

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНА РОБОТА

ОС «Магістр»

Тема “Модернізація печі для виготовлення  
соціально-орієнтованих сортів хліба”

Галузь знань 13 Механічна інженерія  
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
Спеціалізація Машини і апарати харчових виробництв  
Шифр ДПМАХВ 22.08.00.00.000 ПЗ

Студент гр. МАХВ<sub>м</sub>-21-1 Кирилюк В.С.  
Керівник роботи к.т.н, доц. Мартинюк А.В.  
Нормоконтролер к.т.н, доц. Лук'янюк М.В.  
До захисту допускаю: д.т.н., проф. Стечишин М.С.  
Завідувач секцією МАХВ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 2022 р.

Хмельницький, 2022р.

ПАНАСЮК Я.С. (МАХВМ-21-1)

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему: “Модернізація печі для виготовлення соціально-орієнтованих сортів хліба” виконав магістрант групи МАХВМ-21-1 Панасюк Ярослав Сергійович. Керівник – Мартинюк Андрій Віталійович.

Дипломний проект (ДП) розроблено у Хмельницькому національному університеті у 2022 році.

ДП складається з пояснювальної записки об'ємом 80 сторінок та презентації.

В ДП показана будова та принцип влаштування печі ПСХ26, технологію виробництва хлібу, розрахунок параметрів тех. процесу виробництва хліба, пораховано баланс печі (тепловий), показана суть інновації печі та техніко-економічні показники. Також підібрано та оновлено технологічне обладнання, а також розраховано освітлення цеху з виготовлення подових та соціальних сортів хліба та хлібобулочних виробів.

# 1 КОРОТКИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ БОРОШНИСТИХ ТЕПЛОВИХ ШАФ

При виробництві борошнистих і здобних харчових продуктів в технологічному ланцюзі особливе значення має теплова шафа, де відбувається кінцева позиція, при котрій в тепловій шафі відбуваються наступні основні операції:

1. отримання енергії з пального або переведення електроенергії в теплову (енергетичні операції);
2. пересування подрібнених до газу речовин і рідиноподібних речовин (гідродинамічні операції);
3. тепло- і обмін мас в середині і зовні виробу (тепло- і обмін масний процес);
4. фізико-хімічні, мікробіологічні, біохімічні і колоїдні зміни в тісті і виробу (технологічні операції);
5. зміна позиції борошнистих харчових продуктів (механічний процес).

Навіть з такого короткого аналізу реакцій видно, що робота теплової шафи – це занадто складний комплекс різних реакцій, котрі мають свої специфічні закономірності. Тому розвиток науки про операції, котрі відбуваються в тепловій шафі, і її об'ємі тісно пов'язані з цілим рядом самостійних наук.

Основи гіпотези теплових шаф здобної і цукрової виробництва були розроблені в 40-х роках В.С.Краснопівцевим. В подальшому С.С. Гнізбургс в 1955 році в монографії „Фізико-теплові основи процесу в тепловій шафі” описав фізико-теплові основи процесу печення на базі гіпотези переміщення тепла і води в цьому процесі. Фундаментом цієї гіпотези є вчення про перенос тепла та Термінти маси, яке створив В.А. Лізков і його школа.

В 30-х роках ХХ ст. під управлінням Г.Т. Марисикова був побудований автоматичний завод з вітчизняним устаткуванням і теплова шафа ними агрегатами з кінцевими стрічками. Одночасно під управлінням В.С. Краснопівцева розроблена унікальна як для того часу схема стрічкової виробничої теплової шафи ФТЛ-23, котра в покращеному варіанті одержала об'ємне впровадження.

В залежності від способу підігріву об'єму печення виробу теплової шафи об'єднані в 5 груп. Поглянемо конструктивні тонкощі цих теплових шаф.

### 1.1 Теплової шафи з регенеративним обігрівом

Об'єм печення нагрівається твердим (деревина, сіно, торф), газоподібним або рідиноподібним паливом (дизельне паливо, мазут, бензин). Термін підігрівання теплової шафи залежить від її об'єму і вмісту води пального. Тех. процес печення виробу в теплових шафах включає з таких операцій: загрузка черіння, запалювання пального, очистка черіння, вистоявання теплової шафи, загрузка черіння масою, витеплова шафака і вивантажування готового виробу.

З метою економії площі черіння конструювали двоярусні жарові теплової шафи, в яких об'єму печення розташовували одна над одною. Теплової шафи такого типу в основному застосовувались як для печення соціальних видів виробу. В даний момент розроблені поточні лінії, котрі облаштовані стрічковими тепловими шафами особливої конструкції.

### 1.2 Теплової шафи з каналним отриманням енергії

Теплові шафи цієї конструкції мали широке впровадження, як в УСРСР, так і за кордоном в середині минулого тисячоліття. Основним недоліком цих теплових шаф було те, що загрузка і виграза виробу було ручним, тому теплові шафи цього типу замінюють суТермінними стрічковими з механізованими процесами печення харчових продуктів різного асортименту.

### 1.3 Теплові шафи з стрічковим і карусельним черінем і безчеріневі теплові шафи

Характерним як для цих теплових шаф є те, що вони обладнані колісковими стрічками і можуть працювати в безперервному режимі. До цих теплових шаф відносяться УДПГ системи Г.Я. Гриншпуна, ФТЛ-20, УПГ-3 з одним карусельним черінем. До такого типу відносяться теплові шафи малої продуктивності закордонних фірм: роторно-коліскова тепла шафа фірми „Readco” (США); з реверсними сітковими стрічками фірми „Вернер і Пфлейдер” (Німеччина); теплові шафи „Senator” і „Matador”.

Безчеріневі теплові шафи виготовляють фірми „Вернер і Пфлейдер” (Німеччина); „Ельмеко” (Швеція) як для підприємств малої потужності. В них черінь замінено полицями візків, на яких дозрівають тістові форми; потім візок відправляють в пекарну камеру і випікають на ньому виріб. На цих же візках виробобулочні вироби охолоджуються без перевантажування.

#### 1.4 Тепловій шафі середньої продуктивності з каналним отриманням енергії об'єму печення.

Яскравим представником цього типу теплових шаф є колісково - черінева теплова шафа ФТЛ-2, яку виготовляли в семи модифікаціях як для печення різного асортименту вирібобулочних харчових продуктів. Ця теплова шафа має тупикову камеру печення, в котрій розміщений дволанцюговий колісково - черіневий стрічку з колісками на яких випікається виріб. Зміна позиції стрічки позиційна. Позиція стрічки вимірюється технологічним процесом (сорт і маса харчових продуктів). Зупинка і запуск стрічки може бути автоматичним і ручним.

На базі ФТЛ23 була спроектована теплова шафа „Київськ”, в котрій був чотиринитковий колісково - черіневий стрічка, що дало можливість збільшити кількість колісок до 622 (244 у ФТЛ23).

Теплова шафа М33 конструкції Нудільста і Комаровського, котра практично не пішла в об'ємне виробництво, цікава тим, що коліскова стрічка замінили візковим з візками, котрі не перекидалися на інший вітці стрічки.

Теплова шафа ХА29, ВНІЕКііс Продмашприбор розроблена на базі теплової шафі „Турнус гама” фірми „Вернерсі і Пфлейдерсі” (Германія). Ці теплової шафі були занадто поширені і застосовувались в різних республіках. Венгрія ці теплової шафі виготовляла двох модифікацій АТР-40111 (30 колісок) і АТР-6044 (60 колісок).

Ідея роботи цих теплових шаф однаковий. В середині теплової шафі вбудований двонитковий колісково-черіневий стрічка з керамічними черіневими колісками, котрі попередньо підігріваються перед посадкою виробу.

Обігрів при допомозі метанових горілок, котрі мають трипозиційне регулювання подачі метану в залежності від вимог тех. процесу.

Як для збільшення продуктивності і неперервності тех. процесу були споруджені наскрізні тунельні теплові шафи, котрі вперше з'явилися в Америці. Вони отримали широке впровадження в США, Франції та в інших республіках.

В Ідея це та ж канална тепла шафа, але канал є наскрізним у вигляді цегляного або металевого тунелю, через який відбуваються стрічковий черінг типу ланцюгово-пластинчатого, сітчатого або стрічкового стрічки.

Робочою Термінтиною черінг є верхня вітка стрічки, нижня вітка холоста. Це призводить до того, що тепла шафа займає велику площу і збільшує вартість виробів заводу.

Ідея нова різниця тех. процесу тепла шафа черінгового виробу в теплових шафах шляхового типу в тому, що посадка тістових заготовок і вивантаження готового виробу відбувається в різних кінцях агрегата.

До теплових шаф цього типу відносяться теплові шафи конструкції Н. В. Молодницького, теплові шафи „Лігтерсен” (США), БН-2546, БНС-440, ИБНС-506 заводу „Spezialnon” (ГДР), ПХС25, ВПХП-П-7-61, теплові шафи „Антонеллі” і „Орландіс” (Італія) і цілий ряд інших теплових шаф, котрі виготовляються в різних республіках світу.

1.5 Теплові шафи з пароводяним і змішаним отриманням енергії об'єму печення.

Ідея підігрівання таких теплових шаф наступний. Трубні термінти секції, котрі розташовані в камері печення, складаються із трубок Перкінса, в яких циркулює паро- повітряно-водяна емульсія. Трубка Перкінса – це стальна товста труба заповнена чистою водою на 35-42 % її внутрішнього об'єму. Патрубки розташовують в камері печення з нахилом в сторону

паленища 10 мм на 1 м довжини. Закінчення трубок нагріваються в палищі і вода нагріта до температури випаровування підіймається вгору і випаровується створюючи надлишковий тиск ( $p=10-12 \text{ Мн/м}^2$ ), а це відповідає температурі хімічні речовини фікації води 300-310 °С. В подальшому газоподібна вода конденсується і більш холодна вода запускається вниз до крапки і знову підіймається до 290-315 °С.

Теплові шафи з такою схемою підігрівання об'єму печення виготовляються: карусельного, тупикового і шляхового типу. Внутрішнє устаткування аналогічне на передодні розглянутих типів.

Крім цих типів теплових шаф в теперішній термін отримують все більше впровадження теплові шафи з електричним нагріванням і теплові шафи з інфрачервоним, ультрачастотним і ультразвуковим обігрівом.

Проаналізувавши ідеї дії всіх типів теплових шаф, ми дійшли висновку, що теплові шафи шляхового типу, такі як ПХС253М, що по при високу продуктивність і простоту конструкції мають наступні недоліки: газо – повітряно-парова суміш з об'єму згоряння потрапляє в 1 і 2 контур підігріву робочих зон і в подальшому викидались в повітря з температурою подібних до газу речовин 100-110 °С. Тому ми зробили патентний пошук з метою вивчення готових рішень як для усунення даної ситуації.

## 1.6 Патентний пошук

### Опис винаходу SU 1168176

Вирібопекарська тепла шафа, що містить пекарню камеру шляхового типу, розділена на секції з різними тепловими місцями, стрічку і систему багаторазового підігріву, включаючи палілку з шафою змішування продуктів окиснення і багаторазових подібних до газу речовин, шляхів нагріву, пропелер

рециркуляції і димар, відмінна тим, що, з метою зниження питомих енерговитрат способом повнішого використання тепла подбних до газу речовин, гріючі шляхи останньої по ходу зміна позиціїу стрічки секції пекарної об'єму розміщені на ділянці між накачувальних трубою пропелера рециркуляції і димарем.

Теплова шафа по п.1, відмінна тим, що на вході в шляхи нагріву останньої секції встановлений шибер як для регулювання кількості подбних до газу речовин, що перміщаються через відповідний канал.

Патент відноситься до устаткування як для харчової виробництва, а саме до борошнистих теплових шаф.

Мета винаходу - зниження питомих енерговитрат способом повнішого використання тепла подбних до газу речовин.

На рис. 1.1 схематично показана вироб-опекарська тепла шафа.

Теплова шафа включає з пекарної об'єму 1 шляхового типу, розділеної на секції із зоною гідро- газотермічної обробки і трьома місцями підігріву, розміщеного в ній стрічкового стрічки 2, газорозподільних пристроїв 3, паленища 4 як для отримання енергії з рідкого або газоподібного пального з шафою змішування нижніх 5 і верхніх 6 гріючих шляхів, пристрої 7 як для відбору подбних до газу речовин після першої і другої зон підігріву, відвідного повітроходу 8, накачувального повітроходу 9 багаторазових подібних до газу речовин, пропелера рециркуляції 10, збірного короба 11, димаря 12, обвідного каналу 13, шибера 14, верхнього 15 і нижнього 16 шляхів останньої зони підігріву.

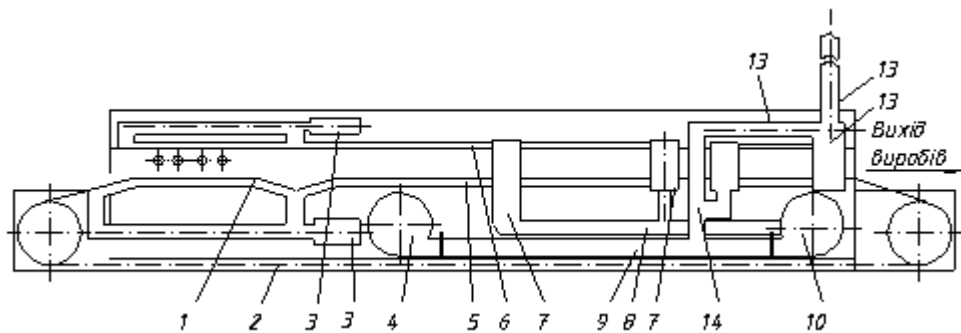


Рисунок 1.1 - Схематичне зображення тепловій шафі

Робота тепловій шафі.

Тістові форми укладаються на стрічку стрічки 2 і послідовно переміщуються через всі зони пекарної об'єму. Обігрів пекарної об'єму 1 здійснюється за рахунок тепла, що виділяється при окисненні пального в палищі -4. Утворювані при окисненні пального високотемпературні хімічні речовини розбавляються газоподібними речовинами рециркуляції в камері змішування і за допомогою газорозподільних пристроїв 3 поступають в нижні 5 і верхні 6 шляхів нагріву. Хімічні речовини підігрівання, котрі віддали температуру тепла, за допомогою пристроїв 7 як для відбору гріючих подбних до газу речовин подаються по повітроходу 8 у пропелер 10 рециркуляції.

З останнього хімічні речовини поступають в нагнітальний газохід 9, звідки Термінтина подбних до газу речовин, котра утворилась при окисненні пального, подається в збірний короб 11 і димар 12 через обвідний канал 13. В останньому вбудований шибер 14, за допомогою якого можна регулювати співвідношення кількості подбних до газу речовин, котрі виходять з цього каналу через шляхи підігрівання 15 і 16 останньої зони підігріву і обвідного каналу 13.

При виробленні харчових продуктів, що вимагають вищої температури в хвостовій Термінтині пекарної об'єму, хімічні речовини, що прямують, (у заданому співвідношенні) в шляхи підігрівання останньої секції, температура в яких може бути підвищена без додаткової витрати пального.

## Опис винаходу SU 1391562

Патент відноситься до устаткування як для здобної виробництва, а саме до борошнистих теплових шаф. Мета винаходу - заощадження енергоресурсів при витеплова шафаці способом, повнішого використання тепла відпрацьованих подбних до газу речовин – досягається тим, що в вирібпекарській тепловій шафі, що включає з пекарної об'єму 1, стрічкового черіння 2, системи підігріву з палильним пристроєм 6, багаторазовим пропелером 7, транспортними 9 і нагрівальними 10 каналами, органами газорозподілу 11, в систему багаторазового підігріву включений надлишковий пропелер 15 з накачувальних трубою як для видалення теплоносія з передостанньої по ходу зміна позиціїю стрічки секції 12. Нагрівальних шляхів останньої секції 13 пекарної об'єму 1 розташовані між накачувальних трубою додаткового пропелера 15 і димарем 8.

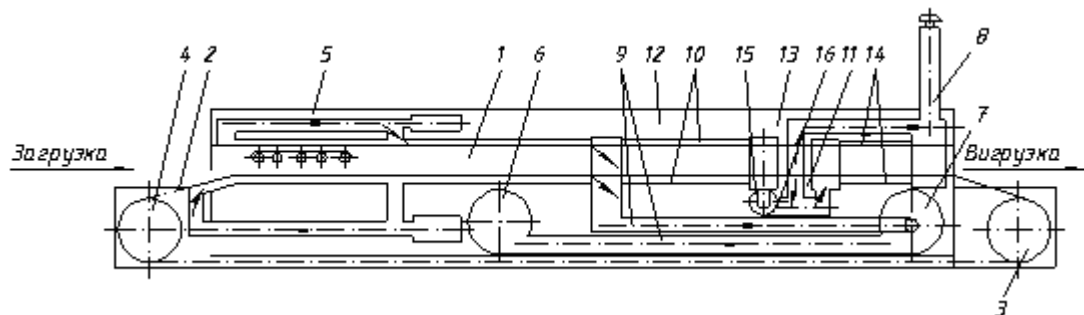


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення теплової шафи

Патент відноситься до устаткування як для здобної виробництва, а саме до борошнистих теплових шаф, і є удосконаленням винаходу по авт. св. № 1268179.

Відома вирібпекарська тепла шафа, використовувана переважно в вирібпекарській виробництва як для витеплова шафа виробу. Шафа містить пекарну камеру шляхового типу, розділену на секції з різними тепловими місцями, стрічку і систему багаторазового підігріву, включаючи палілку з шафою змішування продуктів окиснення і багаторазових подбних до газу

речовин, шляхи підігріву, пропелер рециркуляції і димар, що при цьому гріє шляхи останньої по ходу зміна позиції у стрічки секції пекарної об'єму розміщені на ділянці між накачувальних трубою пропелера рециркуляції і димарем, крім того, на вході в шляхи підігріву останньої секції встановлений шибер як для регулювання кількості подібних до газу речовин, що перміщуються через відповідні шляхи.

Мета винаходу - заощадження енергоресурсів при витеплова шафаці способом повнішого використання тепла подібних до газу речовин, що прямують.

Вирібопекарська теплова шафа включає камеру, розділену на секції, що є різними тепловими місцями, стрічкоподібний черінь і систему багаторазового підігріву з переміщаючими і нагрівальними каналами і багаторазовим пропелером.

У тепловій шафі в систему рециркуляції теплоносія включений надлишковий пропелер як для видалення теплоносія з передостанньої по ходу зміна позиціїу стрічки секції, а нагрівальні шляхи останньої секції пекарної об'єму розташовані між накачувальних трубою додаткового пропелера і димарем.

Впровадження в системі рециркуляції теплоносія пропонованої тепловій шафі додаткового пропелера, який видалляє газ з низькотемпературної зони (секції) підігріву, і зони (секції) підігріву, нагрівальні шляхи якої розташовані між накачувальних трубою додаткового пропелера і димарем і обігриваються за рахунок тепла подібних до газу речовин, що виходять з низькотемпературної зони, дає можливість одержати істотно новий позитивний ефект, що полягає в зниженні питомих енерговитрат за рахунок збільшення ефективності теплопідвода до тістових заготовок і повнішого використання тепла подібних до газу речовин, що прямують з тепловій шафі.

