

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр

Рівень вищої освіти

Реконструкція лінії виробництва батона нарізного на ТОВ

«Український кристал»

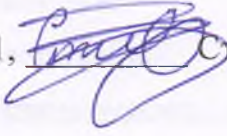
Назва теми

Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Агропереробка та інжиніринг»

Шифр ДП АПІ 25.06.00.00.000

Виконав студент 4 курсу, група АПІ-21-1,  Степанець О.В.

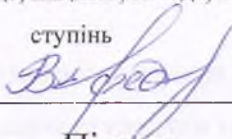
Підпис Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

Федорів В.М., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий
ступінь



Підпис

Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою



Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2025

АНОТАЦІЯ

на дипломний проєкт

спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Агропереробка та інжиніринг»

Тема: «Реконструкція лінії виробництва сушок та сухарних виробів на ТОВ «Агробізнес»

Дипломний проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини.

Розрахунково-пояснювальна записка містить вступ, технологічну і конструкторську, експлуатаційну частини.

У конструкторській частині приведено розрахунок зусиль і потужностей різання, розрахунок ножа на розрив, розраховані параметри і розміри плоскопасової передачі, розрахунок і підбір підшипників, конструктивний та технологічний розрахунки. Описана будова та принцип дії машини. Приведена технічна характеристика.

Результатом проєкту стало проведення ґрунтовної науково-дослідної роботи для визначення та підбору оптимальних параметрів різання.

Впровадження даного проєкту дасть змогу задовольнити попит населення на нарізану кондитерську продукцію. Реконструкція полягає в тому, що після $\frac{3}{4}$ часу випікання виробів вони піддаються різанню, а потім досушуються. Після цього вже подрібнені сухарики потрапляють на транспортер, де остаточно досушуються холодним повітрям. Далі вони потрапляють до пакувальної машини. Спроектовано хліборізальну машину для роботи в потоковій лінії. На відміну від існуючого обладнання, сухарні вироби нарізаються нескінченим стрічковим ножом, який біжить між двома шківками.

В даному проєкті приводиться розрахунок і обґрунтування доцільності впровадження у дію машини. Приведені розрахунки доводять доцільність машини у виготовленні та в експлуатації.

В графічній частині приведено загальний вид машини, прижимний транспортер, підшипниковий вузол, траверса, складальні креслення вала ролика, робочі креслення вала, стаканів та кришки підшипника, технологічний процес виготовлення вал-шестерні, схема автоматизації лінії виготовлення сухариків, плани та розрізи ділянки виробництва та технологічна схема виробництва сухариків.

Список використаних джерел містить 18 найменувань.

Ключові слова:

Різання, сушки, сухарні вироби, хліборізальна машина, ніж, стрічка, прижимний транспортер, траверса, зусилля різання, швидкість леза, автоматизація, проєктування, привод.

ЗМІСТ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ВСТУП..... | 3 |
| 1.ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА ПРОДУКЦІЇ..... | 9 |
| 1.1. Обґрунтування способів приготування тіста | 9 |
| 1.2. Зберігання і підготовка сировини до виробництва | Ошибка! Закладка не определена.1 |
| 1.3. Продуктовий розрахунок | 12 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... | 19 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА..... | 24 |
| 3.1. Техніко- економічне обґрунтування | 24 |
| 3.2. Будова та принцип дії | 34 |
| 3.3. Технологічний розрахунок | 37 |
| 3.3.1. Технологічний розрахунок печі..... | 37 |
| 3.3.2. Тепловий розрахунок печі..... | 38 |
| 3.3.3. Визначення розрахункової потужності на обертання вагонетки в печі | 45 |
| 3.3.4. Розрахунок на міцність..... | 48 |
| 3.3.5. Розрахунок і підбір підшипників..... | 52 |
| 3.3.6. Розрахунок ланцюгової передачі приводу..... | 54 |
| 4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА..... | 59 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА..... | 66 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ | 70 |
| ВИСНОВКИ..... | 72 |
| ДОДАТКИ..... | 73 |

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|---------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>ДП.АПІ.25.06.00.00.000.ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розроб.</i> | | <i>Степанець О.В.</i> | | | <i>Реконструкція лінії виробництва батона нарізного наТОВ «Український кристал»</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i> | | <i>Федорів В.М.</i> | | | | | <i>2</i> | <i>73</i> |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | <i>ХНУ, АПІ-21-1</i> | | |
| <i>Н. контр.</i> | | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | | <i>Мартинюк А.В.</i> | | | | | | |

ВСТУП

Хлібопекарська промисловість належить до соціально значущих галузей народного господарства України, оскільки забезпечує населення країни основним харчовим продуктом. На жаль, через значне скорочення обсягів виробництва хліба та хлібобулочних виробів в країні протягом останнього десятиріччя в хлібопекарській промисловості виник ряд проблем.

Хлібопекарська промисловість сучасної України є спадкоємицею радянської системи хлібопродуктів і внаслідок чого наділена деякими особливостями, що прямо впливають на розвиток господарської діяльності на підприємствах галузі. Територіальне розміщення хлібопекарських підприємств зосереджено головним чином у великих містах та обласних центрах і базується на крупних і середніх підприємствах – хлібозаводах і комбінатах.

В останні роки у зв'язку зі зниженням купівельної спроможності населення, а також виникненням на ринку виробників хліба підприємств інших форм власності, потужності підприємств з виробництва хліба та хлібобулочних виробів використовуються в середньому на 30-40%, за винятком хлібозаводів Києва і деяких великих міст. Це призводить до нераціонального використання технологічного обладнання, передусім, хлібопекарських печей, через що суттєво збільшуються витрати палива у виробництві. Останнє негативно впливає на економічні показники хлібозаводу, зокрема на рентабельність його роботи.

У структурі витрат на здійснення інновацій промисловими підприємствами України в середньому 60% припадає на придбання машин, обладнання, установок, інших основних засобів, програмного забезпечення та капітальні витрати пов'язані із впровадженням інновацій. Теж стосується і підприємств хлібопекарської промисловості. Модернізація великих і розвиток малих виробників галузі вимагають нового обладнання.

Аналіз зносу основних засобів показує, що знос будівель складає 40%, споруд – 48%, технологічного обладнання – 64%, в тому числі: основного

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 3 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

що як потреба про задоволення першої насувної потреби вона була вирішена, передусім, практично, шляхом випадкових спостережень і раніше, ніж можна було думати про наукову постановку подібних питань. Останнім часом, під впливом загального розвитку великої промисловості, хлібопекарське виробництво стало збільшуватись, і в застосуванні до такого масового виробництва почали з'являтися нововведення, які мають на меті, головним чином, підвищення продуктивності і зменшення витрат виробництва.

Одним з ефективних шляхів підвищення якості харчових продуктів є управління при їх виробництві біохімічними, мікробіологічними, колоїдними і іншими процесами. Це повною мірою відноситься до виробництва одного з масових і традиційних харчових продуктів в нашій країні – хліба. Управління процесами, що протікають при випічці хліба, з метою підвищення його якості і одночасно зниження енергоспоживання при його виробництві є одним з шляхів рішення важливої сільськогосподарської задачі. В процесі виробництва хліба піч займає провідне місце. Це пояснюється тим, що в пічних агрегатах завершується увесь комплекс процесів, пов'язаних з виробництвом хліба. Саме від процесу випічки, який протікає в робочих камерах хлібопекарських печей, значною мірою залежить якість продукції, що виробляється. Таким чином, від режиму роботи хлібопекарської печі залежать не лише її техніко-економічні показники, але і зовнішній вигляд, пропеченість і об'ємний вихід хліба, що випікається.

Як висновок можна сказати, що хлібопекарська промисловість знаходиться в конкурентному середовищі, в якому паралельно працюють підприємницькі структури різних форм власності, а з розвитком ринкових відносин виникла велика кількість пекарень з різними виробничими потужностями, відроджується домашнє хлібопечення, що дозволить задовольнити потреби самих різноманітних верств населення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

безкольоровою, без сторонніх присмаків і запахів, не містити шкідливих домішок і патогенних мікроорганізмів; рН води – 6,5-9,0.

Для приготування тіста на 100 кг борошна витрачається від 35 до 70 л питної води, залежно від виду виробів. Вода є важливим технологічним компонентом біохімічних і колоїдних процесів у тісті.

Воду, що використовується в технологічному процесі, доводять до необхідної температури, нагріваючи парою чи іншим способом.

Для забезпечення безперервного технологічного циклу виробництва, створення необхідного запасу і постійного тиску холодної та гарячої води у найвищій точці корпусу хлібозаводу передбачено приміщення, де встановлено баки гарячої (10 та холодної (9)води. Температура гарячої води має бути 70°C.

Патока (ДСТУ 4498:2005). Патоку використовують у виробництві поліпшених видів хліба. Патока покращує смак виробів, інтенсифікує процес бродіння завдяки високій вологоутримувальній здатності, затримує черствіння хліба.

Патока являє собою густу, в'язку, солодку рідину від світло-жовтого до темно-жовтого кольору з масовою часткою сухих речовин 78%, рН – 4,6. До її складу входять мальтоза, глюкоза, декстрини. Солодкість патоки у 3-4 рази нижча за солодкість цукру. Зберігається у бочках (33) і дозується вручну.

Поліпшувач «Мажимікс з жовтою етикеткою». Надходить на виробництво у мішках по 10 кг, вносять вручну.

Олія соняшникова (ДСТУ 4492:2005). В хлібопеченні застосовують головним чином соняшкову олію. Надходить на підприємство у бочках, перед подачею на виробництво олію проціджують. Зберігається у бочках (34) і направляється на виробництво вручну.

