

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

(освітнього рівня)

на тему **Модернізація макаронного преса марки ПМ-75 з дослідженням впливу конструкції шнека, фільтр та робочого тиску на процес екструзії тіста.**

Виконав: студент VI курсу, групи МОм-51
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування" .

(шифр і назва спеціальності)

Керівник

_____ .
(підпис)

Ніщун О.В.

_____ .
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

_____ .
(підпис)

Ворощук В.Я.

_____ .
(прізвище та ініціали)

Рецензент

_____ .
(підпис)

Ворощук В.Я.

_____ .
(прізвище та ініціали)

_____ .
(підпис)

_____ .
(прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2019 року

Міністерство освіти і науки України

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Обладнання харчових технологій

д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

"7" жовтня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ніщуну Олександрові Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація макаронного преса марки ПМ-75 з дослідженням впливу конструкції шнека, фільтр та робочого тиску на процес екструзії тіста.

керівник роботи к.т.н. Ворошук В.Я.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "7" жовтня 2019 року №4/7-887

2. Строк подання студентом роботи "17" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту макаронного преса марки ПМ-75. Існуюча технологія виготовлення макаронних виробів.

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

Реферат. Зміст. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і

обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Технологічна частина. 2.1. Вибір

технологічної схеми і загальний опис технології виготовлення макаронів. 2.2. Опис

технологічної операції, яка виконується на макаронному пресі марки ПМ-75. 2.3.

Розроблення заходів з модернізації преса. 2.4. Технологічний розрахунок макаронного

преса. 3. Конструктивна частина. 4. Моделювання екструзії макаронного тіста. 4.1.

Постановка задачі моделювання процесу руху тіста в екструдері. 4.2. Результати

комп'ютерного моделювання пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75. 5.

Спеціальна частина. 6. Обґрунтування економічної ефективності. 7. Охорона праці та

безпека у надзвичайних ситуаціях. 7.1. Охорона праці. 7.2. Безпека у надзвичайних

ситуаціях. 8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки. Специфікації

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

1. Прес макаронний марки ПМ-75 (2 л.ф.А1)

2. Пресуючий вузол преса ПМ-75 (1 л.ф.А1)

3. Приймаючий вузол преса ПМ-75 (1 л.ф.А1)

4. Дослідження впливу конструкції шнека, фільтр та робочого тиску на процес екструзії тіста (6 л.ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мосій О.Б.– к.е.н., доц.		
Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І.– к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.		
Екологія	Зварич Н.М. – к.т.н., доц.		
Спеціальна частина	Вітенько Т.М. – д.т.н., проф.		
Нормоконтроль	Ворошук В.Я. – к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання “7” жовтня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.	20.10.19	
2	2. Технологічна частина.	30.10.19	
3	2.1. Вибір технологічної схеми і загальний опис технології виготовлення макаронів.	25.10.19	
4	2.2. Опис технологічної операції, яка виконується на макаронному пресі марки МП-75.	28.10.19	
5	2.3. Розроблення заходів з модернізації преса.	30.10.19	
6	2.4. Технологічний розрахунок макаронного преса.	30.10.19	
7	3. Конструктивна частина.	15.11.19	
8	4. Моделювання екструзії макаронного тіста.	05.12.19	
9	4.1. Постановка задачі моделювання процесу руху тіста в екструдері.	25.11.19	
10	4.2. Результати комп'ютерного моделювання пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75.	05.12.19	
11	5. Спеціальна частина.	25.10.19	
12	6. Обґрунтування економічної ефективності.	05.11.19	
13	7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	20.11.19	
14	8. Екологія.	25.11.19	
15	Загальні висновки.	10.12.19	
16	Графічна частина	10.12.19	
17	1. Прес макаронний марки ПМ-75 (2 л.ф.А1)	25.10.19	
18	2. Пресуючий вузол преса ПМ-75 (1 л.ф.А1)	01.11.19	
19	3. Приймаючий вузол преса ПМ-75 (1 л.ф.А1)	15.11.19	
20	4. Дослідження впливу конструкції шнека, фільтер та робочого тиску на процес екструзії тіста (6 л.ф.А1)	10.12.19	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ніщун О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Ворошук В.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

Реферат

Автор дипломної роботи: Ніщун Олександр Віталійович

Тема дипломної роботи: Модернізація макаронного преса марки ПМ-75 з дослідженням впливу конструкції шнека, фільтер та робочого тиску на процес екструзії тіста.

Роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2019 році

Дипломна робота складається з пояснювальної записки обсягом 109 сторінок (30 рисунків, 12 таблиць) та графічної частини з 10 креслень формату А1.

У дипломній роботі розроблено заходи з удосконалення конструкції фільтер та шнека шнекового марки ПМ-75, метою яких є забезпечення якіснішого формування макаронних виробів за менших енергозатрат.

При цьому виконуються наступні завдання:

аналіз сучасних конструкцій макаронних пресів та особливостей процесу формування макаронів;

розроблення заходів з модернізації макаронного преса марки ПМ-75;

вибір заходів з монтажу та експлуатації макаронного преса марки ПМ-75;

постановка задачі моделювання процесу руху тіста в екструдері;

проведення числових розрахункових експериментів;

аналіз результатів комп'ютерного моделювання пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75;

техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень.

Також в дипломній роботі здійснено розроблення питань з охорони праці, цивільної безпеки та екології.

Зміст

Завдання	
Реферат.....	4
Зміст.....	5
Вступ	7
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження	9
1.1. Огляд літературних джерел і аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень макаронних пресів	9
1.2. Теоретичний аналіз процесу екструзії макаронного тіста	23
1.3. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень, аналіз похибок експериментальних досліджень.....	28
1.4. Обґрунтування актуальності досліджень, формулювання мети та задач роботи з урахуванням світових тенденцій їх вирішення.	30
2. Технологічна частина	32
2.1. Вибір технологічної схеми і загальний опис технології виготовлення макаронів.....	32
2.2. Опис технологічної операції, яка виконується на макаронному пресі марки МП-75	33
2.3. Розроблення заходів з модернізації преса	34
2.4. Технологічний розрахунок макаронного преса	34
3. Конструктивна частина	35
3.1. Загальний опис конструкції макаронного преса ПМ-75, дії окремих його вузлів і машини в цілому.....	35
3.2. Кінематичний розрахунок макаронного преса	36
3.3. Конструкторський розрахунок пресуючого шнека	39
3.4. Розрахунок приводу подаючого вала	44
3.5. Особливості експлуатації і технічного обслуговування макаронного преса марки ПМ-75	52

3.5.1. Особливості ведення монтажних робіт макаронного преса марки ПМ-75.....	52
3.5.2. Заходи з експлуатації та технічного обслуговування шнекового макаронного преса марки ПМ-75.....	53
3.5.3 Характерні причини виходу з ладу макаронного преса марки ПМ-75	54
4. Моделювання екструзії макаронного тіста	56
4.1. Постановка задачі моделювання процесу руху тіста в екструдері.....	56
4.2. Результати комп'ютерного моделювання пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75.....	58
5. Спеціальна частина.....	67
6. Обґрунтування економічної ефективності	74
7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	84
7.1. Охорона праці.....	84
7.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	90
7.2.1. Визначення режиму радіаційного захисту	90
7.2.2. Протипожежна стійкість підприємства	95
8. Екологія.....	102
Загальні висновки	106
Перелік посилань	108
Додатки	
Додаток А	
Специфікації	

Вступ

Основними напрямками технічного прогресу в макаронній промисловості на даний момент часу є впровадження прогресивної технології, автоматизованих потокових ліній та високопродуктивних видів обладнання, що дозволить покращити якість продукції, підвищити продуктивність праці на виробництві, зменшити втрати сировини, покращити санітарно-гігієнічні умови роботи та підвищити загальну культуру виконання технологічних процесів. Одним із найбільш пріоритетних напрямків розвитку переробної промисловості є розробка та впровадження новітніх енергоощадних технологій, які б дозволили налагодити випуск досить широкого асортименту харчової продукції при порівняно невеликих енергетичних затратах. Особливого значення при цьому надається створенню надійних конструкцій нового технологічного обладнання і підвищенню надійності діючого.

В структурі виробничої бази вітчизняної макаронної промисловості на даний момент часу проходять якісні зміни внаслідок збільшення питомої ваги середніх та дрібних переробних підприємств, а також в результаті територіальної спеціалізації.

Ці два прогресивних напрямки в розвитку промисловості забезпечують швидкий технічний прогрес та високу організацію виробництва.

З розвитком біохімічних технологій і харчової інженерії актуальним залишається питання проектування обладнання, за допомогою якого можна було б якісно обробити продукт з мінімальними затратами енергії. Суттєво скоротити витрати на нові технічні рішення дозволяють методи моделювання.

Чим складніший об'єкт розглядається, тим важче побудувати його досить точну кількісну модель; Частково це обумовлено самою природою деяких процесів, що ускладнює їхній вибір, а частково тим, що дуже складні математичні моделі надмірно громіздкі і не мають практичної цінності.

Для того щоб вирішити, які чинники можна вважати несуттєвими в тому чи іншому випадку, необхідно добре розібратися в досліджуваній задачі.

У цьому випадку цінну допомогу можуть надати статистичні методи компактного представлення і обробки інформації. Крім того, великих успіхів можна добитися за допомогою існуючих в даний час методів обробки даних на електронних обчислювальних машинах.

Тому важливим завданням залишається пошук найбільш вдалого компромісного рішення стосовно досліджуваного процесу чи обладнання.

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження

1.1. Огляд літературних джерел і аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень макаронних пресів

Макаронні вироби — це продукти, які виготовляють висушуванням до 13% вологості і нижче тіста з макаронного борошна і води із збагачувачами або без них.

Макаронні вироби відносяться до основних продуктів харчування, і попит на них досить стабільний. Макаронні вироби є консервованим тістом з пшеничної муки спеціального помелу. Вони мають високу споживчу цінність, хорошу засвоюваність, швидко розварюються, добре перевозяться і зберігаються.

В результаті розвитку обчислювальних засобів, в даний час є можливість не тільки заздалегідь промодельовати потік тіста в каналі шнека на основі математичних моделей (для уточнення геометричних форм каналу і параметрів), але і формування управляючої, що управляє, на основі розрахованих параметрів [6]. Для оптимального управління необхідно розглядати процес, як систему з багатьох змінних, взаємодія яких повністю відома і може бути використана в системі управління. У загальному випадку, моделювання процесу екструзії утруднене різноманітним конструктивним оформленням екструдерів і різними властивостями сировини, але при відладці моделі на одному, адаптувати результати роботи для іншого буде простіше.

У роботі використовувалися припущення зроблені У. Дарнеллом і Е. Моллом [9], які першими провели всесторонній аналіз руху матеріалу в одношнекових екструдерах:

- окремі тверді частинки поводяться подібно до суцільного середовища;
- тверда пробка у контакті зі всією стінкою каналу, тобто поверхнею циліндра, тілом шнека, активною стороною нарізки і пасивною стороною

нарізки;

- глибина каналу постійна;
- тверда пробка рухається як поршень;
- зазором між виступом нарізки шнека і циліндром можна нехтувати.

Таблиця 1.1.

Технічна характеристика шнекових макаронних пресів

Показник	ЛПЛ– 2М	Б6– ЛПШ –500	Б6– ЛПШ –750	Б6– ЛПШ –1000	Б6– ЛПШ –1200	ВВР 140/4	«Дем ако»
Продуктивність преса, кг/год	375	500	750	1000	1200	1800	1200
Максимальна тривалість замісу, год	0,16	0,32	0,32	0,32	0,3	0,16	–
Максимальний робочий тиск, МПа	7	9	12	12	12	20	–
Витрата води, л/год на заміс тіста	90	130	200	260	312	472	318
на охолодження пресуючого корпусу	110	150	225	300	360	540	360
Сумарна встановлена потужність, кВт	22,4	30,7	47,6	57,6	63,88	144,9	47

В макаронній галузі знаходяться в експлуатації шнекові преси різної модифікації вітчизняної конструкції, з них прес ЛПЛ–2М є найпоширенішим. Це однокамерний прес, одношнековий, з пресуючою головкою для круглих матриць, з вакуумуванням тіста в шнековому каналі. Основними недоліками преса є мала тривалість замісу і відсутність ефективного вакуумування, що не дозволяє одержувати на них макаронні вироби із спеціальної борошна.

Преси серії Б6–ЛПШ продуктивністю 500, 750 і 1000 кг/год готових виробів мають високу продуктивність і позбавлені конструктивних недоліків попередніх пресів. В пресах Б6–ЛПШ встановлені трикамерні тістоміси і

двохшвидкісні пресуючі лещата. Тісто вакуумувалося в одній із закритих камер тістоміса. В пресах можна встановлювати різні пресуючі головки для круглих або прямокутних матриць, що дозволяє включати ці преси до складу автоматичних і комплексно-механізованих ліній.

Окрім перерахованих пресів вітчизняної конструкції, на підприємствах знаходяться в експлуатації шнекові макаронні преси різних зарубіжних фірм.

