

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему:

**Модернізація вузла приводу фризера машини для
виготовлення морозива FC-200**

Виконав: студент VI курсу, групи МО_м-61,

спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Шпікула М.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Деркач А.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових

технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХ

_____ Вітенько

Т.М.

(підпис)

(прізвище,

ініціали)

“ ”

2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве

машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Шпікулі Миколі Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація вузла приводу фризера машини для виготовлення морозива FC-200

керівник роботи Деркач Андрій Васильович к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “___” _____ 2023 року № _____

2. Строк подання студентом проекту : “_____” грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту: Технічний паспорт машини для виготовлення морозива FC-200

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Аналіз існуючих конструкцій і вузлів сучасних машин для виготовлення

морозива. 1.1. Огляд літературних джерел і патентів. 1.2. Вибір і обґрунтування

теоретичних і експериментальних методів досліджень виробництва морозива. 2.

Конструкторська частина. 2.1. Аналіз структурної схеми. 2.2. Аналіз кінематичної схеми

машини марки FC-200. 2.3. Кінематичний та динамічний розрахунки основних вузлів

машини. 2.3.1. Розрахунок ланцюгової передачі. 2.3.2. Розрахунок зубчастої передачі

приводу механізму загортання машини для виготовлення морозива 2.3.3. Розрахунок

шпоночного з'єднання вала та зубчастого колеса для механізму загортання морозива.

2.3.4. Підбір підшипників. 2.3.5. Розрахунок зрізного штифта муфти. 2.4. Модернізація

машини для виготовлення морозива FC-200. 3. Математичне моделювання процесу

фрезерування. 4. Теоретичне дослідження залежності продуктивності та потужності

фрізера машини марки FC-200 від технологічних параметрів процесу виготовлення морозива Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки

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

1. Фрізер для виготовлення морозива FC-200. Вигляд загальний. А1.

2. Вузол натягу ланцюга. Складальне креслення. А1.

3. Вал подаючого механізму. Складальне креслення. А1.

4. Схема складання-розбирання вузла натягу ланцюга. А1.

5. Кінематична схема фрізера FC-200. А1.

6. Теоретичні основи процесу фрезерування морозива у фрізері FC-200. лист 1 -А1.

7. Теоретичні основи процесу фрезерування морозива у фрізері FC-200. лист 2- А1.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І. – к.т.н., доцент Стручок В.С. – ст.. викладач		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я. – к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____ 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітки
1.	1. Аналіз існуючих конструкцій і вузлів сучасних машин для виготовлення морозива	до 01.10.2023р.	
2.	2. Конструкторська частина.	до 15.10.2023р.	
3.	3. Математичне моделювання процесу фрезерування.	до 25.10.2023р.	
4.	4. Теоретичне дослідження залежності продуктивності та потужності фрізера машини марки FC-200 від технологічних параметрів процесу виготовлення морозива	до 01.11.2023р.	
5.	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	до 05.11.2023р.	
6.	Загальні висновки. Перелік посилань	до 10.11.2023р.	
7.	1. Фрізер для виготовлення морозива FC-200. Вигляд загальний. А1.	до 15.11.2023р.	
8.	2. Вузол натягу ланцюга. Складальне креслення. А1.	до 20.11.2023р.	
9.	3. Вал подаючого механізму. Складальне креслення. А1.	до 20.11.2023р.	
10.	4. Схема складання-розбирання вузла натягу ланцюга. А1.	до 25.11.2023р.	

11.	5. Кінематична схема фрізера FC-200. А1.	до 25.11.2023р.	
12.	6. Теоретичні основи процесу фрезерування морозива у фрізері FC-200. лист 1 -А1.	до 01.12.2023р.	
13.	7. Теоретичні основи процесу фрезерування морозива у фрізері FC-200. лист2- А1.	до 10.12.2023р.	

М.І.

та ініціали)

Здобувач

_____ Шнікула

(підпис)

(прізвище

Керівник роботи

Деркач А.В.

та ініціали)

(підпис)

(прізвище

Анотація

Автор: Шпікула Микола Ігорович

Тема: Модернізація вузла приводу фрізера машини для виготовлення морозива FC-200

Робота виконана за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2023.

У роботі пропонується оптимізувати параметри виробництва морозива. Були використані фізико-математичні закони для розробки математичної моделі процесу заморожування, оскільки це є ключовим етапом.

Запропоновано заходи із модернізації, що полягає у встановленні спеціальної муфти на приводі фрізера, розрахованої на зріз при заклинюванні.

Очікуване підвищення надійності машини, допоможе зменшити кількість днів простою обладнання для ремонту на лінії виготовлення морозива. Це позитивно вплине на витрати при виробництві продукції.

Abstract

Mykola Spikula. Modernization of the freezer drive in the ice-cream making machine, model FC-200. The qualification work is conducted with the specialty 133 “Industrial machinery engineering”. Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2023.

The work is aimed at optimizing the parameters of ice cream production. Physico-mathematical laws were used to develop a mathematical model of the freezing process, as this is a key stage.

Modernization measures are proposed, which consists in installing a special coupling on the drive of the freezer, designed for cutting during jamming.

The expected increase in the reliability of the machine will help reduce the number of days of equipment downtime for repairs on the ice cream production line. This will have a positive effect on production costs.

ВСТУП.....	10
1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ І СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА	11
1.1. Огляд літературних джерел.....	11
1.2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів досліджень виробництва морозива	18
1.3. Мета та задачі роботи	19
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	21
2.1. Аналіз структурної схеми.....	21
2.2. Аналіз кінематичної схеми машини марки FC-200	22
2.3. Кінематичний та динамічний розрахунки основних вузлів машини	23
2.3.1 Розрахунок ланцюгової передачі.....	25
2.3.2. Розрахунок зубчатої передачі приводу механізму загортання машини для виготовлення морозива	27
Загальний коефіцієнт:	28
2.3.3. Розрахунок шпоночного з'єднання вала та зубчастого колеса для механізму загортання морозива.....	29
2.3.4. Підбір підшипників.....	30
2.3.5. Розрахунок зрізного штифта муфти.....	30
2.4. Модернізація машини для виготовлення морозива FC-200	31
3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФРІЗЕРУВАННЯ.....	33
4. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ФРИЗЕРА МАШИНИ МАРКИ FC-200 ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ МОРОЗИВА.....	43
4.1 Вихідні дані.....	43

4.2. Дослідження залежності потужності машини від технологічних параметрів	45
4.3. Дослідження залежності продуктивності машини від технологічних параметрів	50
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
5.1. Розроблення заходів з охорони праці.....	53
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	59
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68
СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

Актуальність теми

Виробництво молочних продуктів в сучасній харчовій промисловості перейшло на автоматизовані методи виробництва, використовуючи передове технологічне обладнання. Тут контроль та регулювання режимів та параметрів технологічних процесів здійснюються за допомогою автоматичних пристроїв і систем обчислювальної електроніки.

Мета і завдання досліджень.

Мета роботи: підвищення ефективності та надійності роботи машини для виробництва морозива.

Задачі:

- розробки математичної моделі процесу заморожування;
- розроблення заходів із модернізації вузла фрізера;
- розрахунок машини для виробництва морозива.

Об'єкт дослідження – процес фрезерування морозива

Предмет дослідження – характеристики роботи вузла фрезерування

Наукова новизна отриманих результатів:

Розроблено математичну модель процесу заморожування

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновано заходи із модернізації, що полягає у встановленні спеціальної муфти на приводі фрізера, розрахованої на зріз при заклинюванні.

Апробація результатів досліджень. Результати досліджень роботи апробувалися на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», що проходила в ТНТУ 6-7 грудня 2023 року.

1. Аналіз існуючих конструкцій і сучасного обладнання для виробництва морозива

1.1. Огляд літературних джерел

Виробництво морозива включає дві основні операції: приготування суміші та створення морозива з цієї суміші. Перша операція проводиться у загальних машинах, описаних в інших розділах книги. Основна дія другого етапу - це процес фрізерування, який здійснюється за допомогою спеціальних машин, відомих як фрізери. Їх можна виготовити у вигляді горизонтальних або вертикальних конструкцій, залежно від способу монтажу циліндрів на станині, а також як одноциліндрові або багатociліндрові. У наступному описі розглядаються лише одноциліндрові горизонтальні фрізери. За характером роботи їх розподіляють на дві основні категорії: фрізери з періодичними діями (ФПД) та безперервної дії (ФНД).

Машина для виготовлення морозива IGLO-LINE 500 - це конструкція з чорного металу та нержавіючої сталі, розташована на окремій рамі разом з вузлами приводів та механізмів. Внутрішня частина бункера та камери фрізерування, що контактують з продуктом, виготовлені з нержавіючої сталі. У складі машини - два дозатори компонентів для морозива, компресор та віброкоток. Ця машина призначена для виробництва м'якого морозива, а також двобарвного морозива (з двома смаками). Також вона має спеціальний поршневий насос, що підтримує стале співвідношення повітря та суміші.

Машина обладнана двома ємностями для сумішей, що дозволяє виробляти два типи морозива, а також двокольорове морозиво. Подача компонентів до дозатора здійснюється через трубопроводи, які належать загальному транспортному комплексу заводу. Після цього компоненти подаються в ємності для обробки та далі - в фрізер.

Процес охолодження суміші може відбуватися як за допомогою повітря, так і через воду. Оснащення машини: світлові індикатори рівня суміші;

розподільча головка для виштовхування суміші; система енергозбереження; три магазинами для рожків.

Технічні характеристики

Продуктивність кг/ в год	20 (40 л)
Продуктивність шт. рожків/год (вага рожка 75 гр.)	300
Об'єм ванни, л	1 x 5 л
Потужність	0,2 кВт
Взбитість, %	60-80%
Пристрій подачі суміші	Поршневий насос
Тип хладагента	R 404
Напруга	380 В
Габаритні розміри, мм	420x500x1250
Маса, кг	115

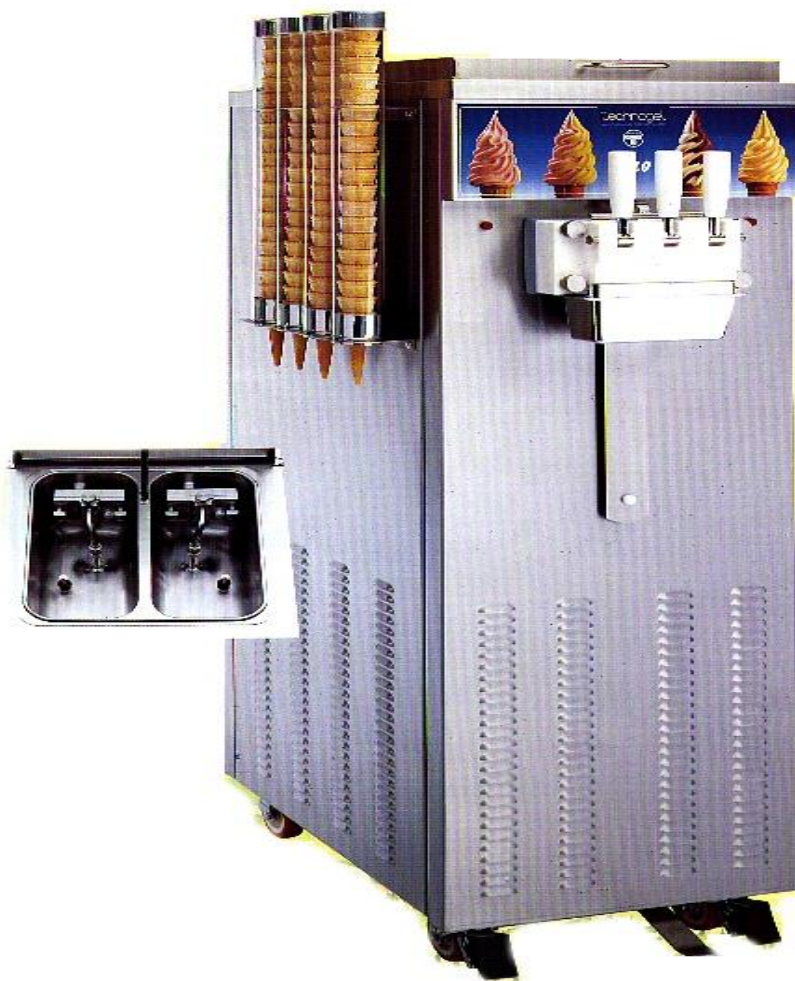


Рисунок 1.1. Машина IGLO-LINE 500

Серія CF150, CF300, CF400, CF600, CF800

Апарати серії CF відрізняються міцною конструкцією, виготовленою з нержавіючої сталі, та відповідають високим стандартам гігієни і безпеки роботи, які прийняті в Європі. Фрізери цієї серії здатні виробляти заморожений крем різних консистенцій та ступеня густини - від 30% до 120%. Морозильні пристрої серії CF можна зручно інтегрувати у лінію разом з упаковочними або екструзійними апаратами, а також легко підключити до пристрою для миття С.І.Р.

Основні характеристикти:

- надійна робота;
- зручне та легке обслуговування;
- простий догляд;
- виробництва крему, що придатний також для екструдованих виробів.

Машини серії CFі морозильні апарати мають горизонтальне положення циліндра, що робить процес розбирання мікзера та виймання заднього ущільнення простим. Для контролю ступеня жорсткості крему внутрішній датчик струму автоматично керує роботою компресора, що дозволяє уникнути замерзання циліндра.

Таблиця 1.1. Тех.характеристики серії CF

Параметр	Од.	CF 150	CF 300	CF 400	CF 600	CF 800
Продуктивність (при умові 100% взбиття)	л/год	150	300	400	600	800
Компресор	кВт	3,3	5,5	7,5	5,5+5,5	7,5+7,5
Двигун мікзера	кВт	2,2	3	3	3+3	4+4
Приведена потужність	кВт	6,2	9,5	11,5	9,5+9,5	12,5+12,5
Потреба води (15°C)	л/год	450	650	900	650+650	650+650
Потреба води (29,5°C)	л/год	800	1200	1600	1200+1200	1200+1200
Ширина	мм	730	730	730	970	970
Довжина	мм	1250	1550	1550	1550	1550
Висота	мм	1600	1600	1600	1600	1600
Вага	кг	380	500	500	780	800

Кожен циліндр морозильного апарату покритий шаром твердого хромованого металу. Фрізери оснащені міксером з двома ножами, насосним пристроєм повітря/міксу з управлінням за допомогою механічного варіатора та електронною системою регулювання та відтавання гарячим пором.



Рисунок 1.2. Машина марки CF 150

Крім того, вони обладнані клапаном для регулювання ступеня взбиття, фреоною сухою розширювальною системою з напівгерметичним компресором BITZER і вертикальним герметичним конденсатором, що підходить для кільцевого охолодження. Панель керування має елементи контролю, регулювання і захисту, а також цифрові індикатори продукції та ступеня жорсткості крему.

Температура сумішіна вході 4°C

Температура продукту у кінці - 5,5°C

Вміст цукру 15-20%

Жирність 8-12%

Частка сухого залишку 34-42%

Фризери для твердого морозива

Цей фризер призначений для приготування різних видів морозива, використовуючи метод охолодження, насичення повітрям, збивання і заморожування різноманітних сумішей, таких як молочні, вершкові, пломбір, а також плодово-ягідні суміші з або без наповнювача. Цей фризер є приладом безперервної дії, оснащеним вбудованою холодильною системою, що працює на хладоні22. Зазвичай цей тип фрізера застосовується у цехах і фабриках морозива, а також може бути використаний у кафе чи закладах харчової промисловості.

Умови експлуатації: герметичне приміщення за температури н.с. у межах +10 - +35 °С і відносній вологості до 80% за t=20 °С.