1.3. Продуктовий розрахунок

Вихідні дані для розрахунку приведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для виробів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| Показники і параметри, одиниці виміру | Умовні позначення | Значення показників і параметрів для виробів | | |
|-----------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|--------------|--------------------------------|
| | | Хліб Галицький | Хліб Сонечко | Батони Київські ДСТУ 4588:2006 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| <i>Показники якості виробів:</i> | | | | |
| Маса, кг | G_e | 0,5 | 0,660 | 0,3 |
| Масова частка вологи, % не більше | W_e | 47,5 | 42,0 | 42,0 |
| Кислотність, град, не більше | K | 8,0 | 3,0 | 3,0 |
| Пористість, %, не менше | Π | 57,0 | 68,0 | 68,0 |
| Масова частка цукру, % до сухих речовин | $g_{\text{ц}}$ | - | 5,3 | 2,5 |
| Масова частка жиру, % до сухих речовин | | - | 4,0 | - |
| <i>Розміри виробів</i> | | | | |
| Довжина, мм | l | 600 | 325 | 600 |
| Ширина, мм | b | 800 | 215 | 800 |
| <i>Рецептура на 100 кг борошна, кг:</i> | | | | |
| Борошно житнє обдирне | | 60 | - | - |
| Борошно пшеничне 2/с | | 40 | - | - |
| Борошно пшеничне в/с | | | 100 | - |
| Борошно пшеничне 1/с | | | | 100 |
| Дріжджі пресовані | $G_{\text{др}}$ | 0,5 | 4,6 | 1,5 |
| Сіль кухонна харчова | G_c | 1,5 | 1,8 | 1,3 |
| Цукор білий | $G_{\text{ц}}$ | | 3,4 | |
| Патока | | 2,0 | | 4,0 |
| Кмин | | 1,0 | | - |
| Олія нерафінована | | - | 0,6 | - |
| Олія нерафінована на змащування | | - | 1,2 | - |
| Основні показники технологічних режимів | | - | - | - |
| Вологість першої фази, % | W_o | - | - | - |
| Вологість тіста, % | W_m | 46,5 | 41 | 41 |
| Тривалість бродіння першої фази, хв | T_o | 4 | - | - |
| Тривалість бродіння другої фази, хв | T_B | 5 | - | - |
| Тривалість вистоювання, хв | | | 45 | 45 |
| Тривалість випікання, хв | τ_e | 44 | 35 | 24 |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ

Арк.

11

Визначаємо вологість тіста (W_m), % за формулою 1.1

$$W_m = W_{xl} + n, \quad (1.1)$$

де W_{xl} – вологість м'якушки хлібобулочних виробів, %;

n – різниця між початковою вологістю тіста і м'якушки готового виробу, %.

Для хлібобулочних виробів масою до 0,5кг $n=0,5\%$, понад 0,5кг – 1%, для дрібноштучних виробів – 0%, для житнього і житньо-пшеничного хліба – 1%.

$$W_m = 46,5 + 1,0 = 47,5\%$$

Знаходимо вихід тіста (G_m), кг, за формулою 1.2.

$$G_m = \frac{\sum G_{CP} \times 100}{100 - W_m} \quad (1.2)$$

$$G_m = \frac{92,44 \times 100}{100 - 41} = 156,68 \text{ кг}$$

Кількість води (загальна) в тісто (G_g), кг розраховують за формулою 1.3

$$G_g = G_m - \sum G_{cup} \quad (1.3)$$

$$G_g = 156,68 - 110,6 = 46,08 \text{ кг}$$

Розраховуємо кількість розчину солі ($G_{c.p}$), кг, за формулою 1.4

$$G_{c.p.} = \frac{G_c \times 100}{C_c}, \quad (1.4)$$

C_c – концентрація солі, кг у 100 кг розчину, визначають, виходячи з густини розчини солі.

Густина сольового розчину $1,2 \text{ г/см}^3$, отже за таблицею концентрація солі – 26кг в 100кг розчину.

$$G_{c.p.} = \frac{1,8 \times 100}{26} = 6,92 \text{ кг}$$

Кількість води, що вноситься з розчином солі ($G_g^{c.p.}$), кг, розраховуємо за формулою 1.5

$$G_g^{c.p.} = G_{c.p} - G_c \quad (1.5)$$

$$G_g^{c.p.} = 6,92 - 1,8 = 5,12 \text{ кг}$$

Розраховуємо кількість цукру за формулою 1.6

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$G_{ц.р} = \frac{G_{ц} \times 100}{C_{ц}} \quad (1.6)$$

$$G_{ц.р} = \frac{3,4 \times 100}{50} = 6,8 \text{ кг}$$

Дріжджі подають у вигляді суспензії в співвідношенні 1:3 з водою.

Кількість дріжджової суспензії ($G_{др.с}$), кг, розраховуємо за формулою 1.7

$$G_{др.с} = G_{др} + (G_{др} \times 3) \quad (1.7)$$

де $G_{др.с}$ – маса дріжджової суспензії, кг;

$G_{др}$ – маса дріжджів, кг

$$G_{др.с} = 4,6 + (4,6 \times 3) = 18,4 \text{ кг}$$

Кількість води в дріжджовій суспензії ($G_6^{др.с}$), кг, розраховуємо за формулою 1.8

$$G_6^{др.с} = G_{др.с} - G_{др} \quad (1.8)$$

$$G_6^{др.с} = 18,4 - 4,6 = 13,8 \text{ кг}$$

Визначаємо кількість води, що йде на заміс у чистому вигляді, тобто за мінусом води, що вноситься з розчинами (G_6^m), кг, розраховуємо за формулою 1.9

$$G_6^m = G_6 - G_6^{р.с} - G_6^{др.с} \quad (1.9)$$

де G_6^m – загальна маса води в тісті, кг;

$G_6^{р.с}$ – маса води в розчині солі, кг;

$G_6^{др.с}$ – маса води в дріжджовій суспензії, кг

$$G_6^m = 46,08 - 5,12 - 3,4 - 13,8 = 23,76 \text{ кг}$$

Пофазна рецептура хліба «Сонечко» приведено в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Пофазна рецептура хліба «Сонечко»

| Сировина | Маса | Тісто |
|-------------------------|-------|-------|
| Борошно пшеничне в/с | 100,0 | 100,0 |
| Дріжджова суспензія | 18,4 | 18,4 |
| Сіль кухонна харчова | 6,92 | 6,92 |
| Цукор білий | 6,8 | 6,8 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 14 |

Дріжджі подають у вигляді суспензії в співвідношенні 1:3 з водою.

Кількість дріжджової суспензії ($G_{др.с}$), кг, розраховуємо за формулою 1.7

$$G_{др.с} = 1,5 + (1,5 \times 3) = 6кг$$

Кількість води в дріжджовій суспензії ($G_г^{др.с}$), кг, розраховуємо за формулою 1.8

$$G_г^{др.с} = 6 - 1,5 = 4,5кг$$

Визначаємо кількість води, що йде на заміс у чистому вигляді, тобто за мінусом води, що вноситься з розчинами ($G_г^m$), кг, розраховуємо за формулою 1.9

$$G_г^m = 51,62 - 3,7 - 4,5 = 43,42кг$$

Пофазна рецептура батонів Київських приведена в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Пофазна рецептура батонів Київських

| Сировина | Маса | Тісто |
|----------------------|--------|--------|
| Борошно пшеничне в/с | 100,0 | 100,0 |
| Дріжджі пресовані | 6,0 | 6,0 |
| Сіль кухонна харчова | 5,0 | 5,0 |
| Вода | 43,42 | 43,42 |
| Патока | 4,0 | 4,0 |
| Разом | 158,42 | 158,42 |

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Виробництво хліба «Сонечко» масою 0,66 кг

Для приготування хліба «Сонечко» в діжу тістомісильної машини DIOSNA SPV (15) дозується борошно з автоборошноміра МД-100 (13), вода розчин солі, розчин цукру, дріжджева суспензія з дозатора рідких компонентів «Авіарм» (12). В тістомісильній машині відбувається замішування тіста протягом 10-12 хв. Потім тісто виброджує протягом 30-60 хв в умовах цеху в підкатній діжі (6). Після бродіння з діжі (6) діжепідйомником ДО-4 (16) тісто перевантажується в лійку тістоподільної машини Parta (21), де відбувається поділ тіста на шматки масою 0,66 кг. Після тістоподільника тістові заготовки транспортером (20) подаються на округлювач Восход ТО-2 (22). Від округлювача, округлені тістові заготовки надходять на виробничий стіл (23), де вручну укладають на листи і наносять рисунок за допомогою трафарету. Листи поміщають на вагонетку (27) та направляють на остаточне вистоювання в шафу Бриз-344П (25) з температурою всередині шафи 35-40°C і відносною вологістю повітря 75-85%. Після цього вагонетку з вистояними тістовими заготовками направляють на випікання в ротаційну піч КЕП-6,5. Випікання відбувається за температури 180-200 °С протягом 18-20 хв. Після випікання вагонетку дістають з печі для охолодження готових виробів в умовах цеху.

2.2. Виробництво батонів Київських масою 0,3кг

Для приготування батонів Київських в діжу тістомісильної машини DIOSNA SPV (15) дозується борошно з автоборошноміра МД-100 (13), вода, розчин цукру, дріжджева суспензія з дозатора рідких компонентів «Авіарм» (12), додається вручну патока. Потім тісто виброджує протягом 50-60 хв в умовах цеху в підкатній діжі (6). Після бродіння з діжі (6) діжепідйомником ДО-4 (16) тісто перевантажується в діжу тістоподільної машини Parta (21), де відбувається поділ тіста на шматки масою 0,3 кг. Після тістоподільника тістові заготовки транспортером (20) подаються на округлювач Восход ТО-2 (22). Від округлювача, округлені тістові заготовки надходять на попереднє вистоювання у вистійну шафу АДМ-2000 (24) де вистоюється протягом 10 хв в умовах цеху.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |

Після попереднього вистоювання заготовки направляються на закаточну маширну МЗЛ-50 (26), після чого сформовані заготовки подаються на виробничий стіл (23), де вручну укладають на листи які поміщають на вагонетку (27) та направляють на остаточне вистоювання протягом 45хв в шафі Бриз-344П (25) при температурі 35-40 °С, і відносній вологості повітря 75-85%. Після цього вагонетку з вистояними тістовими заготовками направляють на випікання в ротаційну піч КЕП-6,5. Перед випіканням на виробках вручну роблять надрізи. Випікання виробів відбувається за температури 220-230 °С протягом 24 хв. Після випікання вагонетку дістають з печі для охолодження готових виробів в умовах цеху.