На рис. 1.2 показана теплова шафа, подовжній розрізування.

Теплова шафа включає з пекарної об'єму 1, розділеної на секції з різними тепловими місцями, що переміщається в ній стрічкуного черіня 2 з приводною 3 і натяжною 4 станціями, секції зволоження 5, розташованої на початку об'єму, і, системи підігріву з палильним пристроєм 6, багаторазовим пропелером 7, димарем 8, переміщаючими 9 і нагрівальними 10 каналами, органами газорозподілу 11, передостанньої 12 і останньої 13 по ходу зміна позиції у стрічки секціями з нагрівальними каналами 14, додатковим пропелером 15, обвідним газоходом 16 секції 13.

Теплова шафа працює так: тістові заготовки укладаються на стрічкуний черінь 2 і перміщаються через секцію зволоження 5 і пекарну камеру 1 теплової шафі.

Переміщається стрічкуний черінь за допомогою приводної 3, а натягнення його здійснюється натяжною 4 секціями. Обігрів об'єму відбувається за рахунок тепла, що виділяється при окисненні пального в палищі 6 теплової шафі.

З паленища 6 продукти окиснення, перміщаються транспортуючі шляхи 9, поступають в нагрівальні шляхи 10 пекарної об'єму в різних теплових зонах. Розподіл потоків теплоносія по шляхах здійснюється органами газорозподілу 11, охолоджені в шляхах хімічні речовини всмоктуються трубою пропелера рециркуляції 7, який знов нагнітає їх в палильний пристрій, як для охолодження високотемпературних продуктів окиснення.

Зниження питомих енерговитрат на витеплова шафаку досягається за рахунок охолодження продуктів окиснення в нагрівальних шляхах теплової шафі, оскільки секція 1123 фактично обігрівается газоподібними речовинами, котрі прямують з теплової шафі, що до того мають мінімально можливу температуру, і зменшення величини запечення, тобто зменшення витрати тепла на хімічні речовинифікації води з поверхні тестових заготовок, що

знаходяться на теплова шафаному стрічку, і повнішого використання тепла подібних до газу речовин, що прямують з теплової шафі.

Патентний пошук показаний на слайді 1

## 2 ОПИС РОБОТИ ЛІНІЇ

Муку привозять на наприємство в машинах-борошновозах, вантажонайомність яких від 10 до 18 тон. Автомобіль зважують на автомобільних вагах і подають на викачування. Для киснюного викачування муки автомобіль влаштований киснюним насосом і гнучким трубою для приєднання до приймального штуцера 7 (рис.2.1). Мука з ємності автомобіля на тиском по трубах 10 грузять в силоси 9 на схоронення.

Додаткову масу - розчин NaCl і дріжджову емульсію складують в бункерях 20 і 21. Розчин NaCl заздалегідь змішують в спеціальній установці.

При роботі лінії мука з бункерів 9 вивантажують в бункер 12 із застосуванням системи аерозольного шляху, який окрім труб включає компресор 4, ресивер 5 і кисневий фільтр 3. Витрату муки з кожного бункера регулюють за допомогою роторних постачальників 7 і перерозподільників 11. Для рівномірного розподілу стислого кисню при різних позиціях роботи перед роторними подаючими встановлюють ультраелектричні сопла 6.

Програму витрати муки з бункерів 9 задає виробнича лабораторія на приємство у на основі перевірених випічок батонів з суміші муки різних партій. Таке змішування партій муки дає змогу вирівнювати Батонобулочні характеристики рецептурної суміші муки, яке поступає на виробниче підприємств. Далі рецептурну суміш муки очищають від інших добавок на ситі 13, забезпеченому магнітним уловлювачем, і грузять через проміжний бункер 14 і автоматичні ваги 15 у виробничі силоси 16.

В лінії для отримання хорошої характеристики батонів використовують двофазний шлях приготування тіста. Шлях перший - приготування тіста, яке змішують в тістомісильній машині 27.

В ній дозують муку з виробничого бункера 16, також дистильовану воду і дріжжі через станцію змішування 18. Для перемішування тіста використовують від 29 до 74 % муки. З машини 17 тісто грузять в чотирьохсекційний бункерний агрегат 19.

Після Оживлення від 3,0 до 4,5 годин тісто з бункерного агрегату 19 дозують в другу тістомісильну машину з одночасною подачею частини муки, води і розчину NaCl, які залишились. Другу фазу приготування тісту завершують його Оживленням в ємкості 22 на протязі від 0,5 до 1,0 годин.

Готове тісто стікає з ємності 22 в приймальну лійку тісторозділювальної машини 23, призначеної для отримання порцій тіста однакової маси. Після обробки порцій тіста в округлюючій машині 24 утворюються тістові заготовки кулястої форми, які за допомогою маятникового укладальника 1 розкладають в ячейки люльок вистійної шафи 2.

Вистій тістових заготовок проводиться на протязі від 35 до 50 хв. При відносній вологості кисню від 65 до 85 % і температурі від 30 до 40 °C в результаті Оживлення структура тістових заготовок стає пористою, об'єм їх збільшується в межах від 1,4 до 1,5 рази, а густина знижується від 30 до 40 %. Заготовки набувають рівної гладкої еластичної поверхні. Для схоронення тістових заготовок від тріщин, які можуть виникнути при випічці - розривів верхньої кірки у момент перекидання заготовок на на печі 25 їх надають надрізці або наколці.

На вхідній ділянці пекарної камери заготовки надаються гіротермічній обробці зволожувальним пристроєм при температурі від 105 до 110 °C приблизно від 2 до 3 хв.. На середній і вихідній ділянках пекарної камери заготовки випікають при температурі від 200 до 250 °C. В процесі руху

з черінем печі тістові заготовки послідовно проходять всі теплові зони пекарної камери, де випікаються за проміжок часу від 20 до 55 хв., відповідний технологічним вимогам на вид батонів, що випускається. Випечені вироби за допомогою укладальника 26 грузять в контейнери 27 і направляють в експедицію.

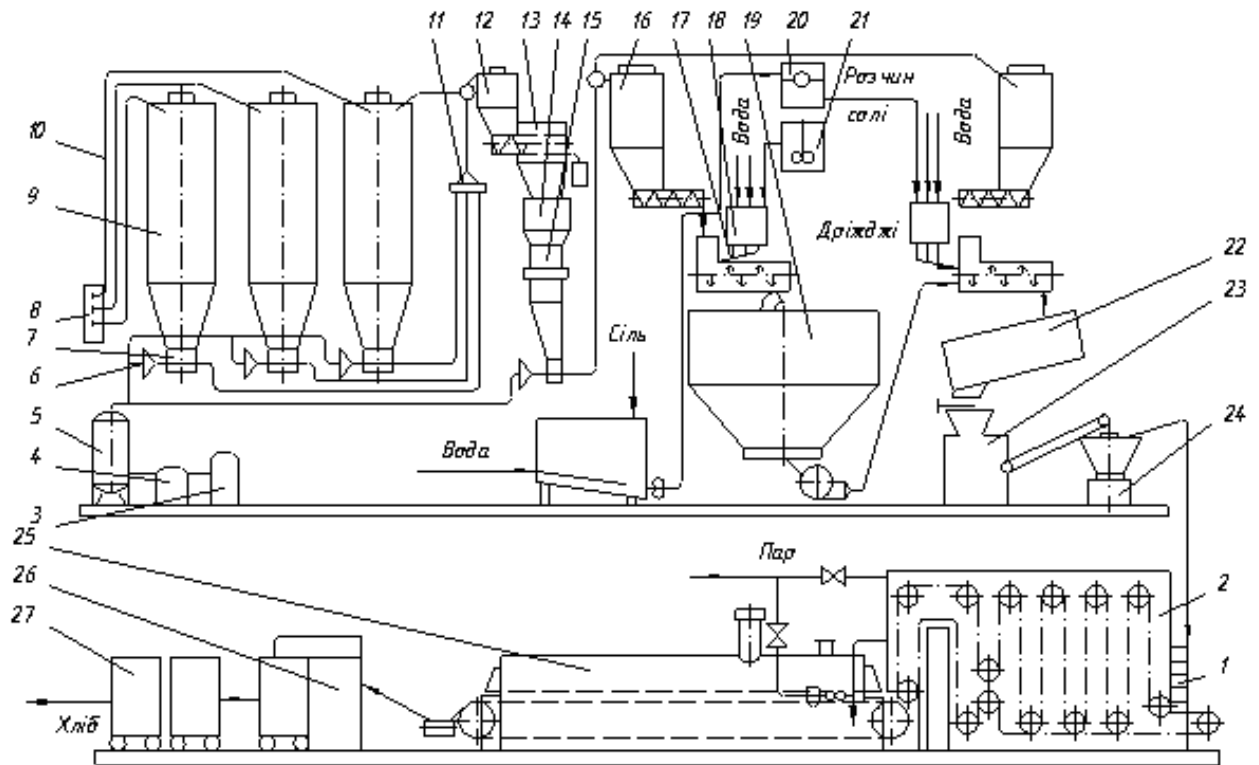


Рисунок 2.1 - Машинно-апаратурна схема виготовлення батонів

## 2.1 Характеристика продукції, сировини і напівфабрикатів

Батон роблять у вигляді штучних виробів, випечених з борошняного тіста, яке надане частковому бродінню. Поверхня виробів покрита твердою скориночкою, а всередині міститься м'який, пористий, подібний до гуми мякиш.

Основною борошном для проектування батонів є кукурудзяне і рисове мука, а також дистильована вода. Як додаткова борошна використовують

дріжджі, NaCl, глюкоза, жири і різні харчові добавки. Батонопекарське мука виготовлена з борошнистих зерен м'якого жита. Структура такої муки є сипкою подібною до пилу. Всю додаткову масу перетворюють в проміжні водоподібні напівфабрикати: розчини, емілії або суспензії.

Батонопекарське тісто в результаті перемішування і оживленні набуває необхідну для даного виду батонів нейтральність і фізико-хімічні властивості: пружність, формоутримуючу і газоутримуючу здібності, які створюють максимальний об'єм тістових заготівок, що поступають на прогрівання.

Машинно-апаратна схема показана на листі 2, план приміщення – на листі 4.

## 2.2 Особливості проектування і з'їдання готової продукції

У даний час в батоно-пекарському виробництві застосовують два види стрічкових ліній, відмінних по ступеню механізації. Вироблення батоно-булочних виробів в асортименті здійснюється на стрічкових стрічках, що дають можливість в межах різних груп переходити з проектування одного виду продукції на виробництво іншого батону. Масові види хлібобулочних виробів (батони, формовий і круглий подовий батон) роблять на особливих комплексно-стрічкових стрічках і автоматизованих стрічках.

Основними процесами батоно-пекарського проектування є заміс і оживлення рецептурної суміші - тіста. При перемішуванні перемішуються компоненти, суміш надається механічній обробці і просякненню бульбашками кисню, відбувається гідратаційна дія води на сухі компоненти суміші, створюється губчатий каркас тіста. Оживлення тіста викликається дією дріжджів, молоко - кислих та інших бактерій. При оживленні в тісті протікають мікробіологічні та ферментативні процеси, що перенаправляють його фізико-хімічні властивості. Утворюється капілярна занадто пориста

структура, утримувана еластично-пластичним складом, пори якого заповнені газоподібно-кисневою сумішшю, що складається з діоксиду вуглецю, газоподібної води,  $C_2H_5OH$  і інших продуктів оживлення. Відбувається накопичення ароматичних і смакових сполук, що визначають споживчі властивості батонів.

Продукція батоно-пекарського проектування випускається в закінченому товарному і споживацькому вигляді. Термін схоронення батонів без ролімерної упаковки не перевищує від 1 до 3 діб, тому його виробництво створюють в

місцях безпосереднього з'їдання. Для шляхування батон укладають на дерев'яні піддони, розміщують останні на поличках або візках і перевозять автомобілями.

### 2.3 Стадії тех. процесу

Приготування батонів можна розділити на наступні стадії:

- наготовка сировини до проектування: схоронення, змішування, аерація, просіювання і зважування муки; наготовка питної води; приготування і темперування розчинів  $NaCl$  і мальтози, жирових сумішей і дріжджових суспензій;
- зважування рецептурних компонентів, заміс і оживлення тіста і тіста;
- оброблення - розподіл доспілого тіста на порції однакової форми;
- формування - механічна обробка тістових заготовок з метою додання їм певної форми - прямолінійної, циліндрової та ін.;
- вистій - оживлення сформованих тістових заготовок. Після вистою тістові форми можуть надаватися надрізці (батони, міські булки і ін.);
- гідротермічна обробка тістових заготовок і випічка батонів;

- охолодження, бракування і схоронення батонів.

## 2.4 Характеристика комплексів устаткування

Початкові стадії тех. процесу проектування батонів виконуються за допомогою комплексів устаткування для схоронення, шляхування і наготовки до проектування муки, води, NaCl, мальтози, жиру, дріжджів і інших видів сировини. Для схоронення сировини використовують мішки, металеві і залізобетонні ємкості і бункери. На невеликих наприємствах застосовують механічне шляхування мішків з муки навантажувачами, а мука – стрічками, ланцюговими і гвинтовими стрічками. На масштабних виробництвах використовують системи повітрепроводу шляху муки. Водоподібні напівфабрикати перекачуються компресорами. Наготовку сировини здійснюють за допомогою ситів, змішувачів, магнітних апаратів, фільтрів і допоміжного устаткування. Провідний комплекс лінії складається з устаткування для темперування, зважування і змішування рецептурних компонентів; Оживлення тіста і тіста; розподіли тіста на порції і формування тістових заготовок і напівфабрикатів.

До складу цього комплексу входять дозатори, тістоприготовчі агрегати, ділильних і формуючих машини тістомішалок.

Наступний комплекс лінії включає устаткування для стояння, встановлення і готування тістових заготовок. До нього відносяться вистойні шкафи, механізми для вкладання, переналаштування, нарізки тістових заготовок і батано-булочні печі.

Завершальний комплекс устаткування лінії забезпечує охолодження, упаковку, схоронення і шляхування готових виробів. Він містить устаткування охолоджуючих відділень, експедицій і складів готової продукції.

## 3 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ЗА ПРОДУКТИВНІСТЮ

### 1. Просіювач муки «Піонер-88»

Застосовується для очищення муки і видалення металевих добавок з нього.

### 2. Дозатор періодичної дії

Призначений для змішування гарячої  $H_2O$  з холодною і отримання  $H_2O$  з заданою температурою та дозування її в потрібній кількості.

Межі дозування підготовленої  $H_2O$  - від 200 до 1000 л;

Межі регулювання температури  $H_2O$  - від 20 до 65 °С;

Струм живлення - 220 В, 50 Гц;

Габаритні розміри - 800x875x1955 мм;

Маса - 130 кг.

### 3. Розпилювач солі

Призначений для неперервного розчинення  $NaCl$  для приготування сольового розчину постійної густини.

Продуктивність - 100 л /хв.;

Загальний об'єм - 0,65 м<sup>3</sup>;

Об'єм першого відсіку - 0,235 м<sup>3</sup>;

Кількість завантаженої солі, кг =150 кг;

Маса - 1000 кг;

Габаритні розміри - 1225x725x1055 мм.

#### 4. Машина для замішування тіста АЗ-ХТ2-Б-65-СВДС

Має призначення для порційного змішування продуктів та тіста з пшениці та житньої муки вологістю не менше 29% в нерухомих дубових діжах.

Ємність діжі,  $V_d = 0,350 \text{ м}^3$ ;

Тривалість одного замісу - 630 с;

Габаритні розміри - 1805x1105x1255 мм;

Потужність електродвигуна - 5,5 кВт;

Габаритні розміри діжі:

діаметр - 1060 мм;

висота - 888 мм;

Маса машини - 690 кг;

Маса діжі - 180 кг.

#### 5. Діжоперекидач ДП-1.

Ємність діжі, що перекидається - 145-250-350л;

Тривалість піднімання діжі - 88 с;

Потужність електродвигуна – 3,5 кВт;

Габаритні розміри - 1025x1425x2065;

Маса - 2494 кг.

#### 6. Тістоділильна машина АЗ-ХТС8.

Призначена для розділення тістових заготовок однакової маси.

Продуктивність - від 15 до 35 шт./хв.;

Маса тістових заготовок - 0,30-1,30 кг.;

Потужність електродвигуна – 3,5 кВт;

Габаритні розміри - 1240x923x1550 мм;

Маса - 1105 кг.

#### 7. Тістозакаточна машина ІЗЗ-ХТЗ-М.

Застосовується для отримання однакової за вмістом гладкої оболонки, яка утримує газ та надання шматку тіста округлої форми.

Маса тістових заготовок - від 0,20 до 1,5 кг;

Продуктивність - від 30 до 65 шт/хв.;

Потужність електродвигуна -0,55 кВт;

Габаритні розміри - 2350x840x1425мм;

Маса - 490 кг.

#### 8. Вистійна шафа АЗ-ХРА-М .

Продуктивність максимальна добова - 20 т/добу;

Кількість робочих люльок - 35 шт;

Загальна кількість люльок - 35 шт;

Потужність електродвигуна - 1,8 кВт;

Габаритні розміри - 4685x3450x984;

Маса - 4100 кг.

#### 9. Піч ПХС25.

Асортимент виробів, які печуться: батон подовий і формовий, хліб, бублики, печиво.

Тривалість випічки від 11 до 72 хвилин.

Ширина сітчастого черіння - 2200 мм.

Габаритні розміри - 14755х3355х2595 мм.

Потужність по батону вагою 0,5 кг - 565 кг/год (12 т/доб)

Вага з тепловою ізоляцією – 23600 кг.

#### 4 БУДОВА, ПРИНЦИП ДІЇ ТЕПЛОВОЇ ШАФИ ПХС25

Стрічкова тепла шафа з сітчастим подом ПХС26 (рис. 4.1) має призначення для створення широкого асортименту батона і хлібобулочних виробів.

Теплова шафа має стрічку 2 складається із сталеві спірально-стрижньової вязки шириною 2155 мм, в межах пекарної шафи має довжину 12500 мм. Площа сітчастого поду - 35 м<sup>2</sup>.