Рисунок 1.3. Машина марки Торнадо FC30

Таблиця 1.2. Тех. характеристики машин серії Торнадо

Параметри	Торнадо FC30	Торнадо FC60	Торнадо FC100	Торнадо FC160	Торнадо FC200	Торнадо FC300
1. Продуктивність (по виходу суміші)*, л/год	30	60	100	160	200	300
2. Продуктивність (по входу суміші)*, л/год	15	30	50	80	100	150
3. Кількість циліндрів	1	1	1	1	1	1
4. Максимальная температура суміші на вході, град. С	+4..+5	+4..+5	+4..+5	+4..+5	+4..+5	+4..+5
5. Температура морозива на виході, град. С	-4..-5	-4..-5	-4..-5	-4..-5	-4..-5	-4..-5
6. Взібитість морозива, %	30..120	30..120	30..120	30..120	30..120	30..120
7. Температура кипіння хладона 22, град.С	-35	-35	-35	-35	-35	-35
8. Потужність холодильного агрегата, кВт	1,5	3	4,5	5,5	6	8,5
9. Суммарна	3	4	5,5	7,8	8,5	10,5

Фрізер марки Teknofreeze-400

Проект фрізерів "Техно-айс" є унікальним і новаторським, розроблений на основі понад 40-річного досвіду в галузі морозива. Ці фрізери спеціально спроектовані для максимальної простоти у роботі та обслуговуванні.

Основою автономної фреонової системи є охолоджувальний контур, який включає в себе рефрижерацію, випар та конденсацію. Всі деталі фрізера, які контактують з морозивом, виготовлені з нержавіючої сталі, включаючи каркасну раму та облицьовувальні панелі.

Технічні характеристики марки Teknofreeze-400

- Продуктивність за продуктом 150-400 л/год;
- Початкова температура морозива +4 °С;
- Взбитість 120%;
- Кінцева температура морозива -8-5,5 °С;
- Потужність рефрижерації за температури -35+35С становить 8650 ккал/год;
- Холодоносій R22;
- температура води +15+18С;
- розід при циркуляції 800 л/год;
- Найменшій тиск процесу 1,5 бар;
- Потужність двигуна збиваючого механізму 3кВт;
- Температура оборотної води +25 +28С;
- Роxxід при циркуляції 2600 л/год;
- Найменший тиск 1,5 бар;
- Потужність двигуна повітря-суміш 0,75кВт;
- Потужність холодильного компресора 5,5кВт;
- загальна потужність 1,25кВт;
- Напруга 380В;
- число фаз 3;
- Частота струму 50Гц;
- Габарити:

- Ширина 820мм
- Висота 1800мм
- Довжина 1335мм
- Вага машини 540кг
- Температура користування від +4 до +40С;
- Вологість користування від 20% до 90%.



Рисунок 1.4. Фрізер для морозива Teknofreeze-400

1.2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів досліджень виробництва морозива

Техніки моделювання широко використовуються сьогодні в технології, технічних системах та різних галузях науки. Модель, як уявна або

матеріальна система або фізичний об'єкт, відтворює досліджуваний об'єкт і може замінити його для вивчення та отримання нової інформації.

Моделювання - це створення формального відображення фізичного об'єкта з метою створення адекватного йому аналогу - моделі. Цей процес дозволяє зрозуміти і вивчити різні аспекти об'єкта, що важливі для подальшого дослідження.

Математична модель належить до видів символічних моделей. Ця модель фізичного об'єкту, системи або процесу складається з ряду математичних відносин, таких як рівняння, формули, графіки та нерівності. Вони пов'язують початкові характеристики стану фізичного об'єкту з вихідною інформацією та геометричними обмеженнями, що впливають на його функціонування. Математична модель відповідає фізичному об'єкту і може замінити його для отримання нових даних про його поведінку через вивчення та аналіз моделі.

Адекватність математичної моделі включає дві ключові характеристики: 1) точний якісний опис об'єкту за вибраними характеристиками стану; 2) точний кількісний опис об'єкту чи процесу, використовуючи вибрані характеристики з певним розумним рівнем точності.

Математичне моделювання на сьогодні є одним з найбільш ефективних методів наукового дослідження. Воно забезпечує можливість вивчення об'єкту без потреби проведення додаткових експериментів, якщо в наявності повний обсяг розрахункового матеріалу.

Основна мета дослідження полягає в аналізі переваг і недоліків різних режимів роботи машини для виготовлення морозива FC-200.

1.3. Мета та задачі роботи

Завдання дослідження полягає у виборі найбільш оптимальних режимів роботи машини з метою отримання найбільш оптимального насичення

продукту повітрям. Економічний ефект від цього полягатиме у покращенні якості продукції та зменшенні кількості браку.

Задачі:

- розробки математичної моделі процесу заморожування;
- розроблення заходів із модернізації вузла фрізера;
- розрахунок машини для виробництва морозива.

Об'єкт дослідження: процес фрезерування морозива

Предмет дослідження: характеристики роби вузла фрезерування

2. Конструкторська частина

2.1. Аналіз структурної схеми

Технічний процес створення машини розпочинається з концептуалізації її структури та ретельного аналізу умов роботи. Структура будь-якої машини відображається через структурну схему, що послужить основою для визначення основних розмірів машини. На основі цієї схеми розробляються компоувальні рішення і складається кінематична схема.

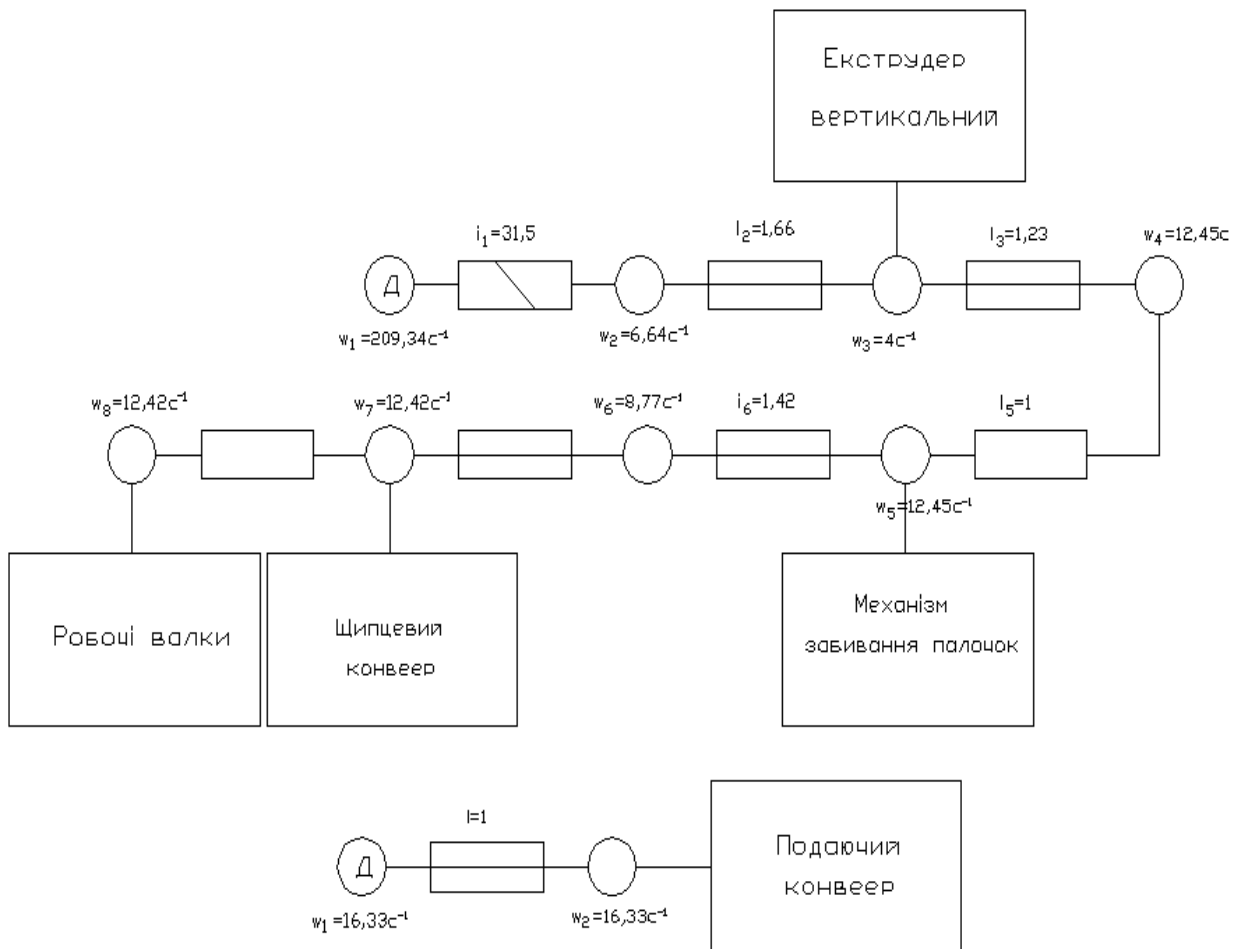


Рисунок 2.1. Структурна схема машини марки FC-200

Усі механізми приводяться в дію від одного електричного двигуна через серію кінематичних передач.

2.2. Аналіз кінематичної схеми машини марки FC-200

Кінематична схема машини марки FC-200 складається з двигуна 1 ($N=0,55\text{кВт}$; $n=2000\text{об/хв}$) від якого обертовий рух передається за допомогою вала 1 до редуктора черв'ячного типу 3 (передаточне число $i=31,5$). Далі рух передається через вал II. На валу II розміщена зірочка 4 ($z_4=30$) з ланцюговою передачею до зірочки 5 ($z_5=30$), що розміщена на валі III.

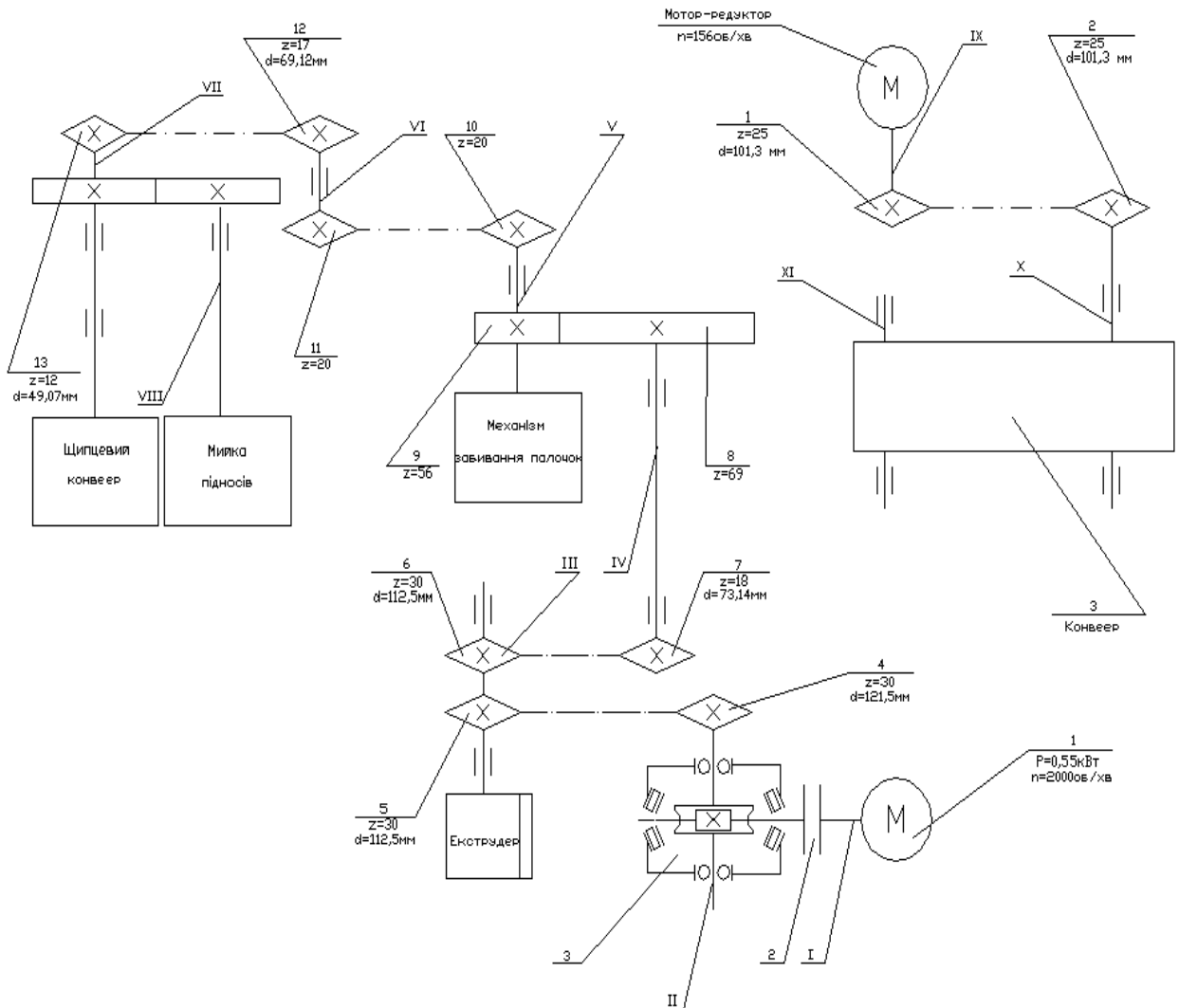


Рисунок 2.2. Кінематична схема машини для виготовлення морозива FC-200.

Крім цього на валу III є зірочка 6 ($z_6=30$), яка передає момент за допомогою ланцюгової передачі зірочці номер 7 ($z_7=30$). На валі IV кріпиться шестерня 8 ($z=69$), що входить у зачеплення 8-9 ($z_8=69$; $z_9=56$).

На вал V жорстко прикріплена зірочка 10($z_{10}=20$), що передає рух через ланцюгову передачу. Далі рух передається через ланцюгову передачу 12-13, а на валі VII розташовані робочі органи машини. По ходу даного кінематичного ланцюга розміщені робочі органи вузлів машини.

2.3. Кінематичний та динамічний розрахунки основних вузлів машини

Електродвигун, що у машині для морозива використовується для приведення в рух усіх механізмів має потужність 0,55кВт та виконує 2000об/хв.

Визначимо крутний момент на валу двигуна:

$$T_g = \frac{P}{\omega_g} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n_g}$$

де P - потужність, кВт

n_g - число обертів, об/хв.

Підставимо:

$$T_g = \frac{30 \cdot 550}{3,14 \cdot 2000} = 2,63 \text{ Нм.}$$

Визначимо швидкість обертання і крутний момент вихідного вала:

$$i_p = \frac{n_2}{n_3} = \frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{T_3}{T_2};$$

де n_3, ω_3, T_3 – відповідно число обертів, кутова швидкість та крутний момент на вихідному валу червячного редуктора.

$$n_3 = \frac{n_2}{i_p} = \frac{2000}{31,5} = 63,5 \text{ об/хв}$$

$$T_3 = T_2 \cdot i_p = 2,63 \cdot 31,5 = 82,85 \text{ Нм.}$$

Передаточне число ланцюгової передачі становить 1, таким чином на зірочках 4($Z_7 = 30$) та 5($Z_6 = 30$) крутний момент становитиме $T_3 = T_5 = T_6 = 82,85 \text{ Нм,}$

$$n_3 = n_5 = n_6 = 63,5 \text{ об/хв.}$$

Передаточне чило ланцюгової передачі 6 - 7:

$$i_{л6-7} = \frac{Z_7}{Z_6} = \frac{n_6}{n_7} = \frac{\omega_6}{\omega_7} = \frac{T_7}{T_6};$$

де Z_6, Z_7 – число зубів меншої та більшої зірочок, $Z_6 = 30; Z_7 = 18$.

n_7, ω_7, T_7 – відповідно число обертів, кутова швидкість та крутний момент на більшій зірочці передачі.

$$n_7 = \frac{n_6 \cdot Z_6}{Z_7} = \frac{63,5 \cdot 18}{30} = 38,1 \text{ об/хв.}$$

$$T_7 = T_6 \cdot \frac{Z_7}{Z_6} = 82,85 \cdot \frac{30}{18} = 138,1 \text{ Нм.}$$

Таким чином крутний момент на шестерні 8 становитиме $T_7 = T_8 = 138,1$ Нм; $n_7 = n_8 = 38,1$ об/хв.