2.3. Розрахунок продуктивності печей

Вихідні дані для розрахунку продуктивності печей зводимо в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку продуктивності печей

| Найменування виробів | Сорт борошна | Вага, кг | Тривалість випікання, хв. |
|----------------------------------|----------------------------|----------|---------------------------|
| Хліб Галицький | житнє обдирне, пшеничне Іс | 0,5 | 35 |
| Хліб «Сонечко» | пшеничне Іс | 0,660 | 30 |
| Батони Київські ТУУ 46.22.066–96 | пшеничне Іс | 0,3 | 24 |

Для хліба «Сонечко» масою 0,660 кг

У шафових печах вироби випікають на листах, розташовані на візку. Зазвичай, це 15-18 листів, залежно від марки печі. Продуктивність шафових печей $P_{год}$, кг/год, розраховують за формулою:

$$P_{год} = \frac{N_{л}^в \times N_{д}^л \times n_{ш}^л \times g \times 60}{\tau_{вип} + 5}, \quad (2.1)$$

де $N_{л}^в$ – кількість листів на візку шафової печі, шт. (приймають з технологічної характеристики печі та візка);

$N_{д}^л$ – кількість виробів по довжині листа, шт.;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Розрахунок годинної продуктивності хлібопекарської печі ($P_{год}$), кг/год, визначається за формулою 2.1:

Для виробів масою 0,5 кг, використовують форми 3Л10, (трійник), якщо на колиску встановлюють 8 шт. Звідси, кількість виробів на колисці.

$$n = 8 \cdot 3 = 24 \text{ шт}$$

Продуктивність печі:

$$P_{год} = \frac{9 \times 24 \times 0,5 \times 60}{35 + 5} = 162 \text{ кг / год}$$

Визначаємо добову продуктивність печі ($P_{доб}$), т/добу, за формулою (2.5):

$$P_{доб} = \frac{162 \times 23}{1000} = 3,73 \text{ т / добу}$$

Для Батонів Київських масою 0,3кг

У шафових печах вироби випікають на листах, розташовані на візку. Зазвичай, це 15-18 листів, залежно від марки печі. Продуктивність шафових печей $P_{год}$, кг/год, розраховують за формулою 2.1:

Кількість виробів по ширині листа розраховують за формулою 2.2:

$$n_{ш} = \frac{800 - 20}{200 + 20} = 3,55$$

Приймаємо 3 шт.

Кількість виробів по довжині листа розраховуємо за формулою 2.3:

$$N_{д} = \frac{600 - 20}{110 + 20} = 4,5$$

Приймаємо 4 шт

$$N_3 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ шт}$$

$$P_{год} = \frac{1 \times 9 \times 12 \times 0,3 \times 60}{24 + 5} = 67,03 \text{ кг / год}$$

Визначаємо добову продуктивність печі ($P_{доб}$), т/добу, за формулою (2.5):

$$P_{доб} = \frac{67,03 \times 23}{1000} = 1,5 \text{ т / добу}$$

Дані про продуктивність ліній приведено в таблиці 3.2

Таблиця 2.2 – Дані про продуктивність ліній

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Камера виконана з нержавіючої сталі AISI 430, восьмикутної форми для кращого розміщення візка, що гарантує розподіл повітря і піддається легкому очищенню. Регулювання рівномірності подання тепла здійснюється системою заслінок, що дозволяє отримати рівномірний розподіл тепла по усьому візку.



Рис.3.2. Внутрішня конструкція печі

Потік повітря для випікання йде від низу до верху і забезпечує ідеальне випікання і приємний аромат продукції. Підлога печі плоска, що зручно при прибиранні. Рампа доступу з нержавіючої сталі AISI 304 виконана з легким нахилом. Підлога обладнана спуском – дозволяє легке вантаження візка. Освітлення дає хороше бачення продукту.

Зовнішній каркас: повністю нержавіюча сталь, великий розмір, обладнаний паровим пирососом (12), щоб відповідати усім вимогам випікання. Паровий демпфер (13) автоматично управляється за допомогою пульта управління (9).

Паровий генератор: розміщується ззаду пекарної камери, і має велику пару здатність. Пара може робитися або автоматично, або вручну, панеллю управління за допомогою соленоїдного клапана відкриття (8) розміщеного на духовці.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |

1) автоматичне відкриття розвантажувального клапана (А) (передбачений в усіх серійних моделях).

Існують два режими відкриття клапана:

– ручний, за допомогою натиснення відповідної кнопки на панелі управління;

– автоматичний, шляхом програмування певного рецепту.

2) витяг повітря за межі печі за допомогою зони низького тиску, яку створює вентилятор усередині камери випікання (В)

3) видалення пари (С) через спеціальний канал (під тиском) усередині печі (D)

4) видалення пари через спеціальну сполучну трубу (Е) і відповідний димар (F).

– швидке видалення пари з камери печі покращує просушування продукції;

– зменшення осідання парового конденсату на зовнішніх поверхнях печі, завдяки тому, що пара з камери виходить безпосередньо в систему вентиляції через внутрішній канал в печі;

– запрограмоване управління клапана видалення пари.

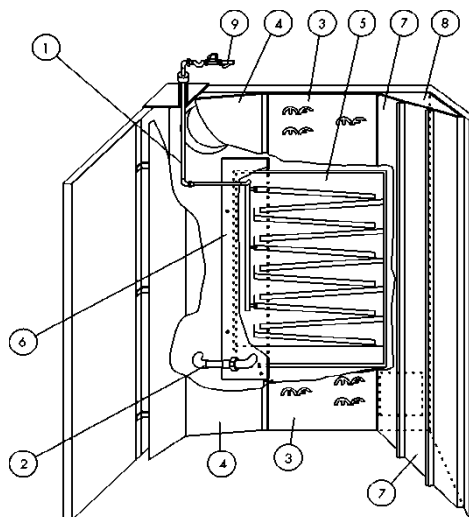


Рис 3.4. Парогенератор

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 30 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |



Рис.3.5. Схема видалення пари

Паровий генератор (див. рис.3.4), складається з труб гідросистеми (1 і 2), панелей 3, 4 і 6, нагнітальної стіни 7 і нагнітального проходу 8. Водяний фільтр, розміщений на гідравлічній системі вище за піч (9).

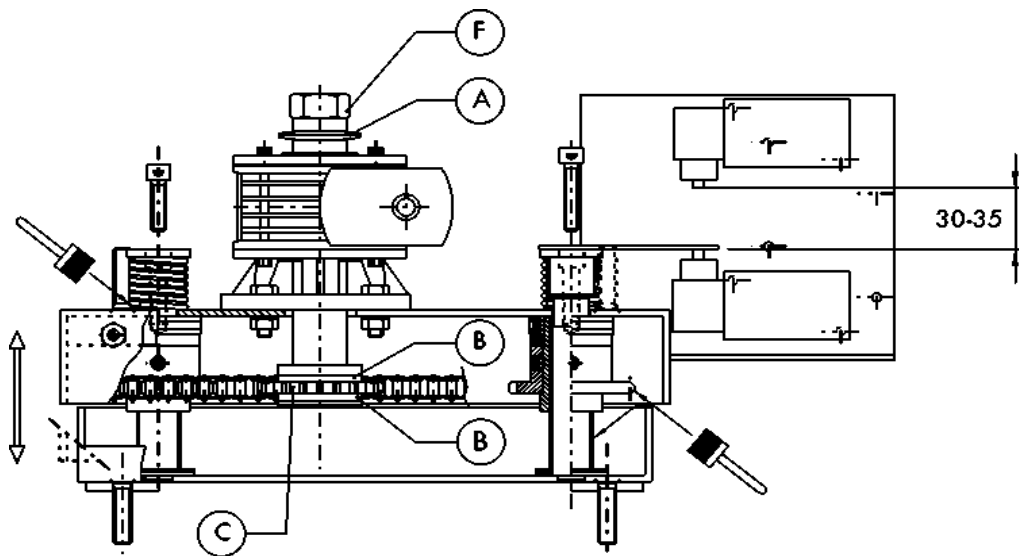


Рис 3.6. Муфта підйому візка

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | 31 |

Муфта підйому візка – ковзаючий шарнір, розміщений на пристосованому двигуні механізму, що піднімається, пружини «А» натискають між дисками муфти «В» колесо передачі «С». У разі ковзання (візок не піднімається), має бути поліпшена сила стискування пружин «А»: загвинчується гайка «F». Муфта ніколи не повинна повністю закриватися.

Враховуючи вище сказане, можна зробити висновок про доцільність та ефективність використання ротаційної печі КЕП-6,5 на хлібопекарських підприємствах.

3.2. Будова та принцип дії

Технічний проєкт хлібопекарської електричної печі з конвективним обігрівом розроблений на основі науково-дослідних робіт, проведених в ОНІЛ по хлібопекарських печах і технологічному устаткуванні хлібозаводів НУХТ і досвіду роботи по наладці і експлуатації печей КЕП-400М та імпорних.

ПРИЗНАЧЕННЯ І ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

– Піч КЕП-6,5 призначена для випічки борошняних кондитерських і булочних виробів.

– Піч працює в комплекті з розстійною шафою, стелажними візками і подіками. Цей комплект забезпечує розстойку і випічку виробів. Міжопераційне переміщення, розстійка і випічка виробів проводиться на стелажному візку.

– Проєктована піч є модернізацією печей, що серійно випускаються, марки КЕП-400М.

При модернізації поліпшуються тепловий і паровологосний режими випічки, внаслідок чого поліпшується якість виробів і підвищується продуктивність печі.

Застосований новий механізм обертання візка, що виключає ручну працю по установці візка на кульову опору.

– Печі можуть поставлятися на експорт.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Продуктивність технічна, кг/год, не менше, при виробітку:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 32 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| батонів нарізних масою 0,4 кг | 89 |
| хліба подового масою 1 кг з пшен. борошна 1с | 74 |
| булочної дрібниці (російська булка) масою 0,1 кг | 124 |
| Питома витрата електроенергії при випічці батонів 0,5 кг, кВт.год/кг | 0,27 |
| Встановлена потужність електронагрівачів, кВт | 43 |
| Встановлена потужність електродвигунів, кВт | 2,05 |
| Розміри печі, м: | |
| довжина | 1,8 |
| ширина | 2,27 |
| висота | 2,55 |
| Загальна площа подиків стелажного візка, м | 6,35 |
| розміри подиків, м | 0,52x0,47 |
| Найбільша кількість подиків на стелажному візку | 26 |
| Маса, кг, не більше | 1950 |

ОПИС І ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Пристрій модернізованої печі

Загальна компоновка печі залишається незмінною. Зовнішній вигляд печі підлягають зміні відповідно до рекомендацій спеціального художнього бюро.

Піч КЕП-400 є металевою конструкцією, що складається з робочої камери, блоку електричного нагріву повітря, вентилятора з повітреводами, парогенератора, механізму обертання візка-стелажу і візка-стелажу з противнями. Камера для випікання виконана у вигляді теплоізолюваної шафи з дверцятами. Циркуляція нагрітого повітря здійснюється вентилятором.

Поза робочою камерою розташовано два блоки електронагрівачів. Вироби на листах-подах, що встановлюються на стелажний візок, заочуються в робочу камеру. Після закриття дверей включають систему обігріву і механізм обертання візка.

Недоліком печі КЕП-400 є незадовільна система конвективного обігріву, при якій із-за тривалого розігрівання на початку кожного циклу не досягається

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 33 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

обертається, при обертанні візка від механізму обертання, аналогічного КЕП-400М.

Оцінка остаточних технічних рішень на відповідність вимогам патентної чистоти і конкурентоспроможності.

