне відновлення в разі порушення працездатності.

До основних завдань цієї системи належить розроблення плану проведення технічного обслуговування та ремонтних операцій, контроль за їх виконанням, визначення рівня складності ремонту й формування ремонтного циклу, що враховує умови експлуатації та технічні характеристики обладнання. Крім того, система охоплює встановлення нормативів витрат праці, тривалості ремонтів, обсягів необхідних матеріалів, а також організацію запасу деталей і вузлів на складах підприємства.

У процесі роботи апарата застосовуються сучасні методи обслуговування та механізованого ремонту. Використання прогресивних технологій відновлення зношених деталей дозволяє знизити простої обладнання й подовжити його експлуатаційний ресурс.

Система передбачає три основні типи ремонту: поточний, середній та капітальний. Поточний ремонт спрямований на швидке відновлення працездатності обладнання шляхом заміни окремих елементів або усунення незначних несправностей. Він виконується як під час планових зупинок, так і у періоди регулярної експлуатації.

Середній ремонт передбачає часткове відновлення ресурсу обладнання, заміну обмеженого переліку вузлів та перевірку технічного стану ключових елементів. Його обсяг регламентується відповідною нормативно-технічною документацією.

Капітальний ремонт є найбільш об'ємним і трудомістким. Його мета — повне або майже повне відновлення ресурсу агрегату з можливою заміною базових вузлів. Такий ремонт проводиться з періодичністю, що відповідає накопиченим годинам роботи та технічному стану обладнання.

Справний стан заторно-сусловарильного апарата забезпечується регулярним технічним обслуговуванням та ремонтними роботами. У ході щоденного обслуговування перевіряють привідні механізми, стан захисних кожухів і заземлення, контролюють рівномірність подачі продукту, видаляють сторонні домішки, а також візуально оцінюють ефективність функціонування апарата.

У міжремонтний період виконують більш комплексні роботи: усунення дрібних несправностей приводів, натягування приводних ременів, заміну ущільнень редуктора, очищення від пилу та сторонніх частинок, рихтування ходових елементів, а також доливання мастила або повну його заміну в редукторі. Після цього оцінюють ефективність роботи апарата відповідно до виробничих параметрів.

Частота зупинок обладнання визначається тривалістю служби основних зношуваних елементів. Тривалість простою залежить від складності ремонтних дій, зокрема від найбільш трудомістких операцій.

Ремонтний цикл формується за схемою:

К–ТО–ТО–ТО–Т–ТО–ТО–ТО–С–ТО–ТО–ТО–Т–ТО–ТО–ТО–К,

що відповідає наступній послідовності: К–3ТО–Т–3ТО–С–3ТО–Т–3ТО–

К,

де:

ТО — технічне обслуговування (періодичність 500 годин);

Т — поточний ремонт (кожні 2500 годин);

С — середній ремонт (кожні 5000 годин);

К — капітальний ремонт (кожні 10 000 годин).

Розрахунок витрат часу на обслуговування і ремонт наведено згідно з нормативами:

Поточний ремонт триває 18 людино-годин, загальний обсяг робіт — 63 годин;

Середній ремонт — 43,2 людино-годин, або 189 годин загальних робіт;

Капітальний — 86,4 людино-годин, або 315 годин;

Кожне технічне обслуговування — 9 людино-годин.

Сумарні витрати на весь цикл ремонту становлять 1053 годин, що враховує повну трудомісткість обслуговування, поточних, середніх і капітальних ремонтів протягом усього терміну експлуатації обладнання в межах одного циклу.

Таким чином, запровадження чітко визначеної структури технічного обслуговування та ремонтів дає змогу своєчасно підтримувати функціональність апарата, знижуючи ризики простоїв і подовжуючи строк ефективної експлуатації обладнання без втрати технологічної надійності.

9. Система управління

Система управління заторно-сусловарильним апаратом

Для забезпечення стабільності технологічного процесу та високої якості готового продукту в заторно-сусловарильному апараті реалізована комплексна система автоматизованого управління. Вона охоплює контроль і регулювання основних параметрів: температури, тиску, рівня, витрати та мутності, а також дозволяє оператору оперативно впливати на перебіг процесу через автоматизоване робоче місце (АРМ).

Контроль температури та її регулювання

Ключовим параметром у роботі апарата є температура сусла, яка повинна підтримуватись на рівні $62\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для цього використовується термодатчик у поєднанні з ПІ-регулятором, який керує витратою теплового носія. Параметри температури виводяться на АРМ оператора для контролю та можливого ручного коригування. Забезпечується стабільність температурного режиму, що є критичним для ефективного затирання та варіння.

Регулювання рівня у різних ємностях

У системі передбачено автоматичне підтримання рівня води та сусла в межах $90\% \pm 2\%$ як у заторно-сусловарильному апараті, так і в баку промивної води. Для цього застосовуються датчики рівня та регулюючі клапани, які керуються логікою ПЛК. Інформація про рівень безперервно реєструється та виводиться на панель керування оператора.

Контроль тиску в тепловій системі

Для контролю тиску пари в нагрівальній рубашці встановлено манометри та електронні датчики, які фіксують значення $10 \text{ кПа} \pm 0.2 \text{ кПа}$. У разі відхилення від нормативу система сповіщає оператора, а при потребі – зупиняє нагрів для уникнення аварійної ситуації. Вся інформація зберігається в базі даних із функцією архівування.

Контроль витрати сусла

На трубопроводі відводу пивного сусла встановлений витратомір, що фіксує витрату в діапазоні $1000 \text{ л/год} \pm 50 \text{ л/год}$. Система автоматично регулює клапани відповідно до заданого значення, забезпечуючи рівномірність подачі сусла в наступні технологічні блоки. Оператор має змогу переглядати реальні значення витрати в режимі реального часу.

Контроль мутності сусла

Оптичний датчик контролює мутність сусла з допустимим відхиленням $11\% \pm 1\%$. Такий контроль дозволяє своєчасно виявити проблеми з фільтрацією, затримкою осаду або порушенням процесу осахарення. У разі виявлення відхилень система подає сигнал тривоги.

Інтеграція та управління

Всі сигнали з датчиків передаються до централізованої системи керування, яка функціонує на базі програмованого логічного контролера (ПЛК). Дані виводяться на автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора, де забезпечено графічне відображення процесів, функції ручного управління та архівація даних.

Таким чином, автоматизована система керування забезпечує безпечну, точну та ефективну роботу заторно-сусловарильного апарата, дозволяючи гнучко реагувати на зміни технологічного процесу та досягати високої якості пивного сусла.

Таблиця 9.1. Завдання на розробку системи управління

Керований параметр	Нормоване значення	Тип впливу	Засіб автоматизації	Інтерфейс керування
Температура (апарат)	62 °C ± 2 °C	Регулювання теплопостачання	Термодатчик, ПІ-регулятор	АРМ оператора (моніторинг, ручне втручання)
Рівень у заторно-сусловарильному апараті	90% ± 2%	Регулювання подачі води / сусла	Датчик рівня, виконавчі клапани	АРМ оператора (візуалізація, коригування)
Тиск у тепловій рубашці	10 кПа ± 0.2 кПа	Контроль стану нагрівального середовища	Манометр, датчик тиску	АРМ оператора (контроль, сигналізація)
Витрата сусла на виході	1000 л/год ± 50 л/год	Регулювання витратного клапана	Витратомір, регулюючий механізм	АРМ оператора (графіки, виведення, ручне керування)
Мутність сусла	11% ± 1%	Контроль прозорості	Оптичний датчик мутності	АРМ оператора (реєстрація, вивід повідомлень)
Рівень у баку промивної води	90% ± 2%	Контроль та стабілізація подачі води	Датчик рівня, регулюючий клапан	АРМ оператора (реєстрація, візуалізація)
Витрата через трубопровід відводу сусла	1000 л/год ± 50 л/год	Регулювання об'єму перекачування	Витратомір, регулятор витрати	АРМ оператора (виведення інформації, ручне коригування)

Опис схеми управління заторно-сусловарильного апарата

Функціональна схема автоматизації (ФСА) заторно-сусловарильного апарата відображає основні контури регулювання та контролю ключових технологічних параметрів, що забезпечують стабільність та ефективність процесу приготування пивного сусла. Вона включає вимірювання і регулювання температури, тиску, рівня, витрати та мутності в межах одного комбінованого апарата.