Крутний момент та число обертів шестерні номер 9:

$$n_9 = \frac{n_8 \cdot Z_9}{Z_8} = \frac{38,1 \cdot 56}{69} = 30,92 \text{ об/хв}$$

$$T_9 = T_8 \cdot \frac{Z_8}{Z_9} = 138,1 \cdot \frac{69}{56} = 170,16 \text{ Нм.}$$

Крутний момент та кількість обертів зірочок 10 та 11 буде $T_9 = T_{10} = T_{11} = 170,16$ Нм; $n_9 = n_{10} = n_{11} = 30,92$ об/хв.

Крутний момент робочих валів:

$$n_{12} = n_{13} = \frac{n_{12} \cdot Z_{12}}{Z_{13}} = \frac{30,29 \cdot 17}{12} = 42,91 \text{ об/хв}$$

$$T_{12} = T_{13} = T_{12} \cdot \frac{Z_{12}}{Z_{13}} = 170,16 \cdot \frac{17}{12} = 241,06 \text{ Нм}$$

Крутний момент на валу двигуна та редуктора, що приводить в рух конвеєр:

$$T_g = \frac{P}{\omega_g} = \frac{30 \cdot P}{\pi \cdot n_g};$$

$$T_g = \frac{30 \cdot 1500}{3,14 \cdot 156} = 91,87 \text{ Нм.}$$

Кількість обертів вихідного вала та його крутний момент :

$$n_2 = \frac{n_1}{i_p} = \frac{156}{1,5} = 104 \text{ об/хв};$$

$$T_2 = T_g \cdot i_p = 91,87 \cdot 1,5 = 137,81 \text{ Нм.}$$

2.3.1 Розрахунок ланцюгової передачі

Вихідні дані:

Потужність на валі веденої зірочки $P_1 = 0.55$ (кВт);

Передаточне число $u = 0.62$

Кількість обертів ведучої зірочки $\omega_1 = 6.64$ (c^{-1})

Обертовий момент на валі ведучої зірочки:

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 138 \text{ (Нм)}$$

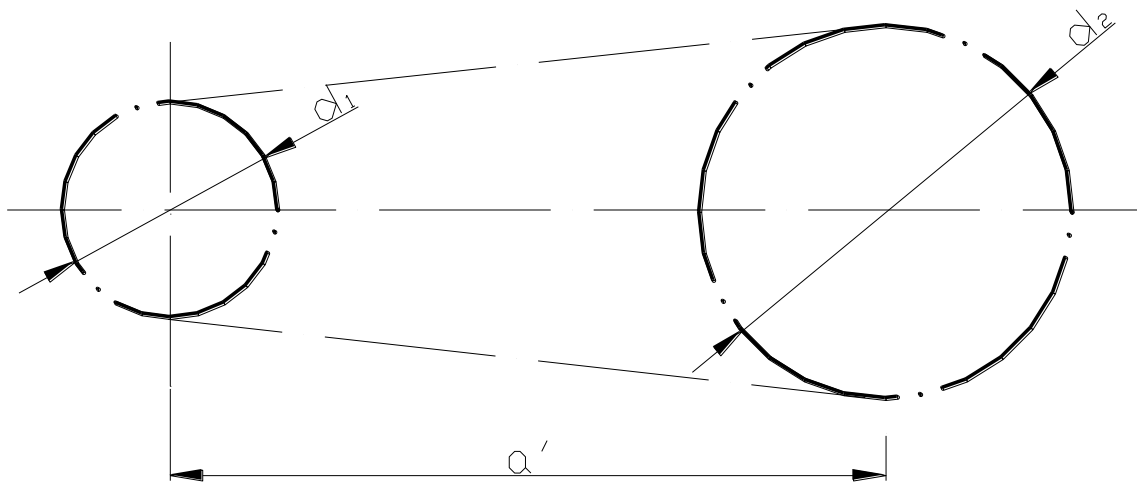


Рисунок 2.3. Схема ланцюгової передачі

Якщо прийняти крок ланцюга 19.05 мм, тоді для $\omega_1 = 4$ ($рад/с$) можна вибрати кількість зубів ведучої зірочки $z_1 = 30$. За таких умов кількість зубів веденої зірочки буде $z_2' = u \cdot z_1 \quad z_2' = 18,06$

Обираємо $z_2 = 18$

Приблизна величина кроку ланцюга:

$$P' = 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}}$$

$$P' = 20,046 \text{ (мм)}$$

Обиремо роликовий ланцюг ПР-19.05-318. Для даного ланцюга:

- крок $P = 19,05$ мм;
- максимальне навантаження $F_{PH} = 31,8$ кН;
- площа опорної поверхні для шарнірна $A_{OH} = 106$ мм²;
- маса 1 метра ланцюга складає $q = 1,9$ кг/м.

Швидкість руху ланцюга

$$v = \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi}$$

$$v = 0,364 \text{ (м/с)}$$

Міжосьова віддаль передачі:

$$a' = 40 \cdot P \quad a' = 762 \text{ (мм)}$$

Кількість ланок:

$$W' = 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0,5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 104,091$$

оберемо $W = 104$

Міжосьова відстань:

$$a_0 = \frac{P}{4} \left[W - 0,5 \cdot (z_1 - z_2) + \sqrt{[W - 0,5 \cdot (z_1 + z_2)]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 761,3 \text{ (мм)}$$

Міжосьова відстань з умовою забезпечення не провисання веденої вітки

$$a = a_0 - 0,003 \cdot a_0 \quad a = 758,847 \text{ (мм)}$$

Значення ділительних діаметрів зірочок

$$d_1 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 182,247$$

$$d_2 = \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_1 = 109,705$$

Номінальне значення корисного навантаження ланцюга:

$$F_t = 2 \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 1.207 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

Максимальне значення навантаження ланцюга в момент пуску передачі:

$$F_{t \max} = K_n \cdot f_t \quad F_{t \max} = 2.656 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

Максимальне значення сили, що діє на вали:

$$R_{\max} = 1.15 \cdot F_{t \max} \quad R_{\max} = 3.054 \times 10^3 \text{ (Н)}$$

2.3.2. Розрахунок зубчатої передачі приводу механізму загортання машини для виготовлення морозива

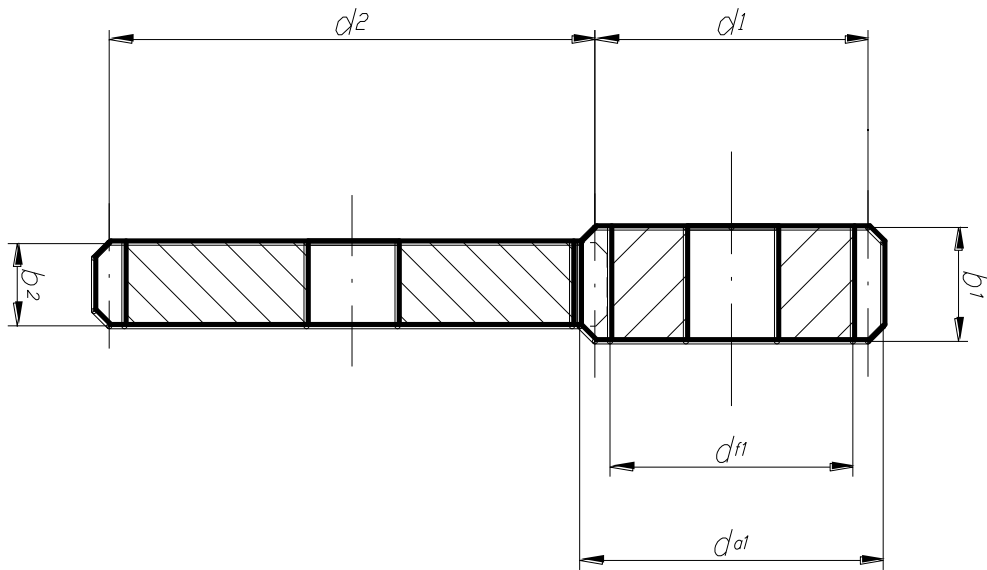


Рисунок 2.4. Схема зубчастого зчеплення

Міжосьова віддаль:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta} = \frac{4(56 + 69)}{2 \cdot 1} = 250 \text{ мм.}$$

Крутний момент та кількість обертів зірочок 10 та 11:

$$T_9 = T_{10} = T_{11} = 170,16 \text{ Нм}; \quad n_9 = n_{10} = n_{11} = 30,92 \text{ об/хв.}$$

Ділильний діаметр зубчастого колеса:

$$d_2 = mz_2 = mz_1u = 4 \cdot 56 \cdot 1,23 = 276 \text{ мм}$$

Кількість обертів зуба:

$$v = \frac{\omega_2 R_2}{u} = \omega \frac{d_2}{2u} = \frac{\pi \cdot n \cdot d_2}{2 \cdot 30 \cdot u} = \frac{3,14 \cdot 30,9 \cdot 0,276}{60 \cdot 1,23} = 0,36 \text{ м/с.}$$

За довадником:

$$K_{H\alpha} = 1,07, K_{HV} = 1,03, \psi_{ba} = 0,3; \psi_{bd_{\max}} = 1,3; K_H \beta = 1,17.$$

Загальний коефіцієнт:

$$K_{H\Sigma} = K_A K_{H\beta} K_{HV} K_{H\alpha} = 1,5 \cdot 1,17 \cdot 1,03 \cdot 1,07 = 1,93$$

Коеф. торцевого перекриття:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} \pm \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{56} \pm \frac{1}{69} \right) \right] \cdot \cos \beta = 1,78$$

Сумарний коеф. навантаження:

$$Z_H = \sqrt{\frac{K_{H\alpha} \cdot \cos^2 \beta}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1,07 \cdot 1}{1,78}} = 0,79$$

Ширина вінця зубчастого колеса:

$$b_W = a_W \cdot \psi_{ba} = 0,25 \cdot 0,3 = 0,075 \text{ м.}$$

Контактні напруження

$$\begin{aligned} \sigma_H &= 6,13 \cdot 10^3 Z_H \frac{1}{a_W} \sqrt{\frac{T_{1H}^* (u \pm 1)^3}{b_W u}} K_{H\Sigma} = \\ &= 6,13 \cdot 10^3 \cdot 0,79 \frac{1}{0,25} \sqrt{\frac{170(1,23 \pm 1)^3}{0,075 \cdot 1,23}} \cdot 1,93 = 5,34 \text{ МПа} \end{aligned}$$

$$\sigma_{HO} = 2 \cdot HB + 70 = 2 \cdot 100 + 70 = 270 \text{ МПа}$$

$$\text{Базова кількість циклів } N_{HO} = 25 \cdot 10^6$$

$$\text{Коефіцієнт запасу } S_H = 1,2$$

$$N_\Sigma = 60 \cdot n \cdot L_h = 60 \cdot 300 \cdot 8 \cdot 251 \cdot 2 \cdot 8 = 578304000 \text{ циклів}$$

$$K_{HE} = 0,18$$

$$N_{HE} = N_{\Sigma} K_{HE} = 578304000 \cdot 0,18 = 104094720 \text{ циклів}$$

Кое. довговічності.

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}} = \sqrt[6]{\frac{25 \cdot 10^6}{104094720}} = 0,79$$

прийmemo $K_{HL} = 1$

Допустиме значення напруження

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{HO}}{S_H} \cdot K_{HL} = \frac{270}{1,2} = 225 \text{ МПа.}$$

що перевищує визначене напруження.

2.3.3. Розрахунок шпоночного з'єднання вала та зубчастого колеса для механізму загортання морозива

Приймаємо наступні розміри шпонки для сполучення вала зі шківом 14x9x160 мм.

Напруження зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{4,4 \cdot T}{d \cdot (h - t) \cdot l_p} = \frac{4,4 \cdot 70 \cdot 10^3}{50 \cdot (14 - 9) \cdot 160} = 7,6 \frac{H}{\text{мм}^2} < [\sigma_{зм}] = 100 \frac{H}{\text{мм}^2};$$

$[\sigma_{зм}]$ – допустима напруження при зминанні, $[\sigma_{зм}] = 100 \frac{H}{\text{мм}^2}$.

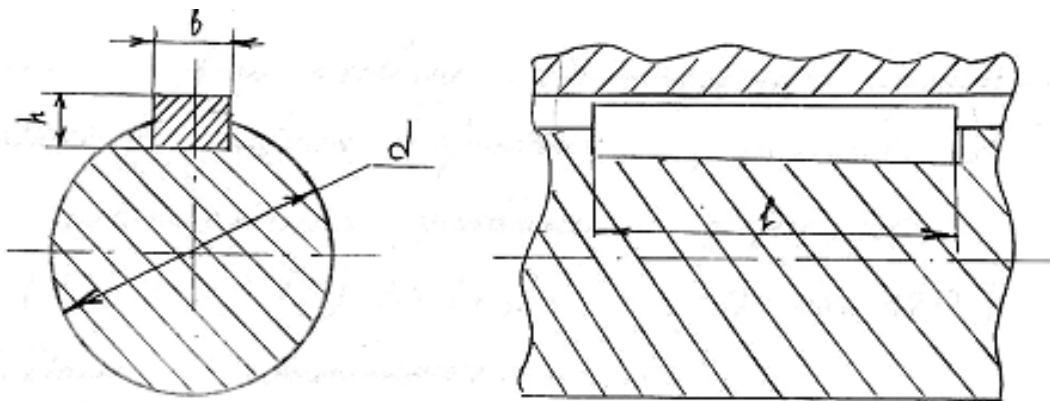


Рисунок 2.5. Розрахункова схема з'єднання

2.3.4. Підбір підшипників

Для лівої опори, оберемо підшипник радіальний роликовий серії 32210 ГОСТ8328–75. Для нього динамічна вантажопідйомність становить $C = 38700H$, статична вантажопідйомність становить $C_o=29200H$, $n=6300$ об/хв.

Значення радіального статичного навантаження на підшипник валу становить $R_g = 4156 H$

Сила, яка діє на підшипник (при $K_k=1$, $K_t=1$, $K_o=1$).

$$P = K_k \cdot R_a \cdot K_t \cdot K_o = 1 \cdot 360 \cdot 1 \cdot 1 = 396H.$$

Довговічність підшипника:

$$L_h = 3 \cdot 226 \cdot 8 = 5424 \text{ год.}$$

Ресурс обраного підшипника:

$$L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6} = \frac{60 \cdot 2600 \cdot 5424}{10^6} = 846 \text{ млн. об.}$$

Динамічна вантажопідйомність:

$$C_{don} = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L}{a_1 \cdot a_2}} = 396 \cdot \sqrt[3]{\frac{846}{1 \cdot 0,98}} = 3771H.$$

Таким чином обраний підшипник витримає умови роботи на протязі строку терміну застосування.

2.3.5. Розрахунок зрізного штифта муфти

Обиремо значення діаметра $d_{ш}$ зрізного штифта запобіжної муфти, за умови, що обертовий момент, який передається становить $T = T_3 = 82,85$ Нм, кількість штифтів – 1, матеріал – ст.45 з границею міцності $\tau_B = 390$ МПа.

Віддаль від осі вала до осі даного штифта складає $r = 30$ мм. Муфта працює за умови змінного навантаження.

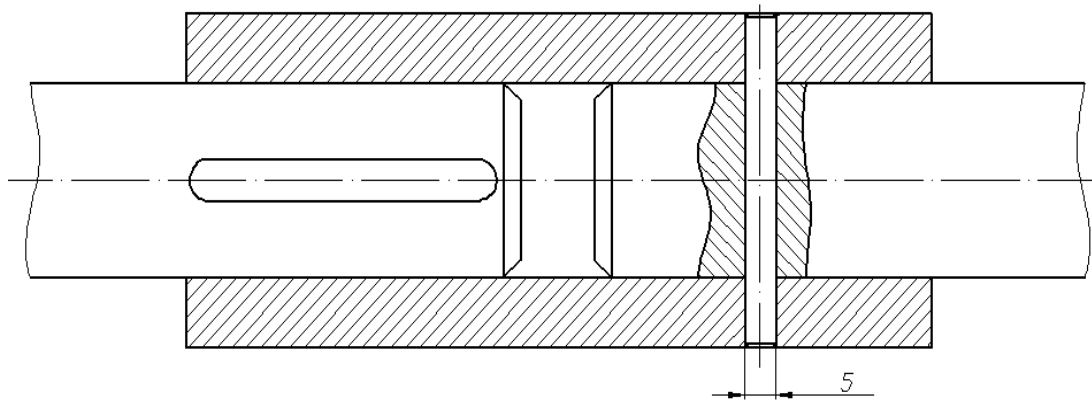


Рисунок 2.6. Схема муфти з зрізним штифтом

Граничний обертовий момент, якщо коефіцієнт перенавантаження $K=2$:

$$T_{np} = 1/25KT = 1.25 \cdot 2 \cdot 82,85 = 207 \text{ Нм}$$

Сизначимо силу F , що зрізає штифт,

$$F = T_{np} / r = 207 / 30 \times 10^{-3} = 6900 \text{ Н}$$

Далі розрахунку на зріз штифта розрахуємо його діаметр:

$$d_{ш} = \sqrt{4F / (\pi\tau_B)} = \sqrt{4 \cdot 6900 / (3.142 \cdot 390 \cdot 10^6)} = 0.00474 \approx 4,75 \approx 5 \text{ мм}$$

Таким чином, приймаємо значення діаметра зрізного штифта 5 мм.