Технічні рішення, закладені в конструкцію печі повинні бути перевірені на патентну чистоту. Експертиза повинна проводитися згідно вказівкам «Про заходи по забезпеченню патентоспроможності і патентної чистоти машин, приладів, устаткування, матеріалів і технологічних процесів» ЕП-1-70.

Печі КЕП-6,5 повинні володіти патентною чистотою в наступних країнах: держави СНД, США, Англія, Франція, Австрія і Німеччина.

Необхідність застосування дефіцитних виробів і матеріалів.

У печі КЕП-6,5 необхідно застосовувати дефіцитні корозостійкі і жароміцні сталі марки X18H10T або інші з аналогічними властивостями, стійкі при високих температурах і вологості, для виготовлення деталей, внутрішньої обшивки, а також системи відведення пари з пекарної камери.

При застосуванні для виготовлення вищеперелічених деталей сталі звичайної якості термін їх служби скоротиться у декілька разів (не більш за 1 рік).

Застосування дефіцитних приладів і засобів автоматизації викликане необхідністю автоматизувати підтримку заданої температури в пекарній камері і безпеці роботи печі у всіх режимах.

3.3. Технологічний розрахунок

3.3.1. Технологічний розрахунок печі

Розрахунок продуктивності печі визначається з виробництва батона нарізного з пшеничного борошна першого гатунку, маса батону 0,4 кг.

$$G = \frac{m \cdot n}{\tau_{\text{вип}} + \tau_{\text{доп}}}; \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}, \quad (3.1)$$

де m – маса одного виробу, кг;

n – кількість виробів, які одночасно завантажуються в піч;

$\tau_{\text{вип}}$ – час випікання, $\tau_{\text{вип}} = 40$ хв;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

$\tau_{дон}$ – допоміжний час, який витрачається на вивантаження і

завантаження печі, $\tau_{дон} = 3$ хв

$$G = \frac{0,4 \cdot 104}{1680 + 300} = 2,1 \cdot 10^{-2}; \quad \frac{\text{кг}}{\text{с}}; \quad G = 75,6 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Добова продуктивність печі:

$$G_{доб} = p \cdot z \cdot G; \quad \frac{\text{кг}}{\text{добу}}, \quad (3.2)$$

де p – кількість робочих змін;

z – кількість робочих годин на зміну

$$G_{доб} = 2 \cdot 7,4 \cdot 75,6 = 1118,9 \frac{\text{кг}}{\text{добу}}$$

3.3.2. Тепловий розрахунок печі

Витрати теплоти на випікання (тепловий баланс пекарної камери) складаємо на 1 кг продукції на виході з печі.

Витрати теплоти на випікання визначаються за формулою:

$$q_1 = W_{вип} (i_{nn} - i_в) + q_k c_k (t_k - t_m) + (q_m c_m + W_m c_m) (t_m - t_m); \quad \text{Дж/кг гарячого хліба}, \quad (3.3)$$

де $W_{вип}$ – кількість випаровуваної вологи з тістової заготовки під час випічки - упікання, %;

i_{nn} – ентальпія перегрітої пари, яка визначається при атмосферному тиску і температурі в пекарній камері, кДж/кг;

$t_{нк} = 250$ °С – температура в пекарній камері, за таблицями перегрітої пари

$i_{nn} = 2970$ кДж/кг;

$i_в$ – ентальпія води при температурі тіста в момент посадки його в пекарну камеру, кДж/кг,

$$i_в = t_m \cdot c_в; \quad \text{кДж/кг}, \quad (3.4)$$

де $t_m = 37$ °С – температура тіста;

$c_в$ – теплоємність води, кДж/(кг °С)

$$i_в = 37 \cdot 4,187 = 155 \text{ кДж/кг},$$

q_k – масова частина скоринки в хлібі, %;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | |

$c_m = c_k$ – теплоємність сухої речовини відповідно скоринки і хліба, кДж/(кг °С);

$q_m = W_m = \frac{1-0,12}{2} = 0,44$ – вміст сухої речовини в м'якиші приблизно дорівнює вмісту вологи в м'якиші;

t_k – температура скоринки, °С;

t_m – температура м'якиша, °С

$$q_1 = 0,07(2970-155) + 0,12 \cdot 1,68(160-37) + (0,44 \cdot 1,68 + 0,44 \cdot 4,187)(98-37) = 435,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Витрати теплоти на утворення пари в пекарній камері:

$$q_2 = D_n (i_{m'} - i'_e); \quad \text{кДж}/(\text{кг г.хл.}), \quad (3.5)$$

де D_n – витрати пари на зволоженн середовища пекарної камери, кг/кг;

i'_e – ентальпія води, яка подається для утворення пари, кДж/кг;

$i_{m'}$ – ентальпія перегрітої пари, яка визначається при атмосферному тиску і температурі в пекарній камері, кДж/кг

$$q_2 = 0,05(2970-126) = 142 \text{ кДж/кг}$$

Витрати теплоти вентиляційним повітрям розраховуються виходячи з того, що в період завантаження печі проходить повний обмін повітря в пекарній камері, тобто об'єм викиду повітря на одну посадку викидів:

$$V_{\text{вик}} = a \cdot b \cdot h; \quad \text{м}^3 \quad (3.6)$$

де a – довжина пекарної камери, м;

b – ширина пекарної камери, м;

h – висота пекарної камери, м

$$V_{\text{вик}} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1,9 = 1,37 \text{ м}^3$$

Теплові витрати з виходом повітря на одну посадку становитимуть:

$$q_3'' = c_p \cdot V_{\text{вик}} (t_{nk} - t'_e); \quad \text{кДж}/(\text{кг гар.хліба}), \quad (3.7)$$

де c_p – ізобарна теплоємність 1 м³ повітря, кДж/(м³К);

$V_{\text{вик}}$ – об'єм викиду повітря, м³;

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 37 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | |

$t_{нк}$ – температура пекарної камери, °С;

$t_в$ – температура води, °С

$$q_3'' = 1,3 \cdot 1,37(250 - 30) = 391,9 \text{ кДж/(кг гар.хліба)}$$

При тривалості випікання 40 хв, за годину виконується дві посадки ($n=2$).
Тоді за одиницю часу (1 год) втрати теплоти з вентиляційним повітрям становитимуть:

$$q_3' = n \cdot q_3'' \cdot \frac{1}{3600}; \text{ кВт}, \quad (3.8)$$

де n – кількість посадок виробів;

q_3'' – теплові втрати з виходом повітря на одну посадку, кДж

$$q_3 = 2 \cdot 391,8 \cdot \frac{1}{3600} = 0,22 \text{ кВт}$$

Втрата теплоти на нагрів транспортних засобів – стелажни візок з формами:

$$q_4 = \frac{1}{3600} n \cdot q_k \cdot c_k \cdot (t_k'' - t_k'); \text{ кВт}, \quad (3.9)$$

де n – кількість стелажних візків у печі;

q_k – маса стелажного візка, кг;

c_k – теплоємність заліза, кДж/(кг К);

t_k'' – температура середовища пекарної камери в кінці процесу випікання; °С;

t_k' – температура стелажного візка на початку випікання, °С

$$q_4 = \frac{1}{3600} \cdot 1 \cdot 62 \cdot 0,46 \cdot (180 - 30) = 1,19 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти огороженням перкарної камери в навколишнє середовище:

$$q_5' = f_n \cdot a_{np} \cdot c_0 \left[\left(\frac{T_n}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ног}}{100} \right)^4 \right] + \alpha(t_n - t_{ног}); \text{ кВт}, \quad (3.10)$$

де f_n – площа поверхонь огороження печі, м³;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

a_{np} – приведена ступінь чорноти поверхні огороження печі та навколишнього середовища;

$c_0 = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}^4)$ – стала Стефана – Больцмана.

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від верикальних стін:

$$\alpha^{вепм} = Nu \frac{\lambda}{l}; \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}), \quad (3.11)$$

$$\text{де } Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \text{ – критерій Нуссельта} \quad (3.12)$$

Визначальна температура

$$t_m = (t_n + t_{нов}) \quad (3.13)$$

де t_n – середня температура поверхні печі; $t_n = 45 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_{нов}$ – температура повітря, $t_{нов} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_m = (t_n + t_{нов})/2 = (45 + 30)/2 = 37,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

При визначенні t_m для повітря:

$\lambda = 0,0269 \text{ Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$ – коефіцієнт теплопровідності;

$\nu = 16,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – кінематична в'язкість;

$P_r = 0,72$ – значення критерію Прандля.

Критерій Грасгофа:

$$G_r = (\beta \cdot l^3 \cdot q \cdot \Delta t) / \nu^2 \quad (3.14)$$

де l – висота печі, $l = 3,39 \text{ м}$

q – механічна стала, $q = 9,81 \text{ кгм}/\text{с}^2$

Δt – різниця температур t_n і $t_{нов}$, $^\circ\text{C}$

ν – кінематична в'язкість, $\text{м}^3/\text{с}$

$$G_r = (2,39^2 \cdot 9,81(45 - 30)) / ((273 + 37,5)(16,3 \cdot 10^{-6})^2) = 2,4 \cdot 10^{10}$$

$$G_r \cdot P_r = 2,4 \cdot 10^{10} \cdot 0,72 = 1,75 \cdot 10^{10}$$

При такій величині добутку критеріїв емпіричні коефіцієнти матимуть значення: $c=0,135$; $n=0,33$.

$$Nu = c(C_r P_r)^n = 0,135(1,75 \cdot 10^{10})^{0,33} = 324$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |

$$\alpha_{\text{верт}} = Nu \cdot \frac{\lambda}{l} = 324 \cdot \frac{0,0269}{2,39} = 3,65 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)}$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від горизонтальних стін

$$\alpha_{\text{гор}} = 1,3Nu(\lambda / e) \quad (3.15)$$

Критерій Грасгофа:

$$G_r = (\beta \cdot l^3 \cdot q \cdot \Delta t) / \nu^2, \quad (3.16)$$

де l – визначаючий розмір, м;

q – механічна стала, кг м/с²;

Δt – різниця температур t_n і $t_{\text{нов}}$, °С;

ν – кінематична в'язкість, м³/с

$$G_r = (1,6^3 \cdot 9,81(45 - 30)) / ((273 + 37,5)(16,3 \cdot 10^{-6})^2) = 7,3 \cdot 10^9,$$

$$G_r P_r = 7,3 \cdot 10^9 \cdot 0,72 = 5,26 \cdot 10^9$$

При такій величині добутку критеріїв емпіричні коефіцієнти матимуть значення: $c = 0,135$; $n = 0,33$.