Контур регулювання температури

Температурний режим усередині апарата контролюється за допомогою платинового термометра опору типу Pt100. Отриманий аналоговий сигнал надходить до перетворювача Aplisens AT, який передає його на модуль аналогових входів МПК (мікропроцесорного контролера). У разі відхилення

реальної температури від заданої величини, модуль формує регулюючий сигнал 4–20 мА. Цей сигнал подається до електропневматичного перетворювача Siemens 771-16STF1, який формує пневмосигнал 20–100 кПа для пневматичного клапана Item 375, що регулює подачу пари до рубашки апарата.

Контур контролю тиску

Моніторинг тиску всередині заторно-сусловарильного апарата здійснюється за допомогою електронних датчиків тиску типу РС-28. Дані про тиск надходять до аналогового модуля контролера, де обробляються програмним забезпеченням. Отримана інформація використовується не лише для індикації, але і як допоміжний параметр при регулюванні температури та запобіганні перевантаженням обладнання.

Контур контролю і регулювання рівня

Рівень рідини в самому апараті, а також у допоміжному баку промивної води контролюється за допомогою безконтактних радарних рівнемірів LR2750. Сигнали з рівнемірів надходять на аналогові входи МПК, де відбувається їх обробка. У разі потреби, керуючий сигнал 4–20 мА передається на електропневмоприводи Siemens, які керують відповідними пневмоклапанами для регулювання подачі сусла, води або промивних розчинів у технологічну ємність.

Контур регулювання витрати

Швидкість потоку сусла при його відводі з апарата вимірюється витратоміром SMAG 103. Сигнал із приладу надходить до контролера, де порівнюється із заданими значеннями. Якщо є розбіжність, формується регулюючий сигнал на виконавчий механізм – Siemens 771-16STF1. Після перетворення електричного сигналу у пневматичний, останній подається на клапан Item 375, який керує витратою пивного сусла з апарата.

Контур контролю мутності

Для визначення ступеня прозорості сусла використовується оптичний датчик мутності ITM-4. Отримані з нього дані надходять на аналоговий модуль контролера і обробляються для подальшого аналізу, сигналізації або автоматичного коригування процесу. Це дозволяє своєчасно виявити порушення в процесі фільтрації або осахарення.

Управління виконавчими механізмами

Мішалка апарата (двигун M4) керується через частотний перетворювач ABB ACS310, що забезпечує змінну швидкість обертання в залежності від технологічної фази. Інші допоміжні двигуни (M1, M2, M3) вмикаються за допомогою магнітних пускачів, забезпечуючи простоту та надійність керування.

Таблиця 9.2. Специфікація засобів автоматизації

№	№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	16, 2б	Вторинний перетворювач температури. Вихідний сигнал: 4...20 мА. Діапазон вимірювання: -50...180 °С. Клас точності: 0,25.	Aplisens AT	С	3	Aplisens, Польща
2	1а,2а	ПВП вимірювання температури. Термометр опору Pt100. Робочий діапазон: -200 ... 260 °С.	Pt100	С	3	ТзОВ «Тера», Україна, м. Чернігів
3	3а,4а	Датчик тиску, для вимірювання низького, вакуумметричного тиску, абсолютного тиску газу, пари та рідин. Вих. сигнал: 4 ... 20 мА. Межа допустимої похибки: ±0,05%.	PM-28	Па	2	Aplisens, Польща
4	1в,2в,5в, 6в,6г,6д, 7в,7г,7д, 8в	Електро-пневматичний перетворювач. Вих. сиг.: 4-20 мА. Вих. сиг. стисн. пов.: 20-100 кПа. Тиск живлення: 140 кПа.	Siemens -771-16STF1	С	2	Siemens, Німеччина
5	5г,6е,6ж, 6з,7е,7ж, 7з,8г	Пневматичний клапан. Вих. сиг.: 0-100% ХРО. Умовний прохід: 160 мм. Тиск умовний: 2 ... 5 МПа.	Item 375	С	2	Omal, Італія

№	№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
6	76,66,56	Радарний рівнемір LR2750 для вимірювання рівнів сипучих речовин і вмісту в ємностях. Діапазон: до 30 м. Температура: -40 ... +250 °С. Тиск: -1 ... +100 бар.	LR2750	%м	3	IFM, Німеччина
7	86	Електромагнітний витратомір SMAG 103 SM для вимірювання об'ємної витрати електропровідних рідин. Похибка: ±0,5%.	AG M3gr 1	л/год	1	SE д: Швеція
8	10a	Перетворювач частоти. Вхід: (0-10В, 0-20мА, 4-20мА). Живлення: 180...264 В АС. Частота: 0...240 Гц. Робоча температура: 0..55 °С.	ABB ACS310	Шт.	1	ABB, Швеція
9	96	Датчик мутності ITM-4. Діапазон вимірювання: 0 до 5000 NTU. Без скла. Температура: до 140 °С. Тиск: до 16 бар.	ITM-4	Шт.	1	Anderson-Negele, США
10	KM1, KM2, KM3	Магнітний пускач 3-х і 4-х контактний SCM/5 G. Напруга керування: 24 до 415В змінного струму і від 24 до 110 В постійного струму.	SCM/5 G	Шт.	3	SIGMA, Туреччина

Система автоматизації заторно-сусловарильного апарата, таким чином, базується на поєднанні сучасних датчиків, пневматичних регуляторів та програмованого логічного контролера, що дозволяє повністю або частково автоматизувати процес приготування пивного сусла, знизити ймовірність помилок персоналу та забезпечити стабільну якість кінцевого продукту.

10. Охорона праці

Аналіз стану охорони праці на пивоварному підприємстві

Організація системи охорони праці на пивоварному виробництві покладається на керівника підприємства. Саме він несе персональну відповідальність за створення безпечних умов праці, захист життя і здоров'я персоналу, а також за мінімізацію виробничих ризиків. Для реалізації цієї функції призначається спеціаліст, який відповідає за організацію та контроль усіх процесів у сфері охорони праці.

Спеціаліст з охорони праці координує свою діяльність з профспілковим комітетом, державними органами нагляду, а також з технічним інспектором. Його робота організовується відповідно до річного та квартального планів, затверджених керівництвом. Одним із головних напрямів є розроблення та супровід планів заходів щодо покращення умов праці, а також організація санітарно-профілактичних програм, що входять до складу соціального плану розвитку підприємства.

Активна участь відповідального спеціаліста в обговоренні угоди з охорони праці на рівні трудового колективу сприяє залученню працівників до формування безпечного робочого середовища. Працівники мають змогу вносити пропозиції щодо поліпшення умов праці безпосередньо на своєму робочому місці або в межах цеху.