2.4. Модернізація машини для виготовлення морозива FC-200

Аналіз початкових даних вказує на те, що машина для виробництва морозива FC-200 є сучасним та надійним обладнанням, але у деяких випадках автоматична робота може припинитися через замерзання фрізера внаслідок неправильного температурного режиму. Низька надійність цієї машини проявляється у замерзанні фрізера та його заклинюванні, що призводить до збільшення часу простою обладнання для ремонту. Ці проблеми впливають на вартість виробництва продукції, підвищуючи її ціну та погіршуючи конкурентоспроможність та рентабельність виробництва.

Щоб вирішити чи зменшити недоліки у виробництві, можна використовувати нове обладнання з автоматичними системами зупинки, яке покращить якість продукції. Також можна розробити нові деталі для

поточного обладнання. Очікуване покращення роботи машин дозволить скоротити час простою для ремонту у виробничій лінії морозива, що позитивно вплине на вартість продукції.

Основна ідея створення нової конструкції полягає в установці на приводі фризера машини муфти зі зрізним штифтом, який призначений для зупинки фризера у разі заклинювання. Додаткові міцнісні та перевірочні розрахунки приводу показують, що машині достатньо запасу міцності та надійності для тривалої роботи.

3. Математичне моделювання процесу фрізерування

Загальну тривалість процесу фрезерування у машині періодичної дії можна відобразити за допомогою наступного рівняння:

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_3 + \tau_{\text{фр}} + \tau_{\text{вз}} \quad \text{с}, \quad (1)$$

де $\tau_{\text{ц}}$ - загальна тривалість процесу (одного циклу), с;

τ_3 - тривалість процесу завантаження у машину суміші для морозива, с;

$\tau_{\text{фр}}$ - тривалість процесу фрізерування, с;

$\tau_{\text{вз}}$ - тривалість процесу вивантаження продукту з фрізера, с.

У машині періодичної дії на долю τ_3 припадє пблизько 10 - 20%, а на частку $\tau_{\text{ц}}, \tau_{\text{фр}}$ - відповідно 65 - 60%;

Продуктивність орієнтовно можна визначити по формулі:

$$m_{\text{год}} = \frac{m_{\text{см}} \cdot 3600}{\tau_{\text{ц}}} \quad \text{кг/год}. \quad (2)$$

де $m_{\text{см}}$ - порція суміші, що залита у морозильний циліндр, кг.

Тривалість завантаження сировиною морозильного циліндра машини залежить від маси сировини ($m_{\text{см}}$) а також деяких факторів таких як швидкість руху через кран наповнення, розмір з'єднувального трубопроводу тощо.

Приблизний час завантаження τ_3 можна розрахувати за емпіричною формулою:

$$\tau_3 = \tau_{\text{нум}} m_{\text{см}} \varphi \quad \text{с}, \quad (3)$$

де φ - коеф. швидкості завантаження ($\varphi = 0,85 \dots 0,9$).

$\tau_{\text{нум}}$ -питоме завантаження, с/кг, ($\tau_{\text{нум}} = 2,7 \dots 3,0$);

Тривалість процесу вивантаження незагатованого продукту з фрізера залежитиме від маси та в'язкості морозива, об'єму тари, та інших

факторів. Приблизну тривалість процесу вивантаження можна прийняти у межах 60 - 180с.

Тривалість фрізерування у машині періодичної дії можна визначити за рівнянням теплового балансу:

$$\tau_{\phi p} = \frac{m_{cm} \left[c_{cm} (t_{cm} - t_{kp}) + c_m (t_{kp} - t_m) + \frac{W_{вод}}{100} \cdot \frac{W_l}{100} 80 \cdot 4190 \right]}{[F_p k_{ym} (t_{cp} - t_0)] \eta_T - N_p} \text{ с,} \quad (4).$$

m_{cm} - маса порція вихідної суміші, кг;

c_{cm} - питома теплоємність, Дж/(кг · град);

t_{cm} - температура, °C ;

t_m - температура готового морозива, °C ;

t_{kp} - криоскопічна температура, °C ;

c_m - питома теплоємність готового морозива, Дж/(кг · град);

$W_{вод}$ - частка води у суміші, %;

F_p - внутрішня площа морозильного циліндра, м²;

W_l - частка замороженої води у морозиві, %;

K_{ym} - умовний коеф.теплопередачі, Вт/(м² · град);

t_0 - температура холодоносія, °C ;

t_{cp} - середня температура морозива, °C ;

η_T - тепловий коеф. ($\eta_T = 0,80 \div 0,95$);

N_p - фактична потужність мішалки, Вт.

В свою чергу продуктивність фрізера можна визначити за рівнянням витрати:

$$m_{\text{час}} = 3600 f w \rho \quad \text{кг/год.} \quad (5)$$

f – площа круглого січення, м²;

w – швидкість руху рідин через кільцеве січення, м/с;

ρ – густина морозива, кг/м³.

Отримаємо

$$m_{\text{час}} = 3600 \frac{m_m}{\tau_{\text{фр}}} \text{ кг/год}, \quad (6)$$

M_m - маса морозива, що знаходиться в кільцевому просторі, кг

$\tau_{\text{фр}}$ – середня тривалість обробки даної маси морозива в кільцевому просторі, с.

Маса морозива, в кільцевому просторі:

$$m_m = 0,785(D^2 - d^2)L\rho_m \text{ кг}, \quad (7)$$

де D – діаметр циліндра, м;

d – діаметр мішалки, м;

L – робоча довжина мішалки, м;

ρ_m – густина продукту, кг/м³.

$$\rho_m = \frac{\rho_{\text{см}}}{1 + \frac{S}{100}} \text{ кг/м}^3 \quad (8)$$

де $\rho_{\text{см}}$ – густина суміші, кг/м³;

S – частка повітря (взбитість), %.

У кільцевому просторі початкова суміш проходить два етапи термомеханічної обробки:

1 етап: охолодження і часткове введення повітря в суміш;

2 етап: заморожування води; охолодження незагартованого морозива до температури вивантаження та закінчення процесу введення повітря.

Продуктивність фрізера можна також визначити і по наступній формулі:

$$m_{\text{год}} = 3600 \frac{[F_p k_{\text{усл}} (t_{\text{сп}} - t_0)] \cdot \eta - N_p}{c_{\text{см}} (t_{\text{см}} - t_{\text{кр}}) + c_{\text{см}} (t_{\text{кр}} - t_m) + \frac{W_{\text{вод}}}{100} \cdot \frac{W_l}{100} 80 \cdot 4190} \text{ кг/год}. \quad (9)$$

Теплоємність суміші можна приймати у діапазоні 3350 - 3210 дж/(кг·град) при зменшенні температури від +2 до —2° С.

Склад суміші і криоскопічна температура приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.— Склад суміші і криоскопічна температура

Номер кривих на рис. V П.4	Морозиво	Склад суміші, %					Криоскопічна Температура °С
		Жир	СОМО	Цукор	Стабіліза- тор	Всього су- хих речовин	
1	Молочне	3,5	10,5	16,0	0,3	30,3	-2,4
2	Вершкове	10,0	10,5	16,0	0,3	36,8	-2,6
3	Молочне	3,75	10,5	22,0	0,3	36,55	-3,2
4	Фруктове	-	-	30,0	0,6	30,6	-3,48

Частку замороженої води можна визначити за формулою, що запропонована Г. М. Дезентом:

$$W_n = \left(1 + \frac{AN + Bz}{W_{вод} t_m} \right) \cdot 100\% \quad (10)$$

де А – коефіцієнт, що відображає вміст лактози і солей у СОМО (A = 5,95);

В – коефіцієнт, який характеризує зменшення температури замерзання розчину цукру, B = 6,1;

z - масова частка цукру, %.

Оскільки $t_m = t_{кр}$ то:

$$t_{кр} = - \frac{AN + Bz}{W_{вод}}, \quad ^\circ\text{C} \quad (11)$$

Цей коефіцієнт теплопередачі ($k_{ум}$) вважають умовним через його властивості показувати специфіку механічного методу, що сприяє збільшенню теплових процесів під час фрізерування.

Для пояснення особливостей цього механічного методу теплообміну при фрізеруванні наведено на мал. VII.5 схематичне зображення процесу замерзання шару морозива поперек морозильного циліндра.

За один оберт мішалки з двома ножами буде зрізано два шари морозива, кожен товщиною. Температуру зрізаного шару $t_{м.ср}$ можна приблизно розглядати як температуру стінки морозильного циліндра.

$$k_{ум} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} - \frac{\delta_{м.ср}}{\lambda_{м.ср}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}); \quad (12)$$

де α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від морозива, до намерзаючого шару $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$;

$\delta_{м.ср}$ – товщина шару морозива, м;

$\lambda_{м.ср}$ – коеф. теплопровідності морозива $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$;

δ_m – товщина морозива, що не зрізується ножами, м;

λ_m – теплопровідність морозива, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$;

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – термічний опір багат шарової стінки, $\text{м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$;

α_2 – коеф. тепловіддачі від стінки до теплоносія, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$.

Збільшення на зовнішній поверхні циліндра шару іржі, відкладень мастильних матеріалів та інших осадів може призвести до значного збільшення величини термічного опору $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ та в свою чергу до різкого зниження коефіцієнту теплопередачі $k_{ум}$.

У таблиці 3.2 подано орієнтовні значення коефіцієнту теплопередачі $k_{ум}$ для фрізерів.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти теплопередачі у фрізері

Тип фрізера і особливості конструкції	Марка фрізера	Коефіцієнт теплопередачі $k_{дл\delta}$ $Вт/(м^2 \cdot град)$
Фрізери періодичної дії (ФПД): з розсольним охолодженням з безпосереднім кипінням аміаку	ОФН	600 — 700
	ОФА	700 — 950
Фрізери неперервної дії (ФНД): з морозильним циліндром із нержавіючої сталі з морозильним циліндром із вуглецевої сталі з хромованим покриттям внутрішньої поверхні	ОФИ, ОФК	1400 — 1600
	ОФИ, ОФК	1950 — 2900

Застосування вуглецевої сталі з хромованим покриттям для виготовлення морозильних циліндрів машини періодичної дії привело до значного підвищення коефіцієнта теплопередачі. Це призвело не лише до зменшення термічного опору стінки морозильного циліндра, але й до значного поліпшення самого процесу зрізання шару морозива. Хромоване покриття стало фактором, який покращив роботу навіть менш гострих ножів, поліруючи їх поверхню.

Середня температура морозива:

$$t_{cp} = \frac{t_{kp} + t_m}{2} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (13)$$

де t_m – температура вивантаження морозива, $^\circ\text{C}$.

Фактична потужність на валі мішалки фризера визначається із наступних основних втрат:

$$N_p = N_1 + N_2 + N_3 \text{ Вт}, \quad (14)$$

де N_1 – потужність, яка витрачається на процес зрізання морозива за допомогою ножів, *Вт*;

N_2 – потужність, яка витрачається на процес тертя морозива, *Вт*;

N_3 – потужність, витрачається на процес тертя ножа до стінки циліндра, *Вт*.

Потужність, що споживається на процес зрізання морозива:

$$N_1 = \delta_{м.ср} l_n \omega_{м.ср} z \cdot tg \alpha p_{м.ср} \text{ Вт}. \quad (15)$$

де z – число ножів;

l_n – довжина одного ножа, *м*;

$\omega_{м.ср}$ – швидкість зрізання, *м/с* ;

α – кут ножа;

$p_{м.ср}$ – напруження на зріз, *Н/м²*.

Напруження на зріз залежить від відношення густин морозива та криги і напруження при зрізанні льоду:

$$p_{м.ср} = p_k \frac{\rho_{м.ср}}{\rho_l} \text{ Н/м}^2 \quad (16)$$

де p_l – напруження на зріз льоду, *Н/м²*;

$\rho_{м.ср}$ – густина морозива, *кг/м³*;

ρ_l – густина льоду, *кг/м³* ($\rho_l = 900 \text{ кг/м}^3$).

Потужність, що затрачається на процес тертя та обертання мішалки із ножами:

$$N_2 = \zeta_{тр} (r_n^4 - r_{вн}^4) \cdot l_n tg \alpha \cdot z \omega^3 \rho \Phi_{дон} \text{ Вт}, \quad (17)$$

де $\zeta_{тр}$ – коефіцієнт тертя;

r_n – внутрішній радіус мішалки, м;

r_n – зовнішній радіус мішалки, м;

ω – кутова швидкість обертання ножів мішалки, рад/с;

l_n – довжина одного ножа, м;

$\Phi_{дон}$ – коеф., додаткових затрат потужності

$$\zeta_{mp} = \zeta_0 \sqrt[4]{\frac{v_m}{v_{cm}}},$$

Де v_m – в'язкість морозива, m^2/c ;

v_{cm} – в'язкість суміші, m^2/c .

Потужність на валу мішалки збільшується пропорційно до підвищення температури морозива.

Для порівнянні різних фризерів вартим уваги є порівняння питомої продуктивності, яка визначається за формулою

$$m_{num} = \frac{m_{год}}{F}, \text{ кг}/(\text{год} \cdot m^2), \quad (18)$$

де F – площа внутрішньої поверхні морозильного циліндра, m^2 .

Найменша кількість обертів мішалки:

$$n_{min} = \frac{67,5}{\sqrt{r_m}} \text{ об/хв}, \quad (19)$$

де r_m – максимальний радіус обертання мішалки, м.

Критичне число обертів мішалки:

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{h}} \text{ об/хв}, \quad (20)$$

де h – глибина потоку, м.

Найменшу кількість обертів мішалки прийнято вибирати з певним запасом. За таких умов:

$$n_{\min} = \frac{40}{\sqrt{h}} \Big/ \frac{45}{\sqrt{h}} \quad \text{об/хв.} \quad (21)$$

При відомій продуктивності фрізера, можна визначити значення середньої товщини зрізаного шару:

$$\delta_{\text{м.ср}} = \frac{m_{\text{год}} \Phi_{\text{нер}} \Phi_{\text{п}} \cdot 10^6}{z n \cdot 60 F_p \rho_{\text{м.ср}}} \text{ мк,} \quad (22)$$

де $\delta_{\text{м.ср}}$ – товщина зрізаного шару, мк;

$\Phi_{\text{нер}}$ – коефіцієнт нерівномірності зрізання шару;

$m_{\text{год}}$ – продуктивність фрізера, кг/год;

$\Phi_{\text{п}}$ – коефіцієнт плавлення зрізаного шару;

F_p – площа внутрішньої поверхні морозильного циліндра, м².

n – число обертів ножа мішалки, об/хв..

Загострення ножів проводиться та, щоб ширина п'ятки ножа становила в межах від 0,5 до 1,0 мм.

У процесі застосування ножа ширина п'ятки ножа буде збільшуватися у наслідок тертя леза ножа до стінки морозильного циліндра. За умови значного спрацюванні леза на поверхні може залишитися незрізаний шар морозива $\delta_{\text{м}}$.

За умови, що ножі залишатимуться ще достатньо гострими, то ножі будуть періодичну врзатися у даний шар морозива та знімати останній із стінок.

Використовуючи амперметр у ланцюгу електричного двигуна, можна зафіксувати цей процес по стрімкомк систематичному збільшенні величини сили струму.