Макаронні преси італійської фірми "Брайбанті":

– "Мабра–л" має чотирикамерний тістоміс, два шнеки з пресуючими головками для прямокутних матриць, вакуумування в останній камері. Прес встановлений в лінії для виробництва довгих виробів продуктивністю 415 кг/год;

– "Кибра–Л" має трикамерний тістоміс з вакуумуванням в останній, два шнеки з пресуючими головками для прямокутних матриць. Прес встановлений в лінії для виробництва довгих виробів продуктивністю 1000 кг/год;

– "Кобра–Л" має трикамерний тістоміс з вакуумуванням в останній, два шнеки з пресуючими головками для круглих матриць. Прес встановлений в лінії для виробництва коротких виробів продуктивністю до 600 кг/год;

– "Кобра–800 Ч" має відцентровий борошнозволочувач і двокамерний тістоміс з вакуумуванням в останній, два шнеки з пресуючими головками для круглих матриць. Прес встановлений в лінії для виробництва коротких виробів продуктивністю 1000 кг/год.

Макаронний прес французької фірми "Бассано" BBR–140/4 встановлений в автоматичній лінії для виробництва довгих виробів продуктивністю 1800 кг/год. Прес має відцентровий зволожувач борошна, двокамерний тістоміс і чотири шнеки з пресуючими головками для прямокутних матриць.

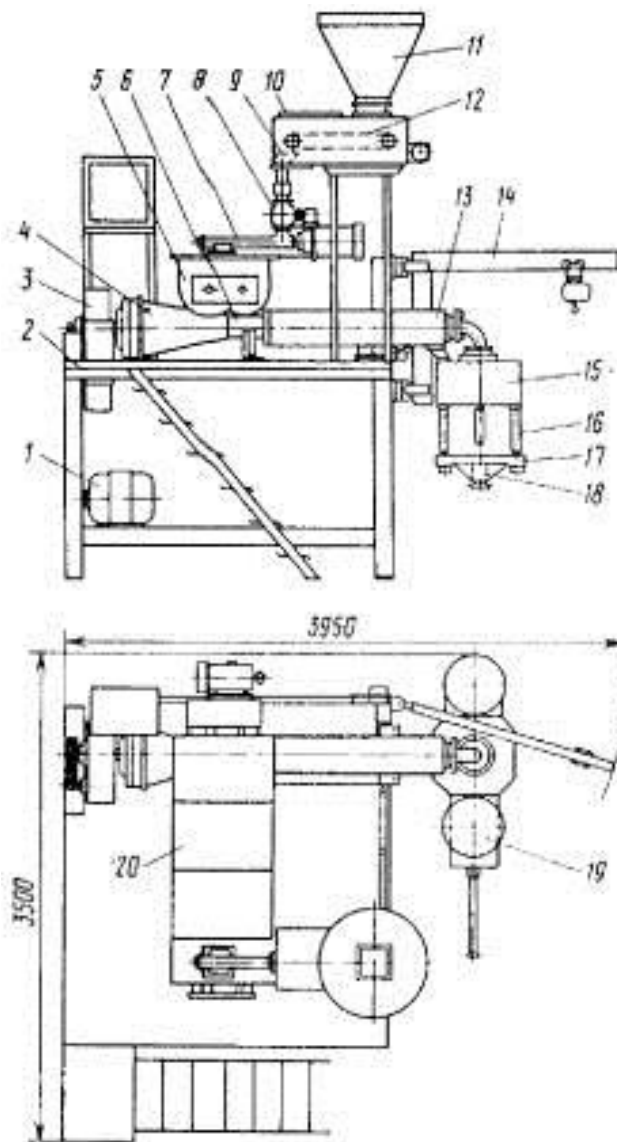


Рис. 1.1. Прес "Демако":

1 – електродвигун; 2 – станина; 3 – редуктор; 4 – корпус; 5 – тістоміс; 6 – пресуюче пристрій; 7 – борошнозволожувач; 8 – живильник; 9 – воронка; 10 – пристрій дозування; 11 – бункер; 12 – конвейєр; 13 – водяна сорочка; 14 – кронштейн; 15 – механізм різання; 16 – гвинт; 17 – плита; 18 – штанга; 19 – матриця; 20 – стулки.

Макаронний прес фірми "Демако" (США) встановлений і комплексно-механізованої лінії для виробництва коротких виробів продуктивністю 1200 кг/год. Прес має відцентровий зволожувач борошна, двокамерний тістоміс, один шнек з пресуючою головкою для круглої матриці.

Прес фірми "Демако" (США) призначений для виробництва коротких макаронних виробів (рис. 1.1). Основними вузлами преса є пристрій дозування 10, тістоміс 5, пресуюче пристрій 6, механізм різання 15, вакуумна установка. Всі складальні одиниці встановлені на загальній станині 2.

Пристрій дозування є спеціальним стрічковим конвейєром 12 в металевому корпусі. У верхню частину корпусу з виробничого бункера 11 подається борошно, яке за допомогою конвейєра прямує в завантажувальну воронку 9 роторного живильника 8, потім у відцентровий борошнозволожувач 7. Туди ж подається і вода. Корпус зволожувача має циліндрову форму з вхідним і вихідним отворами, одне передбачене для завантаження борошна, друге за допомогою спеціального патрубку з'єднується з однокамерним тістомісом. У середині корпусу розміщений вал з лопатками, що забезпечує інтенсивне змішування компонентів за короткий проміжок часу. Частота обертання валу 1200 об/мин.

Пресуючий пристрій складається з циліндрового корпусу, усередині якого вставлена хромована гільза. Діаметр пресуючого шнека 152,4 мм. При роботі преса зазор між шнеком і гільзою не повинен перевищувати 2,0 мм. У разі його перевищення замінюють тільки хромовану гільзу.

Циліндричний корпус має водяну сорочку 13, по якій циркулює охолоджуюча вода. Її температура на виході не перевищує 32°C. На кінцях корпусу є два фланця: один – для під'єднання до корпусу 4, в якому розташований вузол наполегливого підшипника, що працює в "масляній ванні"; другий – для пресуючої головки, в якій встановлюють одну круглу матрицю. Матриця 19 встановлюється на знімній плиті 17, сполученої з верхньою частиною головки двома гвинтами 16. Центр матриці спирається на штангу 18, сполучену з гвинтами через опорну плиту матриці. Під матрицею на центральному стрижні вмонтовують ніж, що обертається. Частота його обертання регулюється варіатором швидкості. Установка матриці на опорну плиту здійснюється за допомогою підйомника, укріпленого на поворотному кронштейні 14.

Привід пресуючого шнека здійснюється за допомогою електродвигуна 1 потужністю 30 кВт, клинопасової передачі і редуктора 3.

Однією з відмітних особливостей преса є металевий фільтр, що використовується для запобігання попадання сторонніх предметів на матрицю. Він встановлюється між фланцями циліндрового корпусу і пресуючої головки. Всі вузли преса, дотичні з продуктом, виготовлені з неіржавіючої сталі.

Прес ВВП 140/4 складається з наступних основних вузлів: дозуючої системи 1, відцентрового борошнозволожувача 2, двокамерного тістоміса 3 і 4, чотирьох шнеків 5 з індивідуальними опорними блоками 6 і з привідним механізмом 7, одного загального тубуса 10, пристрої для обдування макаронних пасм (рис. 1.2). Всі перераховані вузли закріплені на станині 8 преса, має майданчик для обслуговування.

Дозуюча система є двома окремими місткостями циліндрової форми, встановлені на відцентровому борошнозволожувачі. Усередині кожної обертається ротор з чотирма кишнями. Частота обертання роторів регулюється за допомогою механізму хропіння від одного варіатора, що дозволяє змінювати пропорцію води і борошна і зберігати це відношення при рівномірному надходженні борошна. Максимальна продуктивність дозатора води 600 л/год.

Для виключення прилипання борошна дозатор виготовлений з неіржавіючої сталі, внутрішня поверхня полірована, армована тефлоном. Водяна турбіна також з неіржавіючої сталі і армована тефлоном для запобігання утворення на її поверхні шару осаду води (солей кальцію і ін.).

Між дозатором і першим тістомісом встановлений вакуумний відцентровий борошнозволожувач, в якому за короткий час досягається рівномірне зволоження борошна. Відцентровий борошнозволожувач, складається із сталевий труби завдовжки 600 мм із стінками завтовшки 8,5 мм з внутрішнім діаметром 233 мм. Усередині труби розташований вал діаметром 100 мм, на якому під кутом 45° до осі валу через крок 40 мм встановлено 26 штампованих, лопаток. Для очищення стінок торців борошнозволожувача від налиплого тіста на кінцях валу є ножі.

Вал виготовлений з неіржавіючої сталі, лопатки – з твердої хромової сталі. Обертання валу з частотою 940 об/хв здійснюється від електродвигуна потужністю 7,3 кВт.

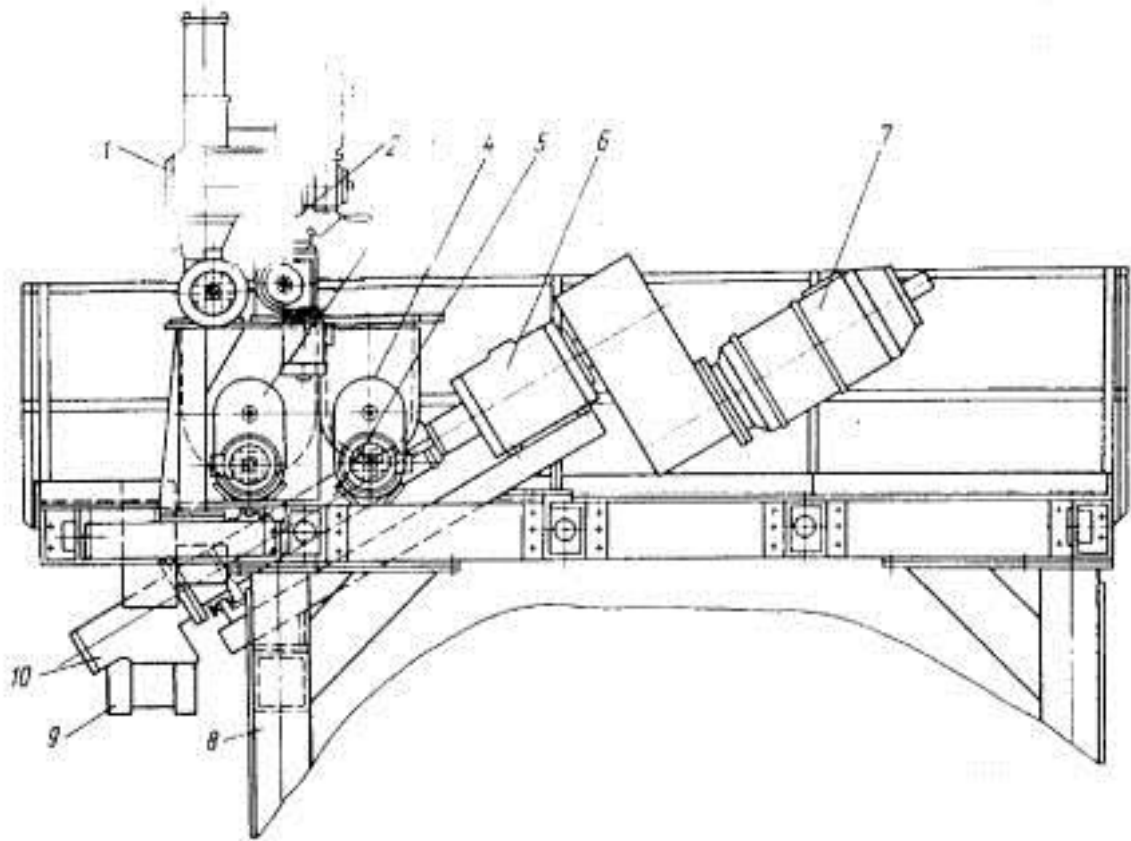


Рис. 1.2. Прес BBR 140/4:

1 – дозуючі системи; 2 – борошнозволожувач; 3, 4 – двокамерний тістоміс; 5 – шнек; 6 – опорний блок; 7 – привідний механізм; 8 – станина; 9 – пристрій для обдування; 10 – тубус .

З відцентрового борошнозволожувача тісто поступає в першу камеру тістоміса місткістю 1,05 м³, яка працює під вакуумом і призначена для однорідного перемішування борошна і води і запобігання утворення злитків тіста. Камера виготовлена з листової неіржавіючої сталі завтовшки 4 мм, всередині встановлений вал діаметром 100 мм, на якому закріплені штамповані лопатки мішалок з неіржавіючої сталі, армовані тефлоном.