Координація та контроль за діяльністю всіх виробничих і технічних служб у питаннях охорони праці належить також до функціоналу відповідального спеціаліста. Згідно з чинними нормативами, під час прийому працівників або проходження студентської практики на підприємстві проводиться вступний інструктаж. Його організовує спеціаліст з охорони праці, реєструючи проведення в спеціальному журналі.

Після прийому на роботу з працівником обов'язково проводиться первинний інструктаж на конкретному робочому місці. Надалі, не рідше одного разу на пів року, проводиться повторний інструктаж для закріплення знань та оновлення інформації щодо безпечних методів виконання робіт.

Кожного року підприємство складає офіційний звіт за формою 7-ТВН, у якому відображаються показники тимчасової непрацездатності працівників, кількість виробничих травм, наслідки нещасних випадків, витрати на заходи з охорони праці та профілактики.

Керівники структурних підрозділів несуть персональну відповідальність за стан безпеки на своїх виробничих ділянках. Вони повинні своєчасно забезпечувати працівників спецодягом, індивідуальними засобами захисту, справним інструментом, організовувати належні побутові умови, а також дотримання санітарно-гігієнічних норм і правил пожежної та електробезпеки.

У випадку травмування або надзвичайної ситуації спеціаліст з охорони праці бере участь у розслідуванні, веде облік випадків, аналізує їх причини та звітує за результатами у відповідності до чинного законодавства. Важливу роль у системі профілактики займають плани запобіжних заходів, які також курує відповідальний фахівець.

Для підвищення рівня професійної безпеки на підприємстві функціонує кабінет охорони праці. Його діяльність базується на вимогах типового положення та спрямована на організацію системного навчання з безпечного ведення робіт. Спеціаліст, який очолює цей кабінет, відповідає за проведення вступних інструктажів, контроль якості поточних інструктажів, перевірку знань серед персоналу, а також перевірку дотримання вимог до виконання робіт підвищеної небезпеки.

Окрім практичної частини, кабінет охорони праці виконує і просвітницьку функцію. Тут проводяться тематичні лекції, перегляди навчальних відеофільмів, семінари, бесіди, консультації. Працівники отримують доступ до методичних рекомендацій, інструкцій, довідкових

матеріалів. Створено можливості для самостійного вивчення матеріалів та контролю знань. У тому числі використовується програмоване навчання за допомогою комп'ютеризованих засобів.

Таким чином, система управління охороною праці на підприємстві реалізується через чітко структуровану і взаємопов'язану організацію роботи, яка охоплює як адміністративні, так і освітньо-профілактичні аспекти. Це дозволяє зменшити рівень травматизму, покращити умови праці та зберегти працездатність персоналу.

*Розробка заходів безпеки під час експлуатації, монтажу та ремонту
технічних засобів заторно-сусловарильного апарата*

У процесі експлуатації та обслуговування заторно-сусловарильного апарата працівники можуть наражатися на низку небезпечних або шкідливих факторів, які можуть негативно вплинути на їхнє здоров'я. Для запобігання аварійним ситуаціям та нещасним випадкам необхідно враховувати особливості конструкції апарата та застосовувати відповідні технічні й організаційні заходи безпеки.

До основних потенційних ризиків під час роботи з апаратом належать:

Рухомі частини обладнання — електродвигун, муфти, черв'ячний редуктор, мішалка та насос для перекачування сусла. При випадковому контакті ці елементи можуть спричинити травмування. Для усунення небезпеки їх необхідно закривати справними захисними кожухами.

Надмірно нагріті поверхні — зовнішні елементи корпусу, арматури та трубопроводів можуть мати підвищену температуру, що становить ризик опіків при випадковому дотику. Усі ці частини повинні мати надійну термоізоляцію.

Підвищений рівень шуму та вібрації — утворюється під час роботи мішалки та приводів. Зниження цього фактору досягається точним центруванням приводу під час монтажу, а також регулярною перевіркою та підтягуванням з'єднань.

Електричне ураження — можливе в разі пошкодження електропроводки або відсутності належного заземлення. Небезпека зростає при порушенні ізоляції проводів, особливо поблизу пускових кнопок та приводу.

Щоб мінімізувати дію цих чинників, персонал, який обслуговує обладнання, повинен бути належним чином екіпірований. Працівники мають використовувати захисні фартухи з водонепроникного матеріалу, гумові чоботи та термостійкі рукавиці. Під час зливу гарячого сусли додатково застосовуються захисні окуляри.

На підприємствах, де експлуатуються такі апарати, повинні бути передбачені світлові та звукові сигнали, які забезпечують оперативний зв'язок між оператором заторного апарата й іншими виробничими відділеннями. Освітлення в робочій зоні має бути рівномірним і відповідати нормам не менш як 200 лк, що гарантує безпечні умови праці та знижує ризик травматизму.

Для обмеження теплового випромінювання корпус апарата та трубопроводи покривають теплоізоляцією. Вона не лише знижує температуру на поверхні до допустимих значень (не вище 45 °С), а й забезпечує комфортні мікрокліматичні умови у виробничому приміщенні. Матеріали для теплоізоляції повинні мати низьку теплопровідність, стійкість до високих температур і задовольняти вимоги санітарних норм. Доцільно використовувати мінераловатні матеріали або інші сертифіковані теплоізолятори.

Під час монтажу заторно-сусловарильного апарата особливу увагу приділяють правильному встановленню приводу, центруванню осей обертання та фіксації вузлів. Це необхідно не лише для забезпечення безпеки, а й для зменшення навантаження на рухомі механізми й продовження ресурсу обладнання.

Усі монтажні й ремонтні роботи повинні виконуватися лише кваліфікованим персоналом з обов'язковим дотриманням вимог чинного

законодавства у сфері охорони праці, електробезпеки та промислової санітарії. Перед початком робіт проводиться інструктаж, а після закінчення — обов'язкова перевірка справності всіх систем.

Таким чином, дотримання комплексу технічних і організаційних заходів безпеки дозволяє суттєво знизити ризики, пов'язані з роботою заторно-сусловарильного апарата, а також забезпечити стабільне й безпечне функціонування виробничого процесу.

Загальні вимоги з охорони праці

До самостійного виконання робіт на заторно-сусловарильному апараті допускаються особи не молодші 18 років, які успішно пройшли обов'язковий медичний огляд та визнані придатними до виконання професійних обов'язків за станом здоров'я. Перед початком роботи працівник повинен пройти спеціалізоване навчання, отримати необхідну кваліфікацію, ознайомитися з конструкцією обладнання та принципами його експлуатації, а також мати посвідчення про присвоєння I групи з електробезпеки.

Перед допуском до виконання робіт новоприйнятий працівник проходить вступний інструктаж, а також первинний або повторний інструктаж безпосередньо на робочому місці. Після цього обов'язковою є стажування під наглядом досвідченого фахівця, за результатами якого приймається рішення про допуск до самостійної роботи.

Категорично заборонено перебування працівників на робочому місці у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також у стані, викликаному вживанням психотропних або токсичних речовин. Вживання алкогольних напоїв, наркотиків або куріння в невстановлених місцях під час виконання виробничих завдань є грубим порушенням трудової дисципліни та правил охорони праці.

Усі особи, які працюють із заторно-сусловарильним апаратом, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту згідно з вимогами типових

галузевих норм. Надання таких засобів здійснюється за рахунок підприємства, відповідно до встановлених нормативів, з урахуванням умов праці та характеру виконуваних операцій.

Таким чином, дотримання загальних вимог з охорони праці є необхідною умовою безпечної експлуатації обладнання та збереження здоров'я персоналу на пивоварному виробництві.