Критерій Нусельта:

$$Nu = c(C_r P_r)^n = 0,135(5,26 \cdot 10^9)^{0,33} = 218$$

Коефіцієнт конвективної тепловіддачі:

$$\alpha_{\text{гор}} = 1,3Nu(\lambda / e), \quad (3.17)$$

де Nu – критерій Нуссельта;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К;

l – визначаючий розмір, м;

$$\alpha_{\text{гор}} = 1,3 \cdot 218(0,0269/1,6) = 4,76 \text{ (Вт/м} \cdot \text{К)}$$

Площа вертикальних поверхонь печі визначається з герметичних розмірів:

$$f_{\text{верт}} = 2(a' + b')h', \quad (3.18)$$

де a' – довжина печі;

b' – ширина печі;

h' – висота печі

$$f_{\text{верт}} = 2(155 + 1,6)2,39 = 15,06 \text{ м}^2$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |

Площа горизонтальних поверхонь печі:

$$f_{гор} = a' \cdot b', \quad (3.19)$$

де a' – довжина печі;

b' – ширина печі

$$f_{гор} = 1,55 \cdot 1,6 = 2,48 \text{ м}^2$$

Тепловіддача вертикальними поверхнями:

$$Q_{верт} = f_{верт} \{ a_{np} C_0 [(T_n / 100)^4 - (T_{нов} / 100)^4] + \alpha_{верт} (t_n - t_{нов}) \}, \quad (3.20)$$

де a_{np} – приведена ступінь чорноти поверхні огорожень печі та навколишнього середовища;

C_0 – стала Стефана – Больцмана, Вт/(м² К⁴);

$\alpha_{верт}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від вертикальних стін, Вт/(м² К);

t_n – середня температура поверхні печі, °С

$t_{нов}$ – температура повітря, °С

$$Q_{верт} = 15,06 \{ 0,82 \cdot 5,7 [((273+45)/100)^4 - ((273+30)/100)^4] + 3,65(45-30) \} = 2,09 \text{ кВт}$$

Тепловіддача горизонтальними поверхнями:

$$Q_{гор} = f_{гор} \{ a_{np} C_0 [(T_n / 100)^4 - (T_{нов} / 100)^4] + \alpha_{гор} (t_n - t_{нов}) \} = 0,385, \quad (3.21)$$

де a_{np} – приведена ступінь чорноти поверхні огорожень печі та навколишнього середовища;

C_0 – стала Стефана – Больцмана, Вт/(м² К⁴);

$\alpha_{гор}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від горизонтальних стін, Вт/(м² К);

t_n – середня температура поверхні печі, °С

$t_{нов}$ – температура повітря, °С

$$Q_{гор} = 2,48 \{ 0,82 \cdot 5,7 [((273+45)/100)^4 - ((273+30)/100)^4] + 4,76(45-30) \} = 0,385 \text{ кВт}$$

Загальна тепловіддача стінами:

$$q'_5 = Q_{гор} + Q_{верт} = 0,385 + 2,09 = 2,475 \text{ кВт},$$

де $Q_{гор}$ – тепловіддача горизонтальними поверхнями, кВт;

$Q_{верт}$ – тепловіддача вертикальними поверхнями, кВт;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Тепловіддача на одиницю продукції:

$$q_5 = q'_5 / G, \quad (3.22)$$

де q'_5 – загальна тепловіддача стінами, кВт;

G – продуктивність печі за 1 секунду;

$$q_5 = \frac{2,475}{2,2 \cdot 10^{-2}} = 112,5 \text{ кДж/кг хл}$$

Тепловіддача на одиницю продукції:

$$q_3 = q'_3 / G, \quad (3.23)$$

де q'_3 – теплові витрати з вентиляційним повітрям, кВт;

G – продуктивність печі за 1 секунду;

$$q_3 = \frac{0,22}{2,2 \cdot 10^{-2}} = 10 \text{ кДж/кг}$$

$$q_4 = q'_4 / G, \quad (3.24)$$

де q'_4 – втрати теплоти на нагрів транспортних засобів, кВт;

$$q_4 = \frac{1,19}{2,2 \cdot 10^{-2}} = 54 \text{ кДж/кг}$$

Приймаємо інші витрати:

q_6 – втрати теплоти через посадочні і розвантажувальні вікна пекарної камери, кДж/кг;

q_7 – інші втрати теплоти, кДж/кг;

$$q_6 + q_7 = 40 \text{ кДж/кг}$$

Сумарна теплопередача в пекарну камеру на одиницю продукції:

$$q_{\text{нк}} = \sum_{i=1}^7 q_i = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7, \quad (3.25)$$

де q_1 – втрати теплоти на випікання;

q_2 – втрати теплоти на утворення пари в пекарній камері;

q_3 – втрати теплоти з вентиляційним повітрям;

q_4 – втрати теплоти на нагрів транспортних засобів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

q_5 – втрати теплоти огороженням пекарної камери в навколишнє середовище;

q_6 і q_7 – інші втрати теплоти

$$q_{нк} = 435,6 + 142 + 10 + 54 + 112,4 + 40 = 794 \text{ кДж/кг}$$

або за одиницю часу:

$$Q_{заг} = Q_i = G \cdot q_i = 2,2 \cdot 10^{-2} \cdot 794 = 17,5 \text{ кВт}$$

Визначення необхідної кількості електронагрівачів:

$$n = Q'_{заг} / N_m, \quad (3.26)$$

де $Q'_{заг}$ – сумарна теплопередача в пекарну камеру за одиницю часу, кВт;

$$Q'_{заг} = Q_{заг} \cdot k, \quad (3.27)$$

де $k = 1,2$ – коефіцієнт збільшення потужності

$$Q'_{заг} = 17,5 \cdot 1,2 = 21 \text{ кВт}$$

$N_m = 2$ кВт – потужність одного ТЕНа, кВт;

$$n = 21/2 = 10,5$$

Приймаємо для встановлення в печі необхідну кількість $n = 11$ шт.

3.3.3. Визначення розрахункової потужності на обертання вагонетки в печі

Необхідна потужність двигуна:

$$N_1 = (QV) / 1000\eta, \quad (3.28)$$

де $Q = 1200$ Н – сила, що діє на диск привода візка;

$V = (Z_3 n_3 t) / (60 / 1000)$ – швидкість обертання диска;

$Z_3 = 120$ – кількість зубів зірочки;

$n_3 = 11,4$ об/хв. – частота обертання диска;

$t = 12,7$ мм – крок ланцюга;

η – ККД привода

Величинами Z_3 , η та t задаємося для проектного розрахунку, згідно рекомендацій.

$$V = (120 \cdot 11,4 \cdot 12,7) / (60 \cdot 100) = 0,29 \text{ м/с}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = 0,96 \cdot 0,8 \cdot 0,99 = 0,76,$$

де $\eta_1 = 0,96$ – ККД ланцюгової передачі;

$\eta_2 = 0,8$ – черв'ячного редуктора;

$\eta_3 = 0,99$ – ККД муфти

$$N_1 = (1200 \cdot 0,29) / (1000 \cdot 0,76) = 0,46 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун 4А71АЧУЗ ГОСТ 19523-74 потужністю $N = 0,55$ кВт, частотою обертання ротора $n = 1370$ об/хв.

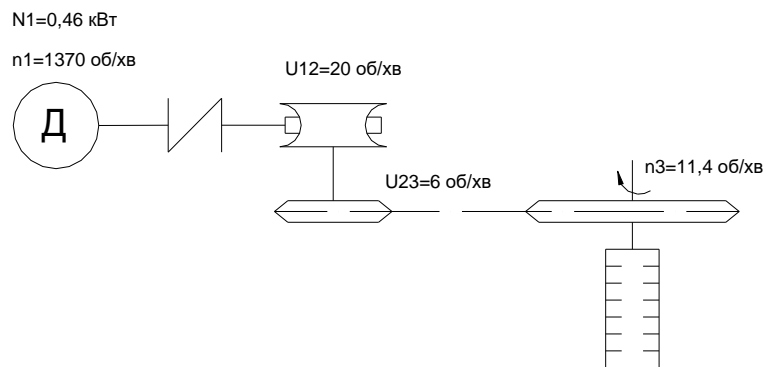


Рис. 3.1. Кінематична схема приводу

Загальне передаточне відношення приводу:

$$U_{13} = n / n_3, \quad (3.29)$$

де n – частота обертання ротора, об/хв.;

n_3 – частота обертання диска, об/хв.;

$$U_{13} = 1370 / 11,4 = 120;$$

приймаємо передаточне число ланцюгової передачі $U_{23} = 6$, тоді передаточне число редуктора:

$$U_{12} = U_{13} / U_{23}, \quad (3.30)$$

де U_{13} – загальне передаточне відношення приводу

U_{23} – передаточне число ланцюгової передачі

$$U_{12} = 120 / 6 = 20$$

За визначеним передаточним числом підбираємо редуктор РЧУ-50-20-2-3-1.

Визначення кінематичних характеристик приводу:

Крутний момент, що створюється редуктором:

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |

$$T_1 = 9550N_1 / n_1 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.31)$$

де N_1 – потужність двигуна, кВт;

n_1 – частота обертання ротора, об/хв.

$$T_1 = 9550 \cdot 0,46 / 1370 = 3,2 \text{ Нм};$$

Крутний момент, що створюється редуктором:

$$T_2 = 9550N_2 / n_2 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$N_2 = N_1 \eta_2 \eta_3, \quad (3.32)$$

де N_1 - потужність двигуна, кВт;

η_2 - ККД червячного редуктора;

η_3 - КККД муфти

$$N_2 = 0,46 \cdot 0,99 \cdot 0,8 = 0,36 \text{ кВт}$$

$$n_2 = n_1 / U_{12}, \quad (3.33)$$

де n_1 – частота обертання ротора, об/хв.;

U_{12} – передаточне число редуктора;

$$n_2 = 1370 / 20 = 68,5 \text{ об/хв.};$$

$$T_2 = 9550 \cdot 0,36 / 68,5 = 50,2 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Крутний момент диска:

$$T_3 = 9550N_3 / n_3, \text{ об/хв}$$

$$N_3 = N_2 \eta_1, \text{ кВт}, \quad (3.34)$$

де η_1 – коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі;

$$N_3 = 0,36 \cdot 0,96 = 0,345 \text{ кВт}$$

$$n_3 = n_2 / U_{23}, \text{ об/хв.}, \quad (3.35)$$

де U_{23} – передаточне число ланцюгової передачі;

$$n_3 = 68,5 / 6 = 11,4 \text{ об/хв.}$$

$$T_3 = 9550 \cdot 0,345 / 11,4 = 288,5 \text{ Н м}$$

Кінематичні характеристики зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кінематичні характеристики приводу

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

| № вала | Потужність N, кВт | Крутний момент T, Н м | Частота обертання n, об/хв | Передаточне відношення U |
|--------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,46 | 3,2 | 1370 | 20 |
| 2 | 0,36 | 50,2 | 68,5 | 6 |
| 3 | 0,345 | 288,5 | 11,4 | 6 |

3.3.4. Розрахунки на міцність

Розрахунок вала

Вихідні дані для розрахунку:

Крутний момент $T_2 = 700$ Нм;

Кутова швидкість $\omega_2 = 55$ рад/с;

Ділильний діаметр зубчастого колеса $d_2 = 320$ мм;

Ділильний діаметр конічного колеса $d_\omega = 95$ мм;

Передаточне число конічної передачі $U_{кон} = 3$;

Сталь 40Х

Попередньо визначаємо сили, що діють у зачепленні зубчатих коліс і які передаються на вал.