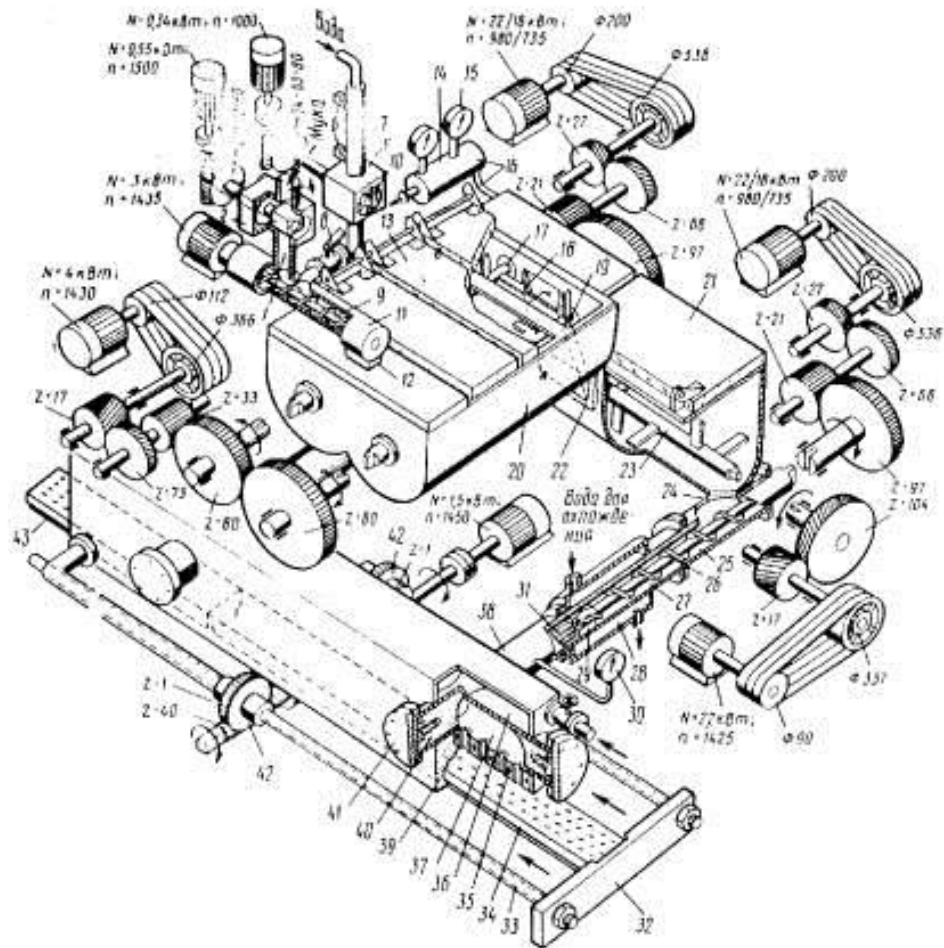


Рис. 1.3. Прес Б6–ЛПШ–1200:

1, 4, 12, 22, 38 – патрубки; 2 – корпус дозатора борошна; 3, 10 – ротор; 5 – корпус дозатора води; 6 – датчики рівнів; 7, 16, 37 – труби; 8 – вентиль; 9, 26 – тиски; 11 – борошнозволожувач; 13, 21 – кришки; 14 – фільтр; 15, 30 – манометри; 17, 19, 23 – вали тестомісилок; 18 – лопатка; 20 – камера тістоміса; 24 – отвір в пресуючому корпусі; 25, 27 – секції пресуючого корпусу; 28 – водяна сорочка; 29 – тризахідна насадка; 31 – канавка; 32 – рейка; 33 – гвинт; 34, 43 – матриці; 35 – колектор; 36 – масляна ванна; 39 – матрицетримач; 40 – запобіжник; 41 – тубус; 42 – зубчате колесо.

Обертання валу з частотою 50 об/хв здійснюється через редуктор від електродвигуна потужністю 7,3 кВт. У верхній частині камера закрита двома кришками з плексигласу завтовшки 40 мм, які забезпечені гумовими

прокладками для підтримки необхідного вакууму. В частинах торців камери, в місцях знаходження валу, встановлені пластмасові кільця, що забезпечують необхідну герметизацію місткості.

З першої камери тістоміса через вікно розміром 150x150 мм, розташоване в кінці місткості, збоку, тісто самоплив переходить в другу камеру місткістю 0,7 м³, в якій проводяться остаточний заміс, пластикація і розподіл тіста по шнекових каналах. До другої камери приєднаний вакуум-насос, що створює в системі залишковий тиск не менше 20 кПа.

Вузол формування тіста включає чотири циліндрові шнекових канали, що мають нахил 30°, що забезпечує вільний рух пневматичного перекладальника, розташованого під пресом. Кожний шнековий канал по всій довжині має зовнішню сорочку, і якій постійно циркулює водопровідна вода. Задня частина шнекового каналу сполучена з опорним блоком (занурений у ванну з рідким мастилом), що дозволяє витримувати постійне осьове навантаження шнека в процесі його роботи.

Шнеки, кожний діаметром 140 мм, завдовжки 1500 мм і з кроком витка 80 мм, виготовлені з хромованої сталі і армовані тефлоном. На кінці шнеків встановлені треизахідні насадки. Обертання шнека здійснюється від електродвигуна потужністю 28 кВт, з частотою обертання 2200 об/хв через редуктор і варіатор швидкості. Частота обертання шнека регулюється в межах 12 – 40 об/хв.

Прес Б6–ЛПШ–1200 складається з наступних основних вузлів: пристрою дозування, відцентрового борошнозволожувача, двокамерного тістоміса, двох пресуючих корпусів і тубуса. Всі складальні одиниці преса встановлені на майданчику для обслуговування на висоті 3390 мм від підлоги.

Прес укомплектований набором прямокутних матриць, водокільцевим вакуумом-насосом із спеціальним фільтром, системою трубопроводів і електроарматурою з пультом управління. Контроль за ходом технологічного процесу здійснюється за допомогою амперметрів, вакуумметрів і манометрів.

Пристрій (рис. 1.3) дозування виконаний у вигляді двох індивідуальних живильників роторного типу, кожний з яких забезпечений приводом, що складається з електродвигуна і черв'ячного редуктора. Корпус дозатора 2 борошна має два отвори із сполучними патрубками 4 і 1 у верхній і нижній частинах для надходження і для виходу борошна. Усередині корпусу розташований чотирьохкишеньковий ротор 3 спеціальні профілі.

Дозатор води розміщений паралельно дозатору борошна і є корпусом 5 прямокутної форми, на якому встановлена циліндрова труба 7 з прозорого матеріалу. У верхній і нижній частинах її укріплені датчики 6, обмежуючі верхній і нижній рівні поступаючої води. За допомогою чотирьохкишенькового роторного живильника 10 вода прямує по матеріалопроводу у відцентровий борошнозволожувач 11. Регулювання кількості поступаючої води на заміс тіста здійснюється за допомогою вентиля 8, встановленого на матеріалопроводі.

Конструкція пристрою дозування забезпечує необхідну герметизацію в системі під час вступу компонентів в тістоміс преса, що дозволяє замішувати тісто при залишковому тиску повітря не менше 20 кПа.

Відцентровий борошнозволожувач 11 встановлений над камерою верхнього тістоміса 20. Він є циліндровою трубою завдовжки 750 мм, що має на протилежних кінцях два сполучних патрубка 1 і 12. Усередині труби розташований однозахідний шнек 9, один кінець якого за допомогою спеціальної сполучної муфти сполучений з валом електродвигуна, що забезпечує обертання шнека з частотою 1435 об/хв. Така частота обертання шнека дозволяє змішувати компоненти за короткий проміжок часу.

Тістоміс преса двокамерний. Верхня камера 20 завдовжки 1700 і шириною 800 мм виготовлена з листової неіржавіючої сталі. Усередині камери встановлено паралельно два вали 17 і 19 з укріпленими на ньому лопатками мішалок 18. Обертання валів з частотою 42 об/хв здійснюється від індивідуального приводу, що включає електродвигун з клинопасовою передачею і системою зубчатих циліндрових коліс. В приводному пристрої передбачено блокування для відключення валів мішалок в процесі їх роботи.

Зверху тістоміс закритий трьохсекційною поворотною кришкою 13 з органічного скла, яка забезпечує необхідну герметизацію усередині камери і одночасно дозволяє проводити візуальний контроль за процесом замісу тіста. В одній із стінок торців камери є крізний отвір, сполучений патрубком 22 з отвором в другій нижній камері тістоміса. Ця камера розташована перпендикулярно першою і також закрита двохсекційною поворотною кришкою 27 з органічного скла. До стінки торця другої камери кріпиться труба 16, сполучена з фільтром 14, через який вакуумом-насосом відкачується пароповітряна суміш, що утворюється в процесі замісу тіста. На корпусі фільтру встановлені манометри 15 для візуальною контролю за вакуумуванням тіста. Усередині камери встановлений вал 23 з лопатками, які закріплені симетрично і під певним кутом, що дозволяє рівномірно розподіляти поступаюче тісто на два протилежно направлених потоку від центру до отворів в пресуючих корпусах.

Обертання валу мішалки другої камери з частотою 62 об/хв здійснюється від електродвигуна з клинопасовою передачею і одноступінчатого циліндрового редуктора

Два пресуючі корпуси встановлено під другою камерою з протилежних сторін і перпендикулярно осі валу мішалки. В місцях з'єднання камери і пресуючих корпусів є крізні отвори 24 для надходження тестових потоків. Пресуючий корпус є циліндровою трубою, складеною послідовно з двох секцій 25 і 27 завдовжки 810 і 1170 мм Секції мають по два фланці па кінцях: два для кріплення секцій між собою і два крайніх для кріплення корпусу редуктора пресуючого пристрою і тубуса. Друга секція пресуючого корпусу забезпечена водяною сорочкою 28, є циліндром діаметром 220 мм з двома патрубками для подачі і зливу води, що охолоджує зовнішню поверхню пресуючого корпусу в зоні найбільшого тиску. По всій довжині пресуючого корпусу на його внутрішній поверхні знаходяться аксіальний розташовані канавки 31, запобігаючі провертанню тіста щодо внутрішніх стінок корпусу при обертанні шнека. Усередині корпусу встановлений однозахідний шнек 26 завдовжки 1955,

діаметром 140 мм, з кроком гвинта 90 мм На кінці шнека закріплена тризахідна насадка 29, забезпечуюча рівномірність надходження тестового потоку по перетину каналу.

Тубус 41 є зварною конструкцією, що складається з труби 37 діаметром 130 мм, двох сполучних патрубків 38 діаметром 148 мм, колектора 35 і матрицетримача 39. Колектор складається з 20 бронзових втулок з внутрішнім діаметром 22 мм, призначені для рівномірного розподілу тестового потоку по довжині матриць. В корпус тубуса вбудована масляна ванна 36 з електронагрівачами потужністю 3,2 кВт для короткочасного підігріву тіста в період пуску. В корпусі тубуса встановлений механічний запобіжник 40, що спрацьовує при тиску тіста 16 МПа. Візуальний контроль тиску формування здійснюється за допомогою манометрів 30, вбудованих в сполучні патрубки.

Матрицетримач призначений для установки встик двох прямокутних матриць завдовжки по 955 мм і обладнаний механізмом для зміни їх. Привід механізму здійснюється від електродвигуна і двох черв'ячних редукторів, закріплених з двох сторін щодо тубуса.

Заміна матриць проводиться шляхом виштовхуванні. Для цього нову матрицю 34 одним кінцем встановлюють на опорні площини матрицетримача 39 в торець матриці, яку необхідно замінити, інший кінець матриці упирається в рейку 32. Після цього включають електродвигун, і два зубчаті колеса 42 при обертанні повідомляють поступальний рух двом гвинтам 33, які пересувають закріплену з ними рейку. При цьому встановлювана матриця рухає обидві матриці, що знаходяться в матрицетримачі, виштовхує з камери першу 43 і встановлюється на місце другої. Заміна другої матриці проводиться аналогічно.

Принцип роботи. Аналогічний принципу роботи інших пресів Б6–ЛПШ. Особливістю преса Б6–ЛПШ–1200 є механічна обробка тіста з видаленням повітряних включень (вакуумування) в процесі замісу. Це дозволяє одержувати макаронне тісто більш щільної структури і висушені вироби у зв'язку з цим підвищеної міцності. Витрата води на заміс тіста складає 312 л/год, па охолодження пресуючого корпусу – 360 л/год.