Затрати потужності на процес зрізання двох шарів можна розрахувати за формулою 15 із додаванням значення $\delta_{\text{м}}$.

За таких умов:

$$N_1 = (\delta_{\text{м.ср}} + \delta_{\text{м}}) \omega_{\text{м.ср}} z \cdot \text{tg} \alpha \cdot \rho_{\text{м.ср}} \text{ Вт.} \quad (23)$$

Коли ширина п'яти збільшується до приблизно 2,5 мм, тиск ножа на стінку зменшується настільки, що процес зрізання шару морозива (м.ср) майже повністю припиниться. Шар досягне певної критичної точки, коли термічний опір збільшиться настільки, що фактично припиниться теплопередача від маси морозива. Хоча мішалка залишатиметься активною, фрізер, на практиці, припинить виконувати свою основну функцію - заморожування суміші.

4. Теоретичне дослідження залежності продуктивності та потужності фризера машини марки FC-200 від технологічних параметрів процесу виготовлення морозива

4.1 Вихідні дані

Вихідні дані:

c_{cm} - питома теплоємність суміші, $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$;	$c_{CT} := 3150 \text{ дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$
t_{cm} - температура суміші, $^{\circ}\text{C}$;	$t_{CM} := \begin{pmatrix} -1.2 \\ -2.2 \end{pmatrix} \text{ град}$
$t_{кр}$ - криоскопічна температура суміші, $^{\circ}\text{C}$;	
c_m - питома теплоємність морозива, $\text{дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$;	$c_M := 3200 \text{ дж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$
t_m - температура морозива, $^{\circ}\text{C}$;	$t_M := \begin{pmatrix} -3.6 \\ -4.6 \end{pmatrix} \text{ град}$
$W_{вод}$ - відсоток води в суміші, %;	$W_{вод} := 56 \%$
$W_{л}$ - відсоток замороженої води (льоду) у морозиві, %;	
F_p - внутрішня поверхня морозильного циліндра (робоча), тобто та, з якої зрізується ножами шар морозива, м^2 ;	$F_p := 0.58 \text{ м кв.}$
$K_{ум}$ - умовний коефіцієнт теплопередачі, $\text{вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$;	
t_{cp} - середня температура морозива, $^{\circ}\text{C}$;	
t_0 - температура холодоносія, $^{\circ}\text{C}$;	$t_0 := \begin{pmatrix} -6.5 \\ -8.5 \end{pmatrix} \text{ град}$
η_T - тепловий коефіцієнт, що враховує втрати холоду через торцеві кришки морозильного циліндра і мішалки	$\eta_T := 0.95$

Відсоток замороженої води обчислимо по емпіричній формулі:

$$W_{л} = \left(1 + \frac{AN + Bz}{W_{вод} t_m} \right) \cdot 100\%$$

де A – емпіричний коефіцієнт, що враховує вміст лактози і солей у СОМО

$(A = 5,95);$

$A := 5.95$

N – вміст СОМО, % про до маси суміші;

$N := 10.5 \%$

B – емпіричний коефіцієнт, що характеризує питома зниження температури замерзання водяного розчину цукру (сахарози чи лактози) на кожен процент по відношенню до води ($B = 6,1$);

$B := 6.1$

z - вміст цукру, % до маси суміші.

$z := 22 \%$

$$W_{л} := \left(1 + \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{вод} \cdot t_m} \right) \quad W_{л} = \begin{pmatrix} 0.024 \\ 0.237 \end{pmatrix} \%$$

Кріоскопічна температура

$$t_{кр} := - \left(\frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{вод}} \right) \quad t_{кр} = -3.512 \text{ град C}$$

Середня температура морозива:

$$t_{cp} := \frac{t_{кр} + t_M}{2} \quad \text{град} \quad t_{cp} = \begin{pmatrix} -3.556 \\ -4.056 \end{pmatrix} \text{ град C}$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі по табл. 3.2. приймаємо:

$$K_{ум} := 1800 \quad \text{Вт}/(\text{м кв.} \cdot \text{град})$$

Середня фактична потужність на валу мішалки фрізера складається із слідуєчих основних втрат:

$$N_p = N_1 + N_2 + N_3$$

- де N_1 – потужність, що затрачається на зрізання шару морозива ножами, Вт ;
 N_2 – потужність, що затрачається на тертя морозива об стінки морозильного циліндра і на обертання мішалки з ножами у в'язкому середовищі, Вт ;
 N_3 – потужність, що затрачається на тертя ножа об стінку морозильного циліндра, Вт .

Параметри фрізера:

l_n – довжина ножа, м ;

$\omega_{м.ср}$ – швидкість зрізання шару $\delta_{м.ср}$, $\text{м}/\text{с}$;

z – кількість ножів;

α – кут встановлення ножа (для ножів ФПД $\alpha = 38^\circ$, для ножів ФНД

$\alpha = 32 \dots 35^\circ$);

$\rho_{м.ср}$ – механічне напруження на зріз шару, $\text{Н}/\text{м}^2$.

Механічне напруження при зрізанні шару $\delta_{м.ср}$ залежить від відношення густини морозива до густини криги і механічного напруження при зрізанні криги

ρ_l – механічне напруження на зріз криги, $\text{Н}/\text{м}^2$

ρ_l – густина криги, $\text{кг}/\text{м}^3$

$\rho_{м.ср}$ – густина зрізуваного шару морозива, $\text{кг}/\text{м}^3$

Механічне напруження при зрізанні шару $\delta_{м.ср}$

$$l_n := 0.24 \quad \text{м}$$

$$\omega_{м.ср} := 0.68 \quad \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$z := 4$$

$$\alpha := \begin{pmatrix} 10 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 30 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 50 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 70 \cdot \frac{\pi}{180} \end{pmatrix} \text{ град}$$

$$\rho_l := 9.81 \cdot 10^4 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$\rho_l := 900 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{м.ср} := 838 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

4.2. Дослідження залежності потужності машини від технологічних параметрів

$$p_{м.ср} := p_{л} \cdot \frac{\rho_{м.ср}}{\rho_{л}} \quad p_{м.ср} = 9.134 \times 10^4 \quad \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$\delta_{м.ср}$ – товщина зрізаного шару морозива, м;

$$\delta_{мср} := 0.004 \text{ м}$$

Споживану потужність на зрізання шару морозива ($\delta_{м.ср}$) можна визначити з рівняння

$$N_1 = \delta_{м.ср} l_n \omega_{м.ср} z \cdot \text{tg } \alpha p_{м.ср}$$

$$N_1 := \delta_{мср} \cdot l_n \cdot \omega_{мср} \cdot z_1 \cdot \tan(\alpha) \cdot p_{м.ср} \quad N_1 = \begin{pmatrix} 42.056 \\ 137.705 \\ 284.248 \\ 655.307 \end{pmatrix} \text{ Вт}$$

Необхідну потужність на тертя і на обертання мішалки з ножами у в'язкому середовищу можливо визначити приблизно по слідуючій формулі, (по Касаткину) стосовно до фрізера і в системі СИ:

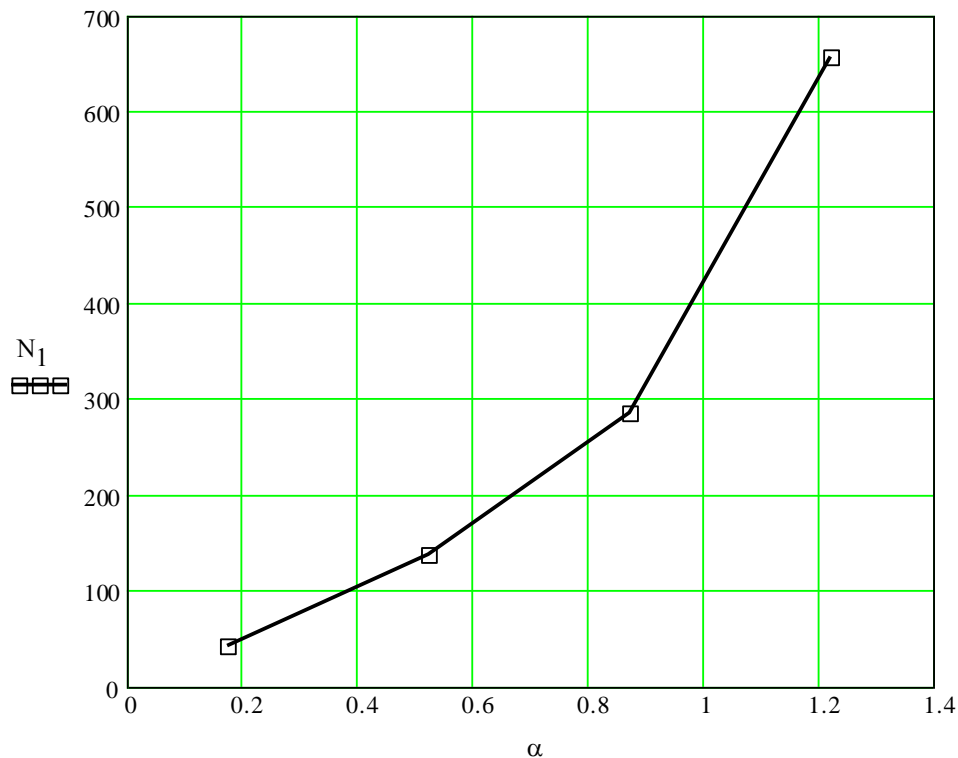


Рис. 3.1 Графік залежності потужності на зрізання шару морозива від кута нахилу ножа фрізера

$\zeta_{тр}$ – коефіцієнт тертя;

r_n – зовнішній радіус мішалки з ножами, м;

$$r_H := 0.42 \text{ м}$$

r_n – внутрішній радіус мішалки з ножами, м;

$$r_B := 0.16 \text{ м}$$

l_n – довжина ножа, м;

ω – кутова швидкість обертання ножів мішалки, рад/с;

$$\omega := 5.6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

ζ_0 – коефіцієнт тертя для ламінарного режиму при русі суміші;

$$\zeta_0 := 6.76$$

ν_M – кінематична в'язкість морозива, m^2/c ;

$$\nu_M := 0.172$$

ν_{CM} – кінематична в'язкість суміші, m^2/c .

$$\nu_{CM} := 0.086$$

$$\zeta_{TP} := \zeta_0 \cdot \sqrt[4]{\frac{\nu_M}{\nu_{CM}}} \quad \zeta_{TP} = 8.039$$

$\Phi_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові затрати потужності при ускладненні конструкції мішалки $\Phi_{доп} := 1.4$

Необхідну потужність на тертя і на обертання мішалки з ножами

$$N_2 := \zeta_{TP} \cdot (r_H^4 - r_B^4) \cdot l_H \cdot \tan(\alpha) \cdot z \cdot \omega \cdot \delta_{мсп} \cdot \Phi_{доп} \quad N_2 = \begin{pmatrix} 7.15 \times 10^{-3} \\ 0.023 \\ 0.048 \\ 0.111 \end{pmatrix} \text{ Вт}$$

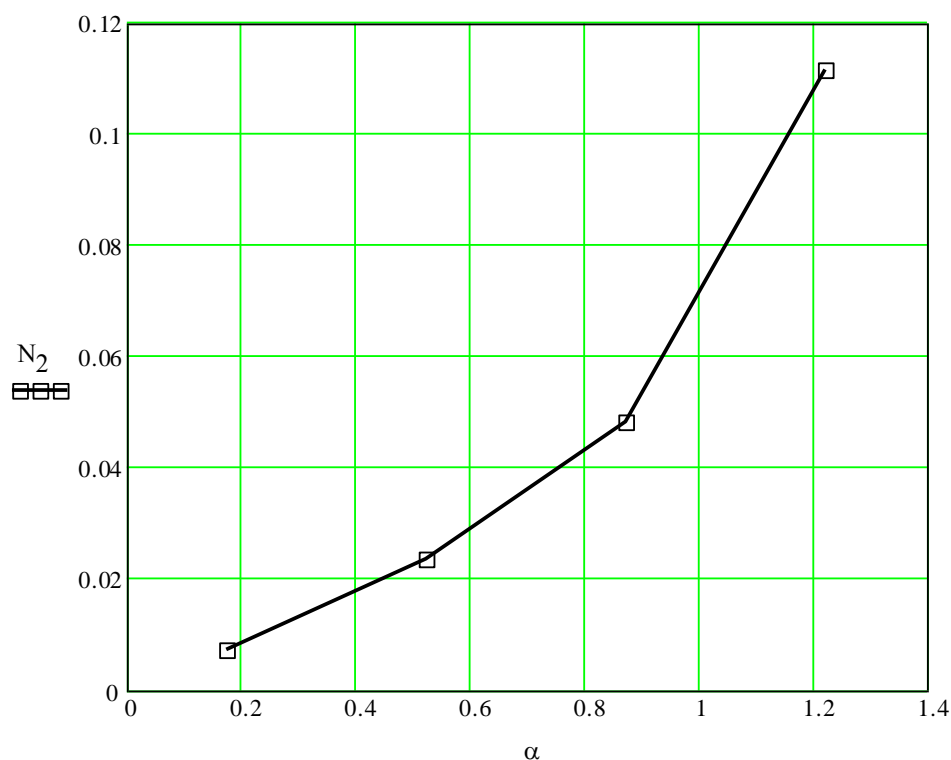


Рис. 3.2 Графік залежності потужності на тертя від кута нахилу ножа фрізера

$$\alpha := 30 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$r_H := 2 \cdot 10^{-1} \cdot \text{м}$$

$$N_2(r_H) := \zeta_{TP} \cdot \left[\left(\frac{r_H}{10} \right)^4 - r_B^4 \right] \cdot l_H \cdot \tan(\alpha) \cdot z \cdot \omega \cdot \delta_{мсп} \cdot \Phi_{доп}$$

Побудуємо графік залежності потужності на тертя від зовнішнього радіуса барабана фрізера

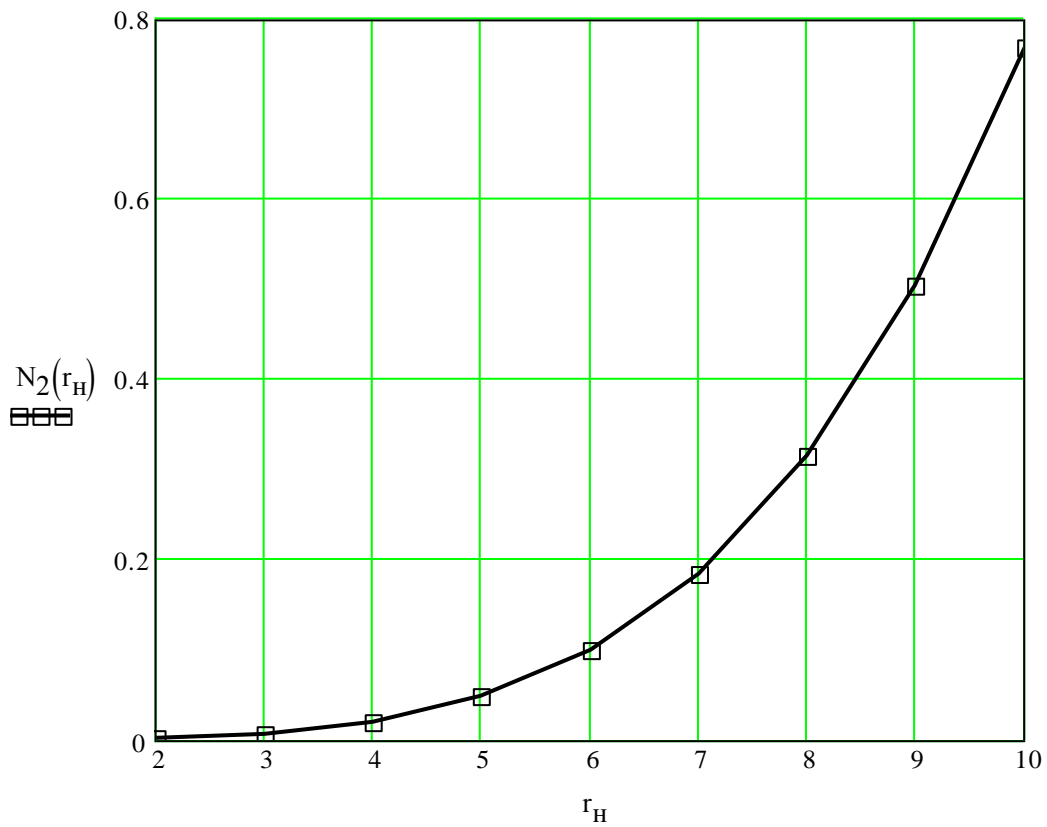


Рис. 3.3 Графік залежності потужності на тертя від зовнішнього радіуса барабана фрізера

$$r_H := 0.42 \text{ м} \quad \alpha := 30 \cdot \frac{\pi}{180}$$

$$r_B := 1..10 \cdot 10^{-1} \cdot \text{м}$$

$$N_2(r_B) := \zeta_{\text{тр}} \cdot \left[r_H^4 - \left(\frac{r_B}{10} \right)^4 \right] \cdot l_H \cdot \tan(\alpha) \cdot z \cdot \omega \cdot \delta_{\text{мсп}} \cdot \Phi_{\text{доп}}$$