Вимоги з охорони праці перед початком роботи

Робота з заторно-сусловарильним апаратом передбачає підвищені вимоги до безпеки, тому дотримання певних правил до запуску обладнання є обов'язковим. Працівник зобов'язаний приступати до роботи лише у спеціальному одязі та захисному взутті. Відсутність належного екіпірування унеможлиблює доступ до робочого місця.

Перед початком зміни працівник повинен провести ретельний огляд заторно-сусловарильного апарата. Насамперед слід перевірити справність запірної арматури на підвідних та відвідних трубопроводах. Вона повинна бути герметичною та не допускати витоку пари чи інших середовищ. Виявлення навіть незначного просочування є підставою для негайного усунення несправності.

Механізм перемішування сусла повинен функціонувати в установленому режимі, з обертанням мішалки проти годинникової стрілки. Порушення напряму обертання може призвести до неправильного перебігу технологічного процесу або до пошкодження механізму.

Окрему увагу слід приділяти технічному стану запобіжного клапана. Він має перебувати в справному стані й регулярно перевірятися. Для цього принаймні один раз за зміну необхідно здійснювати примусове відкривання клапана, контролюючи плавність руху важеля. Якщо важіль не повертається на своє місце або спостерігається підтікання, клапан необхідно зняти, розібрати та провести його діагностику. При виявленні дефектів

ущільнювальних поверхонь вони усуваються шляхом притирки або механічної обробки.

Використання манометрів та мановакуумметрів допускається лише за умови їхньої технічної справності. Забороняється експлуатація приладів у разі відсутності пломби або клейма, якщо завершився термін повірки, якщо стрілка не повертається на нульову позначку після вимкнення, або коли скло корпусу пошкоджене чи деформоване. Усі ці чинники можуть впливати на точність показань і створювати загрозу для безпеки процесу.

Таким чином, перед початком кожної робочої зміни працівник повинен переконатися в повній готовності апарата до безпечної експлуатації, перевіrivши як механічні, так і контрольно-вимірювальні вузли. Систематичне дотримання цих заходів дозволяє мінімізувати ризики аварійних ситуацій і забезпечити безперебійну роботу пивоварного обладнання.

Вимоги з охорони праці під час виконання робіт

У період експлуатації заторно-сусловарильного апарата персонал має суворо дотримуватись вимог безпеки, щоб уникнути аварійних ситуацій і зберегти власне здоров'я. Усі маніпуляції з люками та кришками повинні виконуватись з дотриманням встановленого порядку.

Під час відкривання чи закриття завантажувальної або розвантажувальної горловини допускається використовувати важіль-подовжувач, довжина якого не повинна перевищувати 500 мм. Це дозволяє утримувати безпечну відстань від потенційно небезпечної зони.

Для забезпечення безпеки в конструкції апарата передбачено створення невеликого проміжку між кришкою та горловиною при її частковому відкриванні. Це дає можливість виявити залишковий тиск або наявність гарячої пари — їхній вихід у невеликих кількостях є попереджувальним сигналом для оператора про небезпеку повного відкриття. У таких випадках слід негайно припинити подальші дії.

Особливу увагу необхідно звертати на фіксацію розвантажувального люка. Цепочка, яка запобігає передчасному відкриванню, має залишатися закріпленою на спеціальному штифті. Крім того, гвинт-стопор повинен бути надійно загвинчений у кронштейн важеля. При закритті кришки потрібно впевнитися, що упорний гвинт увійшов у паз скоби, інакше герметизація буде неповною, що може призвести до витоку пари або сусла.

Категорично заборонено проводити підтягування притискних гвинтів завантажувальної горловини або елементів люка при наявному тиску в апараті. Будь-які ремонтні дії допускаються лише після повної зупинки обладнання та повного розгерметизування системи.

Заміна ущільнень, перевірка надійності кріплення мішалки, огляд стану кришок і вимірювання товщини стінок корпусу повинні виконуватись у встановлені регламентом строки. Ігнорування цих вимог створює ризики для персоналу та працездатності обладнання.

Особливої уваги потребує стан електричного заземлення. Експлуатація апарата за наявності пошкоджень у системі заземлення заборонена. Якщо виявлено обрив або іншу несправність, необхідно відключити всі споживачі струму та невідкладно усунути пошкодження.

Під час ремонтних робіт заборонено залишати апарат підключеним до електромережі. На всіх роз'єднувачах обов'язково повинні бути розміщені попереджувальні таблички із зазначенням заборони на вмикання живлення. У разі зовнішніх ремонтних операцій, де можливий контакт з обертовими частинами, на пускових кнопках встановлюються яскраві попереджувальні знаки «Не вмикати — працюють люди». Окрім цього, з електроланцюгів мають бути обов'язково вилучені плавкі вставки запобіжників. Цю процедуру здійснює електрик, відповідальний за електробезпеку.

Таким чином, неухильне дотримання правил охорони праці під час роботи на заторно-сусловарильному апараті є обов'язковою умовою безпечної

експлуатації. Це дозволяє не лише уникнути надзвичайних ситуацій, а й гарантує безперервність технологічного процесу.

Вимоги з охорони праці після завершення роботи

Після завершення робочої зміни обов'язково проводяться дії, спрямовані на безпечну зупинку заторно-сусловарильного апарата. Насамперед працівник повинен перекрити вентиль подачі пари до парової оболонки апарата, щоб припинити нагрівання. Після цього за показниками манометра перевіряють, чи немає залишкового тиску в системі.

Також необхідно впевнитися, що в робочій камері обладнання відсутній залишок сусли або будь-яка сировина, а всередині не утворився вакуум. Лише після цих перевірок допускається проведення мийки або технічного обслуговування. Виконання зазначених заходів забезпечує безпечні умови як для самого оператора, так і для персоналу, який виконує прибирання чи ремонт.

Вимоги з охорони праці в аварійних ситуаціях

У разі виникнення надзвичайної ситуації чи загрози аварії працівник зобов'язаний негайно припинити всі роботи, відключити електропостачання та знеструмити устаткування. У випадках пожежі або загоряння необхідно терміново зателефонувати до пожежно-рятувальної служби за номером 101, вказавши точну адресу підприємства, характер загоряння та повідомити про це керівника об'єкта.

Після повідомлення про пожежу працівник має організувати евакуацію персоналу з небезпечної зони та негайно приступити до гасіння вогню за допомогою наявних первинних засобів пожежогасіння. При прибутті пожежної команди слід надати рятувальникам усю необхідну інформацію про місце займання, обставини виникнення події та заходи, вжиті до їх прибуття.

На час гасіння пожежі працівник також несе відповідальність за збереження матеріальних цінностей і має забезпечити охорону майна від можливих крадіжок.

Якщо на виробництві стався нещасний випадок, слід якнайшвидше надати потерпілому першу довіддомедичну допомогу. Необхідно усунути травмуючий фактор — знеструмити обладнання, зупинити механізм або ізолювати джерело небезпеки. У випадку тяжкої травми потрібно звернутися до медичного закладу, а також негайно повідомити безпосереднього керівника. Робоче місце при цьому не змінюють, якщо його стан не становить загрози іншим працівникам або безпеці об'єкта.

У разі короткого замикання в електромережі слід негайно обесточити всю електролінію та сповістити про інцидент відповідального майстра або начальника цеху. Лише після усунення причини замикання електропостачання може бути відновлено.

Таким чином, своєчасна реакція працівника, чітке дотримання інструкцій і знання послідовності дій у небезпечних ситуаціях є ключовими умовами для забезпечення безпеки персоналу і збереження обладнання.