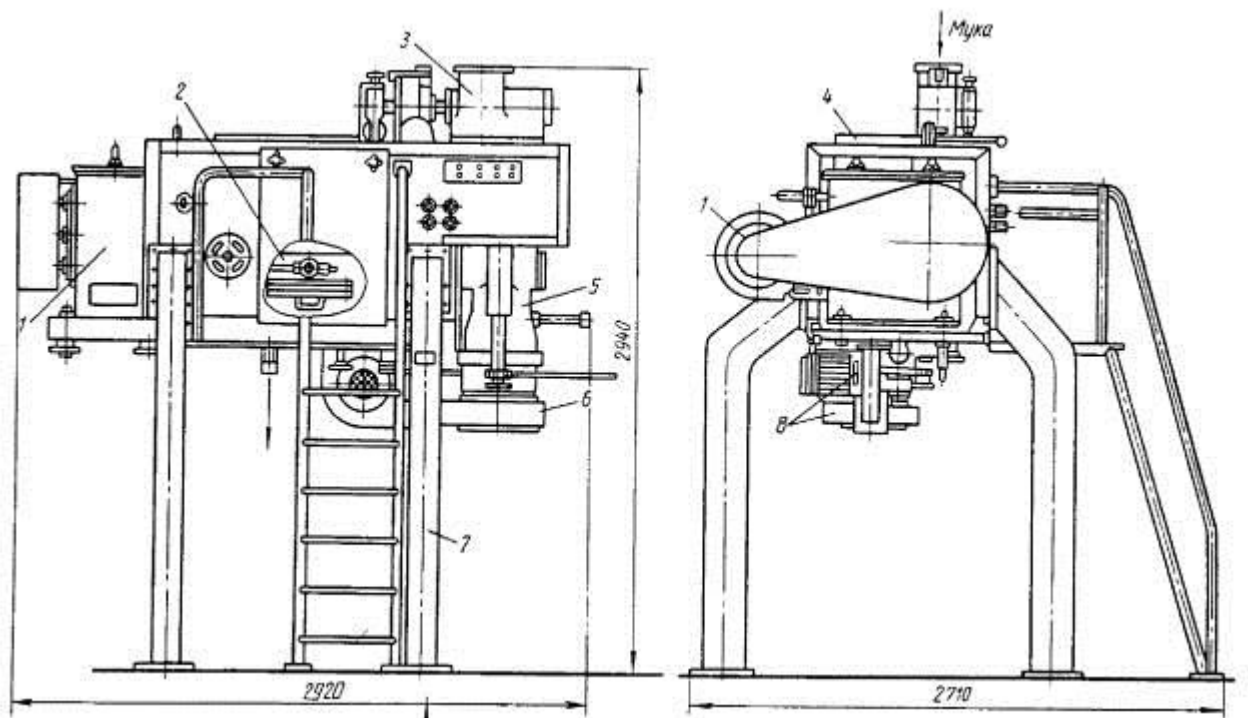


Рис. 1.4. Прес ЛПЛ–2М:

1 – привід; 2 – пресуючий корпус; 3 – пристрій дозування; 4 – тістоміс; 5 – пресуюча головка; 6 – обдувочний пристрій; 7 – станина; 8 – механізм різання

Шнековий макаронний прес ЛПЛ–2М (рис. 1.4) складається з наступних основних вузлів: пристрою дозування 3, тістоміса 4, вузла приводу 7, пресуючого корпусу 2, пресуючої головки 5, обдувочного пристрою 6 і системи трубопроводів, механізму різання 8, встановлених на станині 7 преса. З пресом комплектується вакуумна система.

Принцип роботи. Борошно самопливом безперервно з бункера поступає в дозатор, з якого шнеком, що обертається, подається в корито тістоміса. Одночасно підігріта вода температурою 40 – 60°C з дозатора по трубі поступає в тістоміс туди, де подається борошно. Залежно від вогкості борошна витрата води складає 80 – 90 л/год. Витрата води на охолодження пресуючого

корпусу 110 л/год. При нормальній роботі преса тісто повинне заповнювати 2/3 об'єму корита і мати невеликий ухил у напрямку до вихідного отвору.

Необхідний рівень заповнення корита тістом досягається регулюванням нахилу площини кінців лопаток до осі валу, які відкидають певну частину грудочок тіста в напрямі від вихідного отвору до дозаторів. Відкидання тіста у зворотному напрямі в оптимальних розмірах необхідне для забезпечення нормальної циркуляції тіста, що подовжує час його знаходження в кориті до 10 мін і сприяє набуханням клейковини і кращому опрацюванню тіста лопатками і пальцями.

Замішена у вигляді грудочок і крупинок тістоподібна маса з корита змішувача через отвір в нижній частині прямує в пресуючий корпус. При цьому, регулюючи заслінкою розмір вихідного отвору, можна змінювати кількість тіста, що подається в пресуючий корпус, і тим самим змінювати продуктивність преса.

В пресуючому корпусі тісто, просуваючись, обтікає шайбу на шнеку і поступає в перепускний канал, де з нього через вакуум–клапан віддаляються повітря і пари води. Залишковий тиск повітря в пресуючому корпусі складає 10 кПа. З перепускного каналу тісто проходить крізь ґрати в пресуючий корпус, захоплюється витками шнека, нагнітається в головку і потім продавлюється через формуючі отвори матриці.

Відформовані макаронні вироби, що виходять з матриці, проходять обдувочний пристрій, при цьому вони мають температуру, рівну температурі пресованого тіста. Для сучасних шнекових макаронних пресів вона складає 45 – 50 °С. В пресовому відділенні значно менша температура навколишнього повітря, в результаті для виробів, що виходять з матриці, створюється температурний перепад, величина якого залежить від різниці температур пресування і навколишнього середовища. Чим більше ця різниця, тим вище температурний перепад і, отже, більш інтенсивне випаровування вологи з поверхні виробу. Цей процес відбувається до тих пір, поки температура виробу і навколишнього середовища не вирівняється, після чого на поверхні виробу

виникає захисна скориночка, яка перешкоджає злипанню виробів в процесі їх подальшої розкладки і сушки.

При виготовленні довгих макаронних виробів in матриці пасма, що виходять, приймаються на спеціальний стіл, розкладаються в касети, ріжуться і в касетах транспортуються в сушильні камери.

Короткі вироби поступають насипом до сушильних установок.

1.2. Теоретичний аналіз процесу екструзії макаронного тіста

На сучасних макаронних підприємствах ущільнення макаронного тіста і формування з нього сирих виробів здійснюють на шнекових пресах. Основний робочий орган пресуючого пристрою — шнек. При його обертанні сипка маса тіста переміщається до пресової головки. Матриця, встановлена в нижній частині пресової головки, пропускає 10...20 % маси тіста, що нагнітається до неї шнеком. Внаслідок цього в головці і в шнековій камері виникає протитиск і тісто ущільнюється та перетворюється на зв'язану щільну тістову масу. У такому вигляді тісто продавлюється через отвори матриці у вигляді пасм відформованих сирих макаронних виробів.

Фундаментальні дослідження складних явищ, що відбуваються при русі макаронного тіста в шнековій камері і каналах матриці, на яких базується сучасна теорія пресування макаронного тіста, були проведені С.С. Лук'яновим, Н.І. Назаровим, Ю.А. Мачихиним, Б.М. Азаровим, М. Н. Караваєвим.

При розгляді процесу переміщення і пресування макаронного тіста в шнековій камері прийнято розрізняти чотири зони, представлені на рисунку 3.1: I - прийом і транспортування тіста, II - пресування (ущільнення), III - переміщення спресованого тіста по витках шнека, IV - нагнітання спресованого тіста по циліндровому каналу труби шнека і пресовій головці, подача його до матриці і випресовування через отвори матриці, що формують.

Такий слід вважати за умовний. Він базується на тому, що в різних зонах виконуються різні операції. Проте ці зони не є розмежованими елементами,

оскільки вони утворюють для тіста єдиний безперервний шлях за міжвитковим обсягом шнека і каналом пресової головки.

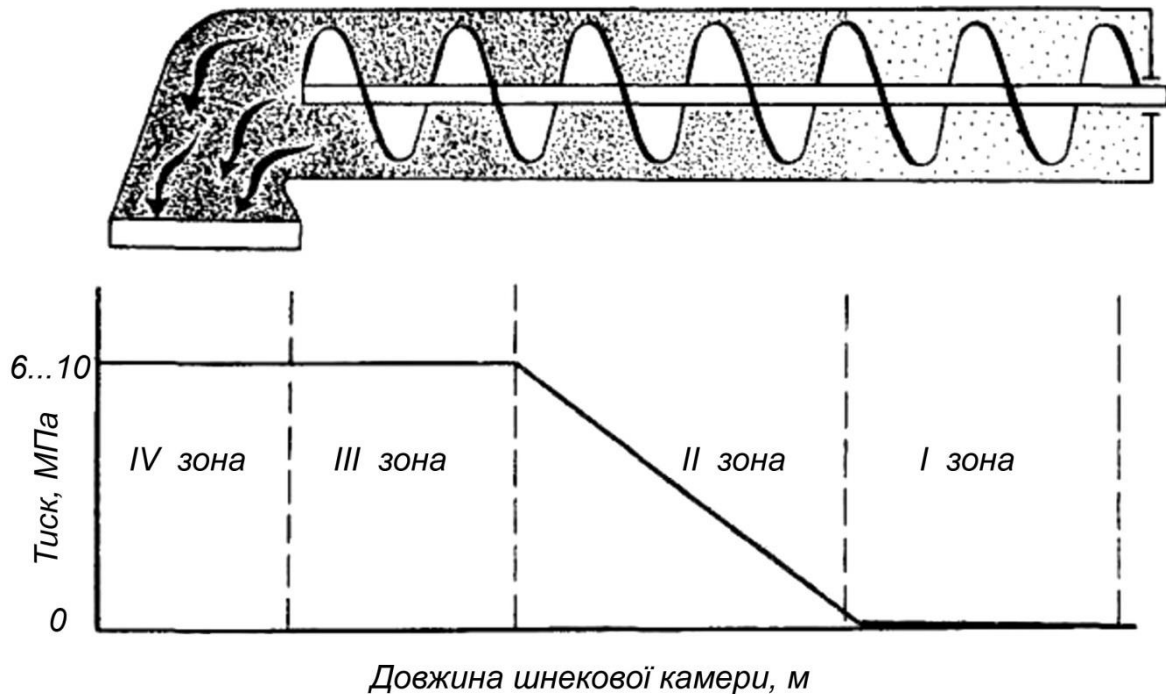


Рис. 1.5. Поділ пресуючого пристрою шнекового преса на зони

У приймальну зону I тісто у вигляді сипкої, крошкуватої маси і не повністю покриває поверхню витків шнека і шнекової камери. Процес переміщення в I зоні обумовлений ступенем заповнення тістом об'єму гвинтової порожнини і характеризується відсутністю тиску і в основному незмінною об'ємною масою комкоподібного і крошкоподібного тіста. У цій зоні тістова маса переміщається вільно і її частинки не зв'язані одна з іншою. Кінцем приймальної зони вважається та частина шнекової камери, де починається ущільнення тіста і здійснюється наростання тиску.

У II зоні на відміну від I тістова маса ущільнюється, і ступінь зв'язаності частинок збільшується. Спочатку заповнюється вільний міжвитковий простір шнека, а потім тісто ущільнюється за рахунок зменшення проміжків між частинками і витіснення значної кількості повітря. При цьому збільшуються число і поверхня контактів між частинками тіста. Далі відбувається пластична

деформація самих частинок, яка до зближення внутрішніх поверхонь, склеювання частинок одна з одною нитками клейковини і плівками. Після цього такий момент, коли злипання окремих частинок в безперервну зв'язану масу тісто перестає поводитися, як сипка маса, і починає чинити опір переміщенню, як ціле в'язкопластичне тіло.

Частинки тіста під впливом гвинтової поверхні шнека, що обертається, отримують два рухи: поступальний, осі шнека, і обертальний, навколо осі шнека. Внаслідок цього в цій зоні шнекової камери процес переміщення характеризується тим, що тістова маса постійно змінює напрям руху, в результаті поверхня її весь час оновлюється - спостерігається турбулентний характер руху тіста, що інтенсивним перемішуванням тіста, рівномірним розподіленням вологи в його масі.

У II зоні в результаті поступового стискування і максимального ущільнення тіста забезпечується зростання тиску від нуля до величини тиску пресування. Зі зростанням тиску тістової маси збільшується сила зчеплення частинок між собою (міцність когезії) і з поверхнями шнека і шнекової камери (міцність адгезії).

У II зоні одночасно з шнеком починає обертатися і тістова маса: вона здійснює обертально-поступальний рух, а не тільки поступальний, як в I зоні.

В кінці II зони тісто, уповільнюючи рух, щільно заповнює об'єм гвинтової порожнини шнека. Тістова маса спресовується (ущільнюється), і, отже, збільшується об'ємна маса тіста. У цій зоні окрім основної операції пресування шнек шляхом інтенсивного перемішування продовжує процес замісу - проминку тіста. Одночасний заміс і пресування сприяють ущільненню, але і пластифікації тіста.

Процес переміщення і пресування характеризується ще і тим, що безпосередньо дотичні внутрішні шари тіста мають різні швидкості, внаслідок чого між ними виникає . Тому перемішувачого ефекту виникає ще і внутрішнє тертя, яке до майже пластифікації частинок.

Тісто, ущільнене в II зоні, переміщається в III зону і під дією тиску

підтримується в такому стані. Спресована маса тіста, як і в II зоні, здійснює обертально-поступальний рух з відносним пошаровим переміщенням частинок.