Побудуємо графік залежності потужності на тертя від внутрішнього радіуса барабана фрізера

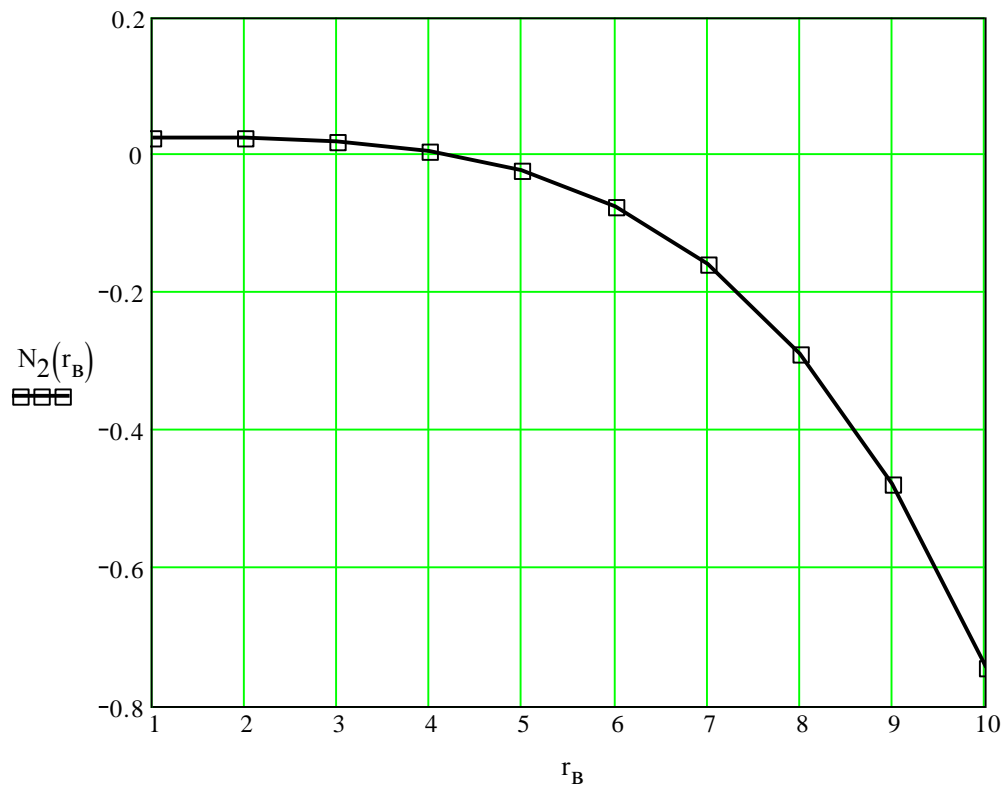


Рис. 3.4 Графік залежності потужності на тертя від внутрішнього радіуса барабана фрізера

У нашому випадку потужність на тертя становить:

$$r_H := 0.42 \text{ м} \quad r_B := 0.16 \text{ м}$$

$$N_2 := \zeta_{\text{тр}} \cdot (r_H^4 - r_B^4) \cdot l_H \cdot \tan(\alpha) \cdot z \cdot \omega \cdot \delta_{\text{мсп}} \cdot \Phi_{\text{доп}} \quad N_2 = 0.023 \text{ Вт}$$

Потужність N_3 настільки мала, що нею можна знехтувати. Тоді

$$\alpha := \begin{pmatrix} 10 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 30 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 50 \cdot \frac{\pi}{180} \\ 70 \cdot \frac{\pi}{180} \end{pmatrix} \text{ град} \quad N_p := N_1 + N_2 \quad N_p = \begin{pmatrix} 42.08 \\ 137.729 \\ 284.271 \\ 655.33 \end{pmatrix} \text{ Вт}$$

$$m_{\text{Год}}(N_p) := 3600 \cdot \frac{[[F_p \cdot K_{\text{ум}} \cdot (t_{\text{сп}} - t_0)] \cdot \eta_T - N_p]}{c_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{кр}}) + c_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_M) + \frac{W_{\text{вод}}}{100} \cdot \frac{W_{\text{л}}}{100} \cdot 80 \cdot 4190} \quad \text{кг/год}$$

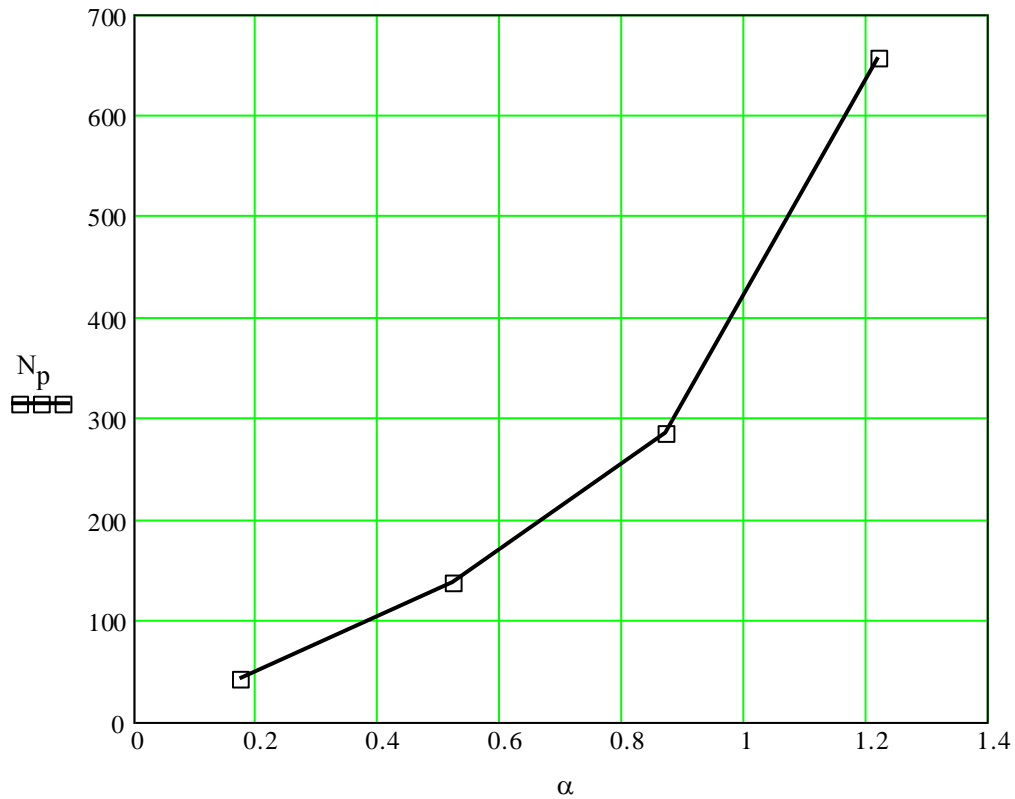


Рис. 3.5 Графік залежності потужності від кута нахилу ножа фрізера

$$\alpha := 32 \cdot \frac{\pi}{180} \quad N_p := 126..160 \quad \text{Вт} \quad t_0 := -8.5 \quad \text{град}$$

$$t_M := -4.6 \quad \text{град} \quad z := 22 \quad \%$$

$$t_{cp} := \frac{t_{kp} + t_M}{2} \quad t_{cp} = -4.056 \quad t_{kp} := -\left(\frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}}}\right) \quad t_{kp} = -3.512 \quad \text{град С}$$

$$W_{\text{л}} := \left(1 + \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}} \cdot t_M}\right) \quad W_{\text{л}} = 0.237 \quad \% \quad t_{\text{см}} := 2.2$$

$$m_{\text{год}}(N_p) := 3600 \frac{\left[\left[F_p \cdot K_{\text{ум}} \cdot (t_{cp} - t_0)\right] \cdot \eta_T - N_p\right]}{c_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{kp}) + c_{\text{ст}} \cdot (t_{kp} - t_M) + \frac{W_{\text{вод}}}{100} \cdot \frac{W_{\text{л}}}{100} \cdot 80 \cdot 4190} \quad \text{кг/год}$$

4.3. Дослідження залежності продуктивності машини від технологічних параметрів

$$m_{\text{Год}}(N_p) =$$

704.974
704.809
704.644
704.48
704.315
704.151
703.986
703.821
703.657
703.492
703.327
703.163
702.998
702.833
702.669
702.504

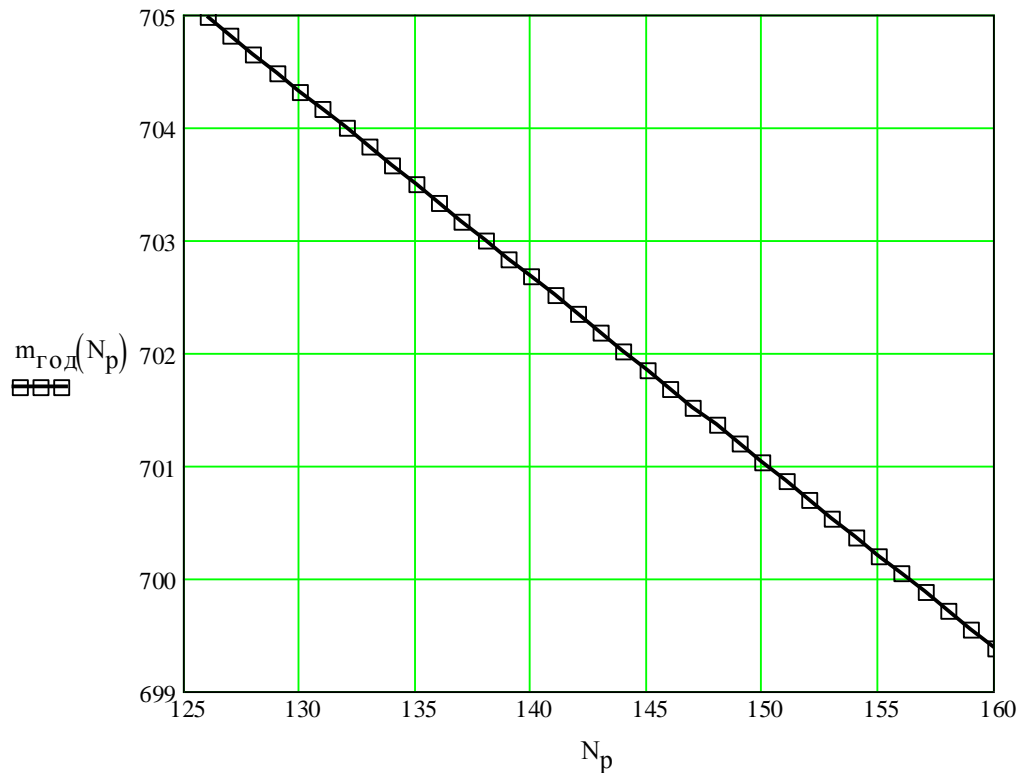


Рис. 3.6 Графік залежності продуктивності фрізера від затрачуваної потужності

Дослідимо залежність продуктивності фрізера від температури морозива.

Постійні величини:

$$\alpha := 32 \cdot \frac{\pi}{180} \quad N_p := 130 \text{ Вт} \quad t_0 := -8.5 \text{ град}$$

$$t_M := -10..-1 \text{ град} \quad z := 22 \% \quad t_{\text{см}} := 2.2$$

$$m_{\text{Год}}(t_M) := 3600 \frac{F_p \cdot K_{\text{ум}} \cdot \left(\frac{t_{\text{кр}} + t_M}{2} - t_0 \right) \cdot \eta_T - N_p}{c_{\text{ст}} \cdot \left(t_{\text{см}} - \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}}} \right) + c_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_M) + \frac{W_{\text{вод}}}{100} \cdot \frac{1 + \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}} \cdot t_M}}{100} \cdot 80 \cdot 4190}$$

$$m_{\text{ГОД}}(t_M) = \text{кг/год}$$

328.664
527.606
843.737
$1.427 \cdot 10^3$
$2.878 \cdot 10^3$
$1.32 \cdot 10^4$
$-6.958 \cdot 10^3$
$-3.009 \cdot 10^3$
$-1.943 \cdot 10^3$
$-1.302 \cdot 10^3$

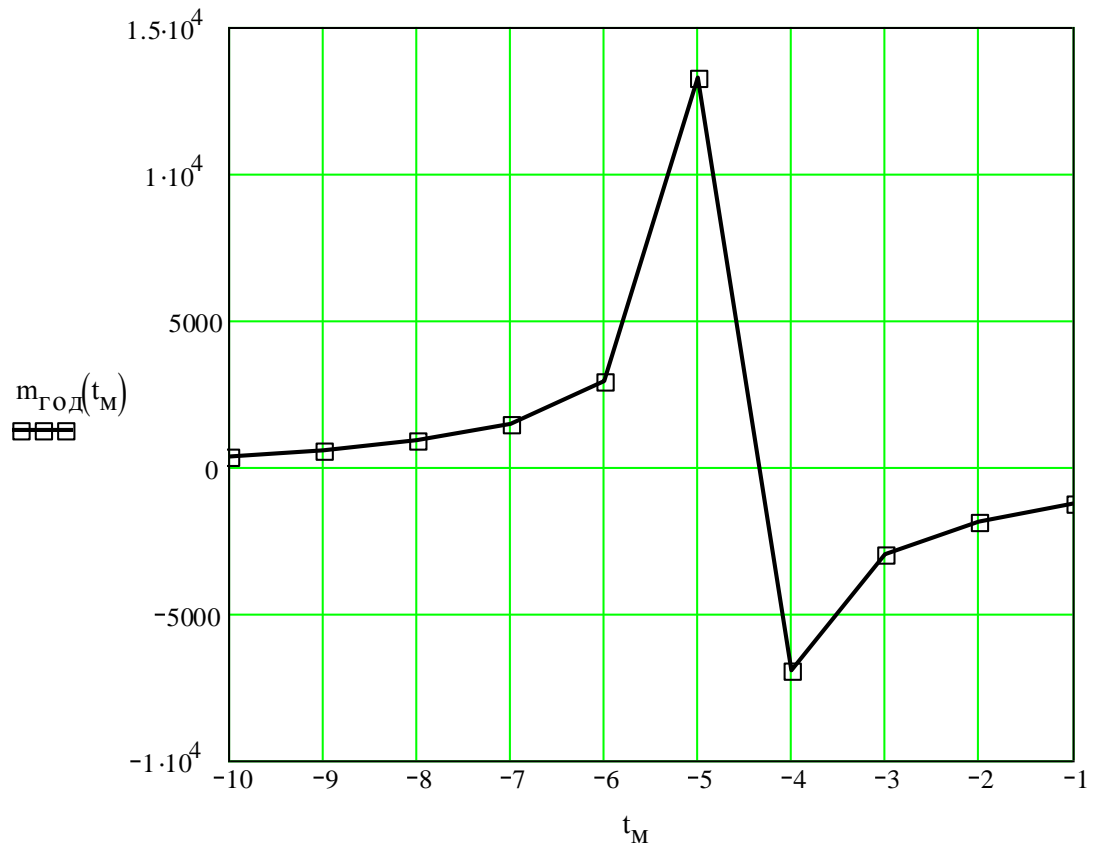


Рис. 3.7 Графік залежності продуктивності фрізера від температури морозива

$$t_M := -5 \quad \alpha := 20..70$$

$$m_{\text{Год}}(\alpha) := 3600 \frac{F_p \cdot K_{\text{YM}} \cdot \left(\frac{t_{\text{кр}} + t_M}{2} - t_0 \right) \cdot \eta_T - \zeta_{\text{ТР}} \cdot \left[r_H^4 - \left(\frac{r_B}{10} \right)^4 \right] \cdot l_H \cdot \tan(\alpha) \cdot z \cdot \omega \cdot \delta_{\text{мсп}} \cdot \Phi_{\text{доп}}}{c_{\text{СТ}} \cdot \left(t_{\text{см}} - \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}}} \right) + c_{\text{СТ}} \cdot (t_{\text{кр}} - t_M) + \frac{W_{\text{вод}}}{100} \cdot \frac{1 + \frac{A \cdot N + B \cdot z}{W_{\text{вод}} \cdot t_M}}{100} \cdot 80 \cdot 4190}$$