Забезпечення пожежної безпеки в пивоварному цеху

Приміщення пивоварного виробництва відповідно до норм класифікується як виробництво категорії Д за вибухопожежною небезпекою. За правилами улаштування електроустановок ці приміщення належать до класу В–Іа, що передбачає певні технічні та організаційні обмеження щодо протипожежної безпеки.

У разі проведення робіт в діючих цехах, які за характером процесів можна віднести до категорій А або Б (підвищеної пожежо- та вибухонебезпеки), дозволяється використовувати лише спеціалізований інструмент, оснащення та взуття, що унеможливають виникнення іскор. Використання відкритого вогню суворо заборонене. Забороняється залишати в цеху обтиральні матеріали, просочені маслом чи легкозаймистими речовинами. Усі подібні відходи необхідно збирати в спеціальні металеві ємності з кришками та регулярно вивозити за межі виробничої зони.

Серед основних засобів пожежогасіння, що мають бути присутні у пивоварному цеху, використовують вуглекислотні вогнегасники (типів ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), які ефективно застосовуються для ліквідації локальних займань на початковій стадії. Їхня дія є безпечною для електрообладнання та не залишає слідів після використання. Робочий температурний діапазон таких вогнегасників становить від -20 до $+50$ °С, але оптимально їх застосовувати за температури близько $+25$ °С.

Також у виробничих приміщеннях повинні бути встановлені внутрішні пожежні крани, що комплектуються пожежними рукавами, ручними стволами, металевими ломами, баграми, сокирами та ящиками з піском. Ці засоби слугують для локалізації більших займань або підтримки пожежогасіння до прибуття рятувальних служб.

Кожен працівник, що задіяний у виробничому процесі, повинен бути ознайомлений із протипожежними інструкціями та порядком дій у разі надзвичайної ситуації. Згідно з технологічним регламентом та планом ліквідації аварій, персонал має чітко знати, які дії необхідно виконувати при загрозі пожежі. Особливо важливо, щоб працівники вміли користуватись первинними засобами пожежогасіння, знали їхнє розташування у цеху, місця встановлення пожежних сповіщувачів, телефонів та екстрені номери виклику пожежної служби.

Дотримання пожежного режиму на робочому місці є обов'язковою умовою безпечної експлуатації технологічного обладнання. Це стосується як звичайних змін, так і періодів технічного обслуговування або проведення ремонтних робіт. Забезпечення пожежної безпеки — це не лише відповідальність керівництва, а й свідоме ставлення кожного працівника до правил, які зберігають життя та майно.

11. Охорона довкілля

Сучасне пивоварне виробництво, попри його харчову спрямованість, має низку екологічних ризиків, що потребують постійного контролю та впровадження природоохоронних заходів. Основні негативні впливи пов'язані з високим споживанням водних ресурсів, формуванням органічних стічних вод, генерацією твердих залишків, значним енергоспоживанням і викидами в атмосферу. Враховуючи це, охорона навколишнього природного середовища є невіддільною складовою діяльності будь-якого підприємства пивоварної галузі.

Водокористування та водовідведення

Пиво на понад 90% складається з води, тому водні ресурси є критично важливою складовою не лише для приготування напою, але й для миття обладнання, охолодження, дезінфекції та інших допоміжних технологічних процесів. На практиці виробництво одного літра пива може потребувати до 8–10 літрів води. Такий обсяг водоспоживання призводить до утворення значної кількості стічних вод, які містять органічні залишки солоду, хмелю, дріжджів, а також миючі засоби.

Ці стічні води, без належного очищення, можуть суттєво забруднювати водойми, спричиняючи кисневе виснаження, евтрофікацію та загибель водної флори і фауни. Тому обов'язковою вимогою є впровадження локальних або централізованих систем біологічного очищення з використанням активного мулу, мембранних технологій або комбінованих способів попередньої та глибокої очистки.

Поводження з твердими залишками

У процесі виробництва утворюються значні обсяги твердих органічних відходів — це передусім дробина (залишки зерна після затирання), осад дріжджів, а також пакувальні матеріали, фільтраційні залишки та інші побічні продукти. Частину цих відходів, зокрема дробину, можна ефективно використовувати як корм для худоби або як сировину для компостування.

Втім, для забезпечення санітарної безпеки всі відходи повинні проходити сортування і, за необхідності, додаткову термічну чи хімічну обробку. На підприємстві доцільно впроваджувати систему замкненого циклу переробки вторинних ресурсів, що дозволяє зменшити навантаження на сміттєзвалища та зменшити витрати на утилізацію.

Енергетичні витрати та атмосферні викиди

Процес пивоваріння, особливо під час затирання та варіння сусла, потребує значної кількості енергії — теплової та електричної. Викиди, пов'язані з роботою парогенераторів, насосів, мішалок та іншого допоміжного обладнання, містять оксиди азоту, вуглецю, леткі органічні сполуки. Для зниження цього впливу підприємство повинно здійснювати регулярний екологічний моніторинг, впроваджувати системи рекуперації тепла, переходити на менш шкідливі джерела енергії (зокрема електроенергію з ВДЕ) та модернізувати системи спалювання палива.

Варто також впроваджувати частково або повністю автоматизовані енергоменеджмент-системи, які забезпечують контроль споживання енергоносіїв та мінімізацію втрат при підігріві, варінні й охолодженні.

Комплексні екологічні заходи

Для досягнення реального зниження впливу на довкілля, підприємству слід впроваджувати цілісну систему екологічного управління, що включає:

оптимізацію споживання ресурсів на кожному етапі технологічного процесу;

модернізацію заторно-сусловарильного обладнання для зменшення тепловтрат і енергоспоживання;

застосування багатоступневих систем очищення стічних вод;

впровадження регламентів екологічного моніторингу в зоні впливу виробництва;

навчання персоналу екологічним стандартам і культури виробництва;

сертифікацію виробництва відповідно до міжнародних екологічних стандартів, наприклад ISO 14001.

Висновок

Захист навколишнього середовища в умовах пивоварного виробництва є не лише вимогою законодавства, але й важливим елементом корпоративної відповідальності. Раціональне використання природних ресурсів, зменшення техногенного навантаження та екологічна модернізація технологій дозволяють не лише зберегти довкілля, але й підвищити ефективність виробництва, зміцнити репутацію підприємства та забезпечити сталий розвиток галузі.

Висновки

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано стан існуючих заторно-сусловарильних апаратів та виявлено один із ключових недоліків, що обмежував їх ефективність — відсутність автоматизованої системи миття внутрішніх поверхонь. Цей чинник негативно впливав на продуктивність, санітарно-гігієнічний стан обладнання та створював додаткове навантаження на обслуговуючий персонал.

Запропоноване технічне рішення — встановлення кільцевого мийного пристрою з конічними отворами в верхній частині апарата — дозволяє забезпечити рівномірне розбризкування мийного розчину під тиском по всій внутрішній поверхні апарата. Така конструкція дала змогу автоматизувати процес санітарної обробки, знизити трудомісткість експлуатаційних процедур і скоротити тривалість міжварильних інтервалів. Розрахунки підтвердили технічну доцільність запропонованої конструкції та її здатність працювати в умовах підвищених температур і тиску.

У кваліфікаційній роботі також виконано підбір відповідних конструкційних матеріалів, проведено аналіз технологічності виготовлення окремих вузлів і деталей, розроблено рекомендації щодо умов монтажу, експлуатації та технічного обслуговування модернізованого апарата. Крім того, обґрунтовано доцільність впровадження системи автоматизованого контролю та управління технологічними параметрами.