Сили у зачепленні циліндричного зубчатого колеса.

Колова сила:

$$F_{t2} = \frac{2T}{d_2}; \quad (3.36)$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 700 \cdot 10^3}{320} = 4375 \text{ Н}$$

Радіальна сила:

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 4375 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 15924 \text{ Н}$$

Сили у зачепленні конічної шестерні.

Колова сила:

$$F_t = \frac{2T}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 700 \cdot 10^3}{95} = 14737 \text{ Н}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Радіальна сила:

$$F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1, \quad (3.37)$$

де

$$\delta_1 = \operatorname{arctg} \frac{d\omega_1}{d\omega_2} = \operatorname{arctg} \frac{95}{285} = 18,435^\circ$$

Кут при вершині ділительного конуса шестерні:

$$F_{r1} = 14737 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \cdot \cos 18,435^\circ$$

Зображуємо розрахункову схему вала на рис. 3.2., де вказані напрямки сил, що діють на вал.

Визначимо відстані між опорами та посадочними місцями валів.

$$a = b = 0,4 \cdot d_2 = 0,4 \cdot 320 = 128 \text{ мм}$$

$$c = 2 \cdot d_{\omega 1} = 95 \cdot 2 = 190 \text{ мм}$$

Реакція опор у вертикальній площині

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_{bx}(a+b) - F_{t2}b - F_{t1}c = 0 \quad (3.38)$$

$$R_{bx} = \frac{F_{t2}b + F_{t1}c}{a+b} = \frac{4375 \cdot 128 + 14737 \cdot 190}{128 + 128} = 131125,1 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{ax}(a+b) - F_{t2}a - F_{t1}(a+b+c) = 0 \quad (3.39)$$

$$R_{ax} = \frac{-F_{t2}a + F_{t1}(a+b+c)}{a+b} = \frac{4375 \cdot 128 + 14737 \cdot 446}{128 + 128} = 23487,1$$

$$\Sigma X = 0$$

$$-R_{bx} + F_{t2} + R_{ax} - F_{t1} = 0 \quad (3.40)$$

$$-131125,1 + 4375 + 23487,1 - 14737 = 0$$

Згинальні моменти у вертикальній площині:

$$\Sigma M_b = 0$$

$$M_{cx} = R_{bx} \cdot a = 131125,1 \cdot 0,128 = 1680 \text{ Нм}$$

$$M_{ax} = R_{bx}(a+b) - F_{t2} \cdot b = 131125,1 \cdot 0,256 - 4375 \cdot 0,128 = 2800 \text{ Нм}$$

$$M_{dx} = R_{bx}(a+b+c) - F_{t2}(b+c) - R_{ax} \cdot c = 131125,1 \cdot 0,446 - 4375 \cdot 0,318 - 23487,1 \cdot 0,19 = 0$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Будуємо епюру згинальних моментів у вертикальній площині.

Реакції опор в горизонтальній площині.

$$\Sigma M_a = 0$$

$$-R_{by}(a+b) - F_{r2}b + F_{r1}c + M = 0 \quad (3.41)$$

$$R_{by} = \frac{-F_{r2}b + F_{r1}c + M}{a+b} = \frac{-1592,4 \cdot 128 + 5088,6 \cdot 190 + 1696,2 \cdot 47,5}{128+128} = 3295,2 \text{ Н}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_{r2} \cdot a - R_{ay}(a+b) + F_{r1}(a+b+c) + M = 0 \quad (3.42)$$

$$R_{ay} = \frac{F_{r2}a + F_{r1}(a+b+c) + F_a \cdot r}{a+b} = \frac{1592,4 \cdot 128 + 5088,6 \cdot 446 + 1696,2 \cdot 47,5}{128+128} = 9976,2$$

$$\Sigma Y = 0$$

$$-R_{bx} + F_{r2} - R_{ay} - F_{r1} = 0 \quad (3.43)$$

$$3295,2 + 1592,4 - 9976,2 + 5088,6 = 0$$

Згинальні моменти у горизонтальній площині:

$$\Sigma M_{by} = 0$$

$$M_{cy} = -R_{by} \cdot a = -3295,2 \cdot 0,128 = -421,8 \text{ Нм}$$

$$M_{ay} = -R_{by}(a+b) - F_{r2} \cdot b = -3295,2 \cdot 0,256 - 1592,4 \cdot 0,128 = 1047,4 \text{ Нм}$$

$$M_{dx} = -R_{by}(a+b+c) - F_{r2}(b+c) + R_{ay} \cdot c = -3295,2 \cdot 0,446 - 1592,4 \cdot 0,318 + 9976,2 \cdot 0,19 = -80,56$$

$$M_{dx} = -80,56 \text{ Нм}$$

Будуємо епюру згинальних моментів у горизонтальній площині.

Сумарні згинальні моменти

$$M_{Cb} = 0$$

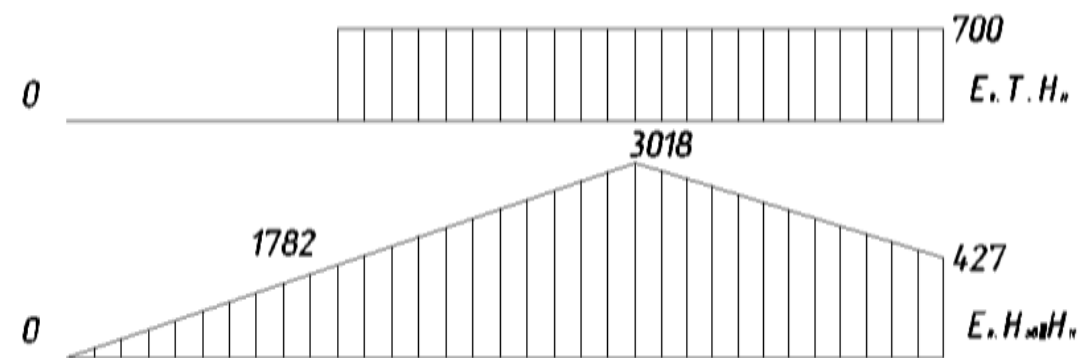
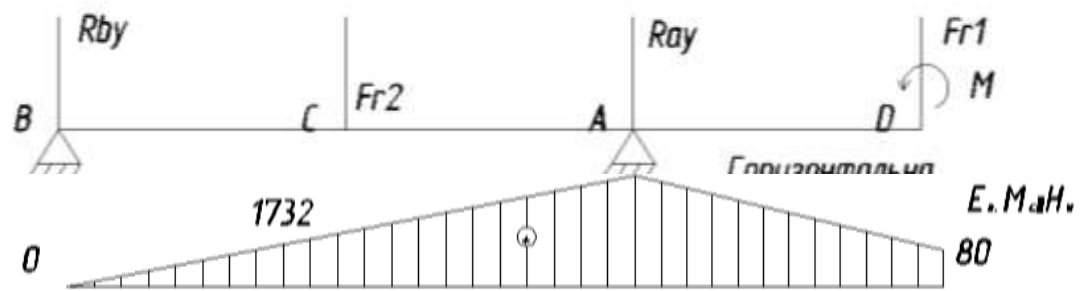
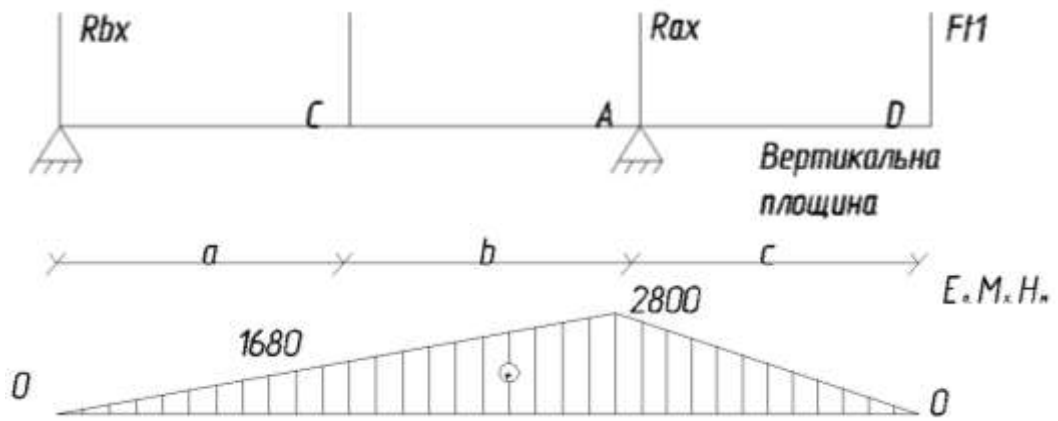
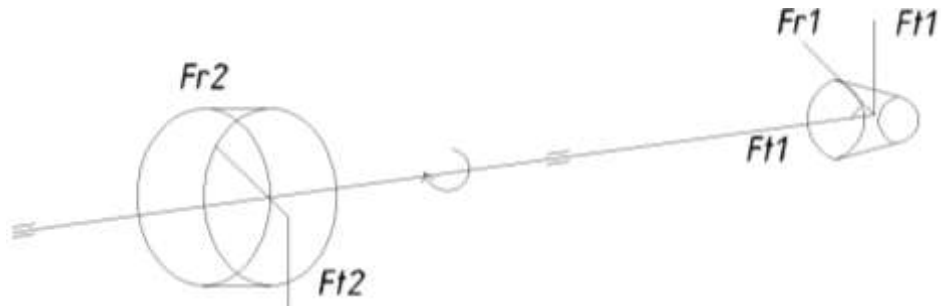
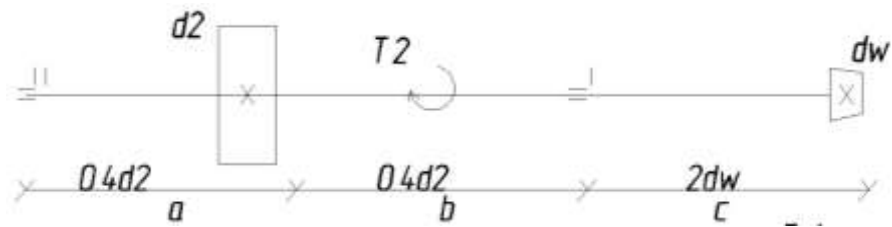
$$M_{Cc} = \sqrt{M_{cx}^2 + M_{cy}^2} = \sqrt{1680^2 + 421,8^2} = 17321 \text{ Нм}$$

$$M_{Ac} = \sqrt{M_{ax}^2 + M_{ay}^2} = \sqrt{2800^2 + 1047,4^2} = 2989,5 \text{ Нм}$$

$$M_{Dc} = \sqrt{M_{dx}^2 + M_{dy}^2} = \sqrt{0^2 + 80,56^2} = 80,56$$

Будуємо епюру сумарних згинальних моментів.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | | | | | |



| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ

Арк.