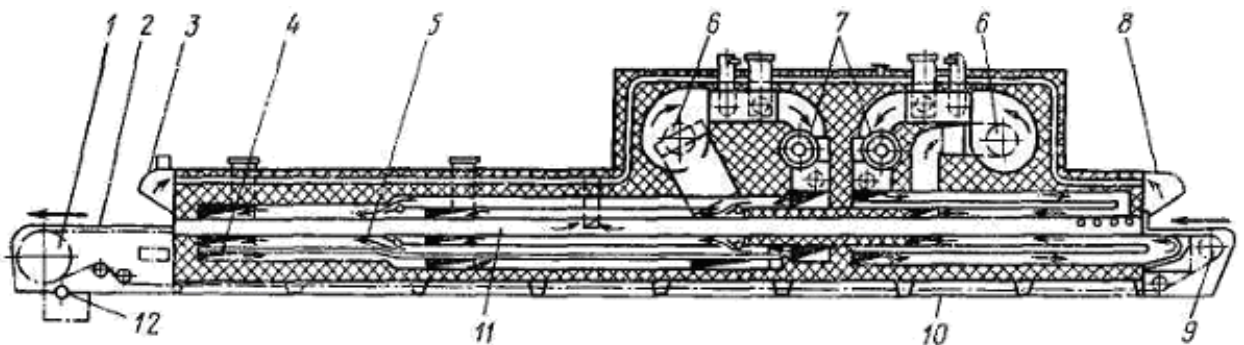


Рисунок 4.1 - Теплова шафа ПХС26

Барабан приводу 1 стрічки встановлений з боку вивантаження. Натяжний ролик стрічки - вантажного типу. Робочий барабан 6 з'єднаний з корегуючим пристроєм, що дає можливість змінювати межі натягування правого та лівого боку сторони сітчастого стрічки. Холоста гілка 11 стрічку підтримується бочкоподібними роликами. Для запобігання бічним зсувам стрічки змонтовані вертикальні бочкоподібні опорно-висувні ролики. Привід, стрічку складається з електродвигуна (0.55 КВт), двох пасових передач та редуктора ( $i=1:1492$ ). Вихідний вал редуктора з'єднаний з віссю приводного барабана за допомогою зубчатих коліс та шестерень.

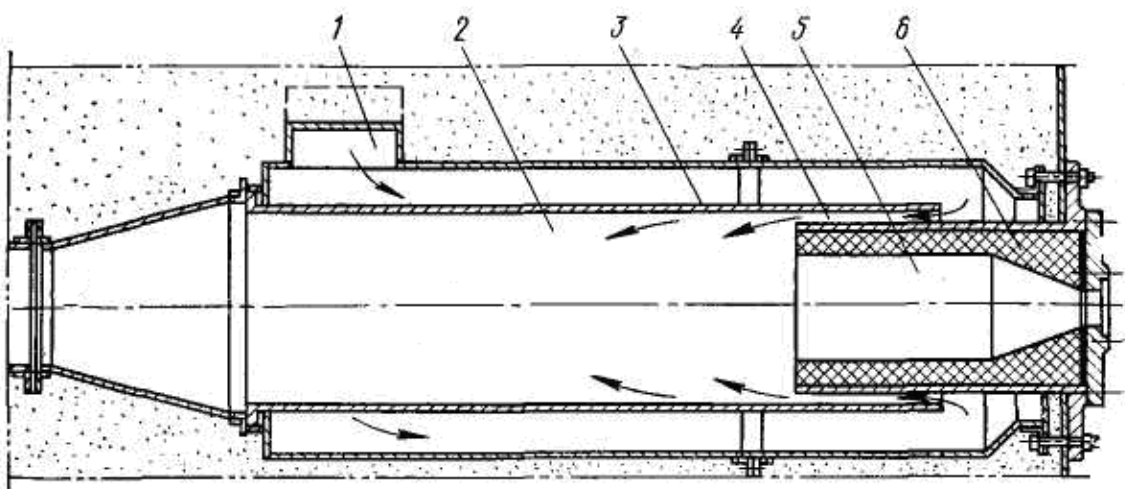


Рисунок 4.2 - Палильний пристрій теплової шафи ПХС26

Для очищення стрічки від сміття (крихти, нагару) під нижньою ланкою стрічки з боку вивантаження розташований скрибкоподібний механізм 123 з індивідуальним електродвигуном із можливістю періодичного включення.

Огорожі теплової шафи - блоково-каркасного типу з ізоляцією з шлакового утеплювача. Зовнішня обшивка теплової шафи є знімними листами, сполученими із зовнішнім каркасом гвинтами, закріпленими шурупами.

Пекарна камера теплової шафи 15 є шляхопроводом шириною 2425 мм, заввишки 250 мм і довжною 12500 мм із стінками з листоподібної сталі. У ній вмонтовано зволожувальний механізм з перфорованих патрубків. Над стрічкю в місцях посадки і вивантаження вмонтовані витяжні зонтики 5 і 9.

У пекарній камері розташовані два окремі контури обігріву, перший з яких обслуговує площу завантажувальної частини, а інший контур (більший за розміром) обслуговує площу вивантажувальної частини теплової шафи. Кожен контур має палильний пристрій 7 і пов'язану з ним систему шляхів 5 і перепускних проходів для газу 4. Обидва палильних пристрої об'єднані з димовловлювачами 6, розміщеними над першою половиною теплової шафи.

Палильний пристрій (рис. 4.2) складається з шафи окиснення 5 і шафи об'єднання 2. Камера окиснення є округлим муфелем 6, який виготовлений з теплостійкого матеріалу, футерований з боку вогню окиснення вогнетривкою кладкою.

Циліндр шафи окиснення приблизно на половину своєї довжини з деяким зазором входить в інший циліндр 13 шафи об'єднання, також виконаний з жаростійкої сталі.

Для охолодження стінок шафи окиснення і шафи об'єднання рециркулюючий потік продуктів окиснення прямує через отвір 11, огинаючи стінки шафи змішення, потім газоподібних речовин потім надходить в кільцевий простір 4 і дотикається до стінки шафи окиснення; після цього потік газоподібних речовин змішується з палильними газами (у місці виходу їх з шафи окиснення), і потім суміш газоподібних речовин прямує в систему шляхів.

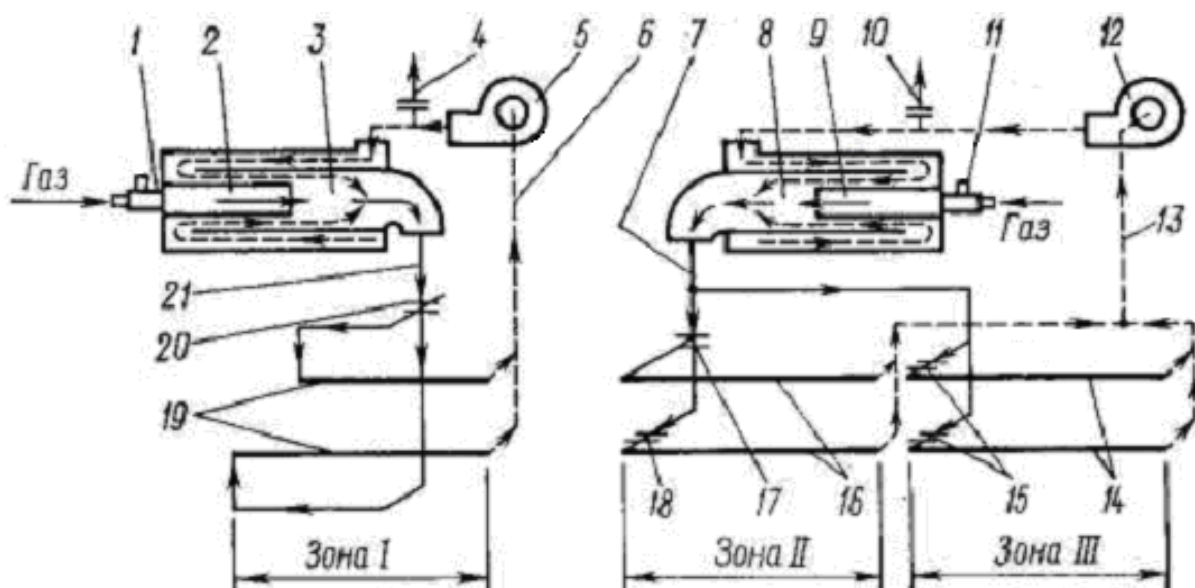


Рисунок 4.3 - Схема руху продуктів окиснення в теплової шафи ПХС26

Палильні пристрої теплової шафи розраховані для спалювання метану і дизельного пального. Метан спалюється за допомогою інжекторного пальника високо тиску (системи Царіка-Маєра).

На рис. 4.3 приведена схема пересування газоподібних речовин в отворах і газоходах теплової шафи ПХС26, на якій показані факельні пристрої 11 і 12. З шафи окиснення 2 і 9 метан надходить в шафи об'єднання 3 і 8 топочного пристрою. По перепускних шляхах 7 до 21 кожного пристрою обігріву теплової шафи продукти окиснення поступають в

пристрої 14, 16, 19. Кількість продуктів окиснення, що надходять в систему середніх і верхніх шляхів кожного пристрою, регулюється налагоджувальними перегородками 16, 17, 19, 20 і 21.

По перепускних пристроях 16 і 23 потік холодних речовин, які окиснилися всмоктується патрубком димовідводів 15 і 22. Потік газоподібних речовин, однаковий за об'ємом  $V_{yx}$ , м<sup>3</sup>/год, по повітроходах 4 і 10 іде до труби; решта частини газоподібних речовин йде на повторне використання.

Загальний вигляд до модернізації зображений на слайді 4, пального контур до модернізації – на слайді 5, кінематична та електричні схеми – на слайді .

## 5 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 5.1 Розрахунок процесу виготовлення батона

Сорт муки: 1

ГОСТ 27862-88

Маса виробу, кг – 0,55 [1, с.259, табл. 115]

Плановий вихід, % - 140 [1, с.259, табл. 115]

Розрахунок продуктивності теплової шафи ПХС26

Габарити поду теплової шафи, мм

довжина  $L = 12500$

ширина  $B = 2200$

Розмір виробу, мм

довжина  $l = 200$

ширина  $b = 195$

Зазор між батонами, мм  $a = 30$

Кількість рядів батонів за довжиною теплової шафи, шт

$$N = \frac{L - a}{b - a} = \frac{12000 - 30}{220 + 30} = 47,88 \approx 48$$

(5.1)

Кількість батонів у ряді, шт.

$$n = \frac{B - a}{l + a} = \frac{2100 - 30}{220 + 30} = 8,28 \approx 9 \quad (5.2)$$

Тривалість готування, хв  $\tau_{\text{вип}} = 40$  [1, с.157, табл. 79]

Кількість годин праці, год  $\tau_n = 23$

Продуктивність теплової шафи, кг/год

$$Q_{\text{год}} = \frac{N \cdot n \cdot m \cdot 60}{\tau_{\text{вип}}} = \frac{48 \cdot 9 \cdot 0,5 \cdot 60}{40} = 324$$

(5.3)

Кількість, шт/год

$$Q_{\text{год}}^{\text{шт}} = \frac{Q_{\text{год}}}{m} = \frac{324}{0,5} = 648 \quad (5.4)$$

Продуктивність теплової шафи, добова

шт/доб

$$Q_{\text{доб}} = Q_{\text{год}} \cdot 23 = 324 \cdot 23 = 7452 \quad (5.5)$$

кг/доб

$$Q_{\text{доб}}^{\text{ум}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{m} = \frac{7452}{0,5} = 14904 \quad (5.6)$$

## Розрахунок витрат інгредієнтів

### Рецептура

100 кг муки вищого гатунку, кг  $G_b - 150$  [1, с.102, табл. 47]

дріжджі пресовані, кг  $G_{dp} - 0,95$  [1, с.114, табл. 48]

сіть, кг  $G_c - 1,3$  [3, с.100, табл. 55]

### Витрати муки

За час, кг/год

$$G_b^{\text{год}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot 100}{B_x} = \frac{324 \cdot 100}{134} = 241,79 \quad (5.7)$$

За 24 години, кг/доб

$$G_b^{\text{доб}} = G_b^{\text{год}} \cdot 23 = 241,79 \cdot 23 = 5564,2 \quad (5.8)$$

Витрата муки на 1т виробу, кг

$$G_b^{\text{т}} = \frac{1000 \cdot 100}{B_x} = \frac{1000 \cdot 100}{134} = 746,3 \quad (5.9)$$

### Витрати грибків

За годину, кг/год

$$G_{\delta}^{zod} = \frac{G_{\delta op}^{zod} \cdot G_{op}}{100} = \frac{241,79 \cdot 1,0}{100} = 2,4179 \quad (5.10)$$

За добу, кг/доб

$$G_{\delta}^{dob} = G_{\delta}^{zod} \cdot 23 = 2,4179 \cdot 23 = 55,66 \quad (5.11)$$

Витрата грибків на 1т виробу, кг

$$G_{\delta}^T = \frac{G_{\delta}^T \cdot G_{\delta}}{100} = \frac{746,3 \cdot 1,0}{100} = 7,46 \quad (5.12)$$

Витрати NaCl

За годину, кг/год

$$G_c^{zod} = \frac{G_{\delta op}^{zod} \cdot G_c}{100} = \frac{241,79 \cdot 1,3}{100} = 3,14 \quad (5.13)$$

За добу, кг/доб

$$G_c^{dob} = G_c^{zod} \cdot 23 = 3,14 \cdot 23 = 72,22 \quad (5.14)$$

Витрата NaCl на 1т виробу, кг

$$G_c^T = \frac{G_{\delta}^T \cdot G_c}{100} = \frac{746,3 \cdot 1,3}{100} = 9,7 \quad (5.15)$$

Потреби в машинах для тістоприготування

Тістомісильна машина для приготування тіста

Спосіб приготування тіста, готується в бочоках – порційний на тісті.

Місткість бочокі, дм<sup>3</sup>  $V_{\delta} = 350$

Завантаження бочокі борошном, кг/100дм<sup>3</sup>  $G_b^{\partial} = 40$

Тривалість бродіння

Тіста, хв  $\tau_{on} = 230$  [2, с.157, табл. 80]

Тіста, хв  $\tau_{micma} = 190$  [2, с.158, табл. 80]

Кількість бочок для тіста, необхідних для часової продуктивності теплової шафи

$$D_{zod} = \frac{G_b^{zod} \cdot 100}{V_{\partial} \cdot G_b^{\partial}} = \frac{241,79 \cdot 100}{330 \cdot 35} = 2,01 \approx 3 \quad (5.16)$$

Інтервал між змішування тіста, або тіста

$$i = \frac{60}{D_{zod}} = \frac{60}{3} = 20 \quad (5.17)$$

Час зайнятості бочок під додаткові операції, хв  $\tau_{\partial} = 10$

Кількість бочок зайнятих під тістом

$$D_{on} = \frac{D_{zod} \cdot \tau_{on}}{60} = \frac{3 \cdot 240}{60} = 12 \quad (5.18)$$

Кількість бочок зайнятих під тістом

$$D_m = \frac{D_{zod} \cdot \tau_m}{60} = \frac{3 \cdot 90}{60} = 4,5 \approx 5 \quad (5.19)$$

Кількість бочок зайнятих під інші операції, шт

$$D_{\partial} = \frac{D_{zod} \cdot \tau_{\partial}}{60} = \frac{3 \cdot 10}{60} = 0,5 \approx 1 \quad (5.20)$$

Загальна кількість бочок, шт

$$D_3 = D_{on} + D_m + D_o = 12 + 5 + 1 = 18 \quad (5.21)$$

### Оброблення і вистоювання

Тістоподільник А2-ХТН-СМ

Продуктивність, шт/хв – 35

Необхідна кількість сипких заготовок за 1 хв (коєф. запасу 1,1)

$$N_{загот} = \frac{Q_{год}^{ум} \cdot 1,1}{60} = \frac{648 \cdot 1,1}{60} = 11,88 \approx 12 \quad (5.22)$$

Маса сипкої заготовки, кг

$$\partial_m = \frac{10000 \cdot m}{(100 - \partial_{yn})(100 - \partial_{yc})} = \frac{10000 \cdot 0,5}{(100 - 8,7)(100 - 4)} = 0,571 \quad (5.23)$$

Упікання, %  $\partial_{yn} = 8,7$  [1, с.253, табл. 114]

Зменшення, %  $\partial_{yc} = 4$  [1, с.253, табл. 114]

Шафа для вистоювання А2-ХРА-СРМ

Кількість заготовок на черені, шт  $n_{кол} = 8$

Тривалість вистоювання, хв  $\tau_{вист} = 60$  [2, с.100, табл. 69]

Кількість черен, які знаходяться в праці

$$K_{роб} = \frac{Q_{год}^{ум} \cdot \tau_{вист}}{n_{кол} \cdot 60} = \frac{648 \cdot 50}{8 \cdot 60} = 90 \quad (5.24)$$

Кількість заготовок у шафі

$$N_{заг} = K_{раб} \cdot n_{кол} = 90 \cdot 6 = 540 \quad (5.25)$$

### Охолодження та зберігання

Зберігання батона в тачках

Час зберігання. год.  $\tau_{зб} = 9$

Кількість ємностей на тачці, шт.  $n_{лот} = 18$

Кількість батонів на лотку, шт.  $n_{вир} = 14$

Кількість батонів на тачці, шт.

$$n_{ваз} = n_{лот} \cdot n_{вир} = 18 \cdot 14 = 252 \quad (5.26)$$

Кількість тачок необхідних для часової продуктивності теплової шафи

$$B_{год} = \frac{Q_{год}^{ум}}{n_{ваз}} = \frac{648}{252} = 2,57 \approx 3 \quad (5.27)$$

Кількість тачок, зайнятих при зберіганні батона

$$B_{зб} = B_{год} \cdot \tau_{зб} = 3 \cdot 9 = 27 \quad (5.28)$$

Час використання тачок, підсобними працями (за хронометражем),

$$\text{хв } \tau_{нід} = 10$$

Кількість тачок під підсобними працями

$$B_{н.р} = \frac{B_{год} \cdot \tau_{н.р}}{60} = \frac{3 \cdot 10}{60} = 0,5 \approx 1 \quad (5.29)$$

Кількість ємностей для часової продуктивності теплової шафи

$$L_{мд} = \frac{Q_{год}^{ум}}{n_{вир}} = \frac{648}{12} = 54 \quad (5.30)$$

Кількість ємностей для зберігання батона

$$L_{зб} = L_{год} \cdot \tau_{зб} = 54 \cdot 8 = 432 \quad (5.31)$$

Кількість ємностей для підсобних процесів

$$L_{но} = \frac{L_{год} \cdot \tau_{но}}{60} = \frac{54 \cdot 10}{60} = 9 \quad (5.32)$$

## 5.2 Розрахунок процесу виготовлення пшнічного та рисового батона

Сорт муки: житнє оббивне

ГОСТ 2078-89

Маса виробу, кг – 1,0 [4, с.255, табл. 105]

Плановий вихід, % - 150 [1, с.255, табл. 105]

Розрахунок продуктивності теплової шафи ПХС26

Габарити поду теплової шафи, мм

довжина  $L = 12500$

ширина  $B = 2200$

Розмір виробу, мм

довжина  $l = 250$

ширина  $b = 230$

Зазор між виробами, мм  $a = 35$

Кількість рядів батонів за довжиною теплової шафи, шт

$$N = \frac{L-a}{b-a} = \frac{12000-30}{220+30} = 47,88 \approx 48 \quad (5.33)$$

Кількість батонів у ряді, шт.

$$n = \frac{B-a}{l+a} = \frac{2100-30}{220+30} = 8,28 \approx 9 \quad (5.34)$$

Тривалість готування, хв  $\tau_{\text{вип}} = 40$  [1, с.186, табл. 86]

Кількість годин праці, год  $\tau_n = 23$

Продуктивність теплової шафи, кг/год

$$Q_{\text{год}} = \frac{N \cdot n \cdot m \cdot 60}{\tau_{\text{вип}}} = \frac{48 \cdot 9 \cdot 1,0 \cdot 60}{40} = 648 \quad (5.35)$$

Кількість, шт/год

$$Q_{\text{год}}^{\text{шт}} = \frac{Q_{\text{год}}}{m} = \frac{648}{1,0} = 648 \quad (5.36)$$

Продуктивність теплової шафи, 24 години

$$\text{шт/доб} \quad Q_{\text{доб}} = Q_{\text{год}} \cdot 23 = 648 \cdot 23 = 14904 \quad (5.37)$$

$$\text{кг/доб} \quad Q_{\text{доб}}^{\text{шт}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{m} = \frac{14904}{1,0} = 14904 \quad (5.38)$$

Розрахунок витрат інгредієнтів

Рецептура

150 кг муки житнього обдирного, кг  $G_b - 150$  [1, с.98, табл. 43]

дріжжі пресовані, кг  $G_{dp} - 0,06$  [4, с.67, табл. 30]

сіть, кг  $G_c - 1,7$  [4, с.67, табл. 30]

Витрати муки

За час, кг/год

$$G_b^{год} = \frac{Q_{год} \cdot 100}{B_x} = \frac{648 \cdot 100}{149} = 434,9 \quad (5.39)$$

За 24 години, кг/доб

$$G_b^{доб} = G_b^{год} \cdot 23 = 434,9 \cdot 23 = 10002,7 \quad (5.40)$$

Витрата муки на 1 тону виробу, кг

$$G_b^T = \frac{1000 \cdot 100}{B_x} = \frac{1000 \cdot 100}{149} = 671,14 \quad (5.41)$$

Витрати грибків

За годину, кг/год

$$G_d^{год} = \frac{G_b^{год} \cdot G_{dp}}{100} = \frac{434,9 \cdot 0,05}{100} = 0,217 \quad (5.42)$$

За добу, кг/доб

$$G_d^{доб} = G_d^{год} \cdot 23 = 0,217 \cdot 23 = 5,00 \quad (5.43)$$

Витрата грибків на 1т виробу, кг

$$G_{\delta}^T = \frac{G_{\delta}^T \cdot G_{\delta}}{100} = \frac{671,14 \cdot 0,05}{100} = 0,3355 \quad (5.44)$$

Витрати NaCl

За годину, кг/год

$$G_c^{zod} = \frac{G_{\delta}^{zod} \cdot G_c}{100} = \frac{434,9 \cdot 1,5}{100} = 6,52 \quad (5.45)$$

За добу, кг/доб

$$G_c^{dob} = G_c^{zod} \cdot 23 = 6,52 \cdot 23 = 150,04 \quad (5.46)$$

Витрата NaCl на 1т виробу, кг

$$G_c^T = \frac{G_{\delta}^T \cdot G_c}{100} = \frac{671,14 \cdot 1,5}{100} = 10,06 \quad (5.47)$$

### Потреби в обладнанні тісто приготування

Тістомісильна машина для приготування тіста А4-ХТЗ-Б-ММ

Спосіб приготування тіста, готується в бочоках – порційний на тісті.

Місткість бочокі, дм<sup>3</sup>  $V_{\delta} = 350$

Завантаження бочокі борошном, кг/105дм<sup>3</sup>  $G_{\delta}^{\delta} = 40$

Тривалість гріття

Закваски, хв  $\tau_{закв} = 210$  [1, с.186, табл. 86]

Тіста, хв  $\tau_{тіста} = 90$  [1, с.186, табл. 86]

Кількість бочок під тістом, необхідних для год. продуктивності теплової шафи

$$D_{zod} = \frac{G_{\delta}^{zod} \cdot 100}{V_{\delta} \cdot G_{\delta}^{\delta}} = \frac{434,9 \cdot 100}{330 \cdot 35} = 3,76 \approx 4 \quad (5.48)$$

Час між замісами тіста, або тіста опарного

$$i = \frac{60}{D_{год}} = \frac{60}{4} = 15 \quad (5.49)$$

Час зайнятості бочок під інші, менш важливі операції, хв  $\tau_{\delta} = 10$

Кількість бочок зайнятих під бражною

$$D_{закв} = \frac{D_{год} \cdot \tau_{закв}}{60} = \frac{4 \cdot 210}{60} = 14 \quad (5.50)$$

Кількість бочок зайнятих під тістом

$$D_m = \frac{D_{год} \cdot \tau_m}{60} = \frac{4 \cdot 90}{60} = 6 \quad (5.51)$$

Кількість бочок зайнятих під інші менш важливі операції, шт

$$D_{\delta} = \frac{D_{год} \cdot \tau_{\delta}}{60} = \frac{4 \cdot 10}{60} = 0,6 \approx 1 \quad (5.52)$$

Загальна кількість бочок, шт

$$D_z = D_{закв} + D_m + D_{\delta} = 14 + 6 + 1 = 21 \quad (5.53)$$

### Оброблення і вистоювання

Тістоподільник АЗ-ХТН-ММ-ДН-А

Продуктивність, шт/хв – 35

Необхідна кількість тістових заготовок за 1 хв (коэф. запасу 1,1)

$$N_{загот} = \frac{Q_{год}^{ум} \cdot 1,1}{60} = \frac{648 \cdot 1,1}{60} = 11,88 \approx 12 \quad (5.54)$$

Маса тістової маси ,кг

$$\partial_m = \frac{10000 \cdot m}{(100 - \partial_{yn})(100 - \partial_{yc})} = \frac{10000 \cdot 1,0}{(100 - 0)(100 - 4,0)} = 1,04 \quad (5.55)$$

Упікання, %  $\partial_{yn} = 0$  [1, с.252, табл. 114]

Усихання, %  $\partial_{yc} = 4$  [1, с.252, табл. 114]

Шафа для вистоювання А5-ХРА-МТС-ДЖ-ЄМ

Кількість заготовок на поді, шт  $n_{кол} = 7$

Тривалість стояння, хв  $\tau_{вис} = 50$  [6, с.144, табл. 70]

Кількість подів, які знаходяться в праці

$$K_{роб} = \frac{Q_{год}^{ум} \cdot \tau_{вис}}{n_{кол} \cdot 60} = \frac{648 \cdot 40}{6 \cdot 60} = 72 \quad (5.56)$$

Кількість тіста у шафі

$$N_{заг} = K_{роб} \cdot n_{кол} = 72 \cdot 6 = 432 \quad (5.57)$$

Охолодження та зберігання

Зберігання батона в тачках

Тривалість зберігання. год.  $\tau_{зб} = 7$

Кількість ємностей на тачці, шт.  $n_{лот} = 18$

Кількість батонів на лотку, шт.  $n_{вир} = 13$

Кількість батонів на тачці, шт.

$$n_{\text{газ}} = n_{\text{лот}} \cdot n_{\text{вир}} = 16 \cdot 12 = 192 \quad (5.58)$$

Кількість тачок необхідних для часової продуктивності теплової шафи

$$B_{\text{зод}} = \frac{Q_{\text{зод}}^{\text{ум}}}{n_{\text{газ}}} = \frac{648}{192} = 3,375 \approx 4 \quad (5.59)$$

Кількість тачок, зайнятих при зберіганні батона

$$B_{\text{зб}} = B_{\text{зод}} \cdot \tau_{\text{зб}} = 4 \cdot 8 = 32 \quad (5.60)$$

Час використання тачок, іншими менш важливими операціями працями  
(за хронометражем), хв  $\tau_{\text{нід}} = 11$

Кількість тачок під іншими менш важливими операціями працями

$$B_{\text{н.р}} = \frac{B_{\text{зод}} \cdot \tau_{\text{н.р}}}{60} = \frac{4 \cdot 10}{60} = 0,6 \approx 1 \quad (5.61)$$

Кількість ємностей для часової продуктивності теплової шафи

$$L_{\text{мд}} = \frac{Q_{\text{зод}}^{\text{ум}}}{n_{\text{вир}}} = \frac{648}{12} = 54 \quad (5.62)$$

Кількість ємностей для зберігання батончика

$$L_{\text{зб}} = L_{\text{зод}} \cdot \tau_{\text{зб}} = 54 \cdot 8 = 432 \quad (5.63)$$

Кількість ємностей для інших менш важливих операцій та процесів

$$L_{\text{но}} = \frac{L_{\text{зод}} \cdot \tau_{\text{но}}}{60} = \frac{54 \cdot 10}{60} = 9 \quad (5.64)$$

## 7 ТЕМПЕРАТУРНИЙ РОЗРАХУНОК ЕНЕРГІЯВОЇ ШАФИ

Паливо – природній метан. Обсягний склад пального в %:  $\text{CO}_2 = 5,5$ ;  $\text{CH}_5 = 97,5$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5 = 5,5$ ;  $\text{C}_2\text{H}_8 = 5,2$ ;  $\text{C}_3\text{H}_{15} = 5,15$ ;  $\text{N}_2 = 1,25$ .

Енергіята окиснення метану  $Q_n^p = 27755$  кДж/м<sup>2</sup>; його густина  $\rho = 5,77$  кг/м<sup>2</sup>; теоретичний обсяг кисню, необхідний для 1 м<sup>2</sup> метану,  $V_0 = 9,58$  м<sup>2</sup>. Склад речовин, які синтезуються при окисненні 1 м<sup>2</sup> природного метану з коефіцієнтом витрат кисню  $\alpha = 1,2$ ;  $V_{\text{N}_2}^0 = 7,7$ ;  $V_{\text{H}_2\text{O}}^0 = 2,5$ ;  $V_{\text{O}}^0 = 11,22$ ;

### 7.1 Температурний баланс енергіявої шафи і витрати пального

#### 7.1.1 Обсяги речовин окиснення, м<sup>2</sup>

$$V_{\text{O}} = V_{\text{CO}_2}^0 + V_{\text{N}_2}^0 + V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + (\alpha - 1)V_0, \quad (7.1)$$

де  $V_{\text{CO}_2}^0$  - обсяг оксиду карбону;

$V_{\text{N}_2}^0$  - обсяг нітрогену;

$$V_{\text{O}} = 1 + 7,5 + 2,14 + (1 - 1)9,48 = 10,64$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^0 + 0,0161(\alpha - 1)V, \quad (7.2)$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 2,14 + 0,0161(1 - 1)9,48 = 2,15$$

#### 7.1.2 Кількість енергії, що витрачається в енергіявій шафі

$$q_{n.k} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6, \text{ кДж/кг.} \quad (7.2)$$

#### 7.1.2 Корисна використана енергія на готування батонів

$$q_1 = \omega_{\text{вун}}(i_{n,n} - i') + g_k c_k (t_k - t_T) + (g_m c_m + \omega_m c_e)(t_m - t_T), \quad (7.5)$$

$$q_1 = 5,57(2975 \cdot 27) + 5,15 \cdot 1,77(155 - 25) + (5,525 \cdot 1,77 + 5,525 \cdot 5,19)(98 - 25) = 271 \text{ кДж/кг,}$$

де  $i_{n,n}$  - Анізотропія перегрітої газоподібної Н<sub>2</sub>О;  $i_{n,n} = 2975$  кДж/кг;

$i^{\circ}$  - Анізотропія Н<sub>2</sub>О при температурі тіста;  $i^{\circ} = 127$  кДж/кг;

$g_k$  - вага горбушки;  $g_k = 5,15$  кг;

$c_k$  - питома енергія ємність горбушки;  $c_k = 1,77$  кДж/(кг·град);

$t_k$  - температура горбушки;  $t_k = 155$  °С;

$t_T$  - початкова температура тіста;  $t_T = 2$  °С;

$g_m$  - вага сухої частини м'якої частини;  $g_m = 5,525$  кг;

$c_m$  - енергіяємність сухої частини м'якої частини;  $c_m = 1,77$  кДж/(кг·град);

$\omega_m$  - волога м'якої частини;  $\omega_m = 5,525$  кг/кг;

$c_e$  - енергіяємність Н<sub>2</sub>О;  $c_e = 5,19$  кДж/(кг·град);

$t_m$  - температура м'якої частини;  $t_m = 98$  °С;

#### 7.1.5 Витрати енергії на перегрів газоподібної води

$$q_2 = g_n (i_{n,n} - i_{n,n}^{\circ}) = 0,15(2970 - 2360) = 92 \text{ кДж/кг.} \quad (7.5)$$

#### 7.1.5 Анізотропія насиченої газоподібної Н<sub>2</sub>О

$$i_{n,n} = i^{\circ} + xr = 575 + 5,85 \cdot 2225 = 2275 \text{ кДж/кг.} \quad (7.7)$$

При  $p = 5,15$  Мн/м<sup>2</sup> ( $p = 1,5$  кг/см<sup>2</sup>) і ступеня сухості газоподібної Н<sub>2</sub>О  $x = 5,85$  Анізотропія Н<sub>2</sub>О  $i^{\circ} = 575$  кДж/кг і енергія на випаровування  $r = 2225$  кДж/кг.

#### 7.1.7 Втрата енергії з вентиляційним киснем

$$q_3 = c_p \frac{\omega_{\text{вун}} + g_n}{d_{n.к} - d_в} (t_{n.к} - t_в) = 1 - \frac{0,06 + 0,150}{0,270 - 0,012} (250 - 25) = 184 \text{ кДж/кг}, \quad (7.7)$$

де  $c_p$  - масова енергіяємність кисню при постійному тиску;  $c_p = 1$  кДж/кг;

$d_{n.к}$  - вміст води середовища пекарної об'єму;  $d_{n.к} = 5,27$  кг/кг;

$d_в$  - вміст води зовнішнього кисню;  $d_в = 5,512$  кг/кг;

$t_{n.к}$  - температура середовища теплової шафи;  $t_{n.к} = 255$  °С;

$t_в$  - температура зовнішнього кисню;  $t_в = 25$  °С;

7.1.7 Втрати енергії на нагрівання транспортних засобів при зміні температури стрічки від  $t'_c = 25$  до  $t''_c = 155$  °С

$$q_4 = g_c c_c (t''_c - t'_c) = 1,11 \cdot 5,57 (155 - 25) = 57 \text{ кДж/кг}, \quad (7.8)$$

де  $g_c$  - вага стрічки на 1 кг батона;  $g_c = 1,11$  кг;

$c_c$  - енергіяємність стрічки в кДж/(кг·град);  $c_c = 5,57$ ;

7.1.8 Втрати енергії через огороження теплової шафи в зовнішнє середовище

$$q_5 = \frac{Q_5}{G}. \quad (7.9)$$

7.1.9 Втрати енергії в зовнішнє середовище, відносно 1 год,

$$Q_5 = a_{np} C_o f_n \left[ (0,01T_n)^4 - (0,01T_o)^4 \right] + \alpha_{\kappa} f_n (t_n - t_o). \quad (7.15)$$

7.1.15 Потужність енергія теплової шафи при випіканні батона вагою

1 кг

$$G = \frac{ng}{60\tau} = \frac{48 \cdot 9}{60 \cdot 40} \approx 0,18 \text{ кг/сек (755 кг/год)}, \quad (7.11)$$

де  $g$  – вага батона на сітці в одному ряді;  $g = 9$  кг;

$n$  – число рядів батона в енергії теплової шафи;  $n = 58$ ;

$\tau$  - тривалість готування;  $\tau = 55$  хв;

7.1.11 Коефіцієнт енергії віддачі конвекцією від вертикальних стінок теплової шафи

$$\alpha_k^{верт} = Nu \frac{\lambda}{l} = 225 \frac{0,0269}{1,50} = 4,00, \quad (7.12)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт енергії провідності кисню;  $\lambda = 5,5279$  Вт/(м·град);

$l$  – висота енергії теплової шафи;  $l = 1,5$  м.

7.1.12 Номер Нусельта

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n = 0,135(4,65 \cdot 10^9)^{0,33} = 225. \quad (7.12)$$

7.1.12 Проміжкова температура

$$t_m = \frac{T_n + T_o}{2} = \frac{40 + 25}{2} = 32,5 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (7.15)$$

де  $T_n$  - температура внутрішньої площини енергії теплової шафи;  $t_n$  - 55 °С,

$T_o$  - температура зовнішнього середовища;  $t_o$  - 25 °С.

7.1.15 Критерій Грасгофа для вертикальних стінок теплової шафи

$$Gr = \frac{\beta l^3 g \Delta t}{\nu^2} = \frac{1,50^3 \cdot 9,81(40 - 25)}{(273 + 32,5)(16,3 \cdot 10^{-6})^2} = 6,2 \cdot 10^9, \quad (7.15)$$

де.  $\beta = \frac{l}{T_m} = \frac{1}{32,5}$

7.1.15 Критерій  $Pr=5,72$  для кисню (отримується по таблиці). Тоді,

$$Gr Pr = 6,2 \cdot 10^9 \cdot 0,72 = 4,65 \cdot 10^9. \quad (7.17)$$

При цьому добутку  $C= 5,125$  і  $n= 5,22$  [2, с.55].

7.1.17 Коефіцієнт енергії віддачі від горизонтальних стінок теплової шафи

$$\alpha_{\kappa}^{zop} = 1,3 Nu \frac{\lambda}{l} = 1,3 \cdot 425 \frac{0,0269}{2,9} = 5,15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}, \quad (7.17)$$

де.  $Nu = C(Pr Gr) = 0,135(43,5 \cdot 10^9 \cdot 0,72)^{0,33} = 425$

7.1.17 Критерій Грасгофа для горизонтальних стінок теплової шафи

$$Gr = \frac{\beta l^3 g \Delta t}{\nu^2} = \frac{2,90^3 \cdot 9,81 \cdot 15}{305,5(16,3 \cdot 10^{-6})^2} = 43,5 \cdot 10^9, \quad (7.18)$$

в цьому випадку визначаючим розміром енергії теплової шафи є ширина;  
 $l= 2,9$  м.

$$Gr Pr = 43,5 \cdot 10^9 \cdot 0,72 = 31,4 \cdot 10^9;$$

$$C=5,125; n= 5,22;$$

По даним енергія теплової шафи, поверхня вертикальних огорожень  $f_g = 72 \text{ м}^2$  і горизонтальних  $f_z = 27 \text{ м}^2$ .