Економічний аналіз засвідчив, що впровадження модернізованого обладнання забезпечує зниження експлуатаційних витрат, підвищення надійності технологічного процесу та поліпшення якості кінцевого продукту. Запропоновані заходи мають також позитивний екологічний ефект завдяки зменшенню використання води та мийних засобів.

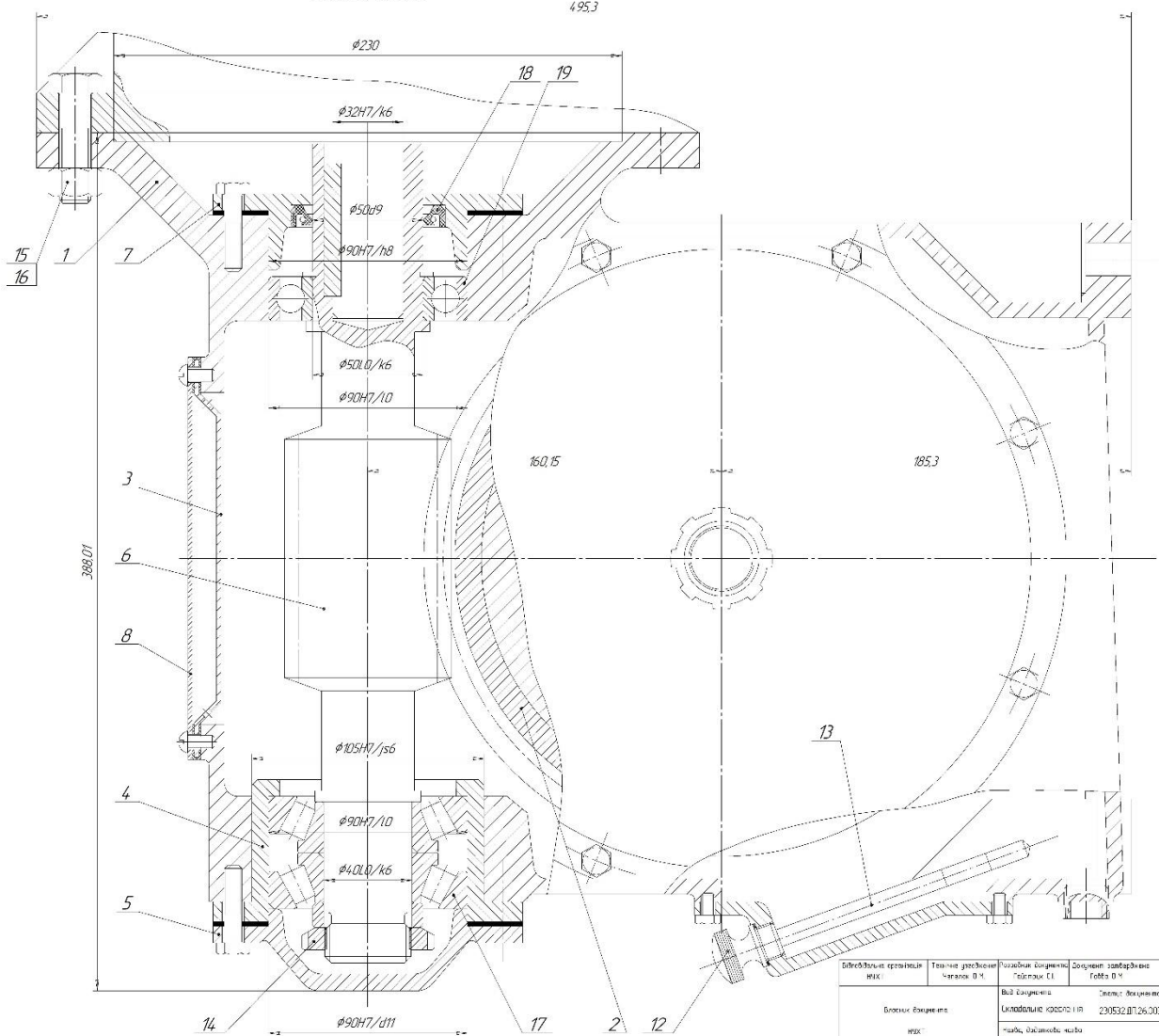
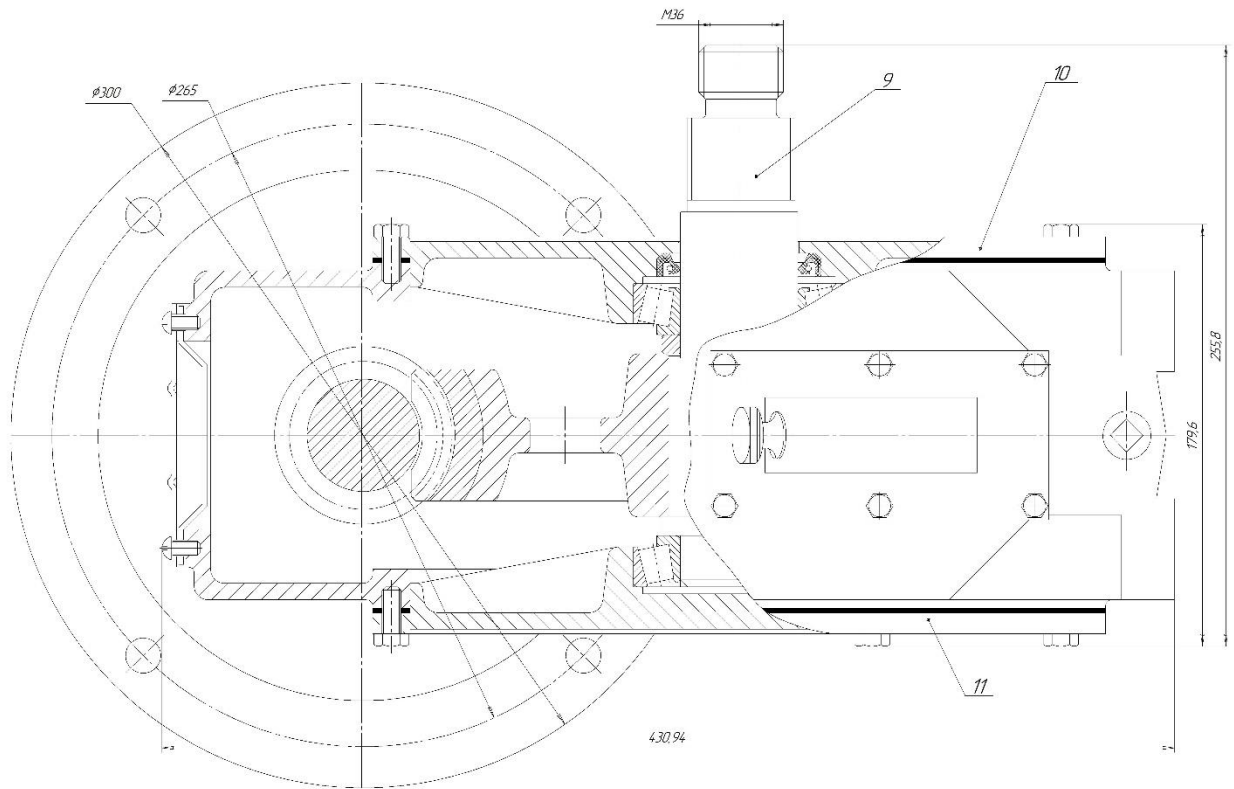
Таким чином, проведена модернізація заторно-сушварильного апарата є доцільною та ефективною як з технічної, так і з економічної точки зору. Вона сприяє підвищенню загальної культури виробництва, відповідає сучасним вимогам харчової промисловості та може бути рекомендована до впровадження на підприємствах пивоварної галузі.