49

Будуємо епюру крутного моменту. Зведені моменти знаходимо за формулою:

$$M_e = \sqrt{M_c^2 + (\alpha T)^2}, \quad (3.44)$$

$$\text{де } \alpha = \frac{[\sigma_{-1}]}{[\sigma_c]}$$

За таблицями: $[\sigma_{-1}] = 90$ МПа – допустиме знакоперемінне напруження для вала; $[\sigma_c] = 150$ - допустиме пульсуюче напруження для вала

$$\alpha = \frac{90}{150} = 0,6 \quad \text{Тоді}$$

$$M_{звB} = 0$$

$$M_{звC} = \sqrt{1732,1^2 + (0,6 \cdot 700)^2} = 1782,3 \text{ Н}$$

$$M_{звA} = \sqrt{2989,5^2 + (0,6 \cdot 700)^2} = 3018,9 \text{ Н}$$

$$M_{звD} = \sqrt{80,56^2 + (0,6 \cdot 700)^2} = 427,7$$

Розраховуємо діаметр вала в небезпечному (найбільш навантаженому) перерізі

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{3018,9 \cdot 10^2}{0,1 \cdot 90}} = 69,5 \text{ мм}$$

Діаметр вала під підшипники $d_n = 70$ мм

3.3.5. Розрахунок і підбір підшипників

Так як конічна шестерня повинна бути точно і жорстко зафіксована в осьовому напрямку, приймаємо конічні роликові підшипники легкої серії: для I опори 7214; для II опори 7212 по ДСТУ 520:2014.

Радіальне навантаження на підшипник I $F_{r1} = R_{ay} = 9976,2$ Н.

Радіальне навантаження на підшипник II $F_{r2} = R_{by} = 3295,2$ Н.

Осьове навантаження, що сприймає підшипник I $F_a = F_{ai} = 1696,2$ Н.

Коефіцієнт обертання внутрішнього кільця беремо $V = 1$.

Коефіцієнт безпеки при легких поштовхах беремо $K_\sigma = 1,2$.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Температурний коефіцієнт при робочій температурі менше 100⁰С беремо $K_T = 1$.

Стандарти запроваджують довговічність підшипників для зубчастих редукторів $L_h = 20000$ год (при 90% надійності).

У підшипника 7214 динамічна вантажність $C=95900$ Н; кут контакту $\alpha=14^0$ С; коефіцієнт $e=0,37$. У підшипника 7212 динамічна навантаження $c=72200$, кут нахилу $\alpha=13^0$, коефіцієнт $e=0,35$.

Для підшипника I:

Осьові складові радіального навантаження:

$$F_{sI} = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,37 \cdot 9976,2 = 3063,7 \text{ Н}$$

Для підшипника II:

$$F_{sII} = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,35 \cdot 3295,2 = 957,3 \text{ Н}$$

Розрахункове осьове навантаження при $F_{sI} > F_{sII}$ і $F_a > 0$.

Для підшипника I

$$F_{aI} = F_{sI} = 3063,7 \text{ Н}$$

Для підшипника II

$$F_{aII} = F_{sI} + F_a = 3063,7 + 1696,2 = 4759,9 \text{ Н}$$

Знаходимо відношення $\frac{F_a}{F_r}$ для підшипника II

$$\frac{F_{aII}}{F_{rII}} = \frac{3063,7}{1,0 \cdot 9976,2} = 0,3 (e = 0,37)$$

Приймаємо коефіцієнт радіального та осьового навантаження $X=1$; $Y=0$.

Приймаємо коефіцієнт радіального та осьового навантаження $X=0,4$; $Y=1,46$, так як для підшипника II відношення

$$\frac{F_{aII}}{F_{rII}} = \frac{4759,9}{1,0 \cdot 3295,2} = 1,44 > 0,35$$

Еквівалентне розрахункове навантаження для підшипника I

$$P_1 = V \cdot F_{r1} \cdot K_\sigma \cdot K_T = 1 \cdot 9976,2 \cdot 12 \cdot 1 = 119714$$

Еквівалентне розрахункове навантаження для підшипника II

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

$K_4 = 1$ – нахил лінії центрів зірочок 0^0 ;

$K_5 = 0,8$ – змашення у ванні;

$K_6 = 1,5$ – робота у дві зміни.

$$K_e = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 1,54$$

Число зубів ведучої зірочки приймаємо $z_2 = 20$.

Допустимий питомий тиск в шарнірах приймаємо $[p]=35$ МПа.

Розрахунковий крок ланцюга

$$t = 183 \sqrt[3]{\frac{N_2 \cdot K_e \cdot 10}{S_t \cdot [p] \cdot z_2 \cdot n_2 \cdot K_m}}, \quad (3.46)$$

де N_2 – потужність на вихідному валу редуктора, кВт;

K_e – коефіцієнт експлуатації передачі;

$[p]$ – допустимий питомий тиск в шарнірах, МПа;

z_2 – число зубів ведучої зірочки;

n_2 – частота обертання, об/хв.;

$$t = 183 \sqrt[3]{\frac{0,36 \cdot 1,54 \cdot 10}{0,28 \cdot 35 \cdot 20 \cdot 68,5 \cdot 1}}$$

Приймаємо ланцюг ПР-12,7-1820-1 ДСТУ EN 818-2:2017, у якого $t = 12,7$ мм, $Q_{розр} = 18200$ Н, $S_{он} = 39,6$ мм², маса 1 погонного метра ланцюга $q = 0,65$ кг.

Колова швидкість ланцюга:

$$v = \frac{z_2 \cdot n_2 \cdot t}{60 \cdot 1000}, \quad (3.47)$$

де z_2 – число зубів ведучої зірочки;

n_2 – частота обертання, об/хв.;

t – розрахунковий крок ланцюга, мм

$$v = \frac{20 \cdot 68,5 \cdot 12,7}{60 \cdot 1000} = 0,29 \text{ м/с}$$

Колове зусилля:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_2}{v}, \quad (3.48)$$

де N_2 – потужність на вихідному валу редуктора, кВт;

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | | 53 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |

v – колова швидкість ланцюга, м/с

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0,36}{0,29} = 1240 \text{ Н}$$

Середній питомий тиск в шарнірах ланцюга:

$$p = \frac{F_t}{S_{on}}, \quad (3.49)$$

де F_t – колове зусилля, Н

$$p = \frac{1240 F_t}{39,6} = 31,3 \text{ МПа},$$

що менше допустимого питомого тиску $[p]=35 \text{ МПа}$.

Термін служби ланцюга:

$$T = 5200 \frac{\Delta t \cdot K_c \cdot \sqrt{z_2} \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{p \sqrt[3]{v} K_e}, \quad (3.50)$$

де $\Delta t \leq 3\%$ – допустиме збільшення кроку ланцюга;

K_c – коефіцієнт змащення;

z_2 – число зубів ведучої зірочки;

a_t – міжосьова відстань;

U – передаточне число;

p – середній питомий тиск у шарнірах ланцюга;

$$a_t = \frac{a}{t}; \quad a_t = \frac{995}{12,7} = 778$$

Коефіцієнт змащення:

$$K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{v}}, \quad (3.51)$$

де K_{cn} – коефіцієнт, що враховує спосіб змащення

$$K_c = \frac{2,5}{\sqrt{0,29}} = 4,64$$

$$T = 5200 \frac{3 \cdot 4,64 \cdot \sqrt{20} \cdot \sqrt[3]{78 \cdot 6}}{31,3 \sqrt[3]{0,29} \cdot 1,54} = 78772 \text{ год},$$

що більше очікуваного строку служби .

$$T_{оч} = 4000 \cdot K_{cn}, \quad (3.52)$$

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | 54 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

де K_{cn} – коефіцієнт, що враховує спосіб змащення.

$$T_{оч} = 4000 \cdot 2,5 = 10000 \text{ год}$$

Розрахунок навантажень ланцюгової передачі.

Натяг від провисання веденої вітки від власної ваги:

$$F_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot a, \quad (3.53)$$

де K_f – коефіцієнт провисання;

g – маса 1 погонного метра ланцюга, кг;

a – величина міжосьової відстані, м

$$a = (60 \dots 80)t = (60 \dots 80)12,7 = 995 \text{ мм}$$

$$F_f = 6 \cdot 0,65 \cdot 9,81 \cdot 0,995 = 38 \text{ Н}$$

Сумарний натяг ведучої та веденої віток будеб

$$F_{\Sigma b} = F_f + F_t K_1, \quad (3.54)$$

де F_f – коефіцієнт провисання;

F_t – колове зусилля, Н;

K_1 – коефіцієнт, що враховує характер, передаваемого навантаження;

$$F_{\Sigma b} = 38 + 1240 \cdot 1,3 = 1650 \text{ Н}$$

Навантаження, що дії на вали:

$$R = (1,15 \dots 1,2)F_t, \quad (3.55)$$

де F_t – колове зусилля, Н;

$$R = 1,2 \cdot 1650 = 1980 \text{ Н}$$

Перевірка ланцюга по запасу міцності

$$n = \frac{Q_{розр}}{F_{\Sigma b}}, \quad (3.56)$$

де $F_{\Sigma b}$ – сумарний натяг;

$$n = \frac{18200}{1650} = 11,$$

що більше допустимого $[n]=10,2$

Геометричний розрахунок передачі.

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|---------------------------|------|
| | | | | | | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | | | | | | 55 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | | |

Міжосьова відстань $a=995$.