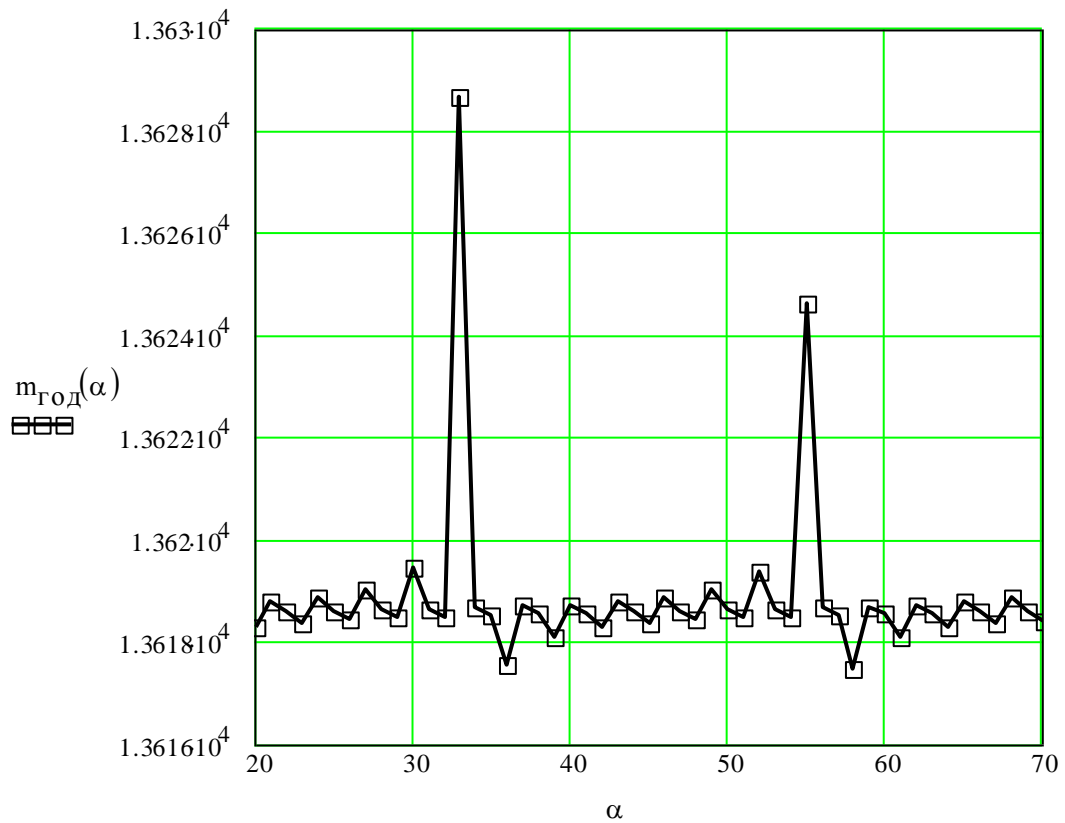


Рис. 3.8 Графік залежності продуктивності фрізера від кута нахилу зрізаючого ножа

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці

Одним з головних завдань при розробці технічних проектів є вирішення питань по охороні праці та техніці безпеки, розробка конкретних заходів, які виключають травматизм і усувають вплив на організм робітників небезпечних і шкідливих факторів.

Згідно Закону України “Про охорону праці”, що був прийнятий 14 жовтня 1992 року, на будь – якому об’єкті, де працюють люди, повинні бути створені здорові і безпечні умови праці. Будівлі, обладнання, технологічні процеси не повинні створювати загрози працюючим, негативно впливати на їхній стан здоров’я та самопочуття. Для забезпечення цих вимог заходи по охороні праці повинні здійснюватися на базі нової технології і наукової організації виробництва. Особливо важливими факторами полегшення і оздоровлення умов праці, підвищення його продуктивності є комплексна механізація і автоматизація робіт і технологічних процесів, застосування засобів обчислювальної техніки в наукових дослідженнях і на виробництві.

На підприємствах м’ясної промисловості вводиться в експлуатацію нова техніка, проводяться ефективні заходи по подальшому покращенню умов праці. Охорона праці робітників і службовців є одним із головних обов’язків адміністрації будь-якого підприємства. Покращення умов праці, розробка і здійснення заходів по зниженню виробничого травматизму і професійної захворюваності, крім великого соціального ефекту, дають економічні результати, які виражаються у збільшенні періоду професійної активності працюючих, зростанні продуктивності праці, зменшенні втрат пов’язаних з травматизмом, професійною і виробничою захворюваністю, зменшення текучості кадрів і зменшення затрат на пільги і компенсації.

Раціональний комплекс заходів, направлених на покращення умов праці, може забезпечити приріст продуктивності праці на 15 – 20 % і більше.

5.1.1 Правила техніки безпеки при експлуатації технологічного обладнання в цеху виготовлення морозива

В цеху виготовлення морозива встановлена потокова лінія виробництва різних ортів морозива. У даній лінії є обладнання, яке працює під тиском чи при значних температурах, однак основну небезпеку для робітників цеху представляють рухомі частини обладнання, а також вантажопідйомні механізми, які є в наявності у цеху. Найбільш небезпечними є змішувачі, гомогенізатори, машина для виготовлення морозива.

Гомогенізатор К5-ОГА-1,25. Призначений для подрібнення жирових кульок у молочній суміші та надання йому однорідної маси. У гомогенізаторі найбільш травмонебезпечна зона – зона обертання колінчастого вала. Однак у сучасному обладнанні ці частини машини закриті кожухами. Суміш у гомогенізатор подають за допомогою насоса. Перед початком роботи перевіряють справність клапанів, плунжерів, подаючого насоса. Під час роботи гомогенізатора не дозволяється змінювати технологічні параметри роботи, а також працювати зі знятим запобіжними засобами. Розбирати машину дозволяється тільки після відключення пускового пристрою і повної зупинки плунжерів.

Ванна для складання суміші. Призначена для перемішування суміші морозива, та додаткової сировини. Травмонебезпеку представляють лопаті, шнеки чи інші робочі органи, що обертаються. В більшості випадків робочі органи закриваються запобіжною кришкою. При відкриванні кришки спрацьовує механізм, який вимикає машину. Ванну завантажують тільки при ввімкненому двигуні і розвантажують механічним способом. Вручну цю роботу виконувати небезпечно.

Міксер. Призначений для взбивання, маси морозива Травмонебезпеку представляють лопаті, та інші робочі органи, що обертаються. Робочі органи закриваються запобіжною кришкою. При відкриванні кришки спрацьовує

механізм, який вимикає машину. Міксер завантажують тільки при ввімкненому двигуні і розвантажують механічним способом. Вручну цю роботу виконувати небезпечно.

Машина для виготовлення морозива. В склад машини для виготовлення морозива входять: фрізер, ескімо генератор, шоколадна ванна, станція забивання палочок, фасувальний автомат. Машина повинна обслуговуватись одним робітником, не молодшим 18 р. що пройшов медогляд, спеціальний інструктаж правил техніки безпеки і виробничої санітарії, що діють на заводі, а також навчання безпечним методам роботи на автоматі. Робітник повинен бути забезпечений спецодягом, спецвзуттям. Не допускаються до роботи люди у нетверезому, або хворобливому стані. Робота дозволяється лише на повністю справному обладнанні. На робочому місці повинна бути затверджена інструкція по техніці безпеки, з якою робітник повинен бути ознайомлений. У цеху повинна бути аптечка першої медичної допомоги. Протипожежний щит повинен бути обладнаний згідно правил.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність всіх механізмів, усунути сторонні предмети з рухомих частин і перевірити роботу машини на холостому ході; перевірити надійність заземлення і справність кінцевих вимикачів. При виявленні несправності робітник повинен повідомити майстра цеху.

По закінченні робочої зміни всі частини машини, що знаходились у контакті з продуктом, повинні бути очищені і промиті гарячою водою. При цьому необхідно слідкувати, щоб вода не потрапляла у електроапаратуру.

Робоче місце повинно добре освітлюватись природнім або штучним загальним освітленням. У приміщенні повинна працювати природна або механічна вентиляція.

5.1.2 Санітарно-гігієнічні вимоги у цеху виготовлення морозива

Виробнича санітарія – система організаційних, гігієнічних і санітарно технічних заходів і засобів, які запобігають дії на робітників виробничих факторів.

Виробнича санітарія включає оздоровлення повітряного середовища і нормалізацію параметрів мікроклімату в робочій зоні, захист працюючих від шуму, вібрації, ультразвуку і електромагнітних випромінювань; забезпечення потрібних нормативів природнього і штучного освітлення; підтримання у відповідності з санітарними вимогами території підприємства, основних виробничих і допоміжних приміщень. Основними санітарно-технічними системами забезпечення потрібних умов праці у даному випадку є: система вентиляції і кондиціонування повітря, система опалення, освітлення виробничих приміщень. В цеху встановлена система приточно-витяжної вентиляції. Опалення цеху парове. Подача тепла здійснюється від загальнозаводської котельні.

Для забезпечення медичного нагляду працівники цеху періодично проходять медичний огляд.

5.1.3 Електробезпека при експлуатації технологічного обладнання у цеху. Розрахунок заземлення

У цеху в результаті переробки сировини, миття обладнання підвищується вологість повітря, підлога стає вологою, отже виникає небезпека утворення сприятливих умов для смертельного ураження робітників електричним струмом. Тому приміщення цеху відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. У цьому випадку обов'язковим є застосування технічних засобів по попередженню ураження робітників електричним струмом. Згідно ГОСТ 12.1.019 “ССБТ. Электробезопасность. Общие требования” технічні способи і засоби захисту, які забезпечують

електробезпеку, підбирають з врахуванням номінальної напруги, роду і частоти струму, режиму нейтралі, виду виконання, умов зовнішнього середовища, характеру можливого дотикання людини до елементів ланцюга струму. В цеху для захисту працюючих від ураження електричним струмом застосовується захисне заземлення. Це передбачене електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитись під напругою (ГОСТ 12.1.009). Заземлюючим пристроєм називають сукупність заземлювача і провідників, які з'єднують металеві не струмопровідні корпуси електрообладнання з заземлювачем. Згідно правил ПУЕ опір заземлюючого пристрою в установках напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю не повинно перевищувати 4 Ом.

Розрахунок заземлення зводиться до визначення параметрів заземлюючого пристрою, а саме, числа вертикальних заземлювачів і довжини з'єднувальної полоси.

Опір розтіканню струму R від одиничного вертикального заземлювача, зануреного на глибину H_0 , визначається по формулі

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right),$$

де l – довжина вертикального заземлювача, м;

H – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м;

ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом м;

$$H = H_0 + \frac{l}{2},$$

де H_0 – відстань від поверхні ґрунту до з'єднувальної полоси, м;

Відстань від поверхні ґрунту до з'єднувальної полоси приймають 0,5...1 м.

Прийmemo $H_0 = 0,6$ м, довжину заземлювача 3 м, діаметр $d = 40$ мм.

$\rho = 200$ Ом м для чорнозему ([31] с.177).

Підставивши дані у формули отримаємо:

$$H = H_0 + \frac{l}{2} = 0,6 + \frac{3}{2} = 2,1 \text{ м};$$

$$R = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H+l}{4H-l} \right) = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right) = 57,2 \text{ Ом.}$$

Приблизна кількість вертикальних заземлювачів

$$n_1 = R/R_{\text{дон}};$$

де $R_{\text{дон}} = 4 \text{ Ом}$ – допустимий опір заземлення.

$$n_1 = R/R_{\text{дон}} = 57,2/4 = 14,3, \text{ приймаємо } 15 \text{ заземлювачів.}$$

По графіку на рис. 39 ([31] с.178) знаходимо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів $\eta = 0,32$ при $L_1/l = 1$.

Тоді точна кількість вертикальних заземлювачів рівна:

$$n = R / (R_{\text{дон}} \eta) = 57,2 / (4 \cdot 0,32) = 45 \text{ заземлювачів.}$$

При з'єднанні заземлювачів використовують смугову сталь розміром не менше 4x12 мм. Прийmemo розмір смуги 6x18 мм. Тоді опір з'єднувальної полоси

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{bH_0} = \frac{200}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,018} \ln \frac{2 \cdot 0,018^2}{0,006 \cdot 0,6} = 3034 \text{ Ом.}$$

По графіку на рис. 40 ([31] с.178) знаходимо коефіцієнт використання з'єднувальної полоси $\eta_n = 0,43$ при $L_1/l = 1$.

Для перевірки обчислимо загальний опір заземлюючого пристрою по формулі:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R \cdot R_n}{n \cdot R_n \cdot \eta + R \cdot \eta_n} = \frac{57,2 \cdot 3034}{45 \cdot 3034 \cdot 0,32 + 57,2 \cdot 0,43} = 3,96 \text{ Ом.} < R_{\text{дон}} = 4 \text{ Ом.}$$

При виконанні заземлення не можна ґрунтуватися лише на розрахункових даних, так як зміна опору розтікання струму в ґрунті не піддається розрахунку. Тому слід щорічно проводити вимірювання питомого опору ґрунту і опору заземлюючого пристрою. Результати випробувань заносять у спеціальний журнал.

5.1.4 Протипожежні заходи

Приміщення цеху належить до приміщень категорії Д – непожежонебезпечні. На підприємствах молочної промисловості особливу увагу звертають на виконання протипожежних вимог до технологічного обладнання. Електричні мережі, що експлуатуються на об'єктах різного призначення, повинні відповідати нормам ПУЕ. Біля входу в приміщення повинен бути напис з вказанням його класу по вебухо та пожежобезпеці. Всі електроустановки повинні бути обладнані апаратами захисту від короткого замикання та інших аварійних режимів роботи, які можуть призвести до пожеж. Плавкі вставки запобіжників калібрують з вказанням на бірці номінального струму вставки. Центральні системи опалення приміщень заводу мають помірні температури, тому є безпечними у пожежному відношенні. При експлуатації систем центрального опалення регулярно перевіряють стан теплової ізоляції і очищають систему від пилу. При неправильній експлуатації вентиляційних систем і систем кондиціонування повітря можливе виникнення і поширення пожеж в наслідок того, що по повітрепроводах можуть переміщатись горючі гази, пил... Однак у цеху немає виділень горючих газів чи пилу, тому вентиляційна система цеху не може стати причиною пожежі. У цеху обов'язково повинен бути обладнаний протипожежний щит згідно вимог.

5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Планування заходів з питань цивільного захисту на підприємствах харчової та переробної промисловості

Планування заходів захисту об'єкта – це розроблення сукупності документів, у яких визначені сили і засоби, порядок і послідовність дій з метою забезпечення захисту населення, виробництва, а також виконання

завдань вищих органів, пов'язаних із поданням допомоги населенню інших об'єктів і міст.

Планування заходів з питань цивільного захисту на підприємствах харчової та переробної промисловості проводиться у тій же послідовності, що й на будь яких інших об'єктах народного господарства.

На підприємства мають бути розроблені два плани: на воєнний та мирний час.

План цивільного захисту на воєнний час – це документи, які визначають організацію і порядок переведення об'єкта з мирного на воєнний час і ведення цивільного захисту в початковий період війни.