Список використаних літературних джерел

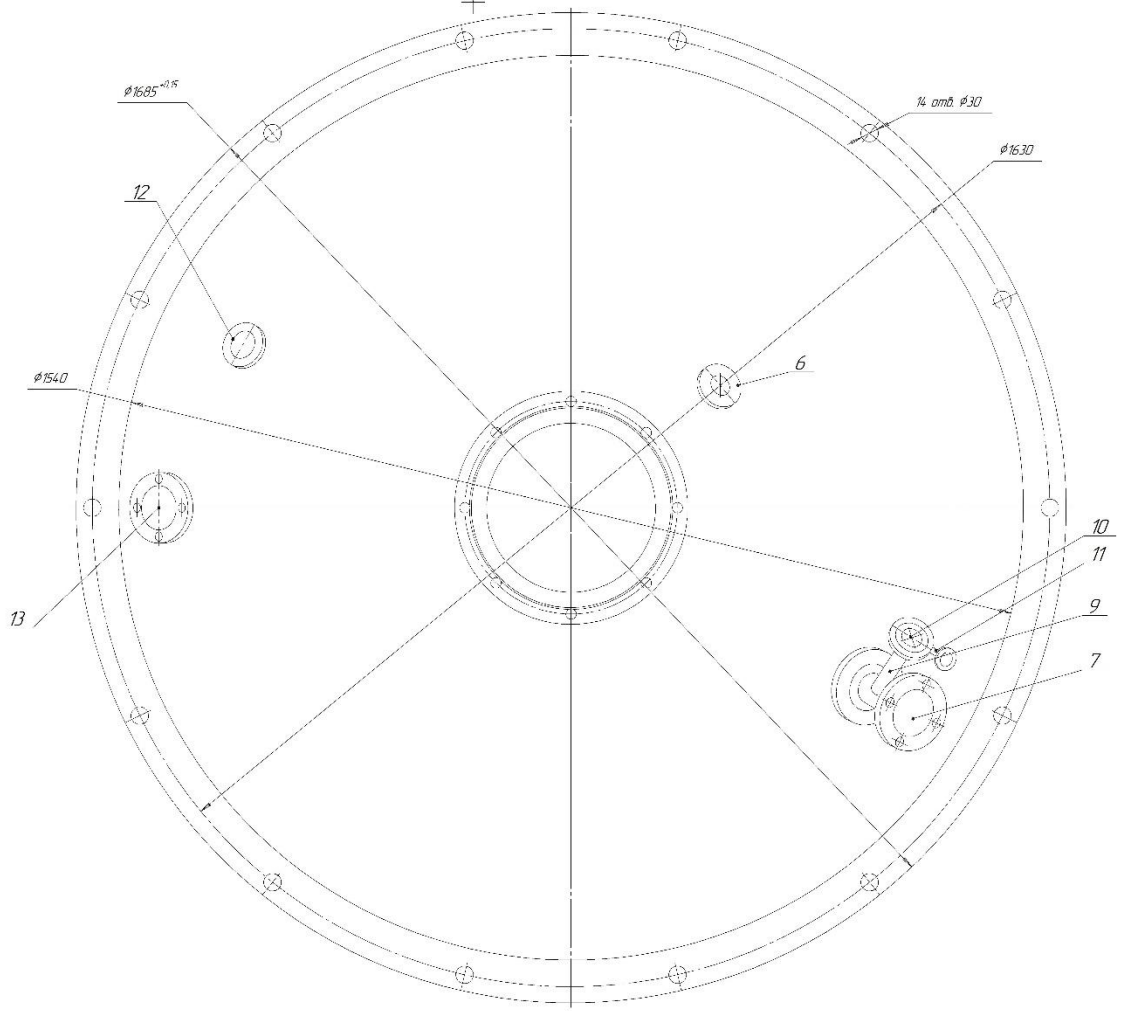
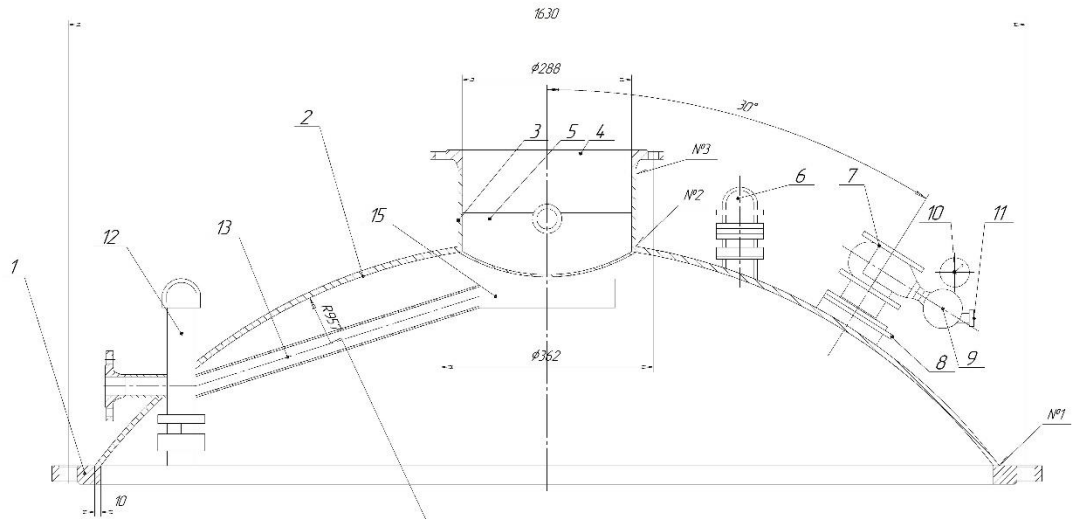
1. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Навчальний посібник – Вінниця: Нова книга, 2004 – 288 с.
2. Kunze W. Technology Brewing And Malting. 5th English Edition / W. Kunze. – VLB Berlin. – 935 pages.
3. Данилова Л. А., Некрасов П. О. Технологія пива: навч. посібник. — Х. : НТУ «ХП», 2006. – 224 с.
4. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива. – К.: Урожай, 1999. – 544 с.
5. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / За ред. І. С. Гулого. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.
6. Чепелюк О.М., Теличкун В.І., Губеня О.О. Компонування технологічних потокових ліній [Електронний ресурс]. – К.: НУХТ, 2023. – 128 с.
7. Handbook of Food Processing Equipment. Second Edition / George Saravacos, Athanasios E. Kostaropoulos. – Springer International Publishing Switzerland, 2016 – 775 p.
8. Процеси і апарати харчових виробництв / За ред. І. Ф. Малєжика. – Київ: НУХТ, 2021. – 419 с.
9. Farber M., Barth R. Mastering Brewing Science: Quality and Production. – Wiley, 2019. – 592 p.
10. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
11. Піддубний В., Кравченко М., Чагайда А. Інноваційні технології харчових виробництв. – К.: Кондор, 2017. – 374 с.

12. Домарецький В. А., Шиян П.М., Калакура Л.Р. та ін. Загальні технології харчових виробництв. – Київ: Університет «Україна», 2010. – 816 с.
13. Food Process Engineering and Technology, Third Edition / Zeki Berk. – Academic Press, 2018. – 744 p.
14. Чепелюк О.М., Теличкун В.І., Удодов С.О. Інноваційне обладнання харчових виробництв \[Електронний ресурс]. – К.: НУХТ, 2022. – 438 с.
15. Транспортно-технологічні схеми пивзаводів / За ред. А.І. Соколенка. – К.: АртЕк, 2002. – 304 с. з іл.
16. Домарецький В. А. Технологія солоду та пива. – Київ: «Фірма «ІНКОС», 2003. – 426 с.

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4			230532ДП.26.000.ПЗ	Пояснювальна записка		
A1			230532.ДП.26.001.3В	Загальний вигляд		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Заслінка	1	
		2		Штуцер	1	
		3		Рефлектор	1	
		4		Передзаторник	1	
		5		Шиберна заслінка	1	
		6		Змішувач	1	
		7		Манометр	1	
		8		Труба	1	
		9		Мотор-редуктор	1	
		10		Патрубок (випускний)	1	
		11		Мішалка	1	
		12		Плоске днище	1	
		13		Патрубок (впускний для сусла)	1	
		14		Мірна лінійка	1	
		15		Циліндричний резервуар	1	
		16		Зрошувач (дворботер)	1	
		17		Кришка	1	
		18		Патрубок (випускний, для конденсату)	1	
		19		Патрубок (впускний для затору)	1	
		20		Кільцевий зрошувач	1	
		21		Люк	1	
		22		Патрубок (впускний для двоботера)		



Эксплуатационный персонал ИЖК	Технический персонал Черепанов Д.К.	Разработчик чертежа Табарчук Е.И.	Защитный штамп Табарчук Е.И.	11
Внесены изменения ИЖК		Вид чертежа Унифицировано ГОСТ 21.118	Дата: 04.09.2010 230532.07.26.003.СХ	
		ИЖК, ОАО «Мособлэнерго» Иркутское отделение ул. 3-я, д. 100, Иркутск Иркутск		Масштаб 1:1

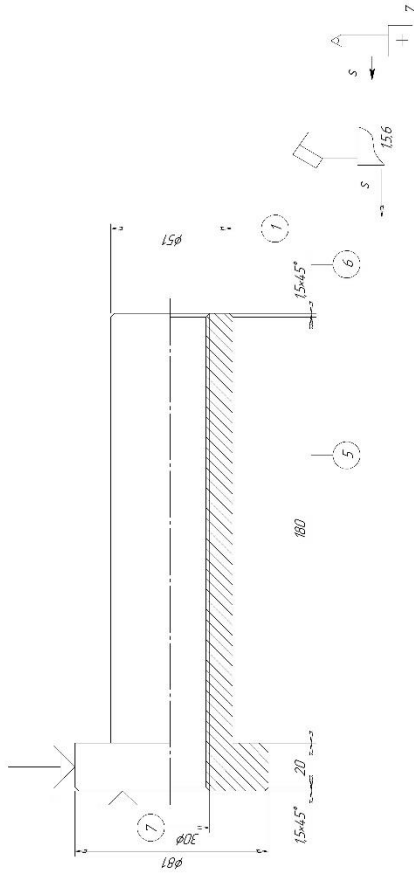


Номер шву	Позначення стандартного зварного шву	Кількість
1	ДСТУ 14771-76 44В-УП	1
2	ДСТУ 14771-76 76-УП	2
3	ДСТУ 8913-79 С7-АФ	2

Бібліографічні відомості	Титульний аркуш	Розкладка деталей	Збірочний креслення	14
Власник документа	Відділення	Середостанове креслення	Світло: Люкс	
МДК		Місце, дата виконання	230532.07.26.004-01	
		Відділення		
		Відділення		
		Відділення		

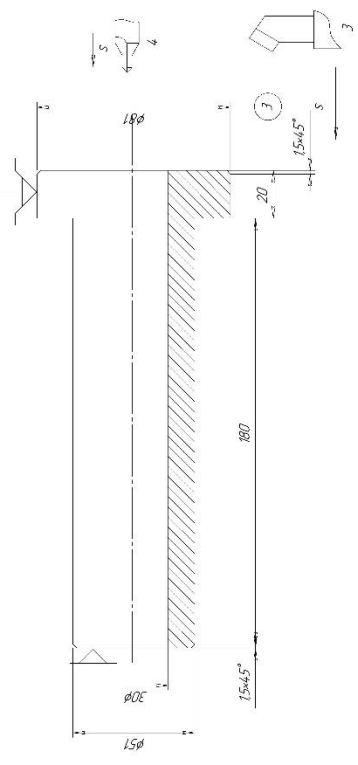
Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4			230522.ДП.26.000.ПЗ	Пояснювальна записка		
A1			230532.ДП.26.004.СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Фланець	1	
		2		Кришка	1	
		3		Патрубок	1	
		4		Фланець	1	
		5		Заслінка	1	
		6		Рефлектор	1	
		7		Передзатворник	1	
		8		Шиберна заслінка	1	
		9		Змішувач	1	
		10		Манометр	1	
		11		Труба	1	
		12		Мірна лінійка	1	
		13		Патрубок (випускний, для конденсату)	1	
		14		Патрубок (впускний для затору)	1	
		15		Кільцевий зрошувач	1	

✓ Ra 6.3



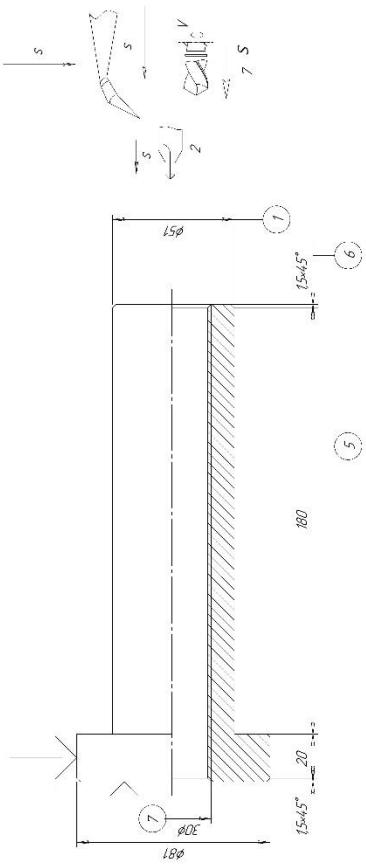
Видовые символы ИЗОТ	Техническое описание Часть D	Таблица 1	Длина детали	17
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №

✓ Ra 6.3



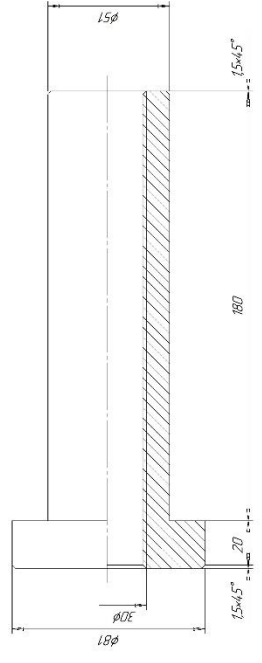
Видовые символы ИЗОТ	Техническое описание Часть D	Таблица 1	Длина детали	12
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №

✓ Ra 6.3



Видовые символы ИЗОТ	Техническое описание Часть D	Таблица 1	Длина детали	17
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №

✓ Ra 6.3



Видовые символы ИЗОТ	Техническое описание Часть D	Таблица 1	Длина детали	12
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №
Вид детали ИЗОТ	Вид детали ИЗОТ	ИЗМ. №	ИЗМ. №	ИЗМ. №