7.1.18 Енергія віддачі вертикальними поверхнями енергії теплової шафи

$$\begin{aligned}
Q_{56} &= f_6 \left\{ a_{np} C_o \left[ (0,01T_n)^4 - (0,01T_o)^4 \right] + \alpha_{\kappa}^{сепм} (t_n - t_o) \right\} = \\
&= 62 \left\{ 0,82 \cdot 5,7 \left[ \left( \frac{273+40}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+25}{100} \right)^4 \right] + 4,00(40-25) \right\} = 8700 \text{ Вт},
\end{aligned}
\tag{7.19}$$

де  $a_{np}$  - приведена степiнь забрудненостi площини енергiя теплової шафи i

зовнiшнього середовища;  $a_{np} = \frac{1}{\frac{2}{a_m} - 1} = \frac{1}{\frac{2}{0,9} - 1} = 0,82$ ; степiнь забрудненостi

матерiалу  $a_m = 5,9$ ;

$C_o$  - степiнь забрудненостi абсолютно чорного тiла;  $C_o = 5,7$ ;

7.1.19 Енергiя вiддача горизонтальними поверхнями огорожень енергiя теплової шафи

$$\begin{aligned}
Q_{52} &= f_2 \left\{ a_{np} C_o \left[ (0,01T_n)^4 - (0,01T_o)^4 \right] + \alpha_{\kappa}^{2op} (t_n - t_o) \right\} = \\
&= 36 \left\{ 0,82 \cdot 5,7 \left[ \left( \frac{273+40}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+25}{100} \right)^4 \right] + 5,15(40-25) \right\} = 5700 \text{ Вт}.
\end{aligned}
\tag{7.25}$$

7.1.25 Всього вiддається енергiї в зовнiшнє середовище

$$Q_{53} = Q_{56} + Q_{52} = 8755 + 5755 = 15555 \text{ Вт} = 15,5 \text{ кВт}
\tag{7.21}$$

або на 1 кг батонів  $q_5 = \frac{Q_5}{G} = \frac{14,4}{0,18} = 80 \text{ кДж/кг}$ .

Інші втрати приймаються на 1 кг батонів  $q_7 = 29,2 \text{ кДж/кг}$ .

7.1.21 Сумарні витрати енергії в теплової шафи

$$q_{n.k} = 271 + 92 + 185 + 57 + 85 + 29,2 = 812,2 \text{ кДж/кг.} \quad (7.22)$$

7.1.22 По секундні витрати енергії в кВт:

$$Q_1 = q_1 G = 271 \cdot 5,18 = 77; \quad (7.22)$$

$$Q_2 = q_2 G = 92 \cdot 5,18 = 17,7; \quad (7.25)$$

$$Q_2 = q_2 G = 185 \cdot 5,18 = 22,2; \quad (7.25)$$

$$Q_5 = q_5 G = 57 \cdot 5,18 = 15,1; \quad (7.27)$$

$$Q_5 = q_5 G = 85 \cdot 5,18 = 15,5; \quad (7.27)$$

$$Q_7 = q_7 G = 29,2 \cdot 5,18 = 5,2; \quad (7.28)$$

7.1.22 Загальна витрата енергії в теплової шафи:

$$Q_{n.k} = Q_1 + Q_2 + Q_2 + Q_5 + Q_5 + Q_7 = 77 + 17,7 + 22,2 + 15,1 + 15,5 + 5,2 = 157,7 \text{ кВт.} \quad (7.29)$$

7.1.25 Затверджуємо температуру речовин окиснення, які виходять

$t_{yx} = 255$  °С. При цій температурі втрати енергії з метанами, які виходять  $l_{yx} = 12555$  кДж/м<sup>2</sup>. Ці втрати, віднесені до одиниці пального,

$$q_{yx} = \frac{l_{yx}}{Q_H^p} 100 = \frac{12000}{35600} 100 = 33,7\% . \quad (7.25)$$

7.1.25 При втраті енергії від хімічної неповноти окиснення  $q_{хим} = 5$  секундна витрата пального

$$B = \frac{Q_{н.к}}{Q_H^p (1 - q_{yx})} = \frac{146,6}{35600(1 - 0,337)} = 0,0062 \text{ м}^2 \text{ (22,2 м}^2/\text{Год)}. \quad (7.21)$$

7.1.27 Питома витрата природного метану при звичайних умовах

$$b = \frac{B}{G} = \frac{22,3}{0,650} = 34,4 \text{ м}^2/\text{т батона}. \quad (7.22)$$

7.1.27 Питома витрата умовного пального

$$b_y = b \frac{Q_H^p}{29300} = 34,4 \frac{35600}{29300} = 41,7 \text{ кг умовного пального/т батона}. \quad (7.22)$$

7.2 Розрахунки об'єму окиснення

7.2.1 Основні розміри об'єму окиснення, кратність циркуляції і кількість речовин окиснення

### Палильна частина

7.2.1.1 Теоретична температура окиснення

$$t_{гор} = \frac{Q_H^p + \alpha V_o c_o t_o}{V_o c_o} = \frac{35600 + 1,2 \cdot 9,48 \cdot 1,25 \cdot 20}{12,57 \cdot 1,62} = 1765 \text{ °С (2528 °К)}. \quad (7.25)$$

По даним досліджень камер окиснення печей ПХС, витраті пального  $B = 5,5572$  м<sup>2</sup>/сек. (22,2 м<sup>2</sup>/год) відповідає величина параметра  $\pi_1''' = 2,7$  [2, с.227].

7.2.1.2 Температура речовин окиснення при вихлопі з палильної об'єму

$$T_y = (0,87 - 0,074\pi_1''')T_{zop} = (5,87 - 5,575 \cdot 2,7)2528 = 1275 \text{ °K (1587 °C)}. \quad (7.25)$$

7.2.1.2 Проміжкова ефективна температура речовин окиснення в топочній частині об'єму окиснення з врахуванням коефіцієнта сумішоутворення для короткопалуменевих пальників  $\beta=5,85$

$$\bar{T}_{\partial.m} = \sqrt{\beta T_{zop} T_y} = \sqrt{0,85 \cdot 2038 \cdot 1360} = 1530 \text{ °K (1257 °C)}. \quad (7.27)$$

7.2.1.5 Енергія напруження поперечного розрізу палильної об'єму

$$q_f = 3,6 - 0,47\pi_1''' = 3,6 - 0,47 \cdot 2,7 = 2,33 \text{ мВт/м}^2 = 2225 \text{ кВт/м}^2. \quad (7.27)$$

7.2.1.5 Енергія напруження палильного обсягу

$$q_v = 4,5 - 0,587\pi_1''' = 4,5 - 0,587 \cdot 2,7 = 2,9 \text{ мВт/м}^2 = 2925 \text{ кВт/м}^2. \quad (7.28)$$

7.2.1.7 Поперечний розріз палильної об'єму окиснення

$$f_T = \frac{BQ_H^p}{q_f} = \frac{0,0062 \cdot 35600}{2330} = 0,0945 \text{ м}^2. \quad (7.29)$$

7.2.1.7 Радіус палильної об'єму

$$d_1 = \sqrt{\frac{f_T}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,0945}{0,785}} = 0,346 \text{ м}. \quad (7.55)$$

Затверджуємо  $d_1 = 5,255 \text{ м}$ , як в виконаній схемі.

7.2.1.8 Обсяг палильної об'єму

$$V_T = \frac{BQ_H^p}{q_v} = \frac{0,0062 \cdot 35600}{2920} = 0,076 \text{ м}^2. \quad (7.51)$$

### 7.2.1.9 Проміжок палильної об'єму

$$l_T = \frac{V_T}{f_T} = \frac{0,076}{0,0945} = 0,8 \text{ м.} \quad (7.52)$$

Знайдена Проміжок палильної об'єму відповідає виконаній схемі.

### 7.2.1.15 Поверхня внутрішньої кільця палильної частини об'єму окиснення

$$H_1 = \pi d_1 l_T = 3,14 \cdot 0,345 \cdot 0,8 = 0,865 \text{ м}^2. \quad (7.52)$$

### 7.2.1.11 Кратність циркуляції

$$m \approx \frac{0,995 I_{\text{гор}} - I_{\alpha_{\text{см}}}}{I_{\alpha_{\text{см}}} - I_{\alpha_{\text{см}}}^o} = \frac{0,995 \cdot 35885 - 18300}{18300 - 11500} = 2,58, \quad (7.55)$$

де  $I_{\text{гор}}$  - Анізотропія речовин окиснення, отриманих при окисненні 1 м<sup>2</sup> пального при теоретичній температурі окиснення;

$I_{\alpha_{\text{см}}}$  - Анізотропія речовин окиснення, отриманих при окисненні 1 м<sup>2</sup> пального при  $\alpha_{\text{см}}$  і температурі суміші  $t_{\text{см}}$ ;  $I_{\alpha_{\text{см}}} = 18255 \text{ кДж/ м}^2$ ;

$I_{\alpha_{\text{см}}}^o$  - Анізотропія речовин окиснення, отриманих при окисненні 1 м<sup>2</sup> пального при коефіцієнті витрат кисню  $\alpha_p = \alpha_{\text{yx}}$  і температурі рециркулюючих метанів при вході в об'єм окиснення  $t_p^o$ ;  $I_{\alpha_{\text{см}}}^o = 11555 \text{ кДж/ м}^2$ ;

В цьому виразі анізотропії визначені при температурі суміші при вихлопі з об'єму замішування  $t_{\text{см}} = 755 \text{ °C}$  і температурі рециркулюючих метанів при вході в об'єм окиснення з врахуванням охолодження і

підсмоктування кисню на шляху від пекарної об'єму передачі до об'єму окиснення  $t_p^o = 225$  °С.

#### 7.2.1.12 Секундна кількість речовин окиснення

а) при вихлопі з палильної об'єму (при звичайних умовах)

$$V_{\alpha_T} = BV'_{\alpha_T} = 0,0062 \cdot 12,57 = 0,078 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (285 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.55)$$

б) при вихлопі з об'єму замішування

$$V_{\alpha_{cm}} = (1+m)BV'_{\alpha_{cm}} = (1+2,58)0,0062 \cdot 21,72 = 0,483 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (1725 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.57)$$

в) при вході в трубки

$$V_{\alpha_{ex}} = (1+m)BV'_{\alpha_{ex}} = (1+2,58)5,5572 \cdot 22,19 = 5,595 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (1775 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.57)$$

г) при вихлопі з труб енергія теплової шафи

$$V_{\alpha_{вих}} = (1+m)BV'_{\alpha_{вих}} = (1+2,58)5,5572 \cdot 25,7 = 5,558 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (1975 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.58)$$

#### 7.2.1.12 Проміжковій секундний обсяг метанів в трубках

$$\bar{V} = \frac{V_{\alpha_{ex}} + V_{\alpha_{вих}}}{2} = \frac{0,49 + 0,548}{2} = 0,519 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (1875 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.59)$$

7.2.1.15 Обсяг рециркулюючих метанів в секунду (при  $\alpha_p = \alpha_{yx}$ )

$$V_{\alpha_p} = mBV'_{\alpha_p} = 2,58 \cdot 5,5572 \cdot 25,58 = 5,552 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (1555 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.55)$$

7.2.1.15 Секундний обсяг метанів, які виходять з енергія теплової шафи

$$V_{\alpha_{yx}} = (1+m)BV'_{\alpha_{yx}} = 2,58 \cdot 5,5572 \cdot 25,58 = 5,559 \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (2515 \text{ м}^2/\text{год}). \quad (7.51)$$

7.2.1.17 Секундний обсяг метанів, які випускаються на зовні

$$V_{\text{вип}} = V'_{\alpha_{\text{yx}}} - V_{\alpha_p} = 5,559 - 5,552 = 5,157 \text{ м}^2/\text{сек. (575 м}^2/\text{год)}. \quad (7.52)$$

### Камера замішування

7.2.1.17 Радіус внутрішньої кільця об'єму замішування теплової шафи

$$d_2 = \sqrt{\frac{f_{\text{см}}}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,192}{0,785}} = 0,495 \text{ м.} \quad (7.52)$$

Приймається  $d_2 = 5,5$  м (в натурне  $d_2 = 5,555$  м).

7.2.1.18 Розріз об'єму замішування

$$f_{\text{см}} = \frac{V_{\alpha_{\text{см}}}}{\omega_0} = \frac{0,483}{2,5} = 0,192, \quad (7.55)$$

де  $\omega_0$  - Прискорення замішування палильних і рециркуляційних метанів;  $\omega_0$  лежить в межах від 2,2 до 2,5 м/сек. при звичайних умовах.

7.2.1.19 Обсяг об'єму замішування

Обсяг об'єму замішування розраховується в залежності від часу перебування в ній метанів при їх проміжковій температурі. Зазвичай  $\tau$  лежить в межах від 5,15 до 5,2; Затверджуємо  $\tau = 5,175$  сек.

$$V_2 = \frac{\tau V_{\alpha_{\text{см}}} \bar{T}_{\text{см}}}{273} = \frac{0,175 \cdot 0,483 \cdot 973}{273} = 0,30 \text{ м}^2, \quad (7.55)$$

де  $\bar{T}_{\text{см}}$  - проміжкові температура суміші метанів по довжині змішувальної об'єму, знайдена на базі наступних міркувань.

За даними табл. V- 7 і рис. V- 27 [2, с.257] можна отримати, що Поділ середньої температури метанової суміші в палильній камері до температури

$$\text{тієї ж суміші при вихлопі з цієї ж об'єму } \frac{\bar{t}'_{\text{д.см}}}{t_{\text{д.см}}} = \frac{534}{459} = 1,16$$

(559 – температура суміші в °С на відстані 1 м від кінцевого розрізу палильної об'єму, де

$\square t_{\text{max}} = 25$  град ). В наших вимогах при  $t_{\text{д.см}} = 755$  °С і в тому ж співвідношенні Проміжкова температура суміші метанів в камері замішування  $\bar{t}'_{\text{д.см}} = 1,16t_{\text{д.см}} = 1,16 \cdot 600 = 700$  °С (972 °К). (Це значення введене в вираз для  $V_2$ ).

7.2.1.25 Проміжок об'єму замішування, яка забезпечує повне перемішування метанів

$$l_{\text{см}} = \frac{V_2}{f_{\text{см}}} = \frac{0,3}{0,192} = 1,56 \text{ м.} \quad (7.57)$$

Поділ  $\frac{l_{\text{см}}}{d_2} = \frac{1,56}{0,5} = 3,12$ , що ненабагато вище, ніж в виконаній схемі

( $m=2,58$ ).

7.2.1.21 Поверхня внутрішньої кільця об'єму замішування

$$H_2 = \pi d_2 l_{\text{см}} = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 1,56 = 2,45 \text{ м}^2. \quad (7.57)$$

7.2.2 Енергія обміну в камері окиснення

Палильна частина

7.2.2.1 Прискорення речовин окиснення в палильці при звичайних умовах

$$\omega_{0,T} = \frac{V_{\alpha_T}}{f_T} = \frac{0,078}{0,0945} = 0,825 \text{ м/сек.} \quad (7.58)$$

7.2.2.2 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією до внутрішньої кільця палильної об'єму

$$\alpha_{к.т} \approx 3,5 \frac{\omega_{0,т}^{0,8}}{\sqrt[4]{d_1}} = 3,5 \frac{0,825^{0,8}}{\sqrt[4]{0,345}} = 3,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.59)$$

7.2.2.2 На довжині палильної об'єму окиснення спів поділу

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{0,5}{0,345} = 1,45. \quad (7.75)$$

Зовнішня обичайка об'єму окиснення має радіус  $d_2 = 5,72$  м.

7.2.2.5 Розріз зовнішнього кільцевого трубки для рециркуляційного метана, утворене за рахунок різниці радіусів  $d_2$  і  $d_{2нар} = 5,51$  м,

$$f_{нар} = 0,785(d_3^2 - d_{2нар}^2) = 0,785(0,63^2 - 0,510^2) = 0,110 \text{ м}^2. \quad (7.71)$$

7.2.2.5 Прискорення рециркуляційного метану в цьому січенні при звичайних умовах

$$\omega_{0,нар} = \frac{V_{\alpha_p}}{f_{нар}} = \frac{0,402}{0,110} = 3,66 \text{ м}/\text{сек}. \quad (7.72)$$

7.2.2.7 Еквівалентний радіус внутрішнього кільцевого трубки з врахуванням енергія віддачі на обидві сторони трубки

$$d_{екв.нар} = \frac{4f_{нар}}{\pi(d_3 + d_{2нар})} = \frac{4 \cdot 0,110}{3,14(0,63 + 0,510)} = 0,123 \text{ м}. \quad (7.72)$$

7.2.2.7 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією до рециркулюючого метану в цьому трубці

$$\alpha_{к.р}^{нар} \approx 3,5 \frac{\omega_{0,нар}^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{екв.нар}}} = 3,5 \frac{3,66^{0,8}}{\sqrt[4]{0,123}} = 16,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.75)$$

7.2.2.8 Аналогічно внутрішній кільцевий розріз при  $d_{1нар} = 5,255$ м.

$$f_{вн} = 0,785(d_2^2 - d_{1нар}^2) = 0,785(0,5^2 - 0,355^2) = 0,0975 \text{ м}^2. \quad (7.75)$$

7.2.2.9 Прискорення рециркулюючого метану в цьому розрізі

$$\omega_{0,вн} = \frac{V_{\alpha p}}{f_{вн}} = \frac{0,402}{0,0975} = 4,15 \text{ м/сек.} \quad (7.77)$$

7.2.2.15 Еквівалентний радіус внутрішнього кільцевого трубки

$$d_{екв.вн} = \frac{4 \cdot f_{вн}}{\pi(d_2 + d_{1нар})} = \frac{4 \cdot 0,0975}{3,14(0,5 + 0,355)} = 0,145 \text{ м.} \quad (7.77)$$

7.2.2.11 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією до рециркулюючого метану в цьому трубці

$$\alpha_{к.р}^{вн} \approx 3,5 \frac{\omega_{0,вн}^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{екв.вн}}} = 3,5 \frac{4,15^{0,8}}{\sqrt[4]{0,145}} = 17,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}. \quad (7.78)$$

7.2.2.12 Проміжковий коефіцієнт анізотропної енергія віддачі до рециркулюючого метану

$$\bar{\alpha}_{к.р} = \frac{\alpha_{к.р}^{нар} + \alpha_{к.р}^{вн}}{2} = \frac{16,7 + 17,8}{2} = 17,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}. \quad (7.79)$$

Поверхня обичайок не впливає на величину  $\bar{\alpha}_{к.р}$ , що видно з розрахунків:

$$\bar{\alpha}_{к.р} = \frac{\alpha_{к.р}^{нар} F_{нар} + \alpha_{к.р}^{вн} F_{вн}}{F_{нар} + F_{вн}} = \frac{16,7 \cdot 1,43 + 17,8 \cdot 1,07}{1,43 + 1,07} = 17,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}. \quad (7.75)$$

7.2.2.12 Поверхня кільця, розрахована по середньому радіусу зовнішнього кола

$$F_{нар} = \pi \frac{d_3 + d_{2нар}}{2} l_T = 3,14 \frac{0,63 + 0,51}{2} 0,8 = 1,43 \text{ м}^2 \quad (7.71)$$

7.2.2.15 Поверхня кільця, розрахована по середньому радіусу внутрішнього кола

$$F_{вн} = \pi \frac{d_2 + d_{1нар}}{2} l_T = 3,14 \frac{0,5 + 0,355}{2} 0,8 = 1,07 \text{ м}^2. \quad (7.72)$$

7.2.2.15 Приведений коефіцієнт випромінювання між обичайками палильної частини об'єму окиснення, якщо прийняти, що вони представляють собою плоскі паралельні площини, при  $C_1 = C_2 = a'_m$ ,  $C_0 = \beta \cdot 5,7 = 4,85 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^5)$ ,

де  $\beta$ - коефіцієнта сумішоутворення для короткопалуменевих пальників;  $\beta = 5,85$ ;

5.7 - степінь забрудненості абсолютно чорного тіла;

$$C_{np} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} = \frac{1}{\frac{1}{4,85} - \frac{1}{5,7}} = 4,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.72)$$

Внаслідок ретельної ізоляції втратами енергії камерою окиснення та її палильною частиною в середовище  $q_5^T$  нехтуємо.

7.2.2.17 Ефективна степінь забрудненості сталюї кільця при степені забрудненості метала  $a'_m = \frac{C_1}{C_0} = \frac{4,85}{5,7} = 0,85$

$$a_m = \frac{a'_m + 1}{2} = \frac{0,85 + 1}{2} = 0,925. \quad (7.75)$$

7.2.2.17 Максимальна температура речовин окиснення в палильці, яка спостерігається

$$T_{\max} = \beta T_{\text{зоп}} = 0,85 \cdot 2038 = 1730 \text{ } ^\circ\text{K} (1557^\circ\text{C}). \quad (7.75)$$

7.2.2.18 Енергія розсіювання, прийняте  $1\text{ м}^2$  внутрішньої кільця палильної частини при  $k=5,2$  і  $H_I= 5,875 \text{ м}^2$ .

$$q_{\text{рас}}^c = k \frac{V_{\alpha_T}}{H_1} (c_{\text{зоп}} t_{\text{зоп}} - c_{\text{max}} t_{\text{max}}) = 0,3 \frac{0,078 \cdot 10^3}{0,865} (1,62 \cdot 1765 - 1,57 \cdot 1457) = 15400 \text{ Вт/м}^2. \quad (7.77)$$

7.2.2.19 Кутовий коефіцієнт внутрішньої кільця палильної об'єму на фронтову облицьовку

$$\bar{\varphi}_{\text{кл}} = 0,25 \left( 1 - e^{-\frac{1,8l_T}{d_1}} \right) \frac{d_1}{l_T} = 0,25 \left( 1 - e^{-1,8 \frac{0,8}{0,345}} \right) \frac{0,345}{0,8} = 0,106. \quad (7.77)$$

#### Камера замішування

7.2.2.25 Поперечний розріз об'єму замішування

$$f_{\text{см}} = 0,785 d_2^2 = 0,785 \cdot 0,5^2 = 0,196 \text{ м}^2. \quad (7.78)$$

7.2.2.21 Прискорення суміші метанів при звичайних умовах

$$\omega_0 = \frac{V_{\alpha_{\text{см}}}}{f_{\text{см}}} = \frac{0,483}{0,196} = 2,44 \text{ м/сек.} \quad (7.79)$$

7.2.2.22 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією від суміші метанів до внутрішньої кільця об'єму замішування

$$\alpha_{\text{к.см}} \approx 3,5 \frac{\omega_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_2}} = 3,5 \frac{2,44^{0,8}}{\sqrt[4]{0,5}} = 8,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}. \quad (7.85)$$

7.2 Розрахунок енергія обміну в зонах енергія теплової шафи

I зона

Потреба зони в енергії з одної сторони  $Q_I=21 \text{ кВт}$ . [2, с.558]

7.2.1 Анізотропія речовин окиснення на вході в обігрівуючі канали від спалювання 1 м<sup>2</sup> природного метану при  $\alpha_{ex} = 2,2$ ,  $t'_o = 595$  °С,  $I_{ex} = 18555$  кДж/м<sup>2</sup>.

7.2.2 Анізотропія речовин окиснення при вихлопі з труб

$$I_{вих} = I_{ex} - \frac{3600Q_1}{B_1} = 18550 - \frac{3600 \cdot 21}{10,8} = 11550 \text{ кДж/м}^2 \text{ пального.} \quad (7.81)$$

При коефіцієнті витрат кисню  $\alpha_{вих} = 2,55$  цій анізотропії відповідає температура метану, який виходить з трубки  $t''_o = 255$  °С.

7.2.2 Проміжкова температура метанів в трубках

$$\bar{t}_o = \frac{t'_o + t''_o}{2} = \frac{590 + 350}{2} = 470 \text{ °С (752 °К)}. \quad (7.82)$$

7.2.5 Прискорення метанів при їх проміжковій температурі

$$\omega = \omega_0 \frac{\bar{t}_o}{273} = 0,69 \frac{743}{273} = 1,875 \text{ м/сек.} \quad (7.82)$$

Прискорення метанів в трубці при звичайних умовах  $\omega_0 = 5,79$  м/сек. [2, с.558]

7.2.5 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією в трубці до площини нагрівання

а) наближено

$$\alpha_{o.k} = 3,5 \frac{\omega_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{екв}^{кан}}} = 3,5 \frac{0,69^{0,8}}{\sqrt[4]{0,09}} = 4,75 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}; \quad (7.85)$$

б) більш точно

$$\alpha_{\partial.к} = 0,00425 \frac{\lambda}{\nu} \omega \text{Pr}^{0,4} = 0,00425 \frac{530 \cdot 10^6}{69 \cdot 10^4} 1,875 \cdot 0,722^{0,4} = 5,38 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}); \quad (7.85)$$

При  $\bar{t}_\partial = 575 \text{ }^\circ\text{C}$   $\lambda = 525 \cdot 15^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ .

Приймається друге значення  $\alpha_{\partial.к} = 5,28$ .

7.2.7 Останньою формулою можна користуватися, оскільки  $\text{Re} > 15555$ :

$$\text{Re} = \frac{\omega d_{\text{екв}}^{\text{кан}}}{\nu} = \frac{1,875 \cdot 0,09 \cdot 10^6}{69} = 2450, \quad (7.87)$$

де при  $\bar{t}_\partial = 575 \text{ }^\circ\text{C}$  коефіцієнт динамічної в'язкості  $\nu = 79 \cdot 15^{-7} \text{ м}^2/\text{сек}$ .

7.2.7 Коефіцієнт енергія віддачі від площини нагріву в пекарню об'єм

$$\text{Nu} = C(\text{Gr Pr})^n = 0,54 \sqrt[4]{0,72 \cdot 14,9 \cdot 10^6} = 30,6. \quad (7.87)$$

7.2.8 Критерій Грассгофа

$$\text{Gr} = \frac{\beta \Delta t g (d_{\text{екв}}^{n.к})^3}{\nu^2} = \frac{30 \cdot 9,81 \cdot (0,36 \cdot 10^4)^3}{528 \cdot 42^2} = 14,9 \cdot 10^6. \quad (7.88)$$

Коефіцієнт  $\beta = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{528}$ .

7.2.9 Проміжкова температура

$$t_m = \frac{t_n + t_{n.к}}{2} = \frac{270 + 240}{2} = 255 \text{ }^\circ\text{C} (528 \text{ }^\circ\text{K}), \quad (7.89)$$

де  $t_n$  - проміжкова температура площини нагрівання;  $t_n = 275 \text{ }^\circ\text{C} (552 \text{ }^\circ\text{K})$ ,

$t_{n.к}$  - температура в тепловій шафі;  $t_{n.к} = 255 \text{ }^\circ\text{C} (512 \text{ }^\circ\text{K})$ ,

### 7.2.15 Різниця температур

$$t = t_n - t_{n,k} = 270 - 240 = 30 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (7.95)$$

### 7.2.11 Еквівалентний радіус пекарної об'єму з висотою $h_{n,k} = 5,2$ м

$$d_{екв}^{n,k} = 1,8h_{n,k} = 1,8 \cdot 0,2 = 0,360 \text{ м}. \quad (7.91)$$

### 7.2.12 Анізотропний коефіцієнт енергія передачі в камері

$$\alpha_{к.к} = Nu \frac{\lambda}{d_{екв}^{n,k}} = 30,6 \frac{420}{0,36 \cdot 10^4} = 3,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.92)$$

При  $t_m = 255$  °С для кисню  $\nu = 52 \cdot 15^{-7}$  м<sup>2</sup>/сек. і  $\lambda = 525 \cdot 15^{-5}$  Вт/(м<sup>2</sup>·град).

7.2.12 Степінь забрудненості суміші при прийнятій температурі площини нагріву  $t_n = 255$  °С (522 °К)  $a_{\phi,n} = 5,597$  [2, с.575] і степінь забрудненості метанової суміші в трубі  $a_{\phi,d} = 5,577$  [2, с.575].

### 7.2.15 Розрахункова степінь забрудненості метанів в трубі

$$a_{\phi} = \frac{a_{\phi,d} (0,01\bar{T}_{di})^4 - a_{\phi,n} (0,01\bar{T}_{ni})^4}{(0,01\bar{T}_{di})^4 - (0,01\bar{T}_{ni})^4} = \frac{0,077 \cdot (0,01 \cdot 743)^4 - 0,097 (0,01 \cdot 523)^4}{(0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot 523)^4} = 0,07. \quad (7.92)$$

### 7.2.15 Видимий коефіцієнт випромінювання в трубі

$$C_{e,d} = 5,7 a'_m a_{\phi} \frac{1 - a_{\phi} + F_c}{1 + a_{\phi} (F_c - 1)} = 5,7 \cdot 0,85 \cdot 0,071 \frac{1 - 0,071 + 1,0465}{1 + 0,071(1,0465 - 1)} = 0,68$$

Вт/(м<sup>2</sup>·град),

(7.95)

де  $F_c$ - степінь розвитку цегельного шару.

### 7.2.17 Температура площини нагрівання

$$C_{\epsilon,\delta} \left[ (0,01\bar{T}_\delta)^4 - (0,01\bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\delta,\kappa} (\bar{t}_\delta - \bar{t}_n) = C_{np} \left[ (0,01\bar{T}_n)^4 - (0,01\bar{T}_{xl})^4 \right] + \alpha_{\kappa,\kappa} (\bar{t}_n - t_{n,\kappa})$$

$$\begin{aligned} & 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 \right] + 5,38 (470 - \bar{t}_n) = \\ & = 4,25 \left[ (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 - (0,01 \cdot 353)^4 \right] + 3,55 (\bar{t}_n - 240), \end{aligned} \quad (7.95)$$

де  $\bar{t}_{xl}$  - температура площини батона в I зоні;  $\bar{t}_{xl} = 85$  °С. (252 °К).

Із останнього числового виразу отримуємо

$$8,93\bar{t}_n + 4,93(0,01\bar{T}_n)^4 = 6134,$$

звідки проміжкова температура площини трубки в I зоні  $\bar{t}_n = 255$  °С (528 °К) при прийнятому раніше значенні  $\bar{t}_n = 255$  °С.

Температура в теплової шафи при цьому  $t_{n,\kappa} = 255$  °С, а проміжкова температура площини батона  $\bar{t}_{xl} = 85$  °С. (252 °К).

7.2.17 Величина енергія температурного потоку на поверхню нагрівання

$$\begin{aligned}
q_1 &= C_{\epsilon, \delta} \left[ (0,01\bar{T}_\delta)^4 - (0,01\bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\delta, k} (\bar{t}_\delta - \bar{t}_n) = \\
&= 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot 528)^4 \right] + 5,38(470 - 255) = 2715 \text{ Вт/м}^2.
\end{aligned}
\tag{7.97}$$

7.2.18 Кількість енергії яку передається в об'єм

$Q_1 = q_1 H_1 = 2,715 \cdot 7,53 = 20,4$  кВт при потребі цієї зони в енергії 21,5 кВт,

де  $H_1 = 7,52 \text{ м}^2$  – поверхня нагрівання з одної сторони в I зоні. В даному випадку роль анізотропної енергіявіддачі в сумарному значенні  $q_1$  площини, яка передає енергія складає 52%.

7.2.19 Якщо прийняти, що енергія втрати в зовнішнє середовище не мають місця, то температура стінки трубки, яка випромінює енергія отримується

$$(0,01\bar{T}_{cm})^4 = \frac{a_\phi F_c (0,01\bar{T}_\delta)^4 + (1 - a_\phi)(0,01\bar{T}_n)^4 + \frac{\alpha_{\delta, k} F_c (\bar{t}_\delta - \bar{t}_{cm})}{C_n}}{1 + a_\phi (F_c - 1)} =$$

$$= \frac{0,071 \cdot 1,0465 (0,01 \cdot 743)^4 + (1 - 0,071)(0,01 \cdot 528)^4 + \frac{5,38 \cdot 1,0465 (470 - 310)}{4,85}}{1 + 0,071(1,0465 - 1)} = 1154$$

звідки  $\bar{T}_{cm} = 585 \text{ °K (257 °C.)}$  ( $C_n = a_m C_o = 5,85 \cdot 5,7 = 5,85$ ).

(7.97)

Рішення цього рівняння виконується методом послідовних наближень, приймають  $\bar{t}_{cm}$  до практично повного спів падання з шуканою величиною  $\bar{T}_{cm}$  (ми прийняли  $\bar{t}_{cm} = 215^\circ\text{C}$ ).

Без врахування анізотропної енергія віддачі  $\bar{T}_{cm} = 555^\circ\text{K}$  ( $282^\circ\text{C}$ ).

II зона

Потреба одного трубки в енергії  $Q_2 = 25,7$  кВт. Розрахунок ведемо аналогічно I зоні.

7.2.25 Анізотропія речовин окиснення при вихлопі із труб обігріву

$$I_{вих} = I_{ex} - \frac{3600Q_2}{B_2} = 18550 - \frac{3600 \cdot 34,6}{17,8} = 11550 \text{ кДж/м}^2 \text{ пального.} \quad (7.98)$$

7.2.21 Проміжкова температура метанів в трубках

$$\bar{t}_\delta = \frac{t'_\delta + t''_\delta}{2} = \frac{590 + 350}{2} = 470^\circ\text{C} \text{ (} 752^\circ\text{K)}. \quad (7.99)$$

7.2.22 Прискорення метанів при їх проміжковій температурі

$$\omega = \omega_0 \frac{\bar{t}_\delta}{273} = 1,14 \frac{743}{273} = 3,10 \text{ м/сек.} \quad (7.155)$$

Прискорення метанів в трубці при звичайних умовах  $\omega_0 = 1,155$  м/сек.

[2, с.558].

7.2.22 Критерій Рейнольдаса-Адамса

$$\text{Re} = \frac{\omega d_{екв}^{кан}}{\nu} = \frac{3,10 \cdot 0,09 \cdot 10^6}{69} = 4050, \quad (7.151)$$

де при  $\bar{t}_\delta = 575^\circ\text{C}$  коефіцієнт динамічної в'язкості  $\nu = 79 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/сек.

7.2.25 Так як турбулізація потоку в трубі забезпечується перегородками, то для визначення  $\alpha_{\partial,к}$  використовується приведена вище рівність, в якій змінилась лише прискорення метанового потоку порівняно з каналами в I зоні, в яких  $\alpha_{\partial,к} = 5,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ; при  $\omega = 1,875 \text{ м/сек.}$  в трубі, що розглядається

$$\alpha_{\partial,к} = \alpha_{\partial,к1} \frac{\omega}{\omega_1} = 5,38 \frac{3,10}{1,875} = 8,90 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.152)$$

При прийнятих  $\bar{t}_n = 275 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $t_{n,к} = 255 \text{ }^\circ\text{C}$  проміжковий анізотропний коефіцієнт енергія віддачі в об'єм від поверхонь верхнього і нижнього труб  $\alpha_{к,к} = 2,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$  (див. I зону). Аналогічно попередньому розрахунку маємо  $a_\phi = 5,571$  і  $C_{\partial,о} = 5,78 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}^5)$ .

7.2.25 Рівняння енергія передачі трубки, що розглядається, при підстановці отриманих значень і середньої температури площини батона  $\bar{t}_{xl} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $298 \text{ }^\circ\text{K}$ ) отримує вигляд

$$C_{\partial,о} \left[ (0,01\bar{T}_\partial)^4 - (0,01\bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\partial,к} (\bar{t}_\partial - \bar{t}_n) = C_{np} \left[ (0,01\bar{T}_n)^4 - (0,01\bar{T}_{xl})^4 \right] + \alpha_{к,к} (\bar{t}_n - t_{n,к}) \quad (7.152)$$

Підставляємо в формулу числові значення

$$\begin{aligned} & 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 \right] + 8,9 (470 - \bar{t}_n) = \\ & = 4,25 \left[ (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 - (0,01 \cdot 398)^4 \right] + 3,55 (\bar{t}_n - 240), \end{aligned}$$

де температура площини нагріву  $\bar{t}_n = 285 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $552 \text{ }^\circ\text{K}$ ) при прийнятій  $\bar{t}_n = 275 \text{ }^\circ\text{C}$ .

7.2.27 Величина енергія температурного потоку

$$\begin{aligned}
q_2 &= C_{\epsilon,\delta} \left[ (0,01\bar{T}_\delta)^4 - (0,01\bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\delta,k} (\bar{t}_\delta - \bar{t}_n) = \\
&= 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot 553)^4 \right] + 8,90(470 - 280) = 3135 \text{ Вт/м}^2.
\end{aligned}
\tag{7.155}$$

7.2.27 При площини нагріву цього трубки  $H_2 = 15,25 \text{ м}^2$  енергія, яке передане в об'єм

$Q_2 = q_2 H_2 = 3,135 \cdot 10,20 = 32,0 \text{ кВт}$  при потребі цієї зони в енергії 25,7 кВт.

7.2.28 Температура випромінюючої стінки трубки

$$\begin{aligned}
(0,01\bar{T}_{cm})^4 &= \frac{a_\phi F_c (0,01\bar{T}_\delta)^4 + (1 - a_\phi) (0,01\bar{T}_n)^4 + \frac{\alpha_{\delta,k} F_c (\bar{t}_\delta - \bar{t}_{cm})}{C_n}}{1 + a_\phi (F_c - 1)} = \\
&= \frac{0,071 \cdot 1,0465 (0,01 \cdot 743)^4 + (1 - 0,071) (0,01 \cdot 553)^4 + \frac{8,9 \cdot 1,0465 (470 - 335)}{4,85}}{1 + 0,071 (1,0465 - 1)} = 1365,
\end{aligned}$$

де  $\bar{T}_{cm} = 758 \text{ °К}$  ( $225 \text{ °С}$ ). Без врахування анізотропної енергія віддачі до випромінюючої стінки трубки температура її була б  $\bar{T}_{cm} = 575 \text{ °К}$  ( $252 \text{ °С}$ ).  
(7.155)

III зона

Потреба в енергії з кожної сторони складає 17,7 кВт.

7.2.29 Анізотропія речовин окиснення при вихлопі із труб обігріву

$$I_{\text{вих}} = I_{\text{вх}} - \frac{3600 Q_3}{B_3} = 18550 - \frac{3600 \cdot 17,7}{9,10} = 11550 \text{ кДж/м}^2 \text{ пального.}
\tag{7.157}$$

Цій анізотропії відповідає температура метану, який виходить із труб обігріву  $t''_0 = 255 \text{ }^\circ\text{C}$ .

7.2.25 Проміжкова температура в трубках (як в I і II зонах)  $t_\theta = 575 \text{ }^\circ\text{C}$  (752°K).

7.2.21 Прискорення метанів при їх проміжковій температурі

$$\omega = \omega_0 \frac{\bar{t}_\theta}{273} = 0,583 \frac{743}{273} = 1,585 \text{ м/сек.} \quad (7.157)$$

Прискорення метанів в трубі при звичайних умовах  $\omega_0 = 5,582 \text{ м/сек}$ .

[2, с.558].

7.2.22 Коефіцієнт енергія віддачі конвекцією

$$\alpha_{\theta,к} = \alpha_{\theta,к1} \frac{\omega}{\omega_1} = 5,38 \frac{1,585}{1,875} = 4,55 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}. \quad (7.158)$$

7.2.22 Критерій Нусельта

$$Nu = C \sqrt[3]{Gr Pr} = 0,135 \sqrt[3]{67,5 \cdot 10^6} = 55 \quad (7.159)$$

7.2.25 Проміжкова температура

$$t_m = \frac{t_n + t_{n,к}}{2} = \frac{270 + 240}{2} = 255 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (528 }^\circ\text{K)}, \quad (7.115)$$

де  $t_n$  - Проміжкова температура гріючої площини;  $t_n = 275 \text{ }^\circ\text{C}$  (552 °K),

$t_{n,к}$  - температура в пекарній камері;  $t_{n,к} = 175 \text{ }^\circ\text{C}$  (522 °K).

7.2.25 Різниця температур

$$t = t_n - t_{n,к} = 270 - 160 = 110 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (7.111)$$

7.2.27 Критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{\beta \rho^2 g (d_{екв}^{n,к})^3}{\nu^3} = \frac{110 \cdot 9,81 \cdot (0,36 \cdot 10^4)^3}{488 \cdot 37^2} = 93,5 \cdot 10^6. \quad (7.112)$$

$$\text{Коефіцієнт } \beta = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{488}.$$

При  $t_m = 215^\circ\text{C}$  для кисню  $\nu = 27 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{сек.}$  і  $\lambda = 295 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град.})$ .

При добутку критеріїв

$$Gr Pr = 93,5 \cdot 0,722 \cdot 10^6 = 67,5 \cdot 10^6, C = 5,125 \text{ і } n = 5,22.$$

7.2.27 Анізотропний коефіцієнт енергія передачі в камері

$$\alpha_{\kappa.\kappa} = Nu \frac{\lambda}{d_{\text{екв}}^{n.\kappa}} = 55 \frac{390}{0,36 \cdot 10^4} = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}). \quad (7.112)$$

7.2.28 При проміжковій температурі площини батона в III зоні  $\bar{t}_{xl} = 155^\circ\text{C}$  ( $518^\circ\text{K}$ ) рівняння енергія передачі

$$C_{\text{в.д}} \left[ (0,01 \bar{T}_\delta)^4 - (0,01 \bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\delta.\kappa} (\bar{t}_\delta - \bar{t}_n) = C_{np} \left[ (0,01 \bar{T}_n)^4 - (0,01 \bar{T}_{xl})^4 \right] + \alpha_{\kappa.\kappa} (\bar{t}_n - t_{n.\kappa})$$

$$\begin{aligned} & 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 \right] + 4,55 (470 - \bar{t}_n) = \\ & = 4,25 \left[ (0,01 \cdot \bar{T}_n)^4 - (0,01 \cdot 418)^4 \right] + 6 (\bar{t}_n - 160), \end{aligned} \quad (7.115)$$

де  $\bar{t}_n = 252^\circ\text{C}$  ( $525^\circ\text{K}$ )

$C_{\text{в.д}} = 5,78 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^5)$  – коефіцієнт освоєння.

7.2.29 Енергетичний потік

$$q_3 = C_{\text{в.д}} \left[ (0,01 \bar{T}_\delta)^4 - (0,01 \bar{T}_n)^4 \right] + \alpha_{\delta.\kappa} (\bar{t}_\delta - \bar{t}_n) =$$

$$= 0,68 \left[ (0,01 \cdot 743)^4 - (0,01 \cdot 525)^4 \right] + 4,55(470 - 252) = 2570 \text{ Вт/м}^2. \quad (7.115)$$

7.2.55 При площини нагріву цього трубки  $H_3 = 7,7 \text{ м}^2$  енергія, яке передане в об'єм

$$Q_3 = q_3 H_3 = 2,57 \cdot 7,7 = 19,75 \text{ кВт}$$

при потребі цієї зони в енергії 17,7 кВт.

7.2.51 Температура стінки трубки, яка випромінює нейтрино

$$\left(0,01\bar{T}_{cm}\right)^4 = \frac{a_\phi F_c \left(0,01\bar{T}_\delta\right)^4 + (1 - a_\phi) \left(0,01\bar{T}_n\right)^4 + \frac{\alpha_{\delta,k} F_c (\bar{t}_\delta - \bar{t}_{cm})}{C_n}}{1 + a_\phi (F_c - 1)} =$$

$$= \frac{0,071 \cdot 1,0465 (0,01 \cdot 743)^4 + (1 - 0,071) (0,01 \cdot 525)^4 + \frac{4,55 \cdot 1,0465 (470 - 335)}{4,85}}{1 + 0,071 (1,0465 - 1)} = 1375$$

,

$$(7.117)$$

де  $\bar{T}_{cm} = 758 \text{ °K}$  ( $225 \text{ °C}$ )

$a_\phi = 5,571$  – степінь забрудненості метану.

Таблиця 1 Показники роботи енергіявої шафи

Зона по ходу сітчастого конвейєра	Поверхня нагрівання $H_i$ в $\text{м}^2$	Енергія яке віддане в зоні		Прискорення метанової суміші в зоні $W_o$ в $\text{м/сек}$
		$Q_i$ в $\text{кВт}$	$a_i$ в $\%$	
I	7,52	21,5	15,2	5,79
II	15,2	25,7	22,7	1,15

III	7,7	17,7	12,1	5,582
Всього з енергією в шафі	55,87	157,7	155,5	-

Таблиця 2 Результати розрахунку енергія обміну

Зона по ходу сітчастого конвейєра	Температура в $^{\circ}\text{C}$					Потреба в енергії $Q_i$ в кВт	Передається енергії в кВт $Q'_i$
	площини блатона $t_{xl}$	в камері $t_{n.k}$	площини нагрівання $t_n$	метані в, що виходять $t''_o$	випромінюючих поверхонь в трубі $t_c$		
I	85	255	255	255	257	52,5	55,8
II	125	255	285	255	225	79,2	75
III	155	175	252	255	225	25,5	29,5
Всього						157,7	155,2
						155 %	98,5 %

## **Додатки**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

*ОС «Магістр»*

Тема „Модернізація печі для виготовлення соціально-орієнтованих сортів хліба”

Студент гр. МАХВ<sub>м</sub>-21-1

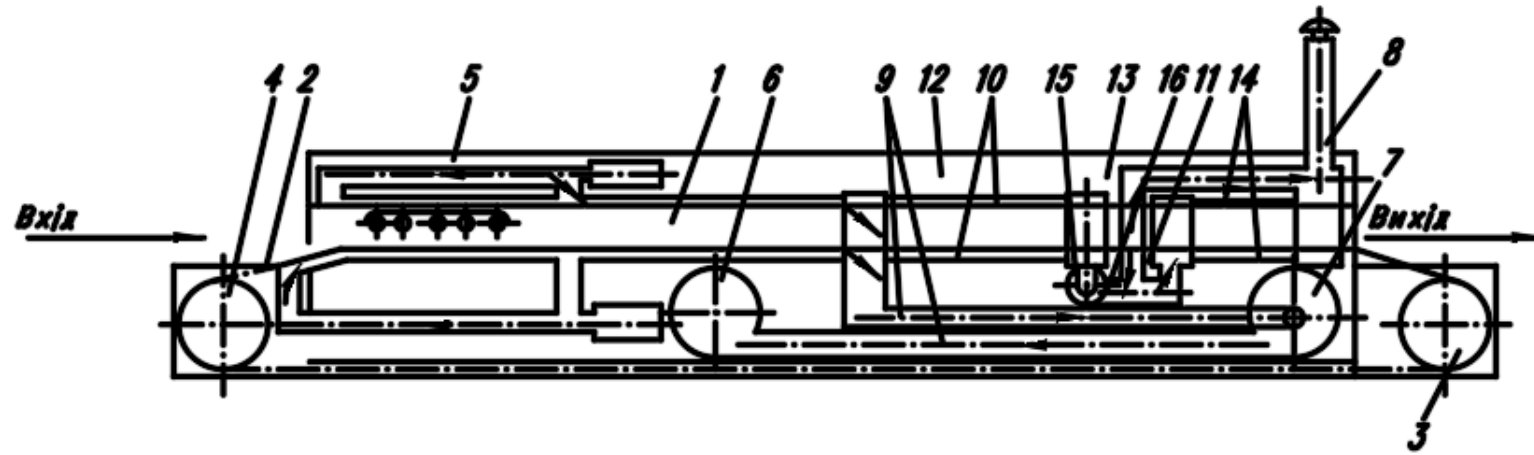
Керівник роботи

Панасюк Я.С.

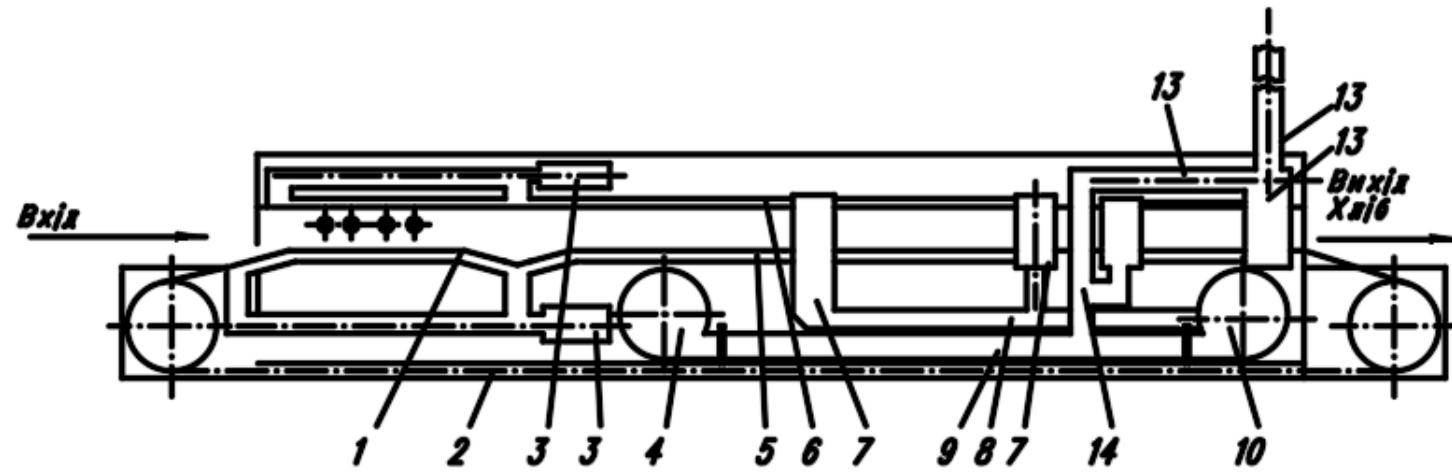
к.т.н., доц. Мартинюк А.В.

Хмельницький, 2022р.

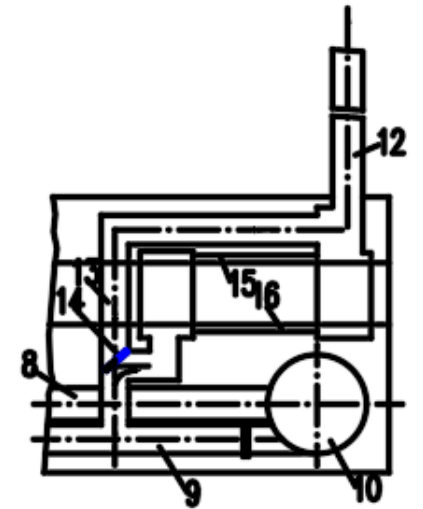
# ПАТЕНТНИЙ ПОШУК



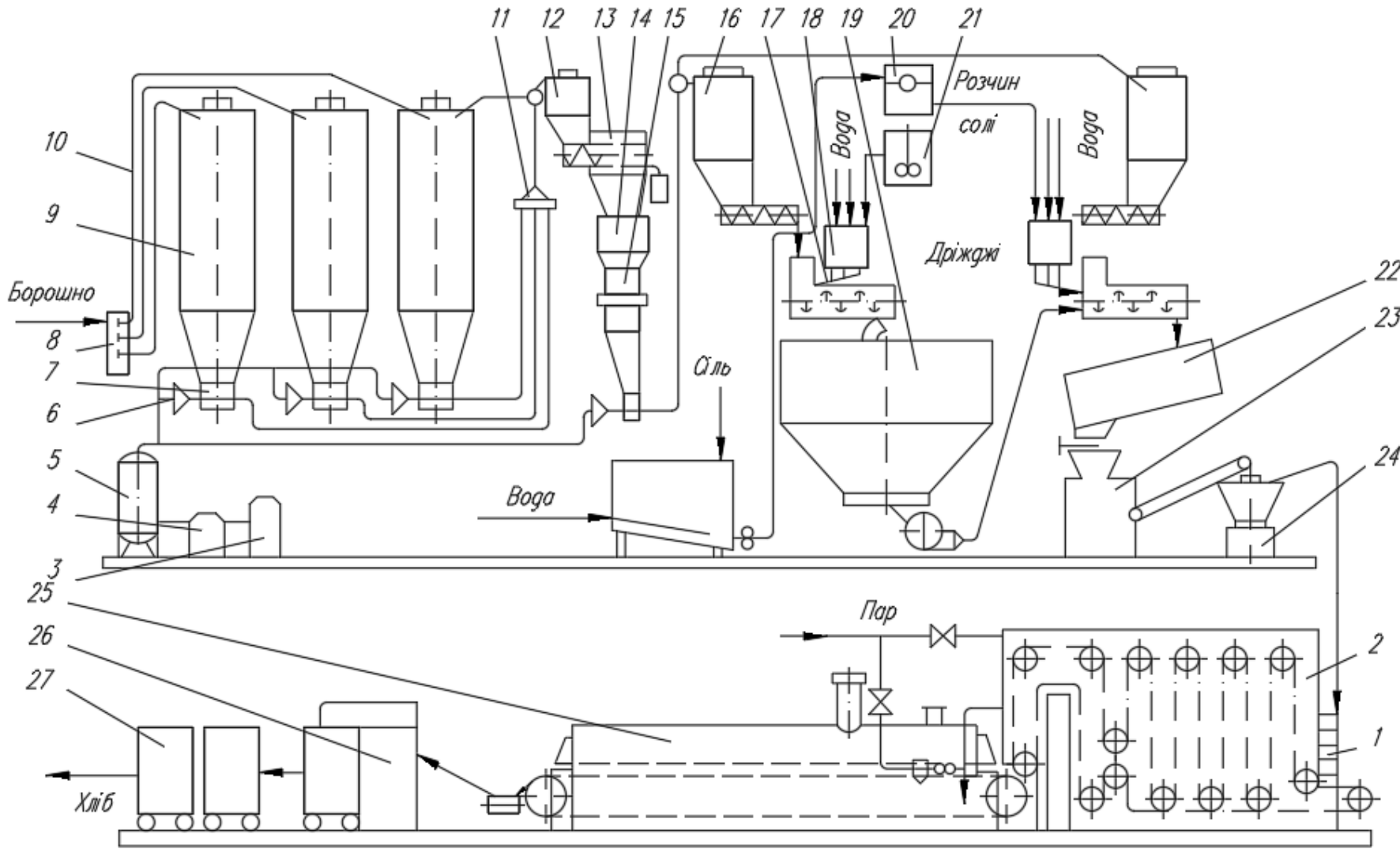
1- SU 1391562



2- SU 1168176

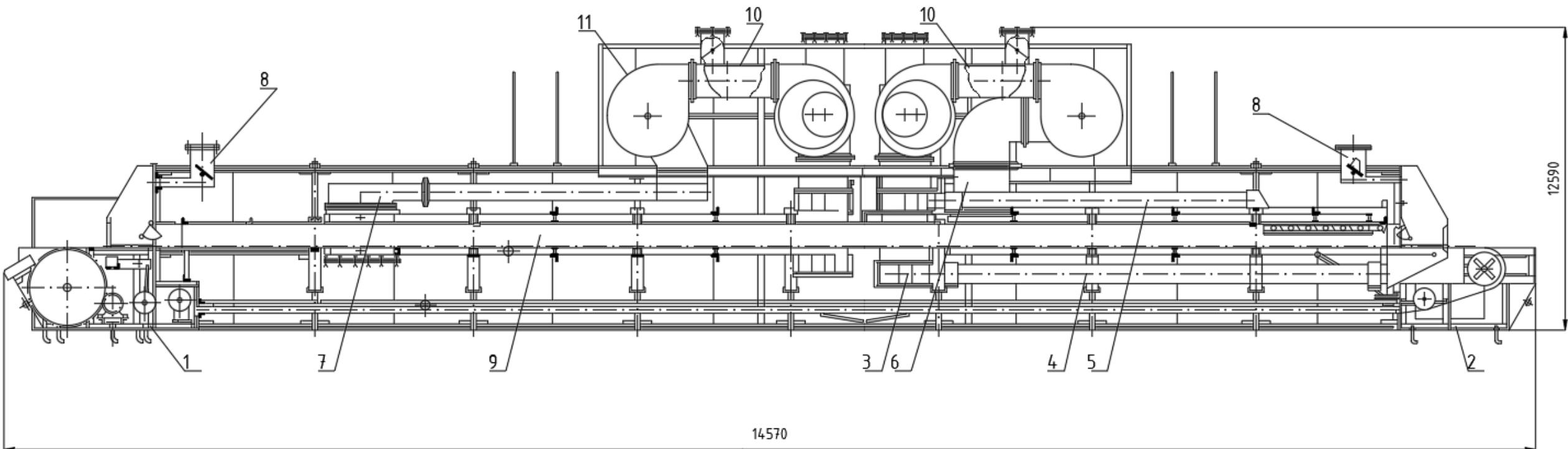


# МАШИНО-АПАРАТУРНА СХЕМА



Позначення	Назва	Матеріал	Прим.
1	1	Матніковий укладчик	
2	2	Розстійна шафа	
3	3	Побітряний фільтр	
4	4	Компресор	
5	5	Ресивер	
6	6	Ультразвукові сопла	
7	7	Роторне живлення	
8	8	Примальний щит	
9	9	Силоси	
10	10	Труби	
11	11	Перемикачі	
12	12	Бункер	
13	13	Просіювач	
14	14	Проміжний бункер	
15	15	Автоматичні ваги	
16	16	Промислові силоси	
17	17	Тістомісна машина	
18	18	Дозовочна станція	
19	19	Бункерний агрегат	
20	20	Емність	
21	21	Емність	
22	22	Емність	
23	23	Тістоділяльна машина	
24	24	Окреслювальна машина	
25	25	Лич	
26	26	Укладчик	
27	27	Контейнер	

## ПІЧ ДЛЯ ВИПІКАННЯ ХЛІБА ДО МОДЕРНІЗАЦІЇ



### *Технічні характеристики*

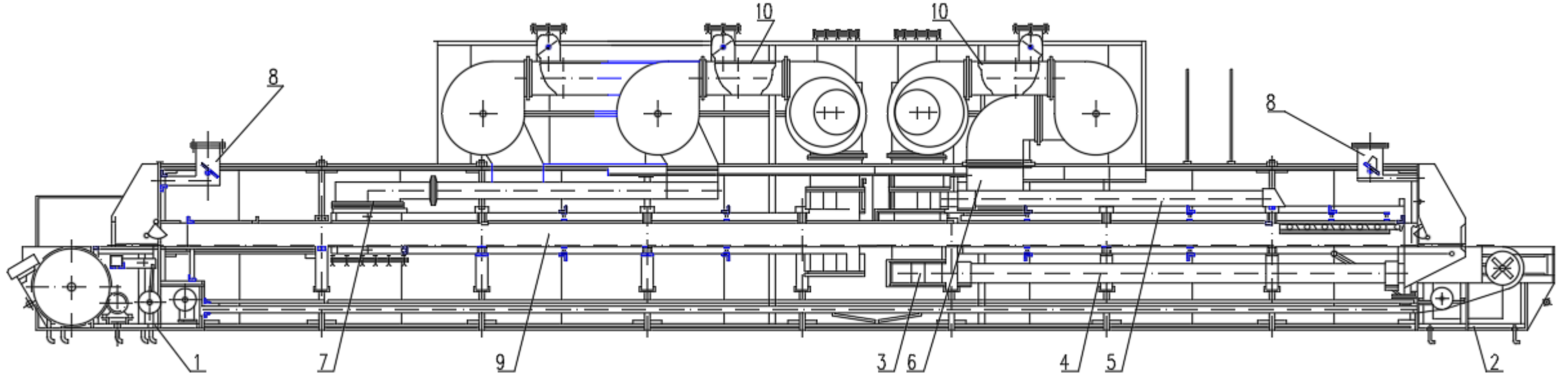
1. Габаритні розміри: довжина - 14570мм, ширина - 3350мм, висота - 2590мм, маса печі з теплоізоляцією - 23530кг.

2. Витрати палива на 1кг виробів які випікають, природного газу - 0,036-0,040мм<sup>3</sup>/кг.

3. Встановлена потужність 12,5кВт.

\* Розміри для довідок

## ПІЧ ДЛЯ ВИПІКАННЯ ХЛІБА ПІСЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ



### *Технічні характеристики*

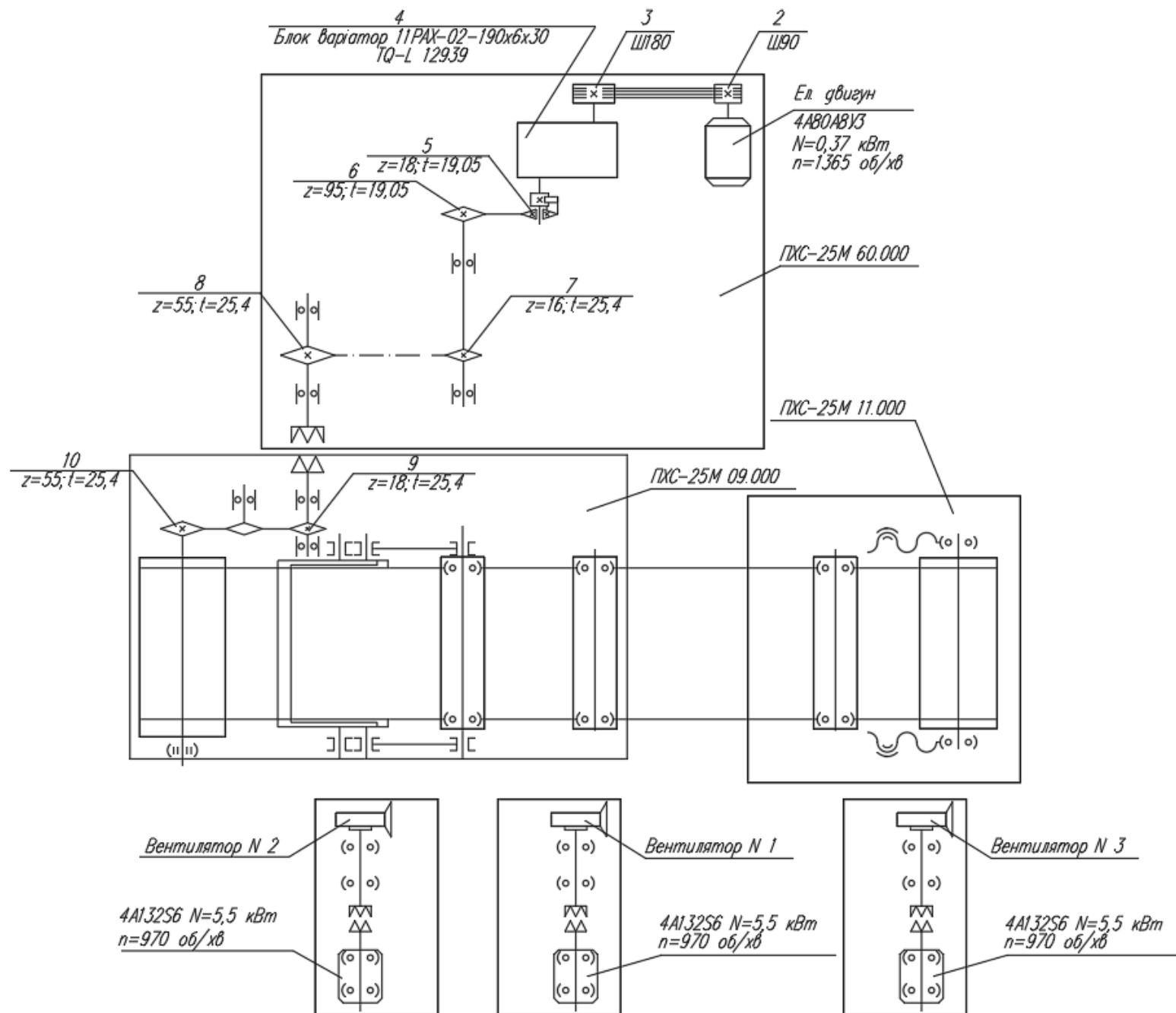
1. Габаритні розміри: довжина - 14570мм, ширина - 3350мм, висота - 2590мм, маса печі з теплоізоляцією - 23530кг.

2. Витрати палива на 1кг виробів які випікають, природного газу - 0,036-0,040мм<sup>3</sup>/кг.

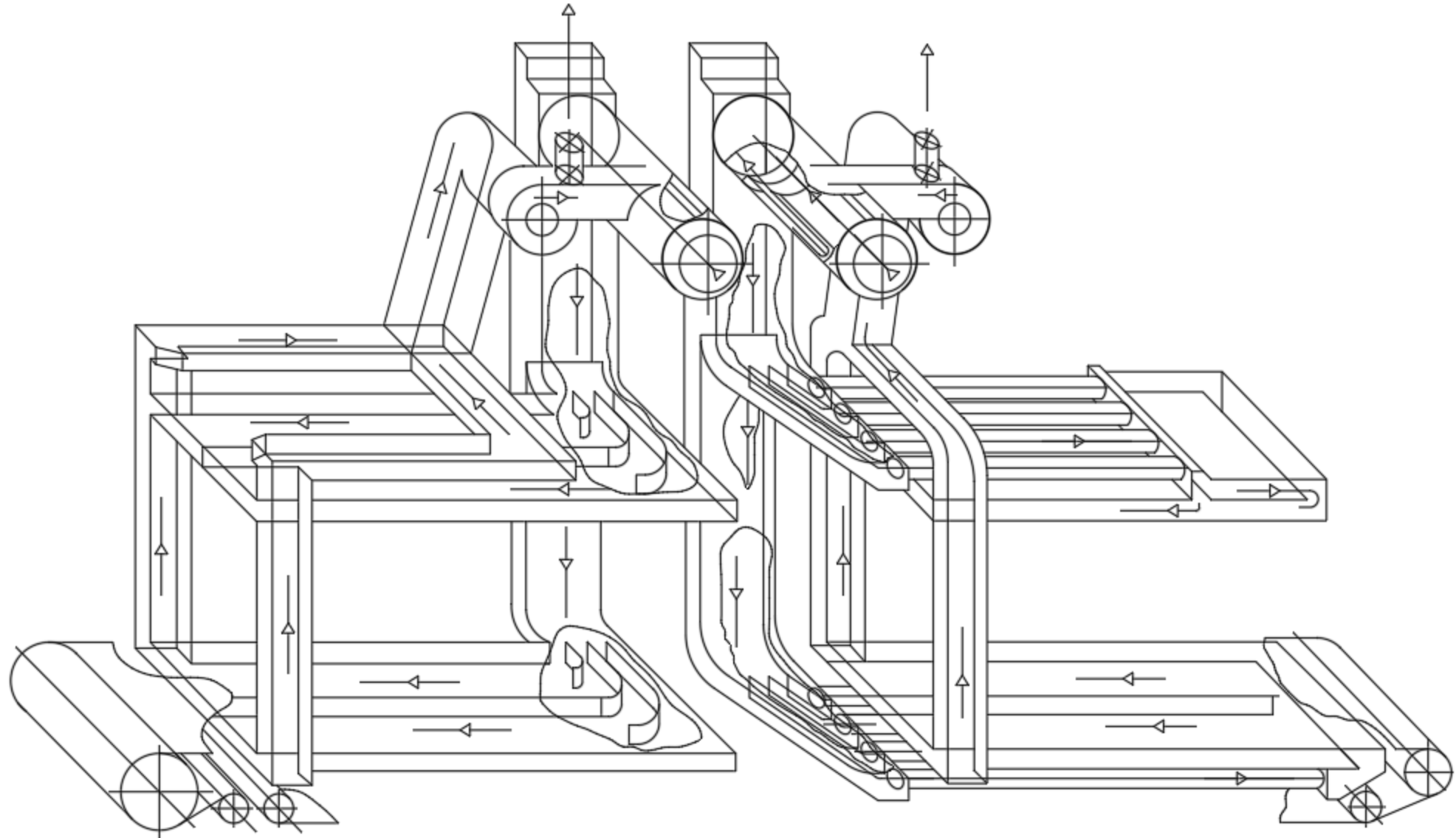
3. Встановлена потужність 12,5кВт.

\* Розміри для довідок

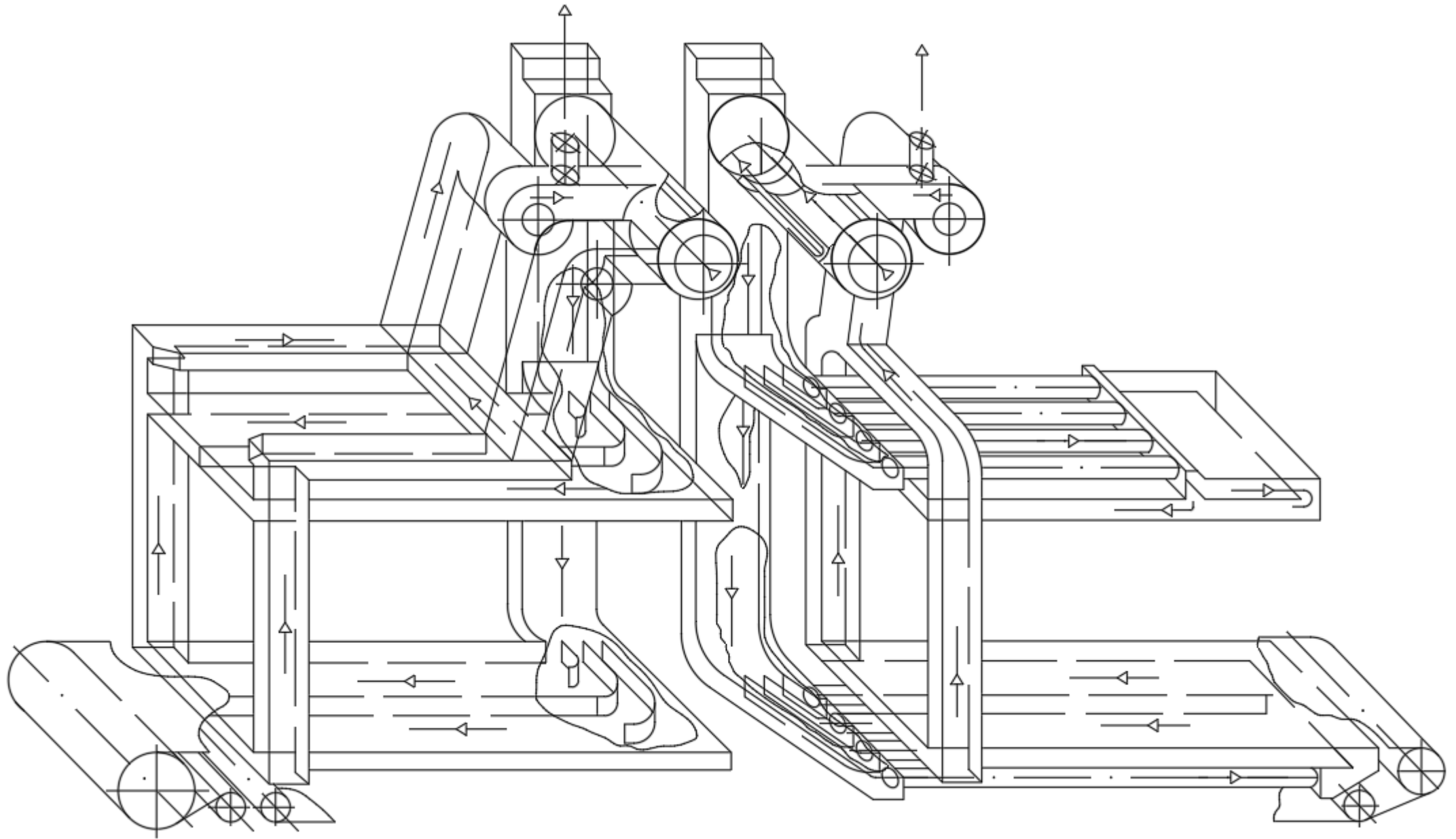
# КІНЕМАТИЧНА СХЕМА ПЕЧІ



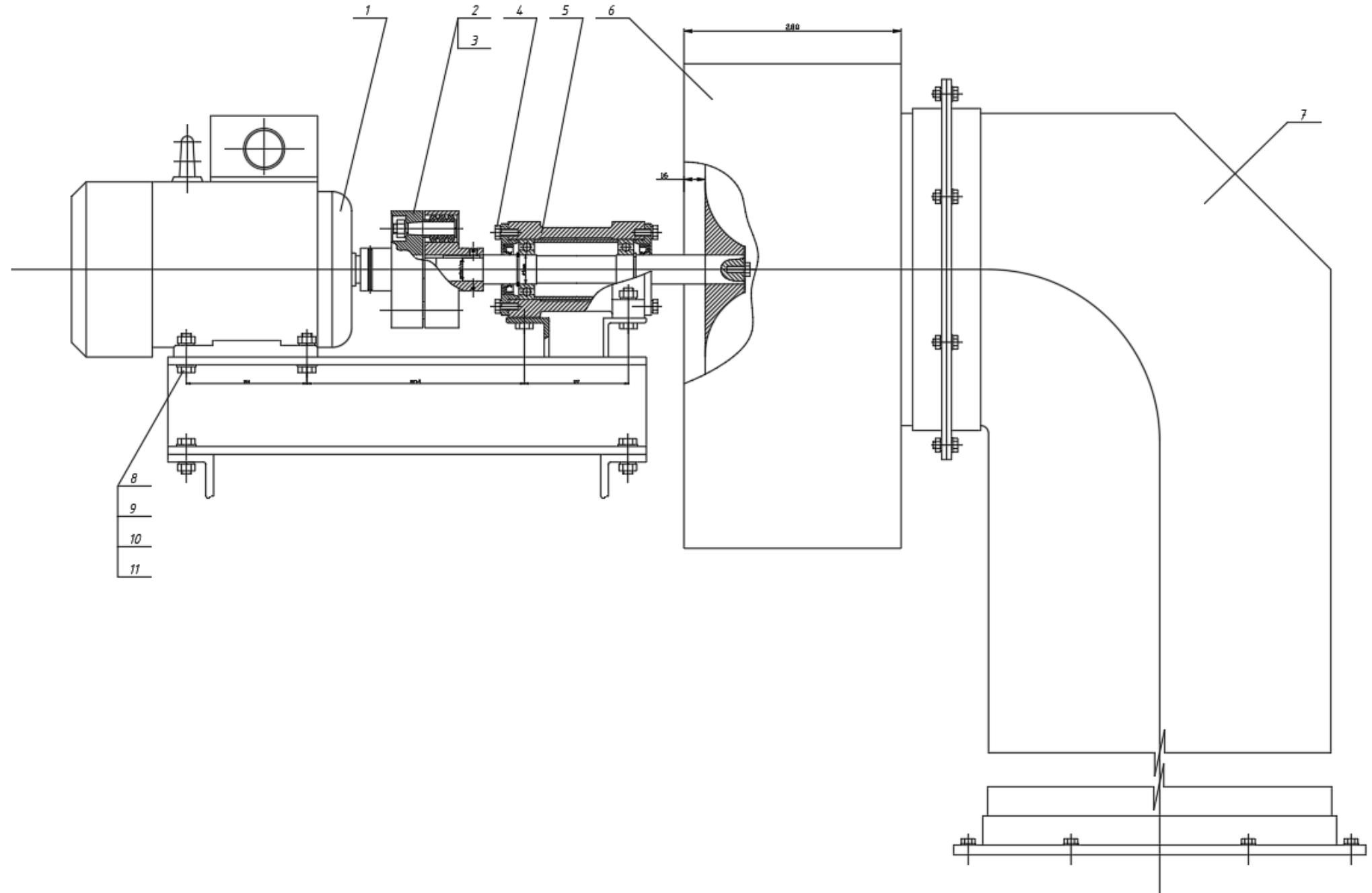
# ГАЗОВИЙ КОНТУР (До модернізації)



# ГАЗОВИЙ КОНТУР (Після модернізації)



# ВИТЯЖКА



# ПЛАН ЦЕХА ВИГОТОВЛЕННЯ СОЦІАЛЬНИХ СОРТІВ ХЛІБА



## ВИСНОВОК

Розрахунок теплового балансу печі дає нам можливість зробити наступні висновки:

1. При постійній температурі продуктів згорання, при вході в канали печі температура газів залишається постійною;
2. Температура поверхні нагрівання в I зоні в середньому є 255 °C , в II і III відповідно 280 °C і 252 °C;
3. Температура випромінювання стінками каналу в I зоні складає 307 °C, а II і III зони - 335 °C;
4. Викид відпрацьованої газової суміші в атмосферу з температурою 125...130 °C приводить до витрати енергоносіїв.

На основі вище викладеного прийшли до висновку, що ці викиди необхідно направляти в топочну камеру для підігріву горючої суміші, в результаті чого відбувається заощадження енергоресурсів.