План цивільного захисту на мирний час – це документи, які визначають організацію і порядок виконання заходів цивільного захисту з метою запобігання або зменшення можливих втрат від важких виробничих аварій, катастроф, і стихійних лих, а також ведення рятувальних та інших невідкладних робіт при їх виникненні.

Методика розроблення планів.

Необхідно зібрати вихідні документи, що будуть використані при розробці документів плану цивільного захисту об'єкта: директивні документи Президента; Верховної Ради; Уряду України; витяг із рішення керівника цивільного захисту району про організацію і ведення цивільного захисту на території району; дані про кількість формувань, їх особовий склад, які потрібно створити на даному об'єкті; витяг із плану прийому і розміщення евакуйованого населення; витяг із наряду райвійськкомату на постачання техніки у збройні сили у зв'язку з мобілізацією; окремі розпорядження керівника цивільного захисту району; документи, які характеризують господарство і населений пункт.

Розробка плану відбувається у три етапи в певній послідовності.

Перший етап – підготовчий, протягом якого визначається склад виконавців і затвердження їх, підготовка виконавців до роботи, доведення до них директив, рекомендацій та інших документів, узагальнення й аналіз

вихідних даних, необхідних для розробки плану ЦЗ, визначення обсягу робіт і розподіл обов'язків між виконавцями та закріплення відповідальних за розділами плану.

Для планування, підготовки і проведення заходів евакуації має бути інформація, щоб забезпечити відповіді на такі запитання: чисельність працюючих відвідувачів, обслуговуючого персоналу на даному об'єкті, всього населення у населеному пункті; час доби, коли буває найбільше скупчення людей у приміщеннях; розміщення людей у приміщеннях; стан входів, аварійних виходів; наявність і стан входів для пожежників, міліції, поліції, внесення технічних засобів; труднощі, які треба враховувати під час евакуації людей (вузькі проходи, сходи, непрацюючі ліфти та ін.); Планування евакуації має передбачати виникнення найбільш несприятливих ситуацій під час підготовки і проведення евакуації: відсутність відповідних керівників, транспорту, електрозабезпечення, погані погодні умови, аварія на дорозі, паніка серед людей та ін.

Другий етап – практична розробка, оформлення документів. Заходи, які плануються в документах плану, мають бути спрямовані на виконання завдань ЦЗ в надзвичайних ситуаціях.

У документах плану визначають заходи, які потрібно виконати в мирний час, при загрозі виникнення надзвичайних ситуацій, несподіваному нападі противника, стихійних лихах, виробничих аваріях, катастрофах і при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, проведенні рятувальних та інших невідкладних робіт, а також характер і порядок дій формувань, зміст і обсяг робіт, строки виконання заходів з урахуванням конкретних умов і можливостей даного об'єкта.

Заходи, які потребують капітальних затрат і матеріально-технічних засобів, також мають бути висвітлені в цих планах.

До них належать: будівництво протирадіаційних укриттів, пункту управління, забійних площадок і пунктів, площадок ветеринарної обробки сільськогосподарських тварин; придбання засобів для герметизації

тваринницьких ферм, складських приміщень і колодязів; систем зв'язку і оповіщення; придбання майна для формувань, спеціальної техніки, необхідної формуванням для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт, автономних джерел електроенергії.

Оскільки заходи потребують матеріальних затрат, вони повинні здійснюватися у комплексі з іншими економічними заходами, через що їх необхідно включити в поточний і перспективний план об'єкта, де вони будуть забезпечені коштами.

За даними оцінки можливої обстановки, що може скластися на об'єкті, керівники об'єкта планують заходи підвищення стійкості роботи об'єкта. Всі пропозиції, пов'язані із затратами, необхідно документально обґрунтувати з поданням відповідних заявок із кошторисами в місцеві, районні, обласні органи управління ЦЗ, а якщо необхідно то у відповідні міністерства, відомства.

Планування таких заходів, як підготовка і забезпечення майном формувань, навчання керівного особового складу формувань, працюючих, організація зв'язку і оповіщення, створення навчально-матеріальної бази та ін., проводиться за рахунок коштів об'єкта.

Третій етап – узгодження розроблених планів із відділом ЦЗ району, з районним агропромисловим управлінням, адміністрацією населеного пункту, службами ЦЗ району, після цього затвердження документів плану ЦЗ. Зміст плану цивільного захисту об'єкту узгоджується з вимогами плану ЦЗ району, що підтверджує начальник відділу з питань цивільного захисту населення району, після чого план затверджує керівник ЦЗ об'єкта.

5.2.2. Зони ураження під час техногенних вибухів. Методи розрахунку характеристик зон ураження

До вибухонебезпечних об'єктів відносять виробництва вибухових речовин (ВР), нафтопереробні підприємства, млинарські комбінати та

елеватори, деревообробні та інші підприємства, що використовують або виробляють горючі речовини та матеріали.

Аварії на таких об'єктах, як правило, супроводжуються вибухами. Під вибухом розуміється процес звільнення великої кількості енергії за короткий проміжок часу. В результаті вибуху речовина перетворюється в сильно нагрітий газ з дуже високим тиском, що впливає на навколишнє середовище, повітря, викликаючи його рух, і утворення чинників, що уражають. Тому вони називаються уражаючими факторами.

Основний уражаючий фактор вибуху – це повітряна ударна хвиля (УХ). Ударна хвиля – це зона сильно стислого повітря, називається фронт ударної хвилі, що розповсюджується в усі боки від центру вибуху з надзвуковою швидкістю (більше 330м/с).

Основним параметром УХ, що визначає її руйнівну дію, є надмірний тиск у фронті УХ. Надмірний тиск ΔP_{ϕ} – це різниця між максимальним тиском у фронті хвилі (P_{ϕ}) і атмосферним тиском перед фронтом (P_0):

$$\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_0, \text{ кПа.}$$

Одиниці виміру ΔP_{ϕ} в системі СІ – паскаль (Па).

На рисунку 5.1. показано характер зміни тиску повітря в часі при проходженні ударної хвилі.

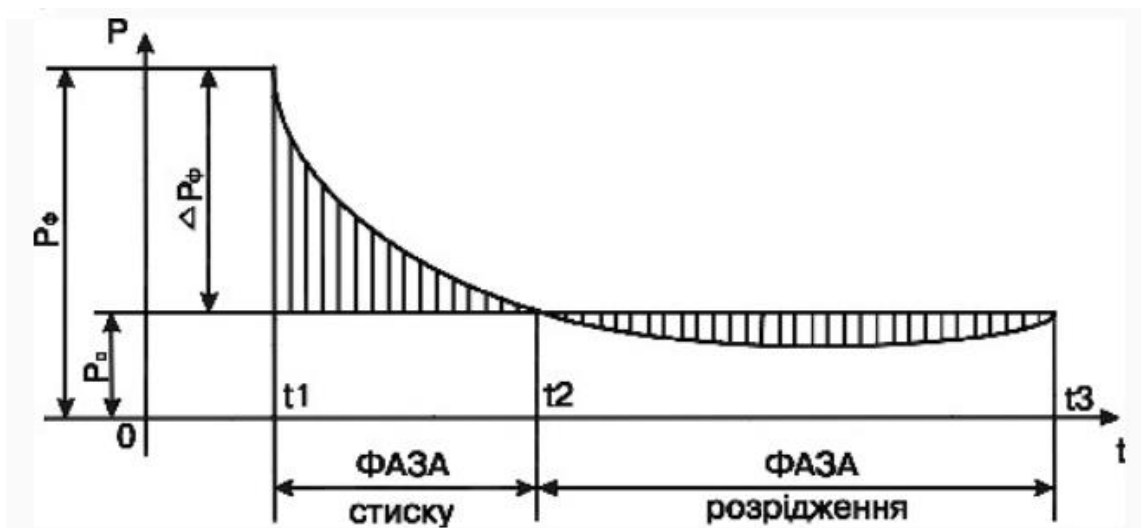


Рисунок 5.1. Зміни тиску повітря при проходженні ударної хвилі

Надмірний тиск у даній точці залежить від відстані до місця (центру) вибуху, маси продукту вибуху (потужності вибуху) та інших чинників.

Повітряна ударна хвиля уражає людей, руйнує або пошкоджує будинки і споруди, обладнання і техніку. У незахищених людей в залежності від величини надмірного тиску можливі травми різного ступеню, характеристики яких наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Характеристика травм незахищених людей в залежності від надмірного тиску ударної хвилі

ΔP_{ϕ} , кПа	Ступені травм	Характер ураження
20-40	Легкі	Легка загальна контузія організму, тимчасова втрата слуху, забиті місця
40-60	Середні	Серйозні контузії, пошкодження органів слуху, кровотеча з носа і вух, сильно забиті місця
60-100	Важкі	Сильна контузія всього організму, пошкодження внутрішніх органів і мозку, важкі переломи кінцівок
>100	Вкрай важкі	Від отриманих травм більшість людей гине

Будинки, споруди, обладнання внаслідок дії УХ можуть бути пошкоджені або зруйновані. В залежності від надмірного тиску ΔP_{ϕ} , типу, розмірів та інших чинників можуть отримати слабе, середнє, сильне або повне руйнування.

Внаслідок вибуху під впливом уражаючих факторів на місцевості утворюється осередок ураження. Межа осередку ураження пролягає через точки на місцевості, де надмірний тиск УХ становить 10 кПа. Форма осередку на рівнинній місцевості – коло (рис. 5.2.).

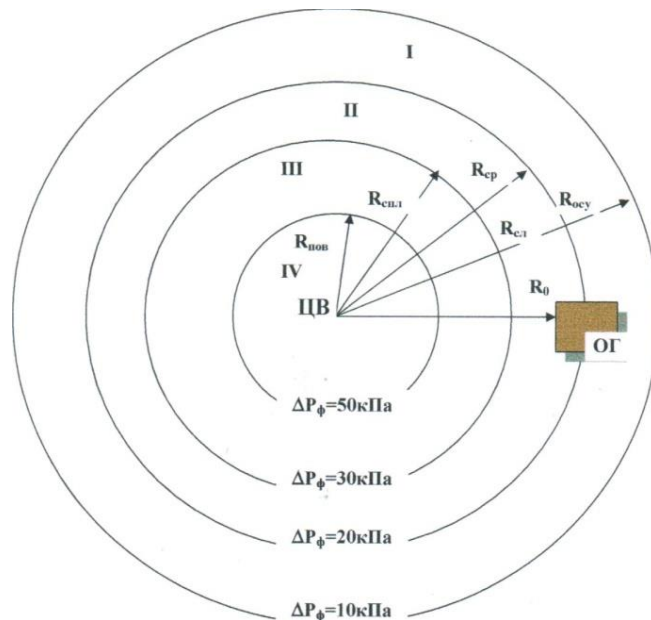


Рисунок 5.2. Форма осередку ураження при вибуху
 ОГ – об’єкт господарювання; ЦВ – центр вибуху.

Радіуси осередку ураження і зон руйнувань залежать від потужності вибуху (маси продуктів вибуху Q).

В залежності від ступеня руйнування виробничих будинків і обсягу необхідних рятувальних і аварійно-відновлюваних робіт осередок ураження ділиться на IV зони: повних, сильних, середніх та слабких руйнувань.

I Зона слабких руйнувань – від 10 до 20кПа. Слабкі руйнування будівель. II Зона середніх руйнувань утворюється там, де надмірний тиск від 20 до 30кПа, будівлі і споруди мають середній ступінь руйнувань. Дерев’яні споруди повністю руйнуються. III Зона сильних руйнувань характеризується сильними руйнуваннями будинків і споруд, утворенням місцевих завалів і розповсюджується на територію, де надмірний тиск від 30 до 50кПа. IV Зона повних руйнувань характеризується надмірним тиском у фронті УХ 50кПа і більше. Будинки, споруди, обладнання в зоні повністю руйнуються, утворюю суцільні завали.

Визначення параметрів осередку ураження (радіусів зон руйнувань) здійснюється за допомогою Графіка залежності надмірного тиску від кількості тротилу і відстані до центру вибуху (рис. 5.3.).

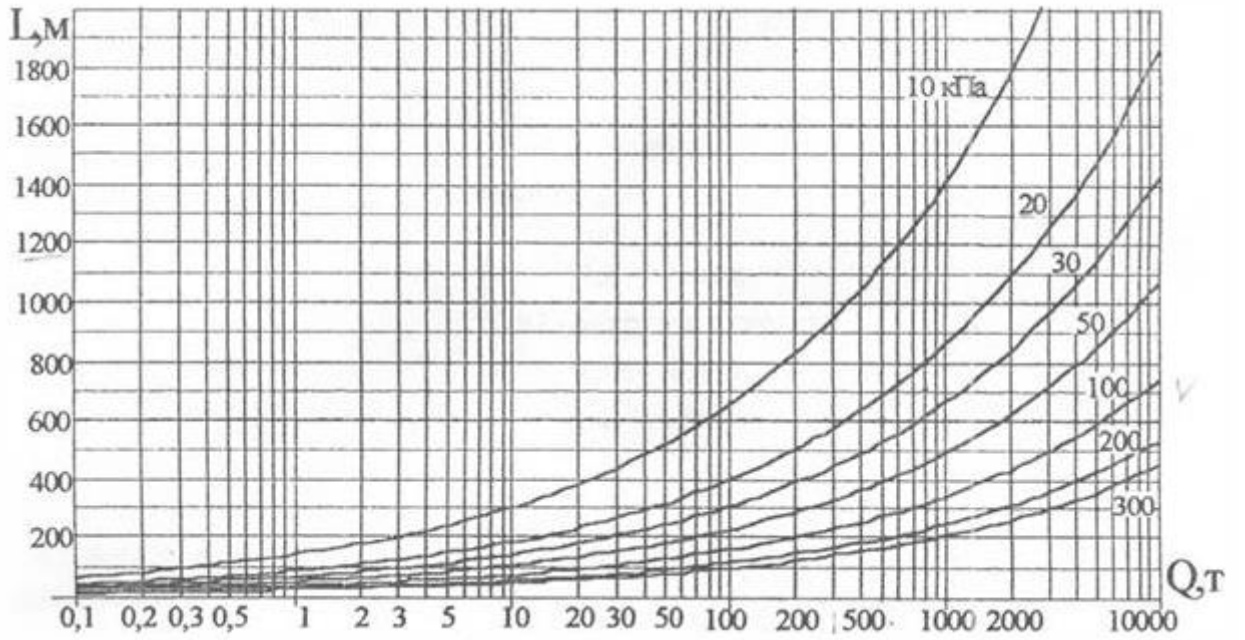


Рисунок 5.3. Графік залежності надмірного тиску від кількості тротилу і відстані до центру вибуху.

Висновки

Виконано аналіз існуючих конструкцій машин для виготовлення морозива,

Здійснені технологічні, конструктивні та міцнісні розрахунки елементів вузла фрізера машини FC-200.

На основі аналізу існуючих конструкцій машин для виробництва морозива були запропоновано заходи із модернізації.

Результати кінематичних та конструктивних розрахунків показали, що після модернізації необхідність у збільшенні потужності двигуна відсутня, оскільки споживана потужність залишається невеликою.

Додаткові перевірні та міцнісні розрахунки приводу показали, що розраховані запаси міцності і надійності достатні для тривалої роботи машини.

Робота також включала структурний аналіз машини, кінематичні розрахунки передаточних відношень і кількостей обертів валів. Для забезпечення якості роботи були використані корозійностійкі матеріали для робочих органів та інших деталей машини, що було обґрунтовано конструктивними та міцнісними розрахунками.

Перелік посилань

1. Шинкарик М.М. Ворощук В.Я. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу “Технологічне обладнання харчових виробництв”.
2. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв. | Єресько Г.О., Шинкарик М.М., Ворощук В.Я.-Ц.:ЦНЛ "Інкос", 2007. – 344с.
3. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості К.: Нова книга 2000 р. – 575 с.
4. Кармелюк Г. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: посібник з розв’язування задач. / Г. І. Кармелюк – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 576с.
5. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
6. Бойчик І. М. Економіка підприємства, навчальний посібник. К.: ”Каравела”, 2000 – 290 с.
7. Закалов О. В. Методичні вказівки з курсу “ Основи проектування підприємств харчової промисловості”, Тернопіль – 2000р.-51с.