Число зубців веденої зірочки:

$$z_3 = z_2 \cdot U_{23}, \quad (3.57)$$

де z_2 – число зубців ведучої зірочки;

U_{23} – передаточне число

$$z_3 = 20 \cdot 6 = 120$$

Довжина ланцюга в кроках:

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_2 + z_3}{2} + \left(\frac{z_3 - z_2}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{a} \quad (3.58)$$

$$L_t = \frac{2 \cdot 995}{12,7} + \frac{20 + 120}{2} + \left(\frac{120 - 20}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{12,7}{995} = 230$$

Дійсна міжосьова відстань становить $a=995$ мм, так як значення L_t виявилось цілим і парним числом в результаті прямого розрахунку.

Діаметри ділительних кіл зірочок:

$$d_{o2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}}; \quad (3.59)$$

$$d_{o3} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_3}}, \quad (3.60)$$

де t – крок ланцюга;

z_2 – число зубців ведучої зірочки;

z_3 – число зубців веденої зірочки

$$d_{o2} = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{20}} = 81,18 \text{ мм};$$

$$d_{o3} = \frac{12,7t}{\sin \frac{180}{120}} = 485,16 \text{ мм}$$

Монтажна міжосьова відстань:

$$a_m = 0,996 \cdot a \quad (3.61)$$

$$a_m = 0,996 \cdot 995 = 991 \text{ мм}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 56 |

поломках, що не викликають простою, необхідно зразу ж замінити зламану частину запасною; при поломках, що викликають простою машини, робітник повинен зразу ж сповістити про це майстра.

4.2. Налагодження

Вибране місце встановлення печі повинно забезпечувати зручне використання та враховувати технологічну послідовність виготовлення продукції. Крім того, необхідно враховувати вимоги протипожежної безпеки та безпечність технологічного обслуговування.

Конструкція підлоги приміщення повинна утримувати навантаження від комплекту печі. Поверхня підлоги повинна бути рівною, без стиків.

Піч і вистійна шафа повинні вставлятися на горизонтальній поверхні, яка перевірена по рівню. Піч і вистійна шафа встановлюються на підлозі без додаткового кріплення.

Живлення електрокабеля печі та вистійної шафи повинні бути підключені до розподільного щита через вимикач.

При виборі місця встановлення печі потрібно керуватися розмірами технічної документації, де вказані встановлюючі розміри, а також зона підводу комунікацій (електроживлення, водопровід, каналізація, розташування вентиляційних патрубків, розташування анкерів щита і керування).

Після підготовки місця встановлення печі роботи потрібно вести у такій послідовності:

1. Від'єднати монтажну раму .
2. Встановити піч на місце.
3. Забетонувати анкери кріплення щита керування в підлогу.
4. Вивести кінець труби дренажу в каналізацію.
5. Під'єднати к фільтру водопровід.
6. Зробити разконсервацію, очищення печі та ревізію.
7. Під'єднати заземлюючий зажим печі до контуру заземлення.
8. Під'єднати кінці живлячого кабеля до живильної колодки.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 58 |

9.Зробити контрольне електровимірювання згідно вимогам електробезпеки.

10.Зробити мащення печі, згідно карти мащення.

4.3. Технічне обслуговування

Обслуговуючий персонал повинен бути ознайомлений з будовою печі, навчений роботі на ній та інструктований з правил техніки безпеки роботи на печі.

1. Забороняється працювати на незаземленій печі.
2. Забороняється залишати підключену піч без догляду.
3. При завантаженні і вивантаженні печі необхідно використовувати рукавиці з теплоізоляцією.
4. Перед чищенням печі, зупинкою на ремонт електроживлення повинно бути відключено.
5. Перше увімкнення печі повинно бути після ретельної перевірки усіх електричних з'єднань.

Для мащення редуктора приводу візка використовують масло трансмісійне ЛТУ 38-101529-75 (Нігрол). Необхідна кількість при заміні мастила 1,2 літра. Періодичність заміни один раз на рік при двохзмінній роботі. Мастило заливається через отвір, де знаходиться вказівник рівня масла. Періодичність перевірки рівня масла один раз у місяць.

Для мащення ланцюгової передачі використовують суміш мастила ЦИАТИМ-221 з графітом у співвідношенні 1:10. Мащення робити один раз у місяць.

Для мащення підшипників вертикального валу використовують мастило ЦИАТИМ-221. Періодичність – один раз у місяць.

Технічне обслуговування електроапаратури повинен робити електрик відповідної кваліфікації. Перед роботою відключити живлення.

В об'єм технічного обслуговування входить:

1. Періодично 2 рази у рік перевіряти затяжку клемних з'єднань та стан контактів живильників.

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 59 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ

Карта змащування печі КЕП-6,5

| Номер точки на схемі змащування | Місце змащування | Кількість мастила | Мастильний матеріал | Спосіб змащування | Періодичність змащування |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Підшипники електро-двигуна | 1 | Солідол УС – 2 | Набивка | 1 раз в 3 місяці |
| 2 | Черв'ячний редуктор | 1,2 | Масло трансмісійне | Заливання корпус наливання до рівня, відміченого на масловказівнику | 1 раз в місяць Повна заміна мастила через 360 днів Доливання мастила через 5-6 днів |
| 3 | Ланцюг | 1 | Суміш мастила ЦИАТИМ-221 з графітом | Нанесення | 1 раз в в місяць |
| 4 | Підшипники привідного валу | 2 | Мастило ЦИАТИМ-221 | Набивка | 1 раз в місяць |

4.4. Автоматизація виробництва

Автоматизація процесу випічки хлібобулочних виробів

Основним показником ефективності автоматизації є собівартість продукції. Оскільки вона відображає стан виробництва. Найбільшу частину в затратах на виробництво борошняних та кондитерських виробів складає вартість сировини і основних матеріалів. Отже, основні задачі автоматизації заключаються в зведенні до мінімуму втрат сировини, в максимальному збереженні якості, в підвищенні виходу готової продукції.

Основні умови для здійснення автоматизації виробничого процесу:

1. Наявність високоефективної технології автоматизуємого процесу;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 61 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Метою дослідження виробничого травматизму є розроблення заходів до запобігання нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Для вивчення виробничого травматизму використовують різні методи. Найпоширеніші і взаємодоповнюючі – статистичний, монографічний, економічний ергономічний та психофізичний методи.

На хлібозаводі, задля виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам, професійним захворюванням і аваріям в процесі праці, створена служба охорони праці. Управління охороною праці на підприємстві в цілому здійснює його керівник, а в цехах та відділах – їх керівники або головні фахівці. Так як на даному заводі число працюючих не перевищує 50 чоловік, то службу охорони праці представляє головний інженер, призначений за суміцництвом.

У хлібопекарному виробництві основними шкідливими факторами є підвищена температура повітря і борошняний пил. Можливе підвищення концентрації борошняного пилу в просіювальному відділенні (6 мг/м) відбувається за рахунок погано організованої вентиляційної та аспіраційної системи. Основним джерелом виникнення великої кількості пилу є просіювальне обладнання. Джерелом підвищення температури повітря є пекарні печі у пекарному відділенні. Методом боротьби з підвищенням температури повітря є правильна організація вентиляційної системи. Умови праці на тісторозробних дільницях підприємств хлібопекарської промисловості відносяться до 3-го класу важкості.

На хлібозаводі розповсюджені в основному шуми механічного і аеродинамічного походження. Шум обумовлюється механічними коливаннями в пружних середовищах і тілах, частоти яких лежать в діапазоні 16...20 000Гц, які спроможне сприймати людське вухо.

Джерелом шуму є наступне технологічне обладнання: тістомісильна машина, просіювач борошна, тістоподільник, шафа попереднього вистою,

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | | 65 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | | | |

ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ

Щит печі має запобіжні пристрої, що відключають піч від мережі, у разі замикання однієї з фаз на корпус печі. Двері електрощита закриваються ключем за доп омогою внутрішніх (вбудованих) замків. На внутрішній стінці дверець електрощита є електричні схеми.

При експлуатації печей з електрообігрівом необхідно дотримуватись правил з безпечної експлуатації електрообладнання:

1. Електронагрівачі повинні працювати тільки у тому середовищі, для якого вони призначені.

2. Кількість електронагрівачів, встановлених на одну піч, визначається за результатами розрахунків.

3. Електронагрівачі не повинні торкатись один одного.

4. Вихідні кінці електронагрівачів повинні бути захищені від механічних пошкоджень індивідуальними ковпаками або загальним кожухом. Також повинна бути передбачена теплова ізоляція вивідних кінців нагрівачів (температура на вивідних кінцях не повинна перевищувати 180-200° С).

5. Корпус кожного електронагрівника рекомендується надійно заземляти. Кабелі до нагрівачів потужністю біля 5 кВт підключаються за допомогою кабельних наконечників.

6. Рекомендується підключати нагрівачі до електромережі через індивідуальні плавкі запобіжники. Це дозволить легко визначати вихід з ладу любого нагрівача, встановленого на печі.

7. Не допускати кріплення нагрівачів за вивідні стержні.

8. Необхідно періодично проводити очистку оболонок (хімічним і механічним шляхом) нагрівачів від можливих забруднень і осадження на них.

9. З метою продовження строку служби нагрівачів перед монтажом бути здійснені захисні покриття.

У випадку виникнення на печі пожежі, необхідно одразу ж, не чекаючи прибуття пожежної команди, приступити до його погашення. При цьому слід користуватись парою, а не водою, так як потрапляння води на розжарені металеві поверхні печі може призвести до їх короблення.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 67 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

12. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.

13. Методичні рекомендації до складання технологічних схем хлібопекарського і макаронного виробництв у курсовому і дипломному проектуванні для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та спеціальності 7.05170103 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ден. та заочн. форм навч. / Уклад.: В.Г. Юрчак, В.Ф. Доценко, В.М. Махинько. – К.: НУХТ, 2012. – 44 с.

14. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з дисципліни «Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 181 «Харчові технології» / В.М.Федорів -Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2021. – 96с.

15. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук, І.А. Зозуляк.– Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. – 336 с.

16. Процеси та апарати харчових виробництв /А.М. Поперечний, О.І.Черевко ,В.Б.Гаркуша, Н.В. Кирпиченко.– К.: ЦУЛ, 2007. – 304с.

17. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв: підручник / В.Ф. Петько, О.І. Гапонюк, Є.В.Петько, А.В. Ульяницький. – К.: ЦНЛ, 2007. – 432с.

18. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: навчальний посібник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, Л.М. Кюрчева. –Суми: Довкілля, 2004. – 420 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 69 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це рішення дозволяє зробити лінію більш механізованою, що дозволяє зменшити частку ручної праці. З економічної точки зору це ще вигідно й тому, що так зменшується чисельність обслуговуючого персоналу.

Були проведені розрахунки працездатності впровадження та перерахунок продуктивності печі. Перевірочні розрахунки показали працездатність даного проєкту.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 71 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ДОДАТКИ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | ДП.АПІ.24.06.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 72 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |