

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Розроблення конструкції механізму перекидання варильного котла КВ-250 для автоматизованого вивантаження готової суміші»

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Богдан ТУРКОЦЬ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри машинобудування

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ ” 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Туркоцю Богдану Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення конструкції механізму перекидання варильного котла КВ-250 для автоматизованого вивантаження готової суміші»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 25.02.2025 року № 123/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.06.2025 року

3. Вихідні дані: довідкова література, інтернет джерела, технічні характеристики конвеєрів стрічкового типу; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою стравоварильних котлів; методики розрахунку та проектування котлів; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення вузлів та деталей.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.
2. Технологічна частина.
3. Конструктивна частина.
4. Охорона праці.
5. Економічна оцінка роботи.
- Висновки і пропозиції;
- Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу
Графічні матеріали до кваліфікаційної роботи виконати у вигляді презентації в середовищі Microsoft PowerPoint обсягом 12-15 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Березовецький С.А. к.т.н., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 26.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Поз. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу «Аналіз об'єкта проектування»	26.02.2025-14.03.2025	
2.	Виконання другого розділу «Технологічна частина»	17.03.2025-28.03.2025	
3.	Виконання третього розділу «Конструктивна частина»	31.03.2025-11.04.2025	
4.	Виконання розділу «Охорона праці»	14.04.2025-25.04.2025	
5.	Виконання розділу «Економічна частина»	28.05.2025-09.05.2025	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому	12.05.2025-10.06.2025	

Студент _____ Богдан ТУРКОЦЬ
 (підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
 (підпис)

Туркоць Б.Р. «Розроблення конструкції механізму перекидання варильного котла KB-250 для автоматизованого вивантаження готової суміші» / Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 62 с.

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування конструкції механізму перекидання варильного котла KB-250 з метою автоматизації процесу вивантаження готової суміші. Проведено огляд вітчизняних і зарубіжних технічних рішень, що використовуються для перекидання харчоварильних ємностей. Встановлено, що більшість існуючих механізмів не відповідають сучасним вимогам ергономіки, безпеки та економічної доцільності, що зумовлює актуальність запропонованої розробки.

Запропоновано вдосконалену конструкцію механізму з використанням мотор-редуктора та частотного перетворювача, яка забезпечує безпечне, плавне та контрольоване перекидання котла. У середовищі SolidWorks створено тривимірну модель механізму, виконано аналіз напружено-деформованого стану методом скінченних елементів і проведено перевірку ресурсу елементів конструкції при циклічному навантаженні.

Результати техніко-економічного обґрунтування засвідчили доцільність впровадження запропонованої конструкції, з урахуванням ринкової ціни, вартості виготовлення та терміну окупності, що становить близько 250 днів.

У роботі розглянуто питання охорони праці під час експлуатації механізму, зокрема проаналізовано потенційно небезпечні виробничі фактори, розроблено заходи захисту оператора, описано вимоги до електробезпеки, аварійного відключення та організації робочого місця згідно з чинними нормативами.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ	8
1.1. Конструктивні особливості та принцип дії варильних котлів	8
1.2. Функціональні можливості та технічні характеристики котлів Hackman Metos Proveno	13
1.3. Технічні та функціональні особливості стравоварильних котлів Electrolux	15
1.4. Конструкція та функціональні можливості стравоварильних котлів Bertos.....	18
1.5. Конструкція, модифікації та технічні характеристики електричних масляних котлів серії KB (DEN-Service).....	21
Висновки до розділу 1	25
2. ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС ВАРІННЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ГЛАЗУРІ ...	27
2.1 Характеристика сировини для приготування глазури	27
2.2. Класифікація та властивості кондитерських глазурей.....	28
2.3 Технологічна схема виробництва глазури.....	30
2.4 Обладнання для приготування глазури	31
2.5. Технологічні особливості приготування кондитерської глазури та застосування масляних варочних котлів	33
2.6. Технологічний розрахунок теплоспоживання	34
2.7 Енергетична ефективність процесу варіння глазури.....	35
2.7.1. Аналіз енергоспоживання	35
2.7.2. Шляхи підвищення енергоефективності котлів.....	36
Висновки до розділу 2	37

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1. Будова та робота електричного масляного котла КВ-250	39
3.2. Опис механізму перекидання варильного котла.....	42
3.3. Моделювання та розрахунок напружено-деформованого стану конструкції механізму перекидання.....	43
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1. Вимоги безпеки під час експлуатації електронагрівального обладнання	50
4.2. Особливості безпечної експлуатації електронагрівального обладнання на підприємствах ресторанного господарства	51
4.3. Правила безпечної експлуатації харчоварильних котлів.....	53
Висновки до розділу 4	55
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	56
5.1 Розрахунок собівартості виготовлення конструкції.....	56
5.2 Вартість електроприводу та загальна ціна механізму.....	57
5.3 Термін окупності та ефективність впровадження	58
Висновки до розділу 5	58
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливого значення набуває механізація та автоматизація технологічних процесів, спрямованих на зменшення трудомісткості, підвищення безпеки праці та забезпечення стабільної якості продукції. Однією з актуальних задач у сфері теплової обробки харчових сумішей є вдосконалення процесу їх вивантаження з варильних котлів, що досі часто виконується вручну.

Зокрема, при експлуатації котлів типу KB-250, які використовуються на малих і середніх підприємствах громадського харчування, спостерігаються труднощі з безпечним та ефективним вивантаженням готової суміші. Ручне перекидання таких ємностей супроводжується значними фізичними навантаженнями на оператора, підвищеним ризиком травматизму та порушенням норм санітарії. Це зумовлює необхідність розробки механізму, який би забезпечив автоматизоване перекидання котла без втручання людини у зону дії.

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у створенні конструкції механізму перекидання варильного котла KB-250, що забезпечить безпечне, надійне та ефективне вивантаження готової суміші з котла. Для досягнення цієї мети в роботі виконано аналіз існуючих технічних рішень, розроблено конструкцію механізму, змодельовано її тривимірну геометрію в середовищі SolidWorks, проведено статичний та циклічний аналіз напруженого стану елементів конструкції, а також здійснено техніко-економічне обґрунтування впровадження.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження розробленого механізму на підприємствах харчової промисловості з метою зниження трудових витрат, підвищення безпеки праці персоналу та підвищення продуктивності технологічного процесу.

1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

1.1. Конструктивні особливості та принцип дії варильних котлів

У процесі оснащення гарячого цеху на підприємствах громадського харчування [1] значного масштабу доцільним рішенням є впровадження котлів як теплового обладнання. Це зумовлено їхньою високою продуктивністю, великою місткістю та функціональністю, що включає наявність різних режимів приготування. Таке технічне оснащення забезпечує можливість адаптації параметрів теплової обробки до вимог конкретних страв.

Промислові котли [2] вирізняються широким спектром застосування - вони придатні для приготування перших і других страв, напоїв, соусів, джемів та інших компонентів харчового раціону. Завдяки цьому пристрої належать до універсального обладнання й мають стабільний попит серед суб'єктів ресторанного господарства, зокрема власників їдалень, кафе, ресторанів тощо.

Професійне теплове устаткування такого типу сприяє підвищенню ефективності кулінарних процесів, зменшує тривалість термічної обробки харчових продуктів, дозволяє раціонально використовувати простір у виробничому середовищі кухні, а також знижує потребу в додатковому спеціалізованому посуді та супутньому обладнанні. У закладах із високою інтенсивністю обслуговування котли забезпечують приготування значних обсягів харчової продукції, зокрема супів, других страв, компотів, киселів, а також кип'ятіння води та молока [2].

Робоча камера стравоварильних котлів у технологічній термінології визначається як варильна судина. Найпоширенішими конструктивними варіантами є котли з циліндричною або паралелепіпедною формою варильної ємності. Залежно від конструкції, вони поділяються на стаціонарні, які мають нерухому варильну судину, та перекидні, оснащені механізмом, що забезпечує обертання судини навколо горизонтальної осі для полегшення вивантаження продукту.

У практиці ресторанного господарства найбільш активно експлуатуються котли з об'ємом варильної ємності від 40 до 250 дм³. Значно рідше застосовуються апарати з місткістю 400 дм³. Типорозмірна номенклатура вітчизняного виробництва охоплює моделі на 40, 60, 100, 160 та 250 дм³.

На формування конструктивної схеми стравоварильного котла істотно впливають метод нагріву стінки варильної судини та вид енергоносія. У котлах із прямим нагрівом тепло передається безпосередньо через контакт нагрівального елемента або продуктів згоряння з поверхнею варильної судини. Залежно від джерела енергії ці агрегати можуть бути електричними, вогневими або паровими. Їх конструкція є відносно простою, що забезпечує легкість експлуатації та нижчу вартість порівняно з іншими типами теплового обладнання. Як правило, вони не обладнані теплоізоляційним шаром і призначені для закладів, де процеси термічної обробки продуктів мають короткотривалий або допоміжний характер. Висока швидкість теплопередачі в місцях контакту сприяє швидкому нагріву, проте спричиняє нерівномірність температурного поля, що може призвести до локального перегріву та пригорання продукту. Це ускладнює автоматизацію технологічного процесу та вимагає постійного контролю з боку персоналу, а також періодичного перемішування вмісту варильної ємності [2].

Для забезпечення стабільності температурного режиму на внутрішній поверхні варильної судини застосовуються котли з непрямым обігрівом. У таких конструкціях передача тепла від енергоносія до стінки варильної судини здійснюється через проміжне середовище - теплоносії. Незалежно від типу енергоносія, у конструкції цих апаратів використовується вузол типу «варильна судина – пароводяна рубашка», що являє собою герметичну камеру, розміщену з зовнішнього боку варильної судини. Вона слугує зоною теплового контакту, в якій проміжне середовище (як правило, пар або вода) забезпечує рівномірне розподілення тепла по поверхні ємності.

Для забезпечення рівномірного нагріву варильної судини у конструкціях стравоварильних котлів із непрямым обігрівом використовується спеціальний

вузол типу «варильна судина – пароводяна рубашка». Цей вузол є герметичною камерою, що прилягає до зовнішньої поверхні варильної судини і заповнюється проміжним теплоносієм (водою або пароводяною сумішшю). Завдяки цьому створюється умова рівномірної теплопередачі до внутрішньої поверхні ємності, в якій розміщується харчовий продукт. Така конструктивна схема універсально застосовується незалежно від типу енергоносія (електроенергія, пара, газ тощо) і зображена на рис. 1.1 [2].

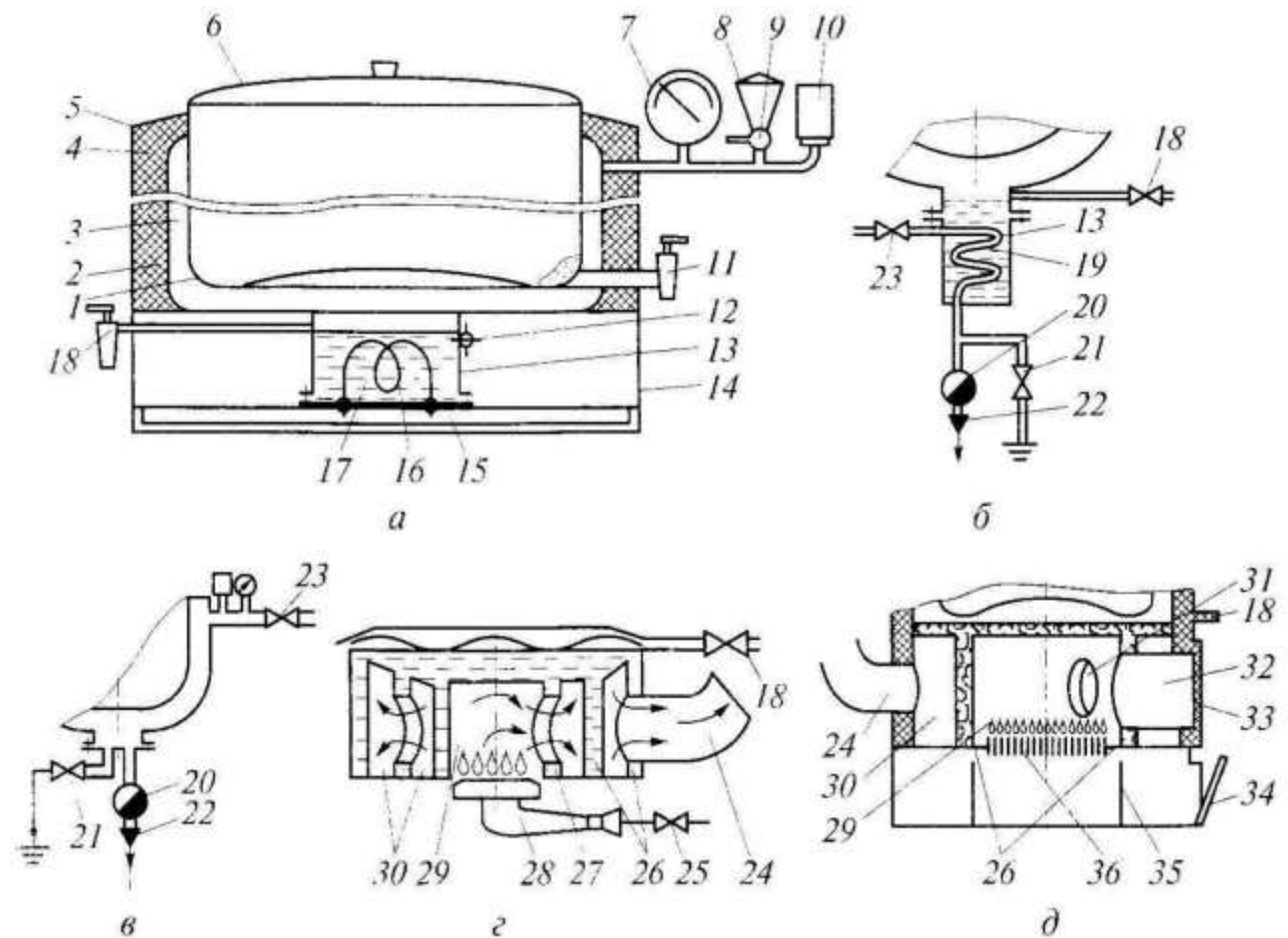


Рис. 1.1 – Схематичне зображення конструктивних варіантів варильних котлів із непрямим обігрівом варильної посудини [2]: а – електричний; б – паровий з занурювальним теплообмінником; в – паровий з прямим парозабезпеченням рубашки; г – газовий; д – твердопаливний

На рис. 1.1 подано конструктивні схеми варильних котлів із непрямим обігрівом варильної судини для різних типів енергоносіїв. Усі зображені варіанти містять основні функціональні вузли, що забезпечують процес

теплопередачі, контроль робочих параметрів і безпеку експлуатації. Складові елементи котлів мають таке призначення: 1 – варильна ємність, призначена для розміщення продукту, що піддається термічній обробці; 2 – стінка рубашки, що межує з варильною ємністю; 3 – пароводяна рубашка, в якій циркулює проміжний теплоносіє; 4 – шар теплоізоляції, що запобігає тепловтратам; 5 – зовнішній кожух конструкції; 6 – кришка варильної ємності; 7 – електроконтактний манометр для контролю тиску; 8 – заливна воронка для наповнення системи водою; 9 – кран воронки, що регулює подачу води; 10 – подвійний запобіжний клапан, який запобігає надмірному підвищенню тиску; 11 – зливний кран для видалення конденсату або залишкової води; 12 – електрод рівня для визначення кількості теплоносія; 13 – парогенератор як джерело теплової енергії; 14 – постамент, що підтримує всю конструкцію; 15 – дно-фланець парогенератора; 16 – електронагрівальні елементи (ТЕНи); 17 – робоче середовище (вода); 18 – контрольний кран рівня води; 19 – змієвик – трубчастий теплообмінник; 20 – конденсатовідвідник для виведення утвореного конденсату; 21 – продувний кран для очищення системи; 22 – зворотний клапан, що запобігає зворотному потоку; 23 – парозапірний кран; 24 – димохід для відведення продуктів згоряння; 25 – кран газового пальника; 26 – кишені парогенератора; 27, 31 – вікна для виходу продуктів згоряння газу; 28 – газовий пальник, що подає паливо в топку; 29 – топкова камера, де відбувається процес згоряння; 30 – конвективні газоходи; 32 – завантажувальний канал для палива; 33 – завантажувальні дверцята; 34 – дверцята зольника для очищення золи; 35 – зольник; 36 – колосникова решітка, що підтримує шар палива.

У конструкціях варильних котлів із непрямим обігрівом у якості проміжного теплоносія зазвичай застосовується волога насичена пара. Її використання забезпечує стабільність теплового режиму завдяки фізичним властивостям даного середовища. За сталої величини тиску в межах пароводяної рубашки на зовнішній поверхні варильної судини формується ізотермічне температурне поле. Це пояснюється тим, що процес теплообміну в умовах ізобарного випаровування вологої насиченої пари є термодинамічно

ізотермічним, тобто температура середовища зберігається сталою протягом усього періоду теплопередачі. Така особливість дозволяє забезпечити рівномірний нагрів усього об'єму продукту без ризику локального перегріву.

У процесі варіння продуктів у варильних котлах із непрямим обігрівом у пароводяній рубашці підтримується надлишковий тиск пари. Після завершення теплового циклу та відключення обладнання від джерела енергії температура в рубашці поступово знижується. Унаслідок конденсації пари відбувається стрімке падіння тиску до рівнів, що суттєво нижчі за атмосферний. Такий перепад тиску створює умови для деформації конструкції: стінка пароводяної рубашки може опинитися під дією зовнішнього атмосферного тиску, що спричинює навантаження на зминання, або під впливом залишкового внутрішнього тиску, який діє на розрив. За несприятливих умов це може призвести до втрати стійкості елемента і, відповідно, до його деформації.

Для запобігання подібним явищам конструкція котлів передбачає встановлення спеціальної запобіжної арматури. Зокрема, застосовується подвійний запобіжний клапан, у якому в єдиному корпусі розміщено два функціональні елементи - паровий і вакуумний клапани. Перший забезпечує скидання надлишкового тиску пари, другий - вирівнює тиск у разі утворення розрідження в рубашці [2].

Серед конструктивно-технологічних переваг котлів із непрямим обігрівом доцільно виокремити наявність пароводяної рубашки, яка забезпечує рівномірний розподіл теплової енергії по всій площині стінки варильної ємності. Завдяки цьому усувається ймовірність локального перегріву та пригорання продуктів. Крім того, такі котли комплектуються контрольно-вимірювальними приладами, що забезпечують точний моніторинг температурного режиму під час експлуатації. Водночас варто враховувати, що зазначена конструкція характеризується вищим рівнем технічної складності порівняно з апаратами прямого нагріву, що обумовлює підвищені вимоги до обслуговування та ремонту [1, 2].

Станом на сьогодні в Україні активно експлуатуються стравоварильні котли вітчизняного виробництва різних типів. Серед газових моделей поширення набули апарати марок КПГ-60М, КПГСМ-60, КПГ-160, КПГ-250, КПГСМ-250. До парових котлів належать моделі КПП-100, КПП-160 та КПП-250. У сегменті електричних апаратів представлені установки КПЕ-100, КПЕ-160, КПЕ-250, КЕ-100, КЕ-160, КЕ-250, КПЕ-40, КПЕ-60, КПЕСМ-60, а також УЕВ-40 і УЕВ-60.

На міжнародному ринку стравоварильне обладнання випускається більш ніж 60 виробниками, зокрема з України, Італії, Німеччини, Фінляндії, Китаю, США, Словенії та інших країн. Кожен із виробників пропонує апарати, що мають характерні технічні та конструктивні особливості, адаптовані до відповідних стандартів, умов експлуатації та вимог ринку.

1.2. Функціональні можливості та технічні характеристики котлів Hackman Metos Proveno

Номенклатурний ряд стравоварильних котлів *Hackman Metos Proveno* (Фінляндія) (рис. 1.2) охоплює моделі з об'ємом варильної ємності 40, 60, 80, 100, 150, 200, 300 та 400 дм³. Усі моделі оснащені мішальним пристроєм, встановленим у нижній частині резервуара, що забезпечує ефективне перемішування або збивання продуктів залежно від обраного режиму роботи. Частота обертання мішалки регулюється в межах 15–140 об/хв, що дозволяє адаптувати роботу обладнання до різних кулінарних технологій [2].

Система керування *EasyRun* забезпечує автоматизацію процесів приготування шляхом вибору відповідних режимів. До функціональних режимів належать: легке перемішування з паузами (застосовується, наприклад, для супів), обробка м'ясної сировини, інтенсивне збивання (наприклад, для пюре), приготування десертів, перемішування каш і замішування тіста. Додатково передбачено програму автореверсу, що дозволяє змінювати напрям обертання мішалки для рівномірного перемішування маси.



Рис. 1.2 – Варильний котел *Hackman Metos Proveno*

Температура зовнішніх поверхонь котла не перевищує $+50^{\circ}\text{C}$, що відповідає вимогам безпеки експлуатації. Температура приготування страв задається в діапазоні від $+51^{\circ}\text{C}$ до $+100^{\circ}\text{C}$, тоді як температура внутрішньої поверхні варильної судини може досягати $+120^{\circ}\text{C}$. Контроль температури забезпечується за допомогою цифрового дисплея з візуалізацією поточних параметрів.

Котли даної серії також обладнані функцією автоматичного охолодження вмісту варильної ємності до заданого значення температури. Охолодження здійснюється шляхом циркуляції холодної води в порожнині парової рубашки. Для інтеграції з системами харчової безпеки передбачено можливість підключення до системи контролю НАССР.

У модельному ряді *Hackman Metos Proveno Combi 200* реалізована система *TempGuard*, яка забезпечує високоточний контроль температури приготування, автоматичне регулювання рівня нагріву, захист продукту від пригорання, а також енергозберігаючу функцію часткової подачі потужності (« $\frac{1}{2}$ потужності»), що сприяє зниженню витрат електроенергії.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики стравоварильних котлів *Hackman Metos Proveno Combi* [2]

Модель	Hackman Metos Proveno Combi			
	40E	80E	150E	300E
Об'єм варильної судини, дм ³	40	80	150	300
Вид енергоносія	електрика			
Потужність, кВт	12,8	20,8	25,5	49,5
Габаритні розміри, мм:				
довжина	1037	1144	1350	1550
ширина	620	690	920	1160
висота	900	900	900	900
Маса, кг	215	245	320	430

1.3. Технічні та функціональні особливості стравоварильних котлів *Electrolux*

Концерн *Electrolux* (Швеція) є одним із провідних виробників професійного теплового обладнання, зокрема стравоварильних котлів стаціонарного та перекидного типу з розширеними функціональними можливостями. Максимальний об'єм варильної ємності у перекидних моделей становить 300 дм³, у стаціонарних - до 500 дм³.

Найбільшого поширення набули дві основні серії котлів з непрямым обігрівом (електричним, газовим або паровим) і перекидною варильною ємністю: *Thermaline* - моделі з об'ємом від 60 до 300 дм³, та *Promix/Variomix* - апарати з вбудованим мішальним пристроєм, призначені для обробки об'ємів у межах 50–300 дм³ (рис. 1.3, 1.4).

Котли серії *Promix* (рис. 1.4) оснащені міксером, привід якого розташований під варильною ємністю й захищений зовнішнім кожухом. Обертання мішалки здійснюється в одному напрямку, а швидкість обертання залежить від типу встановленої насадки. Для стандартного обладнання в котлах з об'ємом до 150 дм³ швидкість регулюється в діапазоні 20...170 об/хв, тоді як у моделях на 200 і 300 дм³ - у межах 20...140 об/хв. При використанні

спеціалізованих насадок, зокрема для збивання вершків чи яєчних білків, міксер може досягати швидкості до 200 об/хв.



Рис. 1.3 – Котел *Electrolux Thermaline TBOT15SCFO*



Рис. 1.4 – Котел *Electrolux Promix EBP100O*

У серії *Variomix* реалізовано реверсивний режим роботи мішалки. Алгоритм обертання передбачає зміну напрямку: 15 секунд за годинниковою стрілкою, далі 5-секундна пауза, після чого - 15 секунд у зворотному напрямку. Регулювання швидкості здійснюється в межах 20...100 об/хв, при цьому передбачена можливість налаштування тривалості паузи між реверсами. Така конструкція дозволяє досягти високої якості перемішування продукту, уникати налипання та забезпечити рівномірну теплову обробку.

У системі керування стравоварильних котлів серії *Electrolux Promix* передбачено дві вбудовані програми роботи мішалки, які не підлягають зміні. Перша забезпечує обертання мішалки зі швидкістю 15 об/хв у режимі відкритої захисної решітки та перевернутої варильної ємності, що застосовується для вивантаження готового продукту. Друга - імпульсна програма обертання, яка використовується під час вивантаження або демонтажу мішалки.

У котлах серії *Electrolux Variomix* наявні ті самі базові функції, а також розширені режими. Зокрема, реалізовано програму перемішування для продуктів густої консистенції за схемою: 5 секунд обертання за годинниковою стрілкою, 2-секундна пауза, 5 секунд обертання у зворотному напрямку. Крім того, передбачено режим збивання з регульованою швидкістю до 200 об/хв в одному напрямку з використанням спеціальної насадки для збивання вершків або білкових мас.

Котли обох серій підтримують створення до п'яти індивідуальних програм роботи мішалки. Окрім того, система керування дозволяє зберігати до 50 індивідуальних програм приготування страв, у яких передбачене задання об'єму наповнення котла рідиною, температурних параметрів і часу термічної обробки.

У моделях серії *Electrolux Thermaline* реалізовано додаткові автоматизовані функції, серед яких - делікатний нагрів для приготування молочних супів, яєчних десертів і соусів; режим прискореного початкового нагріву до +100 °C з подальшим переходом до вибраного рівня потужності для оптимального енергоспоживання; функція марміту - нагрів котла до +100 °C з автоматичним утриманням температури страви близько +80 °C.

Максимальна температура внутрішньої поверхні варильної судини становить до +126 °C у котлах серій *Promix/Variomix* і до +120 °C у моделях *Thermaline*. Завдяки високоякісній теплоізоляції корпусу температура верхнього краю варильної ємності не перевищує +35...+40 °C, що забезпечує захист персоналу від термічних уражень.

У котлах *Electrolux Promix/Variomix* реалізовано два варіанти системи охолодження: підключення рубашки до централізованої водопровідної мережі або інтеграція до автономної системи швидкісного охолодження з циркуляцією крижаної води в замкнутому контурі. Це дозволяє ефективно регулювати температурний режим варильного процесу та скорочувати загальний час обробки продукту.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики стравоварильних котлів *Electrolux Promix/Variomix/Thermaline* [2]

Модель	Promix EBP100O	Variomix EBV100O	Thermaline TBOT15SCFO
Об'єм варильної судини, дм ³	100	100	150
Вид енергоносія	електрика		волога насичена пара
Потужність, кВт	24,7	24,0	0,2
Витрати пари, кг/год	–	–	63
Габаритні розміри, мм:			
довжина	1165	1165	1300
ширина	920	920	900
висота	900	900	700
Маса, кг	282	267	400

1.4. Конструкція та функціональні можливості стравоварильних котлів Bertos

Компанія *Bertos* (Італія) пропонує широкий асортимент стравоварильних котлів, що відрізняються як за типом нагріву, так і за конструктивним виконанням. Зокрема, моделі з прямим обігрівом (виключно газові, наприклад *G7PD*) призначені для приготування рідких перших страв і напоїв, що не потребують інтенсивного перемішування. Натомість котли з непрямым обігрівом (електричні та газові, наприклад *E9P10I*) розраховані на обробку страв більш густої консистенції: других страв, гарнірів, соусів, кремів тощо. Окремі моделі, зокрема *Bertos E9P20IA*, мають функцію варіння під тиском, що розширює технологічні можливості обладнання (рис. 1.5).

Варильна ємність апаратів виготовлена з корозійностійкої нержавіючої сталі, що забезпечує довготривалу експлуатацію в умовах агресивного середовища кухонного виробництва. Об'єм варильної судини становить від 55 до 200 дм³, що дозволяє адаптувати обладнання до закладів із різним рівнем навантаження.

*G7PD**E9P10I**E9P20IA*

Рис.1.5 - Варильні котли компанії Bertos (Італія)

У котлах із прямим обігрівом як теплогенерувальні пристрої використовуються дифузійні газові пальники, які оснащені сучасною газовою автоматикою та системою п'єзопідпалу. У моделях із непрямим обігрівом теплова енергія передається продукту через стінку варильної судини шляхом конденсації пари в пароводяній рубашці. Генерація пари відбувається в парогенераторі, де джерелом нагріву виступають трубчасті електронагрівачі (ТЕНи) або газові пальники. ТЕНи виготовлені з жароміцного сплаву інколой на основі заліза з вмістом нікелю 35% і хрому 25%, що істотно підвищує їхню стійкість до тривалого термічного навантаження [1, 2].

З метою запобігання передчасному виходу з ладу ТЕНів конструкцією котлів передбачено систему захисту від роботи в режимі «сухого ходу» за допомогою відповідних датчиків. У електричних моделях регулювання теплової потужності здійснюється трипозиційним перемикачем. Для забезпечення точного контролю температурного режиму передбачено візуальний температурний індикатор, датчик досягнення встановленої температури та окремий регулятор, розташований на лицьовій панелі котла. Така конструкція сприяє стабільності процесів приготування та покращенню якості готових страв.

Конструкція стравоварильних котлів *Bertos* передбачає оснащення всіма необхідними контрольно-вимірювальними приладами та запірно-регулювальною арматурою для забезпечення надійної та безпечної експлуатації. На лицьовій панелі апарата встановлений механічний манометр, який відображає тиск у пароводяній рубашці в режимі реального часу. До складу захисного оснащення також входить запобіжний клапан, що унеможливорює перевищення допустимих параметрів тиску.

Зливний кран виготовлений із хромованої латуні та укомплектований атермічною ручкою, що мінімізує ризик термічного ураження для обслуговуючого персоналу. Для зручності заповнення та промивання варильної ємності на робочій поверхні передбачено крани подачі холодної та гарячої води з рухомим носиком-розподільником.

Конструктивне виконання котлів відповідає сучасним вимогам ергономіки. Використання високоякісних матеріалів і раціональних конструкторських рішень, зокрема наявність заокруглених бортів, сприяє спрощенню процесу очищення внутрішніх і зовнішніх поверхонь. Зливний кран виконаний у знімному варіанті, що полегшує технічне обслуговування. Надлишки рідини, що потрапляють на поверхню під час експлуатації, відводяться через спеціальний технічний отвір, вбудований у верхню площину апарата.

Наявність автоматизованого механізму перекидання варильної судини суттєво підвищує зручність користування обладнанням, особливо під час спорожнення ємності та очищення внутрішньої поверхні [3, 4]. Кришка котла виконана у вигляді підпружиненої конструкції з подвійною стінкою, що сприяє зниженню її зовнішньої температури, покращенню теплоізоляційних характеристик та загальному підвищенню ефективності роботи котла. Всі моделі оснащені регульованими по висоті опорними ніжками, що дає змогу адаптувати обладнання до особливостей виробничого середовища.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики стравоварильних котлів *Bertos* [2]

Модель	Об'єм варильної судини, дм ³	Вид енергоносія	Тип обігріву	Потуж- ність, кВт	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
G7PD	55	газ	прямий	13,3	800x900x700	108
G7PI	55		непрямий	13,3	800x900x700	132
G9P10D	100		прямий	20,9	800x900x900	128
G9P10I	100		непрямий	20,9	800x900x900	151
G9P15D	150		прямий	20,9	800x900x900	164
G9P15DA	150		прямий	20,9	800x900x900	164
E6PI	55	електрика	непрямий	9,0	600x600x900	90
E7PI	55		непрямий	9,0	800x700x900	111
E9P10D	100		прямий	13,0	800x900x900	140
E9P10I	100		непрямий	16,0	800x900x900	140
E9P15I	150		непрямий	13,0	800x900x900	140
E9P20I	150		непрямий	18,0	800x900x900	165
E9P20IR	200		непрямий	32,0	1000x1150x900	240
E9PP15D	200		непрямий	16,0	1360x870x900	145
E9P20IV	200	паровий	непрямий	-	1000x1150x900	232

1.5. Конструкція, модифікації та технічні характеристики електричних масляних котлів серії KB (DEN-Service)

Стравоварильні котли серії KB-250 (рис. 1.6), які виготовляє підприємство *DEN-Service* (Україна, Львівська область) [5], представлені на ринку в кількох модифікаціях залежно від конструктивного виконання та об'єму варильної судини. Серед моделей передбачені варіанти з місткістю 80, 150, 250 та 500 дм³. Така різноманітність модифікацій (табл. 1.4) дозволяє адаптувати обладнання до потреб різних підприємств ресторанного господарства залежно від обсягу виробництва, рівня механізації та особливостей технологічного процесу.

Усі модифікації котлів KB сумісні з лініями секційно-модульного обладнання, що дозволяє інтегрувати їх у загальну технологічну систему підприємства.



Рис. 1.6 – Електричний масляний варильний котел КВ з мішалкою, об'ємом 250 дм³

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики стравоварильних котлів серії КВ

Модель	Робочий об'єм, дм ³	Потужність, кВт	Живлення, В	Макс. температура, С	Вага, кг
КВ-80	80	10	380	130	160
КВ-150	150	19	380	130	260
КВ-250	250	25	380	120	330
КВ-500	500	37	380	130	450

Електричний масляний варильний котел призначений для виконання широкого спектра технологічних операцій, зокрема варіння, темперування та зберігання кондитерської глазурі, уварювання сиропних мас і кремів. Крім того, він може використовуватись для приготування страв на великих підприємствах громадського харчування, а також для попередньої термічної обробки продуктів на підприємствах харчової промисловості.

До основних конструктивних елементів варильного котла типу КВ (рис. 1.3) належать корпус з опорними ніжками, варильний резервуар, кришка, пульт керування та заслінка для відведення пари. Сукупність зазначених вузлів забезпечує стабільну роботу апарата в умовах промислової експлуатації та дозволяє здійснювати контроль за технологічними параметрами у процесі приготування харчової продукції [5].

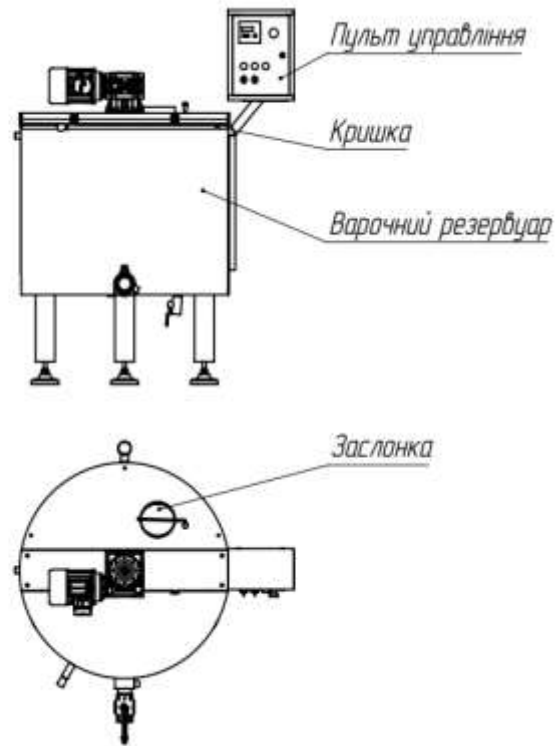


Рис. 1.7 - Конструктивна схема основних вузлів електричного масляного варильного котла з мішалкою, об'ємом 250 дм³

Корпус має циліндричну вертикальну форму та обладнаний опорними ніжками з можливістю регулювання по висоті. Ніжки жорстко приєднані до корпусу методом зварювання, що забезпечує стабільність конструкції та дозволяє адаптувати положення апарата до умов встановлення на виробничій площі.

Варильний резервуар має циліндричну форму та складається з внутрішньої й зовнішньої стінок, які утворюють замкнутий простір. Обидві стінки виготовлені з високоякісної кислототривкої нержавіючої сталі, що забезпечує корозійну стійкість і тривалий термін експлуатації в умовах впливу агресивних харчових середовищ. У нижній частині зовнішнього кожуха розміщено теплообігрівальний блок з вбудованими трубчастими електронагрівачами (ТЕНами). Робочим теплоносієм у міжстінному просторі резервуара та в обігрівачі виступає спеціальне термостійке масло, яке забезпечує рівномірну передачу тепла до внутрішньої ємності [5].

Кришка виконує функцію негерметичного накриття варильного резервуара та з'єднана з ним за допомогою завісового механізму, що забезпечує зручність відкривання. З міркувань безпеки експлуатації їй дозволено відкривати лише після попереднього відкриття заслінки для відведення пари з внутрішнього простору резервуара. Така послідовність дій виключає можливість травмування персоналу внаслідок впливу залишкового тиску пари.

Заслонка слугує для безпечного відведення пари з варильного резервуара перед відкриттям кришки котла. Її функціонування спрямоване на зниження тиску в робочій ємності з метою запобігання опікам або іншим аварійним ситуаціям. Перед введенням котла в експлуатацію необхідно під'єднати вентиляційний канал до патрубку заслонки, що забезпечує контрольований та ефективний відвід пари в атмосферу або систему витяжної вентиляції.

Система електропостачання опалювального контуру варильного котла складається з ТЕНів, пульта керування та силових проводів, що забезпечують подачу електроенергії. Зазначена електрична схема забезпечує автоматизоване досягнення заданої температури теплоносія (масла) та її стабільне утримання в межах робочого діапазону [5, 7].

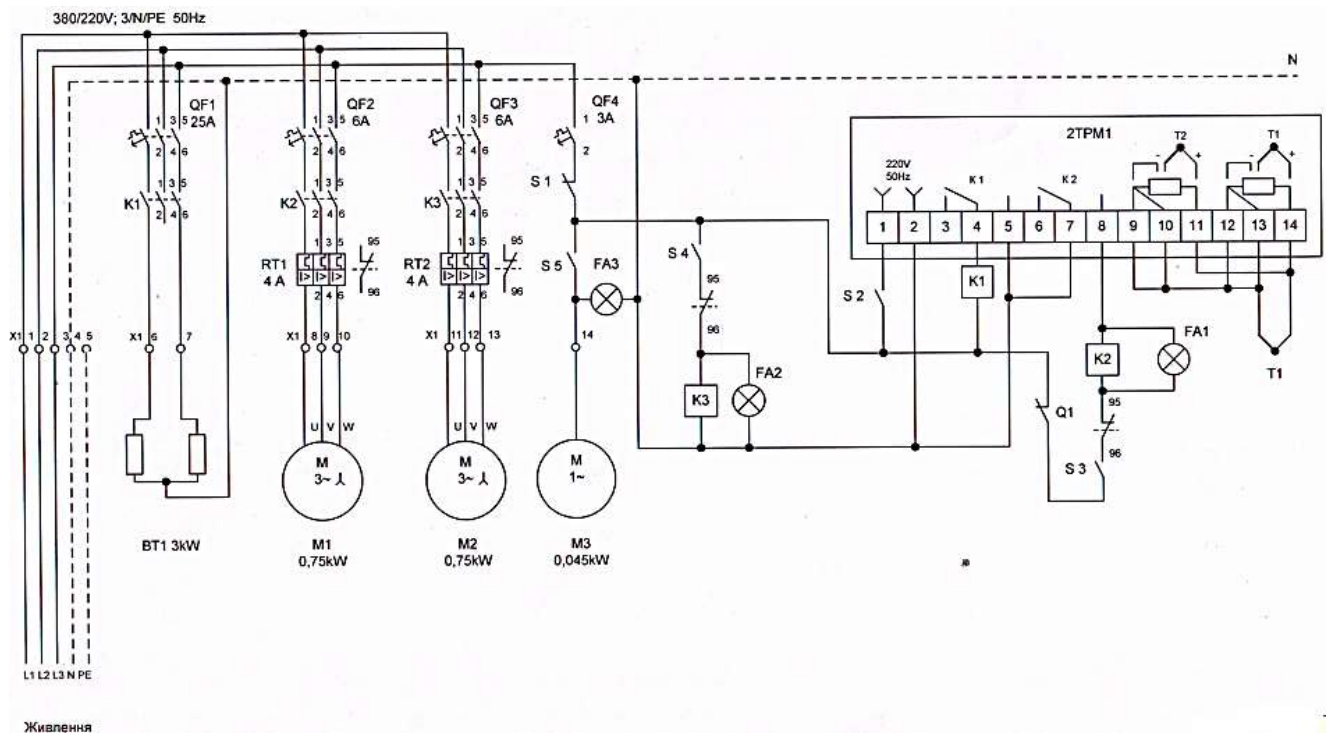


Рис. 1.8. - Принципова електрична схема котла типу KB

Принципова електрична схема котла представлена на рис. 1.8. Як нагрівальні елементи в конструкції котла типу КВ використовуються трифазні ТЕНи номінальною потужністю по 6 кВт, які встановлені в зоні теплообігріву нижньої частини зовнішнього кожуха резервуара. Така конфігурація дозволяє забезпечити достатню інтенсивність теплопередачі до теплоносія й ефективну підтримку робочого температурного режиму впродовж усього технологічного циклу [7-9].

Отже, конструкція варильного електричного котла типу КВ вирізняється поєднанням сучасних матеріалів, ергономічних рішень та функціональної універсальності. Завдяки наявності мішалки, ефективної системи непрямого масляного обігріву, знімного зливного крана, індикаторів температури й тиску, а також системи безпеки з запобіжною арматурою, апарат забезпечує стабільну та безпечну експлуатацію. Регульовані ніжки, автоматизоване перекидання ємності, термоізолювана кришка і можливість легкого очищення роблять котел КВ практичним рішенням для закладів з великим обсягом приготування страв, де важливі надійність, продуктивність і гігієнічність у щоденному використанні.

Висновки до розділу 1

У результаті аналізу конструктивних і функціональних особливостей стравоварильних котлів різних виробників можна зробити висновок, що це обладнання є невід'ємним елементом гарячого цеху закладів ресторанного господарства. Найбільше поширення отримали котли з непрямым обігрівом, які завдяки використанню проміжного теплоносія (води, пари, масла) забезпечують рівномірне тепlopостачання без ризику пригорання продукту.

Сучасні моделі вітчизняного (типу КВ) та зарубіжного (*Electrolux*, *Hackman*, *Bertos*) виробництва характеризуються високим рівнем автоматизації, розширеним функціоналом і адаптивністю до умов конкретного виробництва. Особливу увагу виробники приділяють безпеці експлуатації, термоізоляції

корпусу, можливості перемішування, охолодження та програмування робочих режимів.

Вибір конкретної моделі повинен базуватись на технологічних потребах підприємства, обсягах приготування, типах страв та наявності підключення до джерел енергії. Врахування цих чинників дозволяє забезпечити енергоефективність, якість кінцевого продукту та оптимальні умови праці персоналу.

2. ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ ПІД ЧАС ВАРІННЯ КОНДИТЕРСЬКОЇ ГЛАЗУРІ

2.1 Характеристика сировини для приготування глазури

Для виготовлення кондитерської глазури використовують низку основних інгредієнтів, кожен з яких виконує важливу технологічну функцію, впливаючи на текстуру, смак, блиск, термічну стабільність та пластичність кінцевого продукту [10].

Цукор - основний компонент глазури, який забезпечує солодкий смак і впливає на структуру маси. Найчастіше використовується цукрова пудра або кристалічний цукор із високим ступенем чистоти. При правильному плавленні та охолодженні цукор кристалізується, забезпечуючи глянцеve покриття. Надлишок вологи або перегрівання можуть викликати утворення великих кристалів, що погіршує текстуру глазури.

Какао-маса - подрібнені та термічно оброблені какао-боби, які містять какао-масло та какао-порошок. Вона надає шоколадний смак, колір і аромат глазури. Какао-маса також є джерелом жирів, які впливають на пластичність та блиск продукту. Висока якість какао-маси сприяє стабільності емульсії та однорідності структури.

Масла та жири (какао-масло, рослинні жири) є основою термопластичної структури глазури. Вони визначають температуру плавлення, твердість та блиск. Какао-масло має вузький діапазон плавлення (32–34 °C), завдяки чому глазур легко тане в роті. Для здешевлення виробництва можуть застосовуватись замінники какао-масла (*CBE*, *CBS*, *CBR*), що мають подібні термопластичні властивості, але можуть гірше кристалізуватись або залишати воскову текстуру.

Емульгатори (найчастіше лецитин, полігліцеринові ефіри жирних кислот) забезпечують однорідне поєднання жиру та води, покращують текучість

глазурі, знижують в'язкість маси та сприяють стабілізації структури при охолодженні. Емульгатори також подовжують термін зберігання продукту.

Есенції та ароматизатори (ванілін, натуральні та ідентичні до натуральних ароматизатори) використовуються для поліпшення органолептичних властивостей. Вони не впливають безпосередньо на фізико-хімічні властивості глазурі, але є важливим чинником у формуванні споживчих характеристик.

Кожен з перерахованих інгредієнтів відіграє ключову роль у формуванні необхідної консистенції глазурі: від рідкого стану при нагріванні до стабільної твердості після охолодження. Співвідношення складників та їх якість безпосередньо впливають на термічну стабільність, адгезію до поверхні виробів та довговічність блиску глазурі.

2.2. Класифікація та властивості кондитерських глазурей

Кондитерські глазури - це багатокомпонентні термопластичні маси, які після охолодження утворюють щільне, блискуче покриття на поверхні виробів. Залежно від складу, функціонального призначення та органолептичних властивостей, глазури поділяються на кілька основних типів [10].

1. Шоколадна глазур - склад: какао-маса, какао-масло, цукор, емульгатор (переважно лецитин), ароматизатори (ванілін); температура плавлення: 31–34 °C (залежить від виду какао-масла); властивості: натуральний шоколадний смак, висока пластичність, блиск, ламкість при охолодженні; застосування: покриття тортів, тістечок, цукерок, печива; особливості: потребує темперування для запобігання утворенню сірої плівки.

2. Імпортозамінна (жирова) глазур - склад: цукор, какао-порошок, рослинні жири (замінники какао-масла), емульгатори, ароматизатори; температура плавлення: 26–30 °C; властивості: не потребує темперування, має схожий вигляд на шоколад, але інший смак і текстуру; застосування: промислове покриття цукерок, батончиків, випічки; переваги: дешевизна, простота технології, стабільність при транспортуванні; недоліки: нижча органолептична якість порівняно з шоколадною глазур'ю.

3. Біла глазур - склад: цукор, молочні жири або рослинні жири, сухе молоко або сироватка, емульгатори, ванілін; температура плавлення: 28–30 °С; властивості: м'яка текстура, кремовий колір, солодкий вершковий смак; застосування: покриття печива, здобних виробів, декоративних елементів; особливості: чутлива до високої температури, може жовтіти при перегріванні.

4. Кольорова глазур - склад: цукрова основа, жири, харчові барвники, ароматизатори, іноді стабілізатори; температура плавлення: 25–30 °С; властивості: широка палітра кольорів, декоративність, збереження блиску; застосування: декорування тортів, пасок, дитячих солодоців; особливості: може містити натуральні або синтетичні барвники.

5. Фруктова (цукрово-пектинова) глазур - склад: цукор, пектин або желуючі агенти, фруктові соки чи есенції; температура плавлення: 40–60 °С (для нанесення у рідкому стані); властивості: прозора або напівпрозора текстура, фруктовий аромат, желеподібна структура; застосування: покриття фруктових пирогів, десертів, як внутрішній шар у цукерках; особливості: не містить жирів, має короткий термін зберігання.

Таблиця 2.1 - Порівняння властивостей кондитерських глазурей [10]

Тип глазури	Основні компоненти	Плавлення, °С	Темперування	Смак / Текстура	Сфера застосування
Шоколадна	Какао-маса, какао-масло, цукор	31–34	Потрібне	Насичений, хрустка	Цукерки, торти, тістечка
Жирова (замінник)	Рослинний жир, какао-порошок, цукор	26–30	Не потрібне	М'яка, менш виражена	Промислові вироби, батончики
Біла	Жири, молоко, цукор	28–30	Необов'язкове	Вершкова, м'яка	Печиво, декорування випічки
Кольорова	Цукор, жир, барвники	25–30	Не потрібне	Солодка, декоративна	Торти, паски, оформлення
Фруктова	Цукор, пектини, фруктові есенції	40–60	Не потрібне	Желейна, фруктова	Фруктові вироби, глазурування десертів

Такий поділ дає змогу виробникам обрати оптимальний вид глазури відповідно до специфіки продукції, температурних режимів зберігання, способів нанесення та очікуваного ефекту.

2.3 Технологічна схема виробництва глазури

Процес виробництва кондитерської глазури включає кілька послідовних стадій, які забезпечують перетворення сировинної суміші у гомогенну масу з відповідними термопластичними та смаковими властивостями. Нижче подано опис технологічної схеми з поясненням кожного етапу [10].

Описова схема технологічного процесу:

1. Підготовка та дозування сировини

Цукор, какао-маса, какао-масло (або жири), сухе молоко, емульгатори й ароматизатори дозуються згідно з рецептурою. Сировину попередньо очищують від сторонніх домішок, а тверді компоненти (наприклад, цукор) подрібнюють до стану пудри.

2. Завантаження до плавильно-змішувального котла

Інгредієнти завантажуються у плавильний котел з паровим або електричним обігрівом. Спочатку вводяться жири, які розплавляються, після чого поступово додаються сухі компоненти з перемішуванням.

3. Варіння та гомогенізація

Маса нагрівається до 45–60 °С (залежно від виду глазури) при інтенсивному перемішуванні. Відбувається повне розчинення цукру, диспергування какао-порошку або какао-маси та утворення однорідної суміші. У кінці вводяться емульгатори й ароматизатори.

4. Темперування

Готову масу охолоджують у темперуючій машині з контрольованим зниженням температури до 27–30 °С. Це необхідно для стабілізації структури жирів, запобігання розшаруванню та появи білястої плівки при зберіганні.

5. Фасування або нанесення на виріб

Темперована глазур або направляється на безпосереднє глазурування кондитерських виробів (вручну або автоматично), або фасується в контейнери, форми, упаковки для подальшого використання або реалізації.

6. Охолодження готових виробів

Після нанесення глазури виріб подається на охолоджувальну стрічку або в холодильну камеру для стабілізації структури покриття.

2.4 Обладнання для приготування глазури

У процесі виготовлення кондитерських глазурей використовують спеціалізоване технологічне обладнання, яке забезпечує точність температурного режиму, рівномірне перемішування, гомогенізацію та контроль над якістю кінцевого продукту. До основного обладнання належать [1, 2, 10]:

1. Варильний котел (плавильно-змішувальний котел)

Основна функція – нагрів, розплавлення та перемішування сировини до утворення однорідної маси.

Таблиця 2.2 - Види варильних котлів

Тип котла	Джерело нагріву	Переваги	Недоліки
Масляний	Термомасло (140–180 °C)	Висока стабільність температури, точне регулювання	Висока вартість, пожежонебезпека
Паровий	Насичена пара (до 120 °C)	Енергоефективність, швидкий нагрів	Потреба в парогенераторі, можливе зволоження
Водяний	Водяне гріюче середовище (до 100 °C)	Безпечність, простота обслуговування	Обмеження по температурі, менша ефективність

2. Мішалка (гвинтова, якірна або лопатева)

Служить для рівномірного перемішування маси, запобігає пригоранню та забезпечує однорідну консистенцію.

Мішалки можуть бути оснащені скребками, які зчищають масу зі стінок котла, забезпечуючи ефективний теплообмін.

3. Темперувальна машина (темперер)

Використовується для стабілізації кристалічної структури жирів у глазурі, зокрема у шоколадній. Темперування передбачає контрольоване охолодження та повторне нагрівання до потрібної температури.

Основні елементи: теплообмінні секції, мішалка, термодатчики, система охолодження.

4. Система подачі сировини

До неї входять:

- шнекові або пневматичні транспортери для сипких компонентів (цукрова пудра, какао-порошок),
- трубопроводи для жирів і рідких добавок,
- бункери-дозатори з ваговими або об'ємними мірниками.

Автоматизація подачі дозволяє точно дотримуватись рецептури та зменшує людський фактор.

5. Автоматичні контролери та системи керування

Сучасне обладнання оснащується програмованими логічними контролерами (*PLC*), сенсорними панелями, датчиками температури, в'язкості, швидкості мішання тощо.

Контрольні функції включають:

- регулювання температури з точністю до $\pm 0,5$ °C,
- налаштування часу перемішування,
- фіксацію параметрів партії,
- аварійне вимкнення при перевищенні заданих меж.

Загальні технічні вимоги до обладнання для глазурі:

- Матеріал внутрішніх поверхонь — харчова нержавіюча сталь (*AISI* 304 або 316),
- Герметичність ємностей, щоб уникнути потрапляння вологи,
- Легкість очищення (*CIP*-системи),

- Стійкість до температурних деформацій.

Завдяки застосуванню сучасного обладнання вдається досягти стабільної якості глазури, підвищити продуктивність лінії та автоматизувати більшість виробничих процесів.

2.5. Технологічні особливості приготування кондитерської глазури та застосування масляних варочних котлів

Кондитерська глазур - це термопластична маса на основі цукру, какао-продуктів, жирів і допоміжних речовин, яка після охолодження твердне, утворюючи глянсове покриття на поверхні виробів. Глазурі широко застосовуються в кондитерському виробництві для покриття тортів, тістечок, печива, цукерок, а також як внутрішній шар у комбінованих продуктах [10].

Залежно від складу та призначення виділяють такі основні види глазури:

- Шоколадна глазур - виготовляється на основі какао-маси або какао-порошку, з додаванням цукру, масла какао чи його замінників;
- Жирові глазури - на основі рослинних жирів або маргарину з використанням какао-порошку, сухого молока, емульгаторів та ароматизаторів;
- Фруктово-цукрова глазур - на основі цукрового сиропу з додаванням пектину, барвників, фруктових есенцій.

Технологічний процес приготування глазури включає такі етапи:

1. Зважування сировини відповідно до рецептури.
2. Завантаження компонентів у котел у визначеній послідовності.
3. Плавлення та перемішування сировини до досягнення однорідної консистенції.
4. Темперування (повільне охолодження до 30–35 °C) для покращення структури кристалів жиру.
5. Зберігання готової глазури при стабільній температурі до моменту нанесення або фасування.

Для реалізації цих етапів у промислових умовах застосовують варочні електричні масляні котли, які забезпечують рівномірний нагрів через термостабільну масляну сорочку. Їх головна перевага - можливість точно регулювати температуру в межах $\pm 1^\circ\text{C}$, що критично важливо при темперуванні та уникненні перегріву.

2.6. Технологічний розрахунок теплоспоживання

Виконуємо розрахунок теплоспоживання при виробництві партії глазури масою 300 кг. У розрахунках враховується питома теплоємність маси, необхідне підвищення температури, ефективність нагрівальної системи та заданий час нагрівання [9].

Кількість теплоти розраховуємо за формулою 2.1.

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{\eta}, \quad (2.1)$$

де m - маса продукту (повне завантаження), кг

$$m = V \cdot \rho = 0,25 \cdot 1200 = 300 \text{ кг};$$

c - питома теплоємність глазури, $c = 2,7 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

t_1 - початкова температура, $t_1 = 20^\circ\text{C}$;

t_2 - кінцева температура, $t_2 = 80^\circ\text{C}$;

η - ККД нагрівальної системи, $\eta = 0,85$;

ρ - густина кондитерської глазури, $\rho = 1200 \text{ кг}/\text{м}^3$;

V - об'єм варильної ванни, $V = 250 \text{ л} = 0,25 \text{ м}^3$;

$$Q = \frac{300 \cdot 2,7 \cdot 60}{0,85} = 57176,47 \text{ кДж}$$

Необхідна потужність для виконання нагріву

$$N = \frac{Q}{t}, \quad (2.2)$$

де t - тривалість нагрівання, $t = 45 \text{ хв} = 2700 \text{ с}$.

$$N = \frac{57176,47}{2700} = 21,18 \text{ кВт}.$$

Для повного заповнення варильної ванни об'ємом 250 літрів глазур'ю, маса якої становить приблизно 300 кг, та доведення її температури з 20 °С до 80 °С за 45 хвилин, потрібен варочний масляний котел з потужністю не менше 22 кВт. Робочий об'єм має передбачати 10–15% технологічного запасу (тобто ванна повинна бути не менше 275–280 л, якщо планується перемішування без зниження ефективності).

Технологічні розрахунки теплоспоживання для масляних варочних котлів різної місткості, які застосовуються у виробництві кондитерської глазури наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри електричних масляних котлів серії KB (*DEN-Servis*, Україна) для глазури [5]

Модель котла	Об'єм варильної ванни, л	Орієнтовна маса глазури, кг	Час нагрівання, хв	Необхідна теплота, кДж	Розрахункова потужність, кВт	Рекомендована потужність, кВт
KB-80	80	96	35	18296	8,38	9
KB-150	150	180	40	34306	14,3	15
KB-250	250	300	45	57176	21,18	22
KB-500	500	600	50	114352	52,4	53

2.7 Енергетична ефективність процесу варіння глазури

Процес варіння глазури є енергоємним, оскільки потребує точного дотримання температурних режимів (зазвичай у межах 45–60 °С) та постійного перемішування компонентів для отримання однорідної, гомогенної маси. У контексті сучасного виробництва все більшої актуальності набуває аналіз витрат енергії та впровадження рішень для їх зниження без шкоди для якості продукції.

2.7.1. Аналіз енергоспоживання

Для виробництва 1 кг глазури середні витрати електроенергії коливаються в межах 2,0–3,5 кВт·год/кг (при використанні традиційних електричних

варильних котлів без теплоізоляції та ручного керування); 1,2–1,8 кВт·год/кг (при застосуванні сучасного обладнання з терморегуляцією та енергоощадними технологіями).

Основними споживачами електроенергії є нагрівальні елементи котла (80–90 % загального споживання); двигуни мішалок (5–10 %); системи автоматизації та контролю (до 2 %).

2.7.2. Шляхи підвищення енергоефективності котлів

Наявність ефективної термоізоляції на котлі (наприклад, базальтові або керамофіброві мати) дозволяє зменшити втрати тепла на 30–40 %. Ізоляція також знижує температуру поверхонь обладнання, підвищуючи безпечність роботи.

Використання терморегуляторів із точністю $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ запобігає перегріванню маси та надлишковим витратам енергії. Надмірний перегрів не лише збільшує споживання, але й негативно впливає на якість глазури (зміна кольору, розшарування).

Перехід від електричних до парових або термомасляних котлів дозволяє підвищити ефективність теплообміну; Використання індукційних нагрівачів або оптимізованих ТЕНів з високим ККД ($>90\%$).

Застосування програмованих контролерів (*PLC*) та систем автоматичного регулювання дозволяє знизити час нагрівання, уникнути «перепарювання» маси, забезпечити плавне зниження температури на етапі темперування.

У великих лініях може бути застосована рециркуляція тепла з охолоджуваних ділянок (наприклад, з охолоджувачів глазури) до зони попереднього підігріву сировини.

Таким чином, сукупне впровадження зазначених заходів може зменшити загальні витрати енергії до 1,0–1,2 кВт·год/кг без зниження якості глазури. Це не лише знижує витрати підприємства, а й відповідає сучасним стандартам енергоефективного виробництва.

Висновки до розділу 2

У межах дослідження технології приготування кондитерської глазури було встановлено, що якість кінцевого продукту безпосередньо залежить від властивостей сировини, точного дотримання технологічного процесу, вибору виду глазури та умов теплової обробки. Основними компонентами глазури виступають цукор, какао-маса, жири, емульгатори й ароматизатори, кожен з яких виконує важливу функцію в забезпеченні смакових, структурних та термостабільних властивостей.

Класифікація глазурей за складом і функціональними характеристиками дозволяє обґрунтовано підійти до вибору типу продукту для конкретних кондитерських виробів. Було охарактеризовано технологічну схему приготування глазури, де виділено ключові стадії: дозування сировини, плавлення, гомогенізація, темперування, нанесення та охолодження. Визначено типи обладнання, зокрема масляні електричні котли, як найбільш адаптовані до вимог виробництва термопластичних мас із високою точністю температурного контролю.

Проведений технологічний розрахунок теплоспоживання для котла об'ємом 250 л засвідчив, що для нагрівання 300 кг глазури до 80 °C за 45 хвилин необхідна теплова потужність на рівні 21,18 кВт, що узгоджується з технічними характеристиками обладнання серії KB виробництва *DEN-Service*. Оцінено енергетичну ефективність процесу варіння, зокрема вплив теплоізоляції, систем автоматизації, рециркуляції тепла й індукційних нагрівачів на зменшення енерговитрат.

Таким чином, оптимізація технології приготування глазури передбачає не лише раціональний підбір сировини та дотримання технологічних режимів, а й впровадження сучасного енергоефективного обладнання, що забезпечує стабільну якість продукції при мінімальних енергетичних і експлуатаційних витратах. Особливу увагу в цьому контексті слід приділити переобладнанню котла KB-250 шляхом встановлення механізму перекидання варильної ємності.

Така модернізація суттєво спростить процес вивантаження готової маси, знизить втрати продукту, підвищить ергономіку обслуговування апарата та мінімізує фізичне навантаження на оператора, що є важливою умовою для інтенсифікації виробничого процесу в умовах промислового виробництва кондитерської глазури.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Будова та робота електричного масляного котла КВ-250

У процесі виробничої експлуатації електричного масляного котла КВ-250 встановлено, що його конструкція не передбачає наявності механізму перекидання варильної ємності (рис. 3.1) [4, 5]. Відсутність такого вузла ускладнює процес вивантаження готового продукту після завершення технологічного циклу, що, у свою чергу, призводить до збільшення трудомісткості обслуговування, зниження рівня гігієнічності та підвищення ризику травмування персоналу [13].



Рис. 3.1 – Електричний масляний котел КВ-250 без механізму перекидання

У зв'язку з цим, у межах цієї роботи запропоновано конструктивне вдосконалення котла КВ-250 шляхом проектування та встановлення механізму перекидання варильної посудини (рис. 3.2). Така модернізація дозволяє автоматизувати операцію вивантаження продукту, забезпечити більш повне

очищення внутрішньої поверхні котла, зменшити витрати часу й підвищити ергономічність взаємодії з обладнанням.

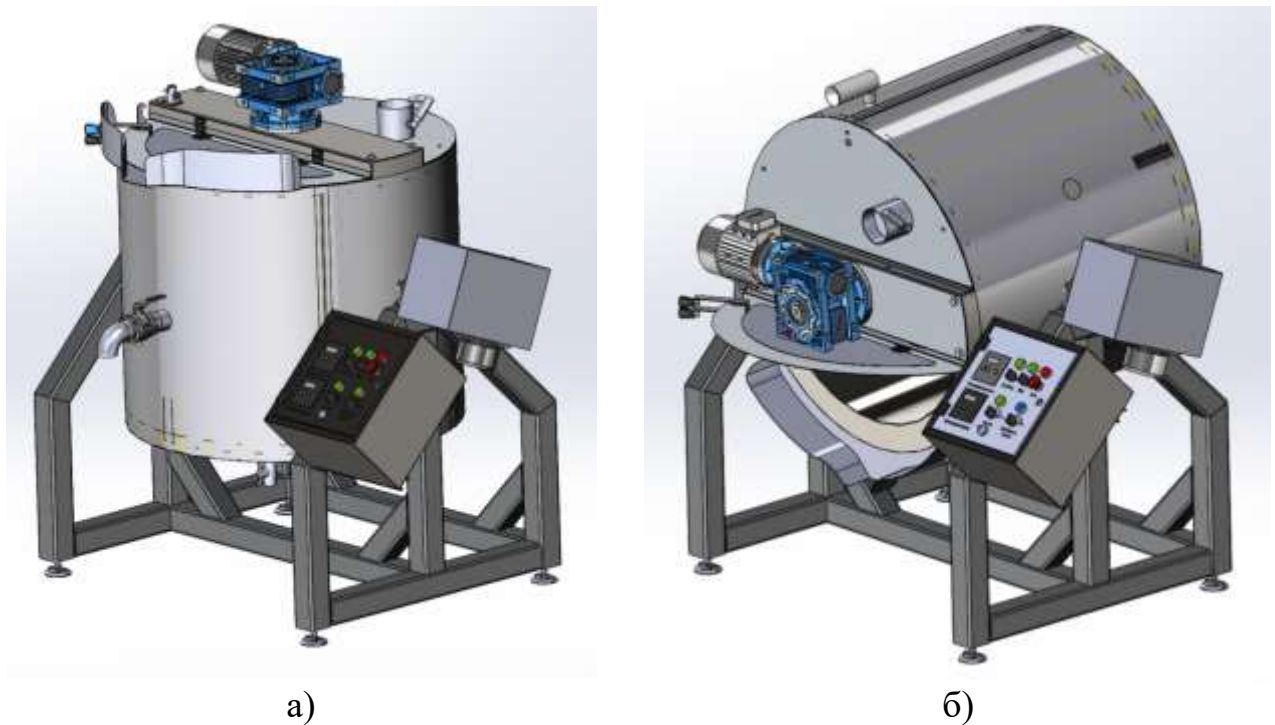


Рис. 3.2 – Вдосконалений котел KBП-250 з механізмом перекидання: а – робоче положення; б – положення вивантаження

Перекидання резервуара у вдосконаленому котлі KBП-250 здійснюється за допомогою мотор-редуктора (поз. 21, рис. 3.4), розміщеного у верхній частині перекидального механізму (2). Обертальний момент від електродвигуна передається на вал, що з'єднаний з варильною ємністю через кронштейни жорсткої фіксації. Керування приводом здійснюється через окремий пульт керування (3), встановлений на станині (2). Під час активації команди на перекидання відбувається плавне обертання котла навколо горизонтальної осі, що забезпечує контрольоване і безпечне вивантаження готової продукції [11].

Основні вузли котла варочного KBП-250 показані на рис. 3.3. Котел варочний складається з таких основних вузлів: 1 - ємкість; 2 - каркас; 3 - пульт керування; 4 - кришка; 5 - механізм перевертання; 6 - механізм переміщення

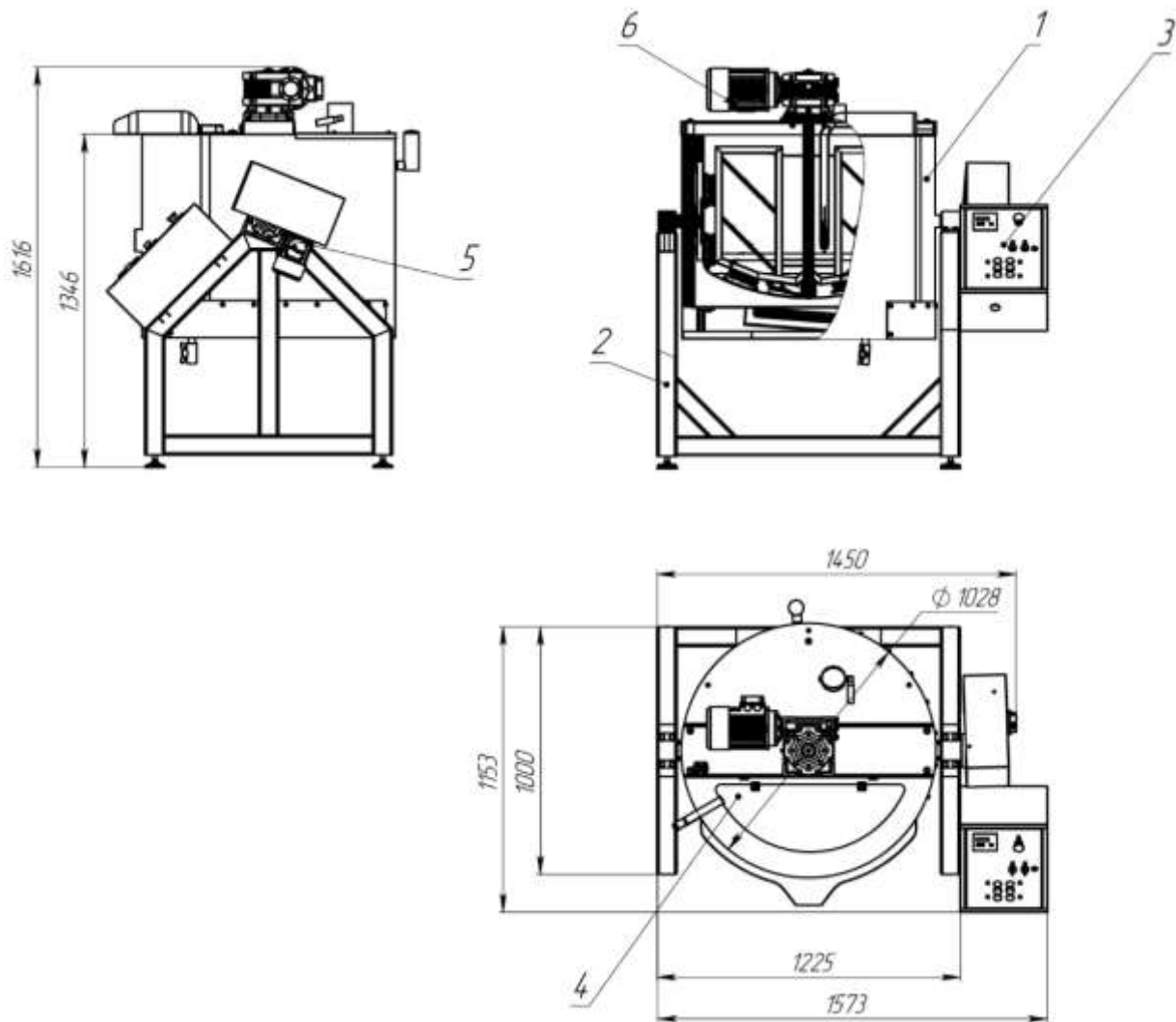


Рис. 3.3 - Котел стравоварильний КВП-250

Ємність (поз. 1, рис. 3.4) виконана у вигляді вертикального циліндра з подвійною стінкою, між якими розташована масляна сорочка, що виконує функцію теплового обігріву. Зовнішня частина ємності ізолювана шаром теплоізоляційної вати та захищена металевою обшивкою. Циліндрична ємність змонтована на осях у підшипникових вузлах (4, 5), які встановлені на несучому каркасі (2). Обертання ємності для здійснення операції перекидання забезпечується мотор-редуктором (9).

Фіксація граничних положень ємності у вертикальному положенні та при куті нахилу 95° реалізується за допомогою обмежувальної пластини (6) у поєднанні з датчиками положення (11). Каркас (2) обладнано висотно-

регульованими опорами (22), що забезпечують точне горизонтальне виставлення обладнання під час монтажу на робочій поверхні.

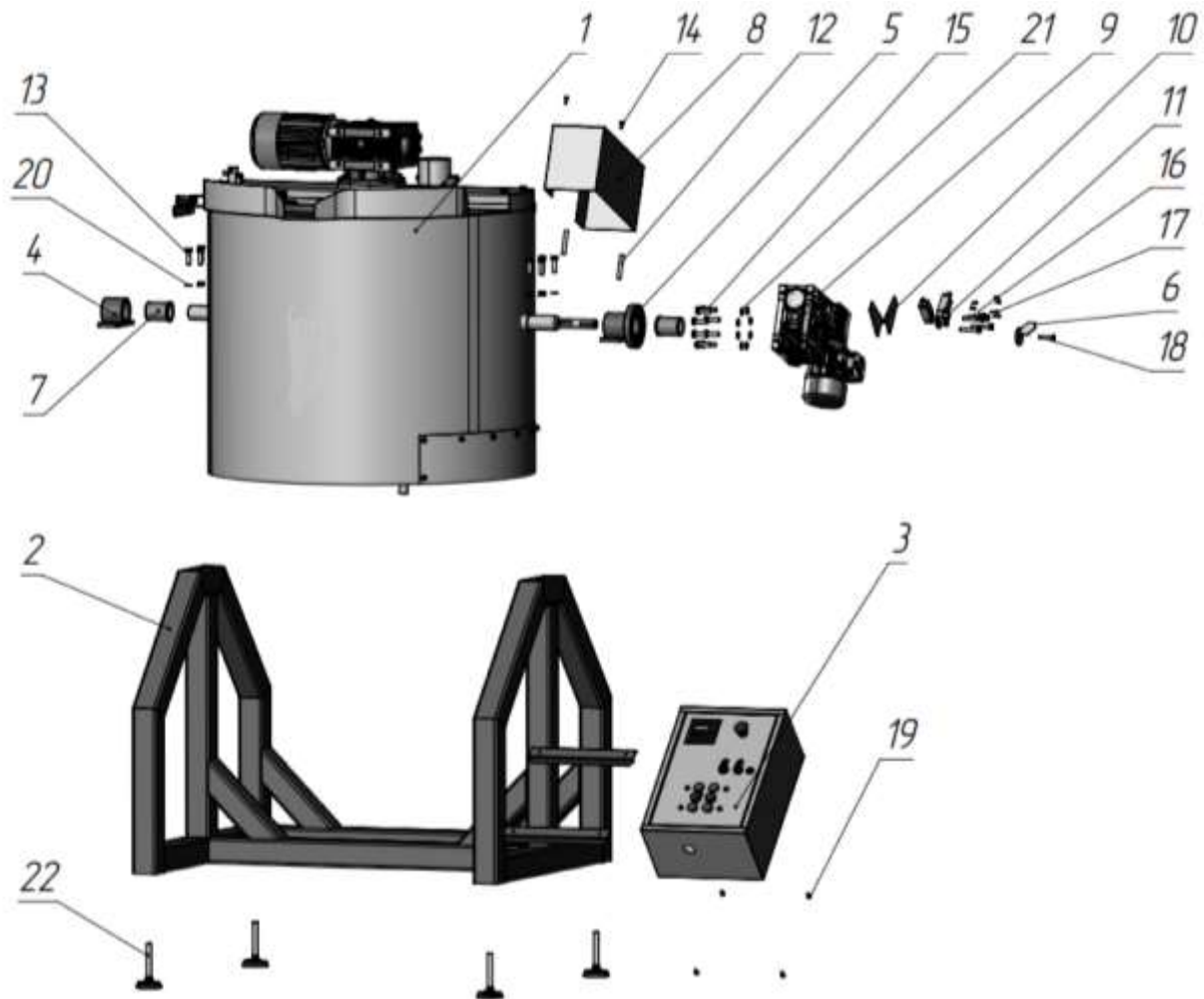


Рис. 3.4 - Ємкість з механізмом перевертання

3.2. Опис механізму перекидання варильного котла

Конструкція механізму перекидання представлена просторовим зварним каркасом, виготовленим з профільних сталевих труб прямокутного та квадратного перерізу, який забезпечує жорсткість і стійкість під час експлуатації [5].

Основні елементи конструкції (згідно зі специфікацією на графічній частині):

Поз.1 – Труба 80x80x2,0 AISI 304 (L=1225 мм) – основа конструкції (поздовжні та поперечні балки нижньої частини каркаса);

Поз.2 – Труба 80x40x2,0 AISI 304 (L=1105 мм) – горизонтальні підсилюючі елементи;

Поз.3, 4 – Труби 40x40 (різної довжини) – похилі та вертикальні зв'язки та ребра жорсткості;

Поз.5 – Підшипникові корпуси – опори обертання, встановлені у верхній частині А-подібних ферм, у які вставляються цапфи варильної ємності (отвір Ø20 мм);

Поз.6 – Регульовані опори – встановлюються в нижній частині каркаса для вирівнювання горизонтального положення;

Поз.7, 10 – Консолі для кріплення електрошкафу або пульта управління;

Поз.8 – Гвинт M16, поз.9 – Гвинт M12 – елементи фіксації/регулювання підшипників і вузлів обертання;

Поз.11 – Упори або елементи обмеження (не показані в специфікації) – передбачені місця під встановлення обмежувачів обертання та кінцевих датчиків.

Варильна ємність кріпиться до каркаса за допомогою цапф, які встановлюються в підшипникові опори (поз.5 згідно зі специфікацією на графічній частині). Обертання резервуара здійснюється за допомогою мотор-редуктора, що кріпиться безпосередньо до осі або за допомогою ланцюгової/шестерної передачі. Обертання дозволяє плавно нахилити ємність на кут до $\sim 95^\circ$, забезпечуючи повне вивантаження вмісту.

3.3. Моделювання та розрахунок напружено-деформованого стану конструкції механізму перекидання

Основною метою такого розрахунку є визначення напружено-деформованого стану основних елементів механізму перекидання під дією навантажень, які виникають під час експлуатації, зокрема у момент обертання котла та вивантаження готової суміші.

За допомогою методу скінченних елементів у середовищі *SolidWorks Simulation* [12] можна виявити ділянки з максимальною концентрацією

напружень, визначити найбільш навантажені вузли, а також перевірити, чи не перевищують отримані напруження допустимих меж для обраного матеріалу. Це дозволяє вчасно виявити конструктивно слабкі місця, провести необхідну корекцію форми елементів або змінити перерізи деталей задля підвищення міцності та довговічності.

Крім того, отримані результати розрахунку дозволяють обґрунтувати вибір матеріалу, підтвердити ефективність запропонованих технічних рішень та уникнути надмірного запасу міцності, що, своєю чергою, дає змогу зменшити масу конструкції і оптимізувати витрати на її виготовлення. Розрахунок також враховує реальні умови навантаження, включаючи вагу готової суміші, власну масу конструкції, наявність опор, момент інерції при повороті тощо.

На рис. 3.5 представлено модель рами механізму перекидання варильного котла після дискретизації сіткою скінчених елементів у *SolidWorks Simulation*.

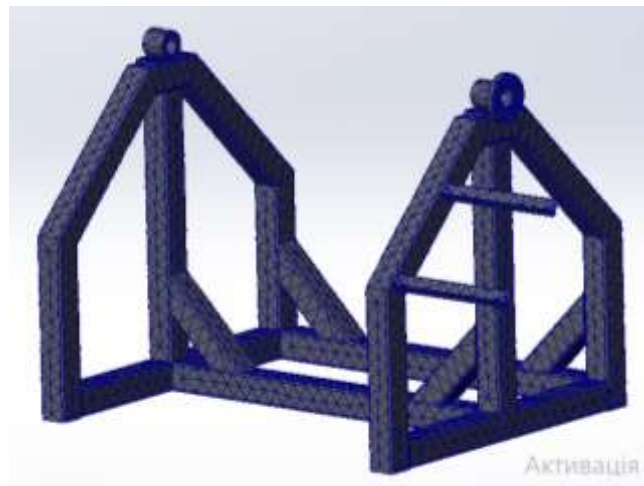


Рис. 3.5 - Розбиття моделі каркасу КВП-250 на сітку скінчених елементів

Сітка побудована з тетраедральних елементів середньої густини, що забезпечує достатню точність для аналізу напружено-деформованого стану. Особливу увагу приділено зонам з геометричними переходами, отворами та місцями прикладання навантаження, де ймовірно виникнення локальних напружень.

Результат статичного аналізу напруженого стану конструкції механізму перекидання варильного котла зображено на рис. 3.6, де напруження визначено

за критерієм фон Мізеса. Максимальне значення становить $1,008 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$, що не перевищує межу плинності матеріалу ($2,250 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$).

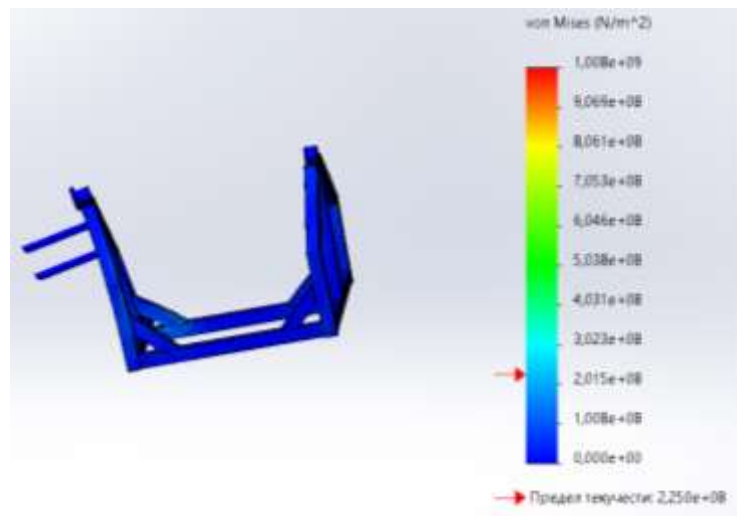


Рис. 3.6 - Результат статичного аналізу напруженого стану конструкції механізму перекидання варильного котла

Основна частина конструкції працює в пружному режимі з наявністю запасу міцності. Найбільш навантажені зони розташовані у місцях кріплення та переходу перерізів, проте напруження залишаються в допустимих межах.

Максимальне зміщення становить 8,56 мм і спостерігається у верхній частині виносних елементів, які зазнають найбільшого навантаження (рис. 3.7) за результатами аналізу переміщень.

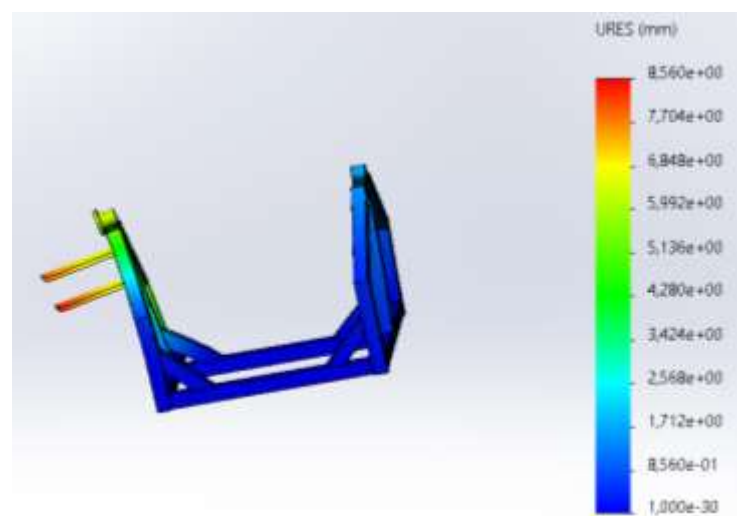


Рис. 3.7 - Результат аналізу переміщень конструкції механізму перекидання варильного котла

Основна частина конструкції має зміщення в межах 1–4 мм, що свідчить про достатню жорсткість. Отримані результати підтверджують, що конструкція не деформується надмірно і зберігає геометричну стабільність при роботі.

Результат аналізу деформацій конструкції зображено на рис. 3.8. Максимальне значення відносної деформації становить $2,075 \cdot 10^{-3}$, що припадає на зони згину в районі навантажених вузлів. Основна частина конструкції має деформації в межах $2,0 \cdot 10^{-4} \dots 8,0 \cdot 10^{-4}$, що свідчить про рівномірний розподіл навантаження та відсутність надмірної жорсткості або локальних перевантажень. Загалом отримані значення підтверджують працездатність конструкції без виникнення небезпечних пластичних деформацій.

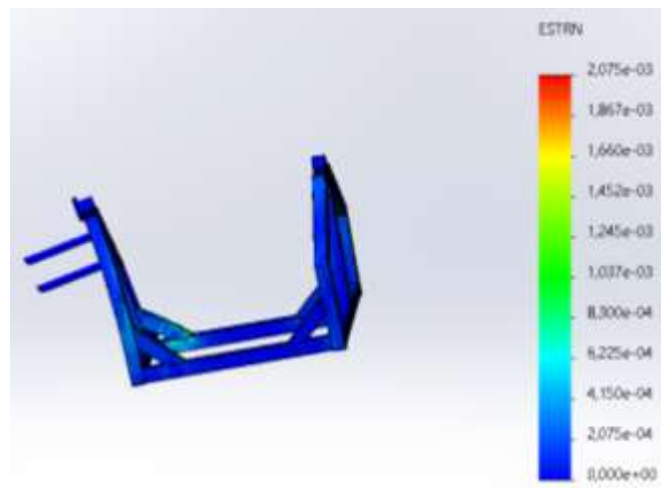


Рис. 3.8 - Результат аналізу деформацій конструкції механізму перекидання варильного котла

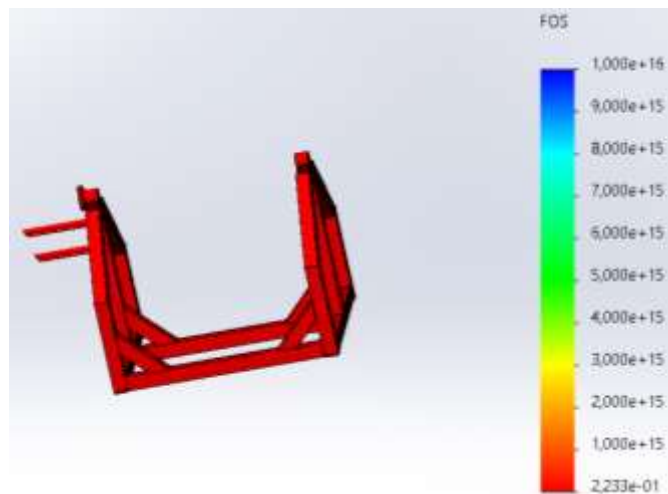


Рис. 3.9 - Результат аналізу коефіцієнта запасу міцності конструкції

Результат аналізу коефіцієнта запасу міцності конструкції механізму перекидання варильного котла зображено на рис. 3.9. Згідно з графічною шкалою, мінімальне значення коефіцієнта запасу становить 0,22, що свідчить про перевищення напружень у окремих елементах конструкції відносно межі плинності матеріалу. Більшість вузлів забарвлена в червоний колір, що вказує на недостатній запас міцності за поточних навантажень.

Такий результат потребує перегляду навантажувальних умов, матеріалу або конструктивного посилення відповідних зон. З метою забезпечення надійної експлуатації механізму доцільно внести зміни в геометрію окремих елементів, збільшити перерізи або застосувати матеріал з вищою межею плинності.

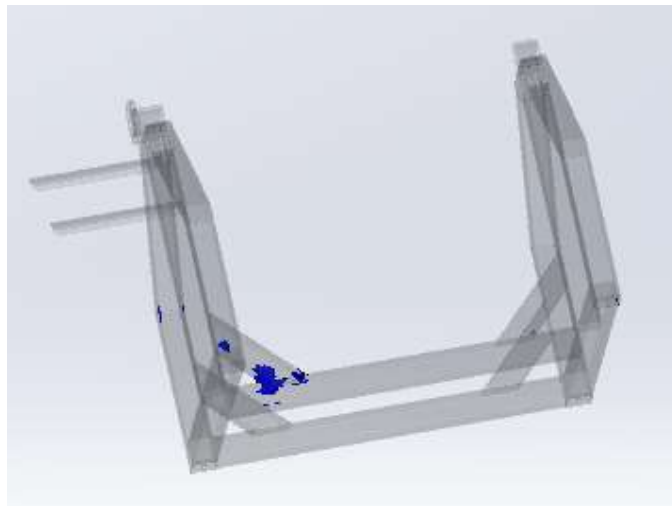


Рис. 3.10 - Результат аналізу *Design Insight* найбільш навантажених зон моделі конструкції

Результат аналізу *Design Insight* [12] у середовищі зображено на рис. 3.10. Цей режим дозволяє визначити області конструкції, які найбільше беруть участь у сприйнятті навантаження, а також ті, які мають мінімальний вплив на загальну жорсткість.

На зображенні видно, що сині ділянки зосереджені переважно у нижній частині вертикальних стояків та в зоні з'єднання з опорною балкою. Це свідчить про те, що саме ці елементи несуть основне навантаження, і їхня

геометрія критично важлива для загальної міцності конструкції. Водночас інші частини конструкції, які залишаються прозорими, менш навантажені, отже, їх можна частково спростити або оптимізувати з метою зниження маси.

Оскільки механізм функціонує в умовах циклічного навантаження, виконуємо дослідження його довговічності за кількістю циклів до руйнування. Результати цього аналізу представлено на рис. 3.11. Вхідні параметри задаються з урахуванням максимальної кількості циклів - 1 мільйон, а також модулем пружності матеріалу, що використовується (рис. 3.12).

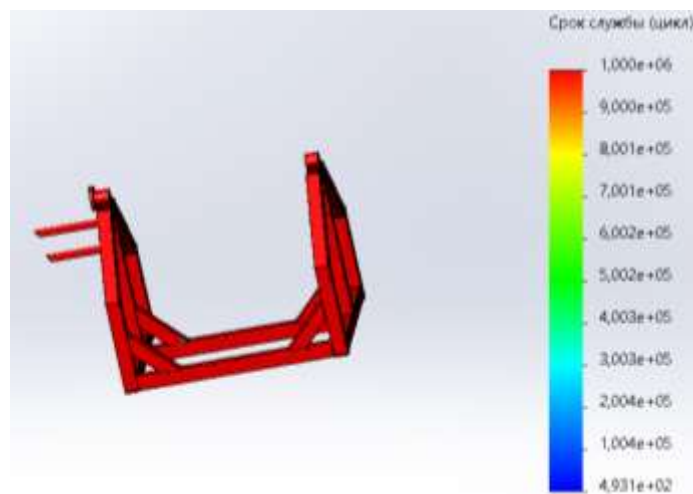


Рис. 3.11 - Дослідження моделі на кількість циклів до руйнування

На основі циклічного аналізу встановлено, що найбільш навантажені ділянки конструкції мають ресурс понад 1 мільйон циклів, що свідчить про високий рівень втомної міцності. Це підтверджує, що за заданих умов навантаження конструкція має достатній запас ресурсу і придатна до тривалої експлуатації в умовах періодичної дії навантажень.

В результаті моделювання та розрахунку напружено-деформованого стану конструкції механізму перекидання варильного котла встановлено, що конструкція працює в межах пружної деформації і здатна витримувати прикладені навантаження без перевищення допустимих значень напружень. Максимальні еквівалентні напруження за критерієм фон Мізеса не перевищують межу пластичності обраного матеріалу, що підтверджує її міцність.

Аналіз переміщень та деформацій показав задовільну жорсткість конструкції, оскільки максимальні зміщення залишаються в межах допустимих значень.

Проведене втомне моделювання засвідчило, що ресурс конструкції за умов циклічного навантаження становить понад 1 мільйон циклів, що підтверджує її довговічність. У той же час локальні значення коефіцієнта запасу міцності в окремих ділянках вимагають уваги при уточненні навантажувальних умов або можуть бути компенсовані шляхом конструктивного посилення цих зон. Загалом результати розрахунків підтверджують ефективність запропонованої конструкції та можливість її безпечної експлуатації у заданих режимах роботи.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки під час експлуатації електронагрівального обладнання

Організація безпечних умов праці під час експлуатації стравоварильних котлів має першочергове значення, оскільки обслуговуючий персонал працює з обладнанням, що функціонує під високою температурою, тиском пари та напругою електричної мережі. Неналежне технічне обслуговування або порушення інструкцій з експлуатації можуть призвести до травматизму, опіків, ураження електричним струмом або аварійних ситуацій [13, 14].

До основних шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які супроводжують роботу на електричних масляних котлах, належать підвищена температура поверхонь обладнання; висока температура рідин, пари та готової продукції; наявність електричної напруги в мережі живлення; небезпека ураження паром під тиском; можливість витікання гарячого теплоносія (термомасла); недостатнє або неефективне відведення тепла й пари в зоні розміщення котла.

Для зниження впливу зазначених факторів у конструкції сучасних стравоварильних котлів передбачено наявність теплоізоляції корпусу, що знижує температуру зовнішніх поверхонь; автоматичні системи контролю рівня теплоносія та температури; запобіжні клапани для скидання надлишкового тиску; блокування відкриття кришки до повного зниження тиску; сигнальні індикатори аварійних станів (відсутність води, перегрів, коротке замикання); можливість регульованого відведення пари через вентиляційні патрубки; термостійка арматура з атермічними ручками [13, 14].

До експлуатації обладнання допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та мають групу допуску з електробезпеки не нижче II. Персонал повинен дотримуватись правил технічної експлуатації, використовувати засоби індивідуального захисту (рукавиці,

фартухи, взуття з нековзною підошвою тощо), а також негайно повідомляти про виявлені несправності.

Розміщення котлів у виробничому середовищі повинно відповідати вимогам пожежної безпеки. Обладнання встановлюється на рівній вогнестійкій основі з відступом від стін. Необхідно забезпечити вільний доступ до органів керування та оглядових люків. Електричні підключення повинні бути захищеними, з можливістю аварійного відключення.

Важливо дотримуватися планово-попереджувального обслуговування. Періодично слід перевіряти справність електрообладнання, заземлення, стан запобіжної арматури, датчиків температури й рівня, а також виконувати очищення внутрішніх поверхонь котлів і вентиляційних каналів.

Забезпечення ефективної охорони праці при експлуатації стравоварильних котлів дозволяє не лише запобігати виробничому травматизму, а й продовжити строк служби обладнання, зберегти якість продукції та підтримувати безпечне середовище на підприємстві громадського харчування.

4.2. Особливості безпечної експлуатації електронагрівального обладнання на підприємствах ресторанного господарства

На об'єктах торгівлі та громадського харчування функціонує широкий спектр електронагрівального обладнання, яке виконує різні технологічні операції. Безпека його експлуатації забезпечується конструктивними рішеннями, застосуванням контрольно-вимірювальних приладів і відповідною системою автоматичного захисту [13, 14].

Електричні харчоварильні котли комплектуються електроконтактним манометром, подвійним запобіжним клапаном, воронкою для наповнення і клапаном-турбінкою. Манометр підтримує необхідний тиск пари у пароводяній рубашці, забезпечуючи стабільний тепловий режим. Граничні значення тиску

налаштовуються за допомогою спеціального ключа, а у разі перевищення або зниження тиску система автоматично коригує потужність нагріву.

Запобіжний клапан забезпечує скидання надлишкового тиску (понад 150 кПа) та надходження повітря у рубашку під час охолодження. Підливний важіль дозволяє усувати залипання клапана, а повітряний механізм сприяє стабілізації тиску при нагріванні. Рівень води контролюється за допомогою крана рівня. Для уникнення надлишкового тиску у варильній камері передбачено клапан-турбінку, встановлений на кришці. Вона, своєю чергою, врівноважена противагою.

У моделях, подібних до КПЕ-100, елементи керування та захисту від «сухого ходу» винесені на станцію управління з індикацією стану (сигнальні лампи «Увімкнено» та «Немає води»). Захист від «сухого ходу» блокує запуск або відключає живлення при недостатньому рівні води. Заземлення корпусу забезпечується окремим провідником, який може бути прокладений у сталевій трубі разом з кабелем живлення.

У секційних електричних пароварильних апаратах типу АПЕСМ-2 нагрів здійснюється ТЕНами з регулюванням потужності, а захист від перегріву і «сухого ходу» – через реле тиску. Пара подається у варильні камери через шибер, а конденсат відводиться до каналізації. Індикація стану здійснюється за допомогою ламп «Немає води» і «Нагрівання». Доступ до гарячих елементів у робочому режимі заборонений.

Кип'ятильники (наприклад, КНЕ-25) мають захисну і регульовальну автоматику, що попереджує запуск при низькому рівні води й вимикає ТЕНи при досягненні граничних показників. Рівень води регулюється поплавковим пристроєм, який керує надходженням рідини. Для запобігання перегріву передбачено злив надлишків окропу по сигнальній трубці. На корпусі встановлено сигнальні лампи та заземлювальний болт.

У кавоварках з водонагрівальним котлом запобігання надлишковому тиску здійснюється через запобіжний клапан. Рівень води контролюється через водомірне скло, а її подача – поплавковим клапаном.

У посудомийних машинах безперервної дії (ММУ-2000) передбачено автоматизований контроль температури (термосигналізатори ТСМ-100), рівня рідини, електробезпеки та блокування секцій. Вмикання нагрівачів та їх режим роботи контролюються з пульта керування. Перед початком експлуатації перевіряється стан заземлення, захисних огорож і справність вузлів. Після завершення циклу – здійснюється повне вимкнення й санітарне очищення.

Електросковороди (СЕСМ-0,2, СЕ-0,45) мають герметично закриті нагрівальні елементи, реле температури та систему безпеки, яка блокує перекидання чаші при закритій кришці. Під час перекидання ТЕНи автоматично вимикаються. Заземлення здійснюється через відповідний затискач.

Автомати для смаження (типу АЖ ЗП-М) оснащені огорожами, реле тиску для компресора, контактним термометром і системою захисту від перенавантаження. Подача й рівень олії контролюються реле рівня, а небезпечні випаровування усуваються вентиляційною системою.

У мікрохвильових печах (наприклад, «Дніпрянка-1») передбачено блокування високовольтного генератора при відкритті дверцят, захист магнетрона термовимикачем і захист від короткого замикання. Експлуатація без елементів захисту або за наявності пошкоджень заборонена.

Електроплити (ПЕ-0,51-0,1, ПЕСМ-4 та ін.) повинні бути оснащені поручнями, мати справні нагрівальні елементи з регулюванням потужності, автоматичне підтримання температури й заземлення. Рекомендується уникати різких змін температури поверхні конфорок і попадання на них рідини для попередження їх пошкодження.

4.3. Правила безпечної експлуатації харчоварильних котлів

Перед початком експлуатації харчоварильного котла необхідно переконатися в наявності справного заземлення та перевірити контрольно-вимірювальні прилади, зокрема, відсутність пошкоджень, наявність пломб і

правильне під'єднання манометра. Особливу увагу слід приділити контролю рівня води в парогенераторі [13, 14].

Парогенератор необхідно заповнювати виключно кип'яченою, відстояною або дистильованою водою. Під час заповнення потрібно відкрити крани заливної лійки та крана рівня. Заливати воду слід до моменту появи рівномірного струменя з контрольного крана. Після цього кран лійки закривають, а для прискорення виходу повітря з сорочки відкривають повітряний клапан. Якщо повітряний клапан конструктивно не передбачено, кран лійки залишають відкритим до моменту появи щільного струменя пари.

Перед увімкненням обладнання слід перевірити, щоб стрілка електроконтактного манометра перебувала в нульовому положенні. Спеціальним ключем необхідно встановити верхній і нижній допустимі межі тиску пари у сорочці відповідно до технічного паспорта конкретної моделі котла. Після цього на станції керування вибирається робочий режим і запускається котел кнопкою «Пуск».

Під час експлуатації забороняється залишати обладнання без нагляду. При потребі контролю готовності продукту в перекидних моделях відкривати кришку слід обережно - «на себе», щоб уникнути впливу гарячої пари. У стаціонарних котлах перед відкриттям кришки слід вимкнути апарат, дерев'яною паличкою підняти кільце клапана-турбінки для випуску пари, зачекати 5–10 хвилин, після чого послабити й повністю відкрутити кріпильні гвинти, стоячи збоку від протипаги.

Після завершення роботи котел обов'язково вимикається, розвантажується, а внутрішні поверхні ретельно промиваються. До обслуговування теплового обладнання допускаються лише працівники, які пройшли відповідне навчання з технічного мінімуму. Щонайменше один раз на місяць необхідно проводити технічне обслуговування запобіжних клапанів: розбирати, очищувати від накипу й опломбовувати з обов'язковим зазначенням дати - ці роботи виконує уповноважена особа (механік).

Висновки до розділу 4

Безпечна експлуатація харчоварильних котлів, зокрема електричного обладнання з нагрівальними елементами, потребує дотримання цілого комплексу організаційних, технічних та експлуатаційних вимог. У ході аналізу було встановлено, що основними шкідливими та небезпечними виробничими чинниками є підвищена температура робочих поверхонь, наявність електричної напруги, можливість ураження парою під тиском, а також перегрів теплоносія або сухий хід при недостатньому рівні води.

З метою зменшення впливу цих факторів у сучасних конструкціях стравоварильного обладнання передбачено багаторівневий захист: запобіжні клапани, автоматичне блокування роботи при відсутності води, термостійка арматура, теплоізоляція, система аварійного скидання тиску, а також індикація аварійних станів.

Особливу увагу слід приділяти регулярному технічному обслуговуванню, перевірці заземлення, стану контрольно-вимірювальних приладів та справності запобіжної арматури. Персонал, який обслуговує таке обладнання, повинен пройти інструктаж, мати відповідну кваліфікацію та групу з електробезпеки.

Правильне розміщення обладнання, наявність вогнестійких основ, вільного доступу до вузлів керування і вентиляції сприяють створенню безпечних умов праці на підприємствах ресторанного господарства.

Таким чином, дотримання встановлених вимог охорони праці дозволяє мінімізувати ризики травматизму, забезпечити довговічність обладнання та підтримувати належний санітарно-технічний стан робочого середовища.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Розрахунок собівартості виготовлення конструкції

З метою визначення економічної ефективності розробленого механізму перекидання варильного котла виконано розрахунок повної собівартості його виготовлення. Розрахунок включає витрати на основні матеріали (швелери), обробку, зварювальні й складальні роботи, а також загальновиробничі витрати.

Матеріальною базою конструкції є гарячекатані швелери типорозмірів 6,5 і 8. На підставі креслення та специфікації конструкції обрано відповідні довжини й кількість елементів. Вартість матеріалів враховувалась згідно з актуальними ринковими прайсами (станом на травень 2025 року) для профілів торговельних марок «Метінвест-СМЦ» та «Метал-Холдінг» [16, 17].

Вартість кожної позиції розраховувалась за формулою 5.1:

$$C_{\text{мат}} = \sum_{i=1}^n (L_i \cdot N_i \cdot P_i), \quad (5.1)$$

де L_i - довжина одного виробу, м,

N_i - кількість виробів,

P_i - ціна 1 м виробу, грн.

Загальна вартість швелерів за усіма позиціями становить $C_{\text{мат}} = 2753,21$ грн.

До витрат на матеріали додаються витрати на механічну обробку, зварювання та складання. Тут враховуємо механічну обробку (розкрій, свердління): 0,5 год на 12 деталей при ставці 80 грн/год:

$$C_{\text{обр}} = 0,5 \cdot 12 \cdot 80 = 480 \text{ грн};$$

Зварювальні роботи у кількості 15 м швів, витрати на електроди (7,5 кг по 120 грн/кг), зарплата зварника (0,2 год/м $\times$ 100 грн/год):

$$C_{ел} = 7,5 \cdot 120 = 900 \text{ грн}; C_{зн} = 15 \cdot 0,2 \cdot 100 = 300 \text{ грн}; C_{зв} = 1200 \text{ грн};$$

Складальні роботи $C_{скл}$ тривалістю 2 год $\times$ 80 грн/год = 160 грн.

Для складання конструкції застосовуються болти, гайки й шайби типорозмірів М16 та М12 (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 - Витрати на кріпильні елементи

№ з/п	Назва	Кількість, од	Ціна, грн	Вартість, грн
1	Болт М16	8	18	144
2	Гайка М16	8	6	48
3	Шайба М16	16	2,5	40
4	Болт М12	8	12	96
5	Гайка М12	8	5	40
6	Шайба М12	16	2	32
	Всього:			400

До основних витрат додаються загальновиробничі витрати у розмірі 120% від суми зарплат:

$$C_{зн} = 480 + 300 + 160 = 940 \text{ грн};$$

$$C_{заг} = 1,2 \cdot 940 = 1128 \text{ грн}.$$

Загальна собівартість виготовлення конструкції становить:

$$C_{повна} = 2753,21 + 400 + 480 + 1200 + 160 + 1128 = 6121,21 \text{ грн}.$$

5.2 Вартість електроприводу та загальна ціна механізму

Крім зварної конструкції, механізм включає мотор-редуктор *NMRV-75-80* з електродвигуном 220/380 В вартістю 6000 грн та частотний перетворювач *Veichi AC70-T3-2R2G/004P*, 2.2 кВт/4 кВт, 3-ф/380 вартістю 10000 грн. Разом витрати на привод механізму перевертання становлять $C_{пр} = 6000 + 10000 = 16000$ грн.

Відповідно, повна вартість виготовлення всього механізму:

$$C_{\text{мех}} = 6121,21 + 16000 = 22121,21 \text{ грн.}$$

Ринкова вартість готового механізму встановлена на рівні $C_p = 40000$ грн.

Згідно отриманих розрахунків очікуваний прибуток становитиме:

$$П = 40000 - 22121,21 = 17878,79 \text{ грн.}$$

5.3 Термін окупності та ефективність впровадження

Механізм дозволяє автоматизувати процес перекидання котла і щодня економити щонайменше 1 год роботи 2 працівників (80 грн/год). Звідси, денна економія становитиме $E_d = 2 \cdot 80 = 160$ грн, а термін окупності

$$T_{\text{окуп}} = \frac{C_p}{E_d} = \frac{40000}{160} = 250 \text{ днів} \approx 8,3 \text{ місяця} \quad (5.2)$$

Висновки до розділу 5

Розрахунок повної собівартості виготовлення конструкції механізму перекидання показав, що її вартість становить 6121,21 грн, а повна вартість готового механізму разом із приводом - 22121,21 грн. При ринковій вартості 40000 грн очікуваний прибуток становить 17878,79 грн. Термін окупності при щоденній експлуатації становить 8,3 місяця. Таким чином, впровадження механізму є технічно доцільним і економічно ефективним.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У ході виконання кваліфікаційної роботи були встановлено, що застосування традиційних методів ручного вивантаження котла супроводжується підвищенням ризиком для персоналу, значними фізичними зусиллями та неефективністю виробничого процесу. З огляду на це було обґрунтовано доцільність автоматизації цієї операції шляхом впровадження спеціалізованого механізму.

Розроблено конструкцію механізму перекидання з використанням мотор-редуктора та частотного перетворювача, яка забезпечує надійне, безпечне й плавне обертання котла. За допомогою програмного забезпечення *SolidWorks* було побудовано тривимірну модель механізму та здійснено моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням реальних навантажень. Результати симуляції свідчать про відсутність перевищення допустимих напружень у матеріалі, рівномірний розподіл навантажень та достатній запас міцності. Додатково виконано аналіз на втомне руйнування, що засвідчив стійкість конструкції до циклічного навантаження протягом не менше одного мільйона циклів.

Економічні розрахунки показали, що загальна вартість виготовлення механізму становить 22121,21 грн. При цьому ринкова вартість готового виробу дорівнює 40000 грн, що забезпечує очікуваний прибуток на рівні 17878,79 грн з одиниці продукції. Термін окупності складає близько 250 днів, що свідчить про високу ефективність розробки з економічної точки зору.

На підставі проведеного дослідження рекомендовано впровадити запропонований механізм перекидання у виробничий процес харчових підприємств, де використовуються варильні котли аналогічного типорозміру. Також доцільно розробити варіанти конструкції для котлів інших об'ємів - від 200 до 500 літрів - з можливістю уніфікації окремих елементів. У перспективі рекомендовано забезпечити патентний захист технічного рішення та

розглянути можливість впровадження програмного керування частотним перетворювачем для покращення точності та зручності експлуатації.

Отримані результати дослідження можуть бути використані при проектуванні обладнання для харчових виробництв, а також у навчальному процесі при підготовці фахівців з машинобудування та автоматизації технологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Серов А. Ю., Матвеев С. М. Технічне оснащення підприємств харчування: підручник. Київ Центр учбової літератури, 2017. 288 с.
2. Дудка Л. П. Технологічне обладнання підприємств харчування: навч. посіб. Одеса ОНАХТ, 2018. 262 с.
3. Пат. 126325 Україна, МПК А47J 27/00. Пристрій для перекидання харчоварильного котла / О. М. Сніжко, П. В. Яровенко. № u201710992; заявл. 10.11.2017; опубл. 25.06.2018. Бюл. № 12.
4. Коваленко М. М., Сердюк В. П. Розробка механізмів перекидання для котлів громадського харчування // Обладнання та технології харчових виробництв. 2021, № 2(28). С. 45–51.
5. Каталог продукції компанії «Ден-сервіс» [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://den-service.com.ua/#catalog>
6. Міщенко І. І. Конструювання харчових машин: підручник. Харків, ХНАУ, 2018. 410 с.
7. ДСТУ EN 60335-1:2016. Безпечність побутових та аналогічних електричних приладів. Частина 1. Загальні вимоги. Чинний від 2016-12-01. Київ Мінекономрозвитку України, 2016. 108 с.
8. Правила улаштування електроустановок. Частина 1. Загальні положення. Київ Мінпаливенерго України, 2021. 76 с.
9. Орлов П. І. Електропривод в харчовій промисловості: навч. посіб. Львів ЛНТУ, 2020. 186 с.
10. Кондитерська глазур: види, склад, як використовувати [Електронний ресурс] // Блог інтернет-магазину «Любисток». Режим доступу: <https://lubystok.shop/blog/kondyterskaia-hlazur-vydu-sostav-kak-yspolzovat>
11. Погорілий О. С. Основи конструювання машин і апаратів харчових виробництв: навч. посіб. Київ, НУХТ, 2019. 284 с.
12. SolidWorks Simulation 2024. User Guide / Dassault Systèmes [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.solidworks.com>

13. Скалецький М. С., Криворучко І. І., Петренко І. Б. Безпечність праці в галузях харчової промисловості: навч. посіб. Київ Центр учбової літератури, 2020. 312 с.
14. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво) : навч. посіб. / І. П. Пістун, А. П. Березовецький, С. А. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2018. 367 с. - ISBN 978-966-680-430-6.
15. Метінвест-СМЦ: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://smt.metinvestholding.com>
16. Метал-Холдінг: офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metalholding.com.ua>
17. Мазнєв Г.Є. Турченко М.М., Щетинін М.Д. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК. Харків: ХДТУСГ, 2001. 400 с.