Процес переміщення тіста в III зоні відбувається при повному і щільному заповненні гвинтової порожнини шнека тістовою масою, об'ємна маса якої залишається незмінною.

До кінця III зони тісто набуває суцільної однорідної структури, чому сприяє процес проминки тіста, що здійснюється в цій зоні. При цьому в результаті тертя внутрішніх шарів тіста між собою і тертя тіста про поверхню шнека і шнекової камери відбувається розігрівання тістової маси, внаслідок чого збільшуються її пластичність і текучість.

В кінці III зони (останній виток шнека) спресована маса тіста виходить гвинтової порожнини шнека і в IV зону у вигляді закрученого пульсуючого потоку. Виходячи зі шнека з неоднаковою осьовою швидкістю, тісто долає силу тиску в пресовій головці, входить до неї і розподіляється по її перетину. Рух тіста в конусному каналі пресової головки відбувається з неоднаковою швидкістю, оскільки шари, прилеглі до стінок каналу, рухаються повільніше, ніж шари в центрі. Тому тістова маса при виході з шнека перш за все поступає в центр потоку, що до нерівномірного, параболічного розподілу тиску по перетину пресової головки і, отже, нерівномірного тиску тіста за площею матриці.

Основна складність управління технологічним процесом екструзії полягає в його незворотності: система керування не може вплинути на вироблений матеріал, що вийшов з профілюючого елемента. У цих умовах особливе значення має вдосконалення технічних засобів автоматизації і алгоритмів управління технологічним процесом [13].

В більшості випадків, якість кінцевого продукту в екструзії залежить від процесів плавлення (при наявності теплового оброблення), течіння і зсуву сировини [14]. Вдосконалення обладнання проводиться або за допомогою попереднього моделювання, або за допомогою експериментального обладнання, яке надає можливість візуалізації потоку. Це вимагає великих часу

і . При цьому управління екструзією зазвичай складається з розрізнених локальних регуляторів, які не взаємодіють один з іншим. Навіть при зведенні всіх параметрів в єдиний модуль, наприклад, промисловий комп'ютер, функціональна схема системи практично не змінюється [12]. У результаті, якість продукції досягається в результаті експериментального підбору коефіцієнтів і завдань регуляторів. У випадку з промисловим комп'ютером зміна даних параметрів автоматизується, але не досягається якісно новий рівень управління.

Через те, що при вимірюванні температури тіста вимірюється не в шнеку, а в безпосередній близькості від нього, значення температури відрізняється від дійсної температури в каналі. Якщо ідентифікувати окремо узятий контур регулювання температури, то об'єкт виглядатиме як аперіодична ланка першого порядку із запізнюванням, проте для формування управляючої дії, необхідно враховувати взаємозв'язок даного контура управління з іншими вузлами лінії. До параметрів, по яких можна оперативнo оцінювати стан технологічного процесу, можна віднести тиск в зоні екструзії і навантаження приводу шнека, якщо розглядати серійні екструдери.

В результаті розвитку обчислювальних засобів, в даний час є можливість не тільки заздалегідь промоделювати потік тіста в каналі шнека на основі математичних моделей (для уточнення геометричних форм каналу і параметрів), але і формування управляючої, що управляє, на основі розрахованих параметрів [11]. Для оптимального управління необхідно розглядати процес, як систему з багатьох змінних, взаємодія яких повністю відома і може бути використана в системі управління. У загальному випадку, моделювання процесу екструзії утруднене різноманітним конструктивним оформленням екструдерів і різними властивостями сировини, але при відладці моделі на одному , адаптувати результати роботи для іншого буде простіше.

Для моделювання процесів в одношнековому екструдері повинні враховуватися наступні особливості:

- модель має бути динамічною;

- необхідне моделювання фазового переходу екструдату з твердого в рідкий стан;
- потрібне моделювання потоку неньютонівської рідини;
- необхідно враховувати нелінійну залежність в'язкості тіста від температури.

1.3. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень, аналіз похибок експериментальних досліджень.

При визначенні маси дозованих компонентів і їх характеристик і відібраних проб керувались наступною нормативною документацією: ГОСТ 24104-88 “Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия” [1]; ГОСТ 29329-92 “Весы для статического взвешивания. Общие технические требования” [2]; зважування здійснювалось за допомогою лабораторних терезів CAS MWP-3000H; вміст вологи визначали за ГОСТ 3626-73 [3],.

Для вимірювання температури було застосовано метод контактного вимірювання температури за допомогою хромель-копелевих термопар ХК (L) - 50÷0÷800 С, підключених до цифрового показуючого потенціометра. При дослідженнях температури в потоці робочої суміші термопари встановлювались у відповідні технологічні отвори.

Технічні параметри хромель-копелевих термопар нормуються ГОСТ 6616-94 “Перетворювачі термоелектричні. Загальні технічні вимоги” [4].

Вимірювання вакууму при обробці робочої суміші здійснювалось шляхом механічної вакуумметрії за допомогою мановакуумметра з верхньою межею вимірювань надлишкового тиску 500 кПа класу точності 1: ДА 1001-500 кПа-1 ТУ ГОСТ 2405-88 [5]. Мановакуумметр сполучався з робочою камерою дослідної установки через отвір з різьбою, влаштований в кришці робочої камери.

Статистична обробка результатів. При оцінюванні отриманих експериментальних даних застосовувались методики математичної статистики [5]. При цьому визначали:

середнє арифметичне значення вимірюваної величини:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

де X_i – одиничне значення експериментального вимірювання;

n – кількість вимірювань.

абсолютне відхилення від середньої величини:

$$\Delta X = \bar{X} - X_i$$

дисперсію:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [\bar{X} - X_i]^2}{n-1}$$

середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{S} = \sqrt{S^2}$$

середня квадратична похибка середнього арифметичного значення:

$$S_{\bar{X}} = \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}}$$

точність визначення:

$$E_{\alpha} = t_{\alpha, f} \cdot S_{\bar{X}},$$

де $t_{\alpha, f}$ – коефіцієнт Стюдента, що визначається з таблиць при заданій довірчій вірогідності (надійності) $\alpha = 0,95$ і при числі ступеней свободи $f = n-1$.

довірчий інтервал:

$$\bar{X} \pm E_{\alpha}$$

відносну похибку:

$$\Omega = \left[\frac{E_{\alpha}}{\bar{X}} \right] \cdot 100\%$$

Оцінка вимірів, які вискакують з n вимірів:

$$U_{max} = \left| \frac{\bar{X} - X_i}{S} \right|.$$

Забезпечення достовірності експериментів здійснювалось за рахунок трип'ятикратного повторювання експериментів. Значення порівнювали з табличним значенням U - критерію при вірогідності $\beta' = 0,95$. У випадку, якщо $U_{max} > U_{табл}$, одиничне значення вимірювань не враховувалось.

1.4. Обґрунтування актуальності досліджень, формулювання мети та задач роботи з урахуванням світових тенденцій їх вирішення.

Споживання макаронних виробів в Україні досягає від 6 до 7 кг на 1 людину в рік, при нормі 5—5,5 кг.

Достоїнством макаронних виробів є їх швидке приготування (5—20 хв). Готові до вживання продукти мають високі органолептичні властивості —добрий смак, приємний зовнішній вигляд та ін. Макаронні вироби широко використовують у кулінарії для приготування різних страв з м'ясом, рибою, сиром, для виготовлення харчових концентратів, м'ясних, рибних та овочевих консервів.

На формування споживних властивостей макаронних виробів впливає технологія приготування, що складається з таких основних операцій: приготування з борошна і збагачувачів макаронного тіста, пресування тіста, формування сирих виробів, обдування, нарізання, підсушування, сушіння, охолодження, упаковування готової продукції.

Тому важливого значення набуває процес виготовлення тіста і екструдуювання макаронної сировини.

В зв'язку з цим в магістерській роботі поставлено і вирішено наступні завдання:

аналіз будови і роботи макаронних пресів, а також особливостей процесу екструдювання тіста;

розроблення заходів з модернізації макаронного преса марки ПМ-75;

теоретичний аналіз процесу екструзії макаронного тіста;

комп'ютерне моделювання процесу руху тіста в екструдері;

розроблення заходів з комп'ютерного оброблення інформації;

техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень;

розроблення заходів з охорони навколишнього середовища;

розроблення заходів з цивільного захисту та охорони праці.

Мета роботи: зменшення затрат потужності та зменшення механічного навантаження на шнек та фільтри шнекового преса для макаронних виробів при формуванні якісних макаронних виробів у макаронному пресі ПМ-75.

Об'єкт, методи та джерела дослідження. Основними об'єктами дослідження є:

розподіл тиску в робочій камері екструдера;

розподіл густини тіста в робочій камері екструдера;

розподіл швидкості тіста в робочій камері екструдера;

розподіл швидкості тіста в робочій камері екструдера у обертовій системі координат;

розподіл завихреності потоку тіста в робочій камері екструдера;

розподіл швидкості деформацій тіста в робочій камері екструдера;

розподіл температури тіста в робочій камері екструдера;

розподіл відносного тиску тіста в робочій камері екструдера

в процесі формування макаронних виробів.

Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, математичного моделювання; теоретико-емпіричний.

2. Технологічна частина

2.1. Вибір технологічної схеми і загальний опис технології виготовлення макаронів

Потокове виробництво макаронної продукції формують такі технологічні процеси: просіювання борошна, водопідготовка (фільтрація, внесення сипких компонентів і перемішування), вимішування тіста, екструзія тіста із формуванням тістових заготовок макаронів, висушування із послідуочим охолодженням макаронів.

Після сушіння некондиційні макарони відбраковують, а якісні упаковують у тару відповідно до їх типажу.

Одним із найскладніших і найвідповідальніших етапів при виробленні макаронів є підготовка сировини. При цьому виконують наступні операції просівання борошна із вловлюванням феромагнітних включень, часткове прогрівання борошна, перемішування борошна із різних поставок. Також прогрівають до робочої температури воду. У підігріту воду вносять сипкі компоненти та інтенсивно перемішують, щоб розчинити здатні до цього складники.

Замішане тісто потрапляє до макаронного пресу, де екструдуються через матрицю і розрізається відповідно сортаменту макаронів.

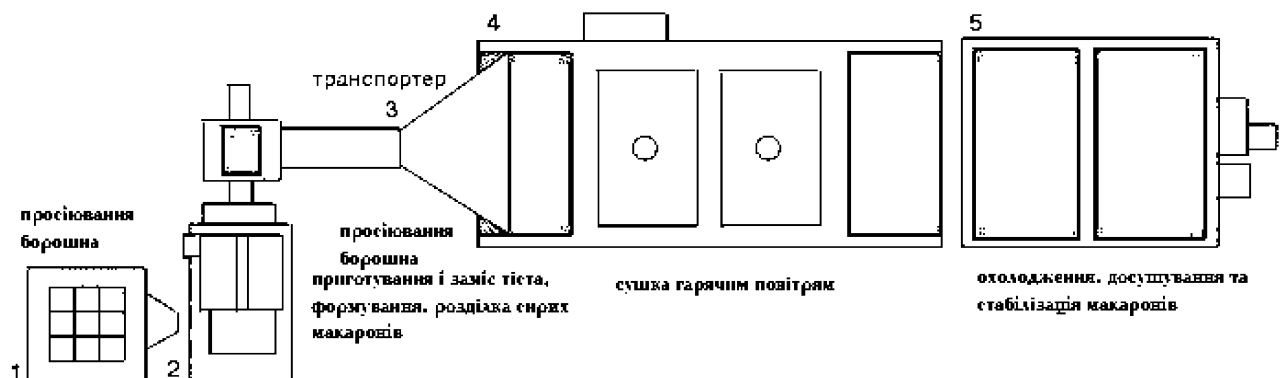


Рис. 2.1. Технологічна схема вироблення макаронів

Розділені тістові заготовки макаронів транспортуються до дільниці сушіння.

Сушіння здійснюється на ситчатих транспортерах за допомогою гарячого повітря, яке подається під вітку транспортера з макаронами.

Після сушіння макарони охолоджують, остаточно висушують і стабілізують на спеціальних столах стабілізації. Під час стабілізації здійснюється виведення залишкової вологи і відведення зайвої теплоти. Якщо цього не зробити, то після розфасовування у герметичне упакування там створюються сприятливі умови для мікрофлори, наприклад, цвілевих грибів.

Після охолодження макарони проходять контроль якості, в ході якого вибраковують некондиційна продукція. Наступним після контролю якості етапом є фасування макаронів у відповідну споживчу упаковку (тару), герметизація упаковки (тари) і реалізація.

2.2. Опис технологічної операції, яка виконується на макаронному пресі марки МП-75

На макаронному пресі виконують наступні технологічні операції:

підготовка і замішування тіста;

пресування тіста;

екструзія макаронного тіста;

відрізання макаронних заготовок на довжину згідно їх сорту.

При підготовці і замішуванні тіста до місильної камери вносять його складники (прогріті борошно та підготовлена вода з іншими сипкими складниками) та інтенсивно перемішують до набуття характерної структури. Замішування тіста здійснюють у спеціальній тістомішалці макаронного пресу, яка розміщена вище пресуючого вузла. У пресі замішане тісто піддають пресуванню, метою якого є остаточно ущільнення тіста, надання йому однорідної характерної в'язкопластичної структури. Пресоване тісто

екструдують через філь'ери конструкція яких визначає форму макаронів. Зразу ж після проходження філь'ер тістові заготовки зрізають спеціальним ножом.

2.3. Розроблення заходів з модернізації преса

Завданням на дипломну роботу передбачається виконання модернізації макаронного преса марки ПМ-75.

Даний прес не має системи вакуумування тіста, що не надто добре відбивається на якісних показниках макаронних виробів.

В дипломній роботі пропонується виконати заміну конструкції пресуючого вузла з існуючого варіанту на варіант зі змінним кроком, що також позитивно вплине на затрати потужності при екструзії.

2.4. Технологічний розрахунок макаронного преса

Вихідні дані для розрахунку:

$\beta(x)$ - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнекового транспортера:

$$\beta = 0.297 \qquad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 17.017$$

$$p_{\max} := 0.15 \cdot 10^6 \quad (\text{Па}) - \text{необхідний нормативний тиск на виході шнека}$$

$$\text{зовнішній радіус вала шнека:} \quad r = 0.01 \quad (\text{м})$$

$$\text{зовнішній радіус шнека:} \quad R = 0.036$$

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot (R^3 - r^3) \quad M = 4.39 \quad (\text{Н*м})$$

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n \qquad \omega = 4.503 \quad \text{рад/с}$$

Необхідна потужність шнека із архуванням потужності на заміс тіста:

$$N := \frac{2 \cdot M \cdot 1000}{\omega} \qquad N = 1949.738 \quad (\text{Вт})$$

3. Конструктивна частина

3.1. Загальний опис конструкції макаронного преса ПМ-75, дії окремих його вузлів і машини в цілому

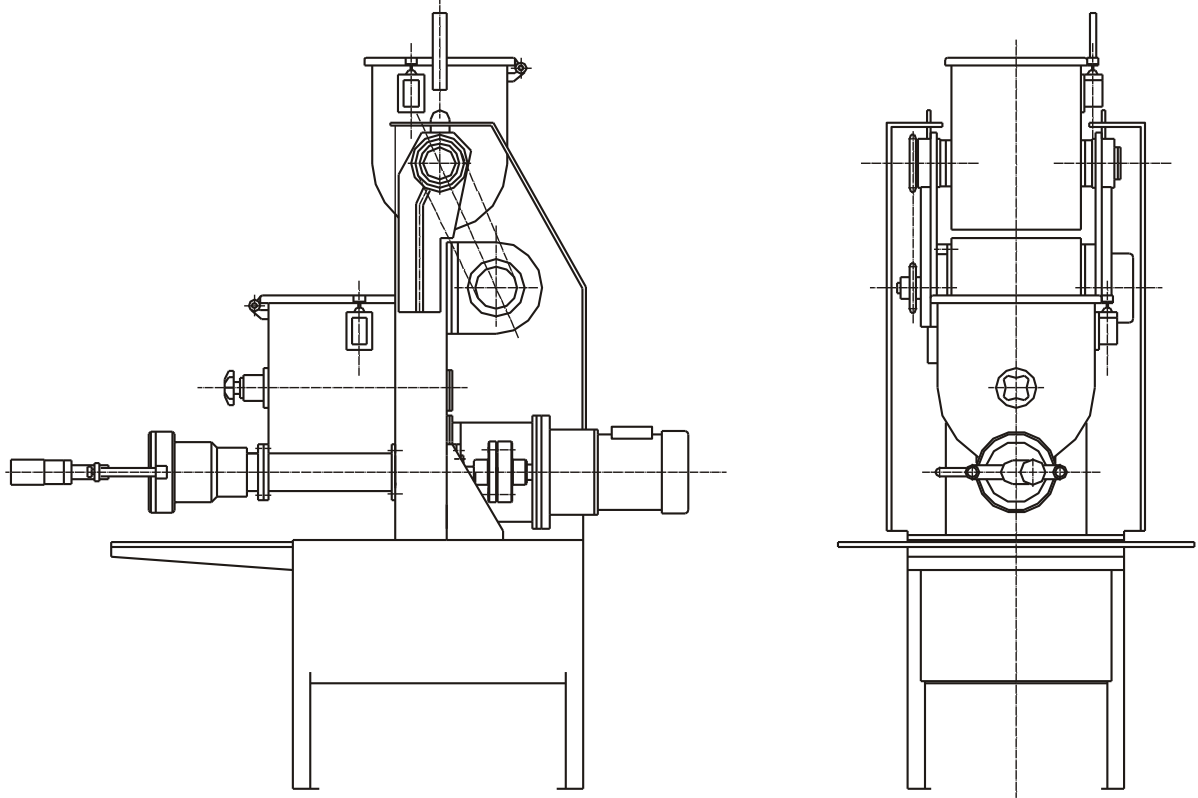


Рис. 3.1. Макаронний прес.

Основними елементами преса є (рис. 3.1.): камери мішалки, приймальної камери, корпуса шнека, приводу, механізму різання, приймального столика, тумби, шафи управління.

Камера мішалки є місткістю з антикорозійної сталі, усередині якої на опорах обертається вал з лопатками. Приймальна камера є місткістю з антикорозійної сталі, усередині якої на опорах обертається вал з лопатками (зворушувач). Корпус шнека складається з корпусу, шнека, корпусу матриці і матриці. Корпус шнека кріпиться до передньої стінки приводу. Привід складається з двох мотор-редукторів, встановлених на тумбі і корпусі. Мотор-редуктор сполучений з валом приводу пресуючої головки. Вал приводу камери приймальні з валом приводу пресуючої головки пов'язані циліндровою зубчатою передачею, вал приводу камери мішалки приводиться в обертання

мотор-редуктором за допомогою ланцюгової передачі. Механізм різання складається з корпусу з підпружиненим ножом і мотор-редуктора. Встановлюється на корпусі матриці. Столик приймальний є коробом, виготовленим з листової сталі, закріплений на тумбі, на якому встановлюється лоток для прийому макаронних виробів. Тумба є підставкою, звареною з кутників, на якій встановлюються всі вузли. При роботі в місткість для замісу тіста подаються відповідні компоненти. Протягом певного часу відбувається заміс тіста. Коли тісто є готовим, відбувається перекидання діжі. Тісто потрапляє в приймальну місткість, звідки пропресовується через матрицю.

3.2. Кінематичний розрахунок макаронного преса

Кінематична схема макаронного преса ПМ-75 складається з мотор-редуктора приводу подаючого вала і пресуючого шнека ($N = 2.5 \text{кВт}, n = 43 \text{ об / хв}$), від якого рух передається через муфту на вал пресуючого шнека і через зубчасту передачу на подаючий вал та електродвигуна приводу місильного шнека ($N = 1.7 \text{кВт}, n = 1430 \text{ об / хв}$), від якого рух передається через муфту, дві зубчасті і одну ланцюгову передачу передається на місильний вал.

Продуктивність шнекових пресів визначається за формулою:

$$G = n_{ш} \cdot m \cdot k \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a + b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60, \text{ кг/хв},$$

де $n_{ш}$, об/год - частота обертів шнека;

m - число навивок спіралей шнека;

k - число паралельних пресуючих шнеків;

R , м - значення зовнішнього радіуса витка шнека;

r , м - значення внутрішнього радіуса витка шнека;

t , м - крок спіралі шнека;

$2 \cdot a$, м - значення товщини витка зовнішньому радіусі витка шнека;

$2 \cdot b, m$ - значення товщини витка на внутрішньому радіусі витка шнека;

$b, \text{рад}$ - значення кута підйому спіралі шнека;

$r, \text{кг} / \text{м}^3$ - значення густини макаронного тіста;

$$K = K_H \cdot K_M \cdot K_C,$$

де K_H, K_M, K_C - відповідно значення коефіцієнтів заповнення порожнини шнека, значення коефіцієнта ущільнення макаронного тіста та значення коефіцієнта степеня зменшення подачі макаронного тіста внаслідок явищ релаксації.

Виходячи з умов виробництва змінювати продуктивність не доцільно, тому, розраховувати будемо таку частоту обертів, що зможе її забезпечити. Частоту обертів будемо визначати для січення, що відповідає координаті кінця завантажувальної горловини, так як тут буде відбуватись захоплення матеріалу і починатись подальше його транспортування. Формула набуде вигляду:

$$n_{ш} = \frac{G}{m \cdot k \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a + b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60}, \text{об/хв.}$$

Оскільки в апарат містить один однозахідний робочий орган, то формула спроститься до вигляду:

$$n_{ш} = \frac{G}{k \cdot (R^2 - r^2) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a + b)}{2 \cdot \cos(\beta)} \right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60}, \text{об/хв.}$$

Розрахунок будемо вести для січення, що відповідає кінцю шнека.

$$G = 75 \text{ кг} / \text{год}; R = 0.036 \text{ м}; r = 0.010 \text{ м}; t = 0.038 \text{ м};$$

$$2 \cdot a = 0.0078 \text{ м}; 2 \cdot b = 0.0078 \text{ м}; b = 0.297 \text{ рад}; r = 1050 \text{ кг} / \text{м}^3;$$

$$K_H = 0.92 K_M = 0.89; K_C = 0.95; K = 0.92 \cdot 0.89 \cdot 0.95 = 0.778.$$

$$n_{ш} = \frac{75}{(0.036^2 - 0.010^2) \cdot \left(0.038 - \frac{2 \cdot (0.0039 + 0.0039)}{2 \cdot \cos(0.297)} \right) \cdot 1050 \cdot 0.778 \cdot 60} = 42.87 \text{ об} / \text{хв}$$

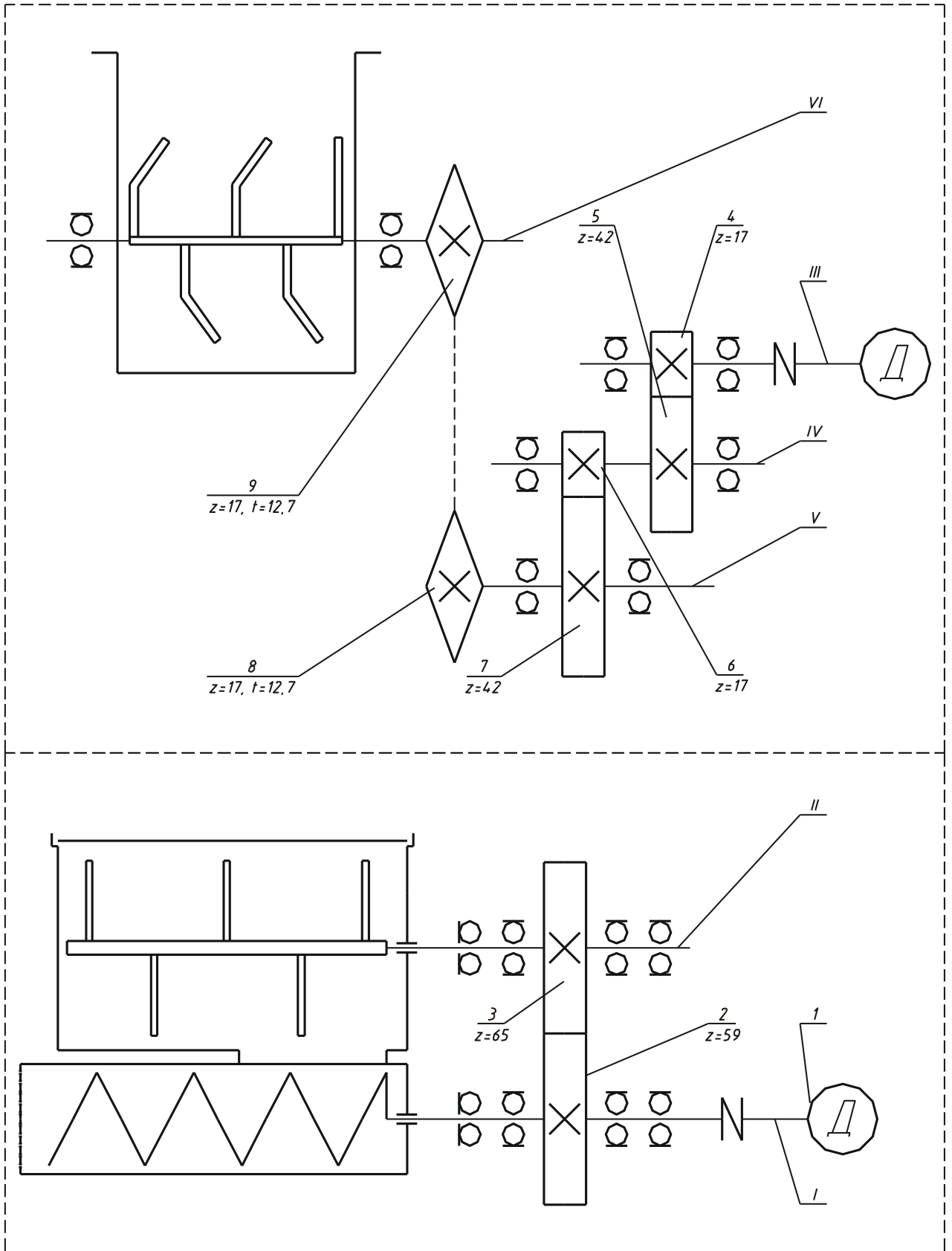


Рис. 3.2. Кінематична схема макаронного преса.

3.3. Конструкторський розрахунок пресуючого шнека

Тип дозатора: шнек з наступними параметрами:

зовнішній радіус вала шнека: $r := 0.01$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R := 0.036$ (м)

крок шнека $t := 0.038$ (м)

кількість заходів: 1

частота обертання шнека: $n := \frac{43}{60}$ $n = 0.717$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.0039$

ширина основи витка $b := 0.0039$

Матеріал шнека: Сталь 18ХН9Т $\rho := 7700$

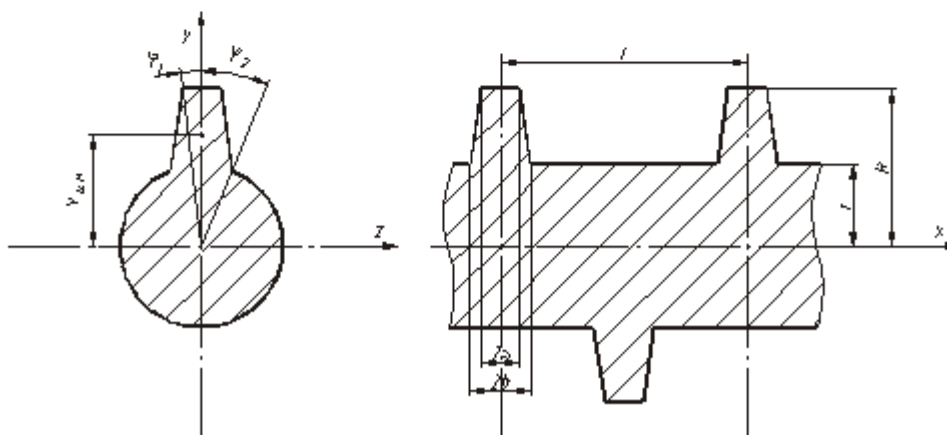


Рис. 3.3. Принципова схема макаронного шнека

Загальна довжина шнека:

$$L := 0.360 \qquad L = 0.36 \quad (\text{м})$$

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному сеченні:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right) \qquad \alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 0$$

Визначимо момент інерції сечення одного однозаходного шнека відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

$$\phi_1 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{a}{t} \qquad \phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 36.947$$

$$\phi_2 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{t} \qquad \phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 36.947$$

Момент інерції січення вала шнека відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) \qquad J_{1z} = 7.854 \times 10^{-9} \quad (\text{м}^4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти:

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1) \qquad x_1 = 0.043 \quad (\text{м})$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2) \qquad x_2 = 0.012 \quad (\text{м})$$

Подальший розрахунок проводиться для максимального лінійного коефіцієнта

$$H := x_1 \qquad H = 0.043 \quad (\text{м})$$

Площа поперечного січення витка шнека:

$$F_{\Gamma} := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r) \qquad F_{\Gamma} = 7.189 \times 10^{-4} \quad (\text{м})$$

Момент інерції січення витка шнеку відносно осі, що проходить через його центр мас і паралельно осі z :

$$J_{2z} := \frac{F_{\Gamma}^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H} \qquad J_{2z} = 2.787 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^3)$$

Координата центра мас витка шнека:

$$Y_{\text{цм}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r \qquad Y_{\text{цм}} = 0.025 \quad (\text{м})$$

Момент інерції січення шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + (J_{2z} + F_r \cdot Y_{\text{цм}}^2) \quad J_z = 5.013 \times 10^{-7} \quad (\text{м}^4)$$

Припускаємо, що перпендикулярні до осі шнека навантаження взаємнокомпенсуються.

На шнек діє поздовжнє зусилля, виникаюче в транспортованому матеріалі, що визначається наступним чином:

$$S = \int_0^L q_x(x) dx$$

де $q(x)$ - інтенсивність розподіленого осьового навантаження:

$$q_x(x) = \left[-\Delta p(x) + (2 \cdot p(x) - \Delta p(x)) \cdot f \cdot \frac{\text{tg}(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right] \cdot \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t}$$

ââ $f := 0.01$ коефіцієнт, що враховує тертя між умовними шарами транспортованого матеріалу.

$\beta(x)$ - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнекового транспортера:

$$\beta := 0.297 \quad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 17.017$$

$p(x)$ - тиск в порожнині на поточному витку:

$$\begin{cases} p(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ p(x) = p_0 + \frac{p_{\text{max}} - p_0}{L} (x - l_3) & l_3 \leq x \leq L + l_3 \end{cases};$$

ââ $l_3 := \frac{L}{4}$ $l_3 = 0.09$ (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою

$p_0 := 0.01 \cdot 10^6$ (Па) - атмосферний тиск

$p_{\text{max}} := 0.15 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

$p'(x)$ - тиск в порожнині на попередньому витку:

$$\begin{cases} p'(x) = p_0 & 0 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ p'(x) = p_0 + \frac{p_{max} - p_0}{L} (x - l_3 - t) & l_3 + t(l_3) \leq x \leq L + l_3 \end{cases};$$

Позначим $\Delta p = p - p'$:

$$\begin{cases} \Delta p = 0 & 0 \leq x \leq l_3 \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{x - l_3}{L} & l_3 \leq x \leq l_3 + t(l_3) \\ \Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{t}{L} & l_3 + t(l_3) \leq x \leq l_3 + L \end{cases};$$

Проведем необхідні підстановки і проінтегруем вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

$$HS := \left[\frac{t^2}{2} \cdot \left(f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} - 1 \right) - (L \cdot t - t^2) \cdot \left(1 + f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right) + (L^2 - t^2) \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \right]$$

$$HS = -0.013 \quad (M^2)$$

$$S := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left(2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_0 \cdot L + \frac{p_{max} - p_0}{L} \cdot HS \right) \quad S = -482.36 \quad (H)$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осьової сили.

Ввиду значної величини осьової сили порівняно із очікуваним значенням маси шнека при розрахунку підшипникових опор її враховувати не будемо.

Проведем перевірку по напруженнях для основи і гвинтової лінії шнека.

Напруження стиску від дії осьових сил визначаються за формулою:

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

де F - площа поперечного січення вала шнека:

$$F := \pi \cdot r^2 \qquad F = 3.142 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} \qquad \sigma = -1.535 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності:

$$\tau = \frac{M}{W_p} = \frac{\frac{2}{3} \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot \text{tg}[\beta] [R^3 - r^3]}{\frac{\pi \cdot [r^4 - r_0^4]}{2 \cdot r_0}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_{max} \cdot r_0 \cdot \text{tg}[\beta] [R^3 - r^3]}{[r^4 - r_0^4]}$$

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot (R^3 - r^3) \qquad M = 4.39 \quad (\text{Н*м})$$

$$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2} \qquad W = 1.571 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} \qquad \tau = 2.795 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \qquad \sigma_{\text{екв}} = 5.589 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n \qquad \omega = 4.503 \quad \text{рад/с}$$

Необхідна потужність :

$$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega} \qquad N = 974.869 \quad (\text{Вт})$$

З врахуванням наявності подаючого вала і необхідного запасу на пускову потужність вибираємо мотор-редуктор з наступними характеристиками:

потужність N=2.5 кВт
n=43 об/хв

3.4. Розрахунок приводу подаючого вала

Розрахунок приводу подаючого вала зводиться до визначення необхідних геометричних розмірів зубчастої передачі.

Потужність, яка передається: $P_1 := 0.55$ кВт при його кутовій швидкості

$\omega_1 := 5$ рад/с; передаточне число передачі $u := 0.9$; передача

нереверсивна; режим навантаження середній нормальний (СН); можливі короточасні перевантаження до 200 % від номінального; строк служби передачі $h := 20000$ год.

Параметри навантаження зубчастої передачі

Номінальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 110 \quad (\text{Н*м}) \quad T_{1H} := T_1 \quad T_{1F} := T_1$$

При короточасовому перевантаженні до 200 % максимальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_{1\max} := 2 \cdot T_1 \quad T_{1\max} = 220 \quad (\text{Н*м})$$

Кутова швидкість веденого вала

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{u} \quad \omega_2 = 5.556 \quad (\text{рад/с})$$

Сумарне число циклів навантаження зубців шестерні та колеса за строк служби шестерні:

$$N_{\Sigma 1} := 1800 \cdot \omega_1 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 1} = 5.73 \times 10^7$$

$$N_{\Sigma 2} := 1800 \cdot \omega_2 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 2} = 6.366 \times 10^7$$

Еквівалентні числа циклів навантаження зубців шестерні та колеса для розрахунку на контактну втому N_{HF} і для розрахунків на втому при згині N_{FF} із коефіцієнтами інтенсивності $K_{HE} := 0.18$ ³ $K_{FE} := 0.07$ (див [] для режиму навантаження СН)

$$N_{HE1} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{HE1} = 1.031 \times 10^7$$

$$N_{HE2} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{HE2} = 1.146 \times 10^7$$

$$N_{FE1} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{FE1} = 4.011 \times 10^6$$

$$N_{FE2} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{FE2} = 4.456 \times 10^6$$

Матеріали зубчастих коліс.

Для виготовлення шестерні та колеса вибираємо відносно дешеву леговану сталь 40X із термообробкою - поліпшення []. За даними [] вибираємо:

для шестерні твердість поверхні зубців $H_1 := 280$ (НВ),

$\sigma_{B1} := 900$ (МПа), $\sigma_{T1} := 750$ (МПа) при діаметрі заготовки до 125 мм;

для колеса твердість поверхні зубців $H_2 := 245$ (НВ),

$\sigma_{B2} := 790$ (МПа), $\sigma_{T2} := 640$ (МПа) при діаметрі заготовки до 280 мм.

Допустимі напруження для розрахунку зубчастої передачі.

а) допустимі контактні напруження. Границі контактної витривалості зубців шестерні та колеса [] будуть такими:

$$\sigma_{Hlimb1} := 2 \cdot H_1 + 70 \quad \sigma_{Hlimb1} = 630 \text{ (МПа)}$$

$$\sigma_{Hlimb2} := 2 \cdot H_2 + 70 \quad \sigma_{Hlimb2} = 560 \text{ (МПа)}$$

Базу випробувань для матеріалу шестерні та колеса визначаємо за формулою:

$$N_{H01} := 30 \cdot H_1^{2.4} \quad N_{H01} = 2.24 \times 10^7$$

$$N_{H02} := 30 \cdot H_2^{2.4} \quad N_{H02} = 1.626 \times 10^7$$

Оскільки $N_{H01} < N_{HE1}$ і $N_{H02} < N_{HE2}$, то коефіцієнт довговічності для зубів шестерні та колеса $K_{HL} := 1$

Допустимі контактні напруження для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті $Z_R := 1$ (шорсткість поверхонь зубців $R_a := 1.25 \dots 0.63$) та коефіцієнті запасу $s_H := 1.1$ знаходимо за формулами:

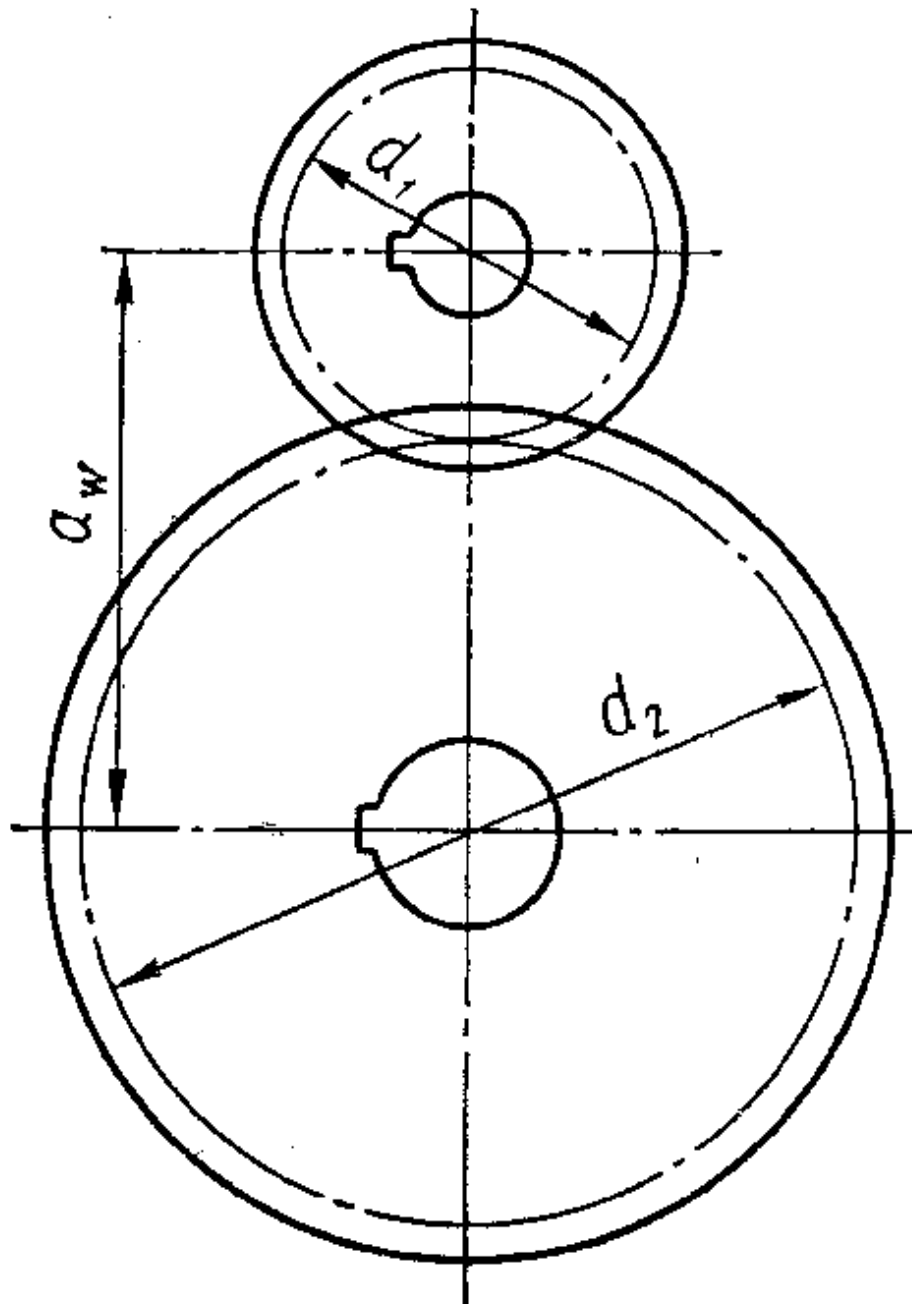


Рис.3.4. Розрахункова схема передачі

За графіками [] залежно від ψ_{bd} (симетричне розміщення зубчастих коліс відносно опор валів та твердість $H < 350$ НВ) визначаємо коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців, $K_{H\beta} := 1.05$

Допоміжний коефіцієнт $K_a := 300$ (МПа^{1/3}) для сталевих зубчастих коліс. Мінімальна міжосьова віддаль передачі

$$a_{wmin} := K_a \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{(T_{1H} \cdot K_{H\beta})}{u \cdot \psi_{ba} \cdot I_{\sigma H}^2}} \quad a_{wmin} = 58.536 \text{ (мм)}$$

вибираєм фактичну міжосьову віддаль $a_w := 189 \text{ (мм)}$

Число зубців шестерні $z_1 := 65$, а число зубців колеса $z_2 := u \cdot z_1$

$z_2 = 58.5 \text{ (мм)}$. Вибираєм $z_2 := 59$, тоді фактичне передаточне

число $u := \frac{z_2}{z_1} \quad u = 0.908$

Модуль зубців

$$m'_n := 2 \cdot a_w \cdot \frac{1}{z_1 + z_2} \quad m'_n = 3.048 \text{ (мм)}$$

Стандартний модуль зубців $m_n := 3 \text{ мм []}$.

Попередні значення деяких параметрів передачі.

Ділильні діаметри шестерні та колеса будуть такі:

$$d_1 := m_n \cdot z_1 \quad d_1 = 195 \text{ (мм)}$$

$$d_2 := m_n \cdot z_2 \quad d_2 = 177 \text{ (мм)}$$

Ширина зубчастих вінців

$$b_2 := \psi_{ba} \cdot a_{wmin} \quad b_2 = 29.268 \text{ (мм)}$$

$$b_1 := b_2 + 2 \quad b_1 = 31.268 \text{ (мм)}$$

Колова швидкість зубчастих коліс

$$v := 0.5 \cdot \omega_1 \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \quad v = 0.488 \text{ м/с}$$

За даними [] вибираєм 8-й ступінь точності ($n_{CT} := 8$) для всіх показників точності зубчастих коліс та передачі.

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\epsilon_\alpha := \left[1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \quad \epsilon_\alpha = 1.777$$

Коефіцієнт осьового перекриття зубів

$$\epsilon_\beta := b_2 \cdot \frac{1}{\pi \cdot m_n} \quad \epsilon_\beta = 3.105$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс

$$F_t := \frac{2 \cdot T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 1.128 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

$$F_{Ht} := F_t \quad F_{Ft} := F_t$$

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти.

Коефіцієнт, який враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс $Z_M := 217 \text{ (МПа}^{1/2}\text{)}$

Коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців $Z_H := 1.27$

Коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній при $\varepsilon_\beta > 0.9$.

$$Z_\varepsilon := \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} \quad Z_\varepsilon = 0.75$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями []

$$K_{H\alpha} := 1.07$$

$$K_{H\beta} = 1.05$$

Коефіцієнт динамічного навантаження

$$K_{Hv} := 1.03$$

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ht} := \frac{F_{Ht}}{b_2} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} \quad w_{Ht} = 44.608 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове контактне напруження

$$\sigma_H := Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{w_{Ht}}{d_1} \cdot \frac{u+1}{u}} \quad \sigma_H = 143.367 \quad (\text{МПа})$$

Напруження менші від допустимих. Стійкість зубців проти втомного викривування забезпечується.

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну міцність

$$\sigma_{Hmax} := \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{1max}}{T_{1H}}} \quad \sigma_{Hmax} = 202.751 \quad (\text{МПа})$$

Напруження менші від допустимих. Контактна міцність забезпечується.

Розрахунок зубців на втому при згині

Розрахункові коефіцієнти будуть такими.

Коефіцієнти форми зубців:

$$Y_{F1} := 3.90 \quad Y_{F2} := 3.60$$

Коефіцієнт перекриття зубців $Y_\varepsilon := 1$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями:

$$K_{F\alpha} := \frac{[4 + (\varepsilon_{\alpha} - 1) \cdot (n_{\text{СТ}} - 5)]}{4 \cdot \varepsilon_{\alpha}} \quad K_{F\alpha} = 0.891$$

Коефіцієнт нерівності навантаження по ширині зубчастих вінців []

$$K_{F\beta} := 1.05$$

Коефіцієнт динамічного навантаження $K_{Fv} := 1.10$

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ft} := \frac{F_{Ft}}{b_2} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \quad w_{Ft} = 39.657 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове напруження згину у зубцях шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} := Y_{F1} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot \frac{w_{Ft}}{m_n} \quad \sigma_{F1} = 51.554 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2} := Y_{F2} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot \frac{w_{Ft}}{m_n} \quad \sigma_{F2} = 47.589 \quad (\text{МПа})$$

Стійкість зубців проти втомного руйнування при згині забезпечується, оскільки розрахункові напруження згину менші від відповідних допустимих напружень.

Розрахунок зубців на міцність при максимальним навантаженням.
За формулою:

$$\sigma_{F1\text{max}} := \sigma_{F1} \cdot \frac{T_{1\text{max}}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F1\text{max}} = 103.109 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2\text{max}} := \sigma_{F2} \cdot \frac{T_{1\text{max}}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F2\text{max}} = 95.177 \quad (\text{МПа})$$

Міцність зубів на згин при дії максимального навантаження також забезпечується, оскільки максимальні напруження менші від допустимих.

Розрахунок параметрів зубчастої передачі.

Розміри елементів зубців:

$$\text{висота головки зубця} \quad h_a := m_n \quad h_a = 3 \quad (\text{мм})$$

$$\text{висота ніжки} \quad h_f := 1.25 \cdot m_n \quad h_f = 3.75 \quad (\text{мм})$$

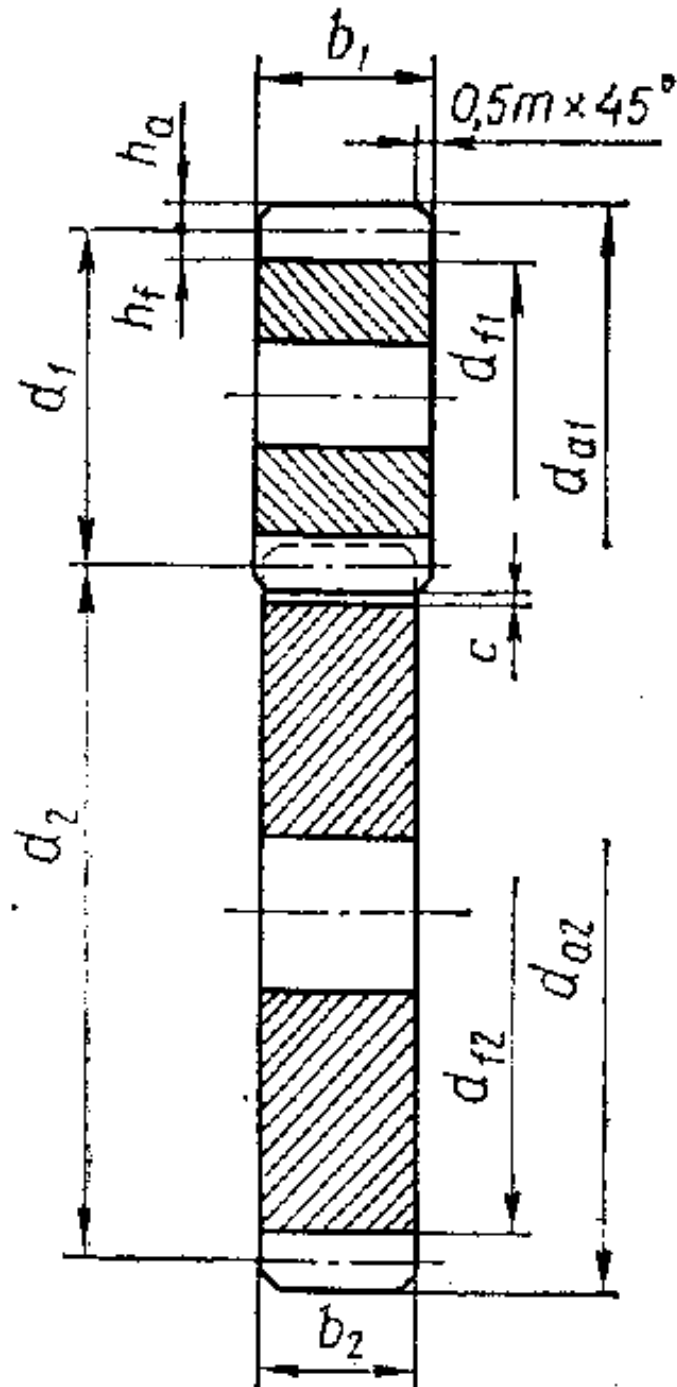


Рис.3.5. Схема передачі приводу подаючого вала

висота зубця $h := 2.25 \cdot m_n$ $h = 6.75$ (мм)

радіальний зазор $c := 0.25 \cdot m_n$ $c = 0.75$ (мм)

кут профілю зубців $\alpha_n := 20 \cdot \frac{\pi}{180}$

Розміри вінців зубчастих коліс:

$$\text{ділильні діаметри} \quad d_1 = 195 \quad (\text{мм}) \quad d_2 = 177 \quad (\text{мм})$$

Діаметри вершин зубців

$$d_{a1} := d_1 + 2 \cdot m_n \quad d_{a1} = 201 \quad (\text{мм})$$

$$d_{a2} := d_2 + 2 \cdot m_n \quad d_{a2} = 183 \quad (\text{мм})$$

Діаметри впадин

$$d_{f1} := d_1 - 2.5 \cdot m_n \quad d_{f1} = 187.5 \quad (\text{мм})$$

$$d_{f2} := d_2 - 2.5 \cdot m_n \quad d_{f2} = 169.5 \quad (\text{мм})$$

Міжосьова віддаль передачі

$$a_w := 0.5 \cdot m_n \cdot (z_1 + z_2) \quad a_w = 186 \quad (\text{мм})$$

Розрахунок сил у зачепленні зубців передачі.

$$\text{Колова сила} \quad F_t = 1.128 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

$$\text{Радіальна сила:} \quad F_r := F_t \cdot \tan(\alpha_n) \quad F_r = 410.633 \quad (\text{Н})$$

3.5. Особливості експлуатації і технічного обслуговування макаронного преса марки ПМ-75

3.5.1. Особливості ведення монтажних робіт макаронного преса марки ПМ-75

Технічні роботи з монтажу, експлуатації та ремонту [7] технологічного обладнання харчових виробництв мають проводитись згідно вимог *СН і ПЗ. 05.05 – 84*, *СН і ПЗ – 4 – 80*, відповідних технічних стандартів та технічно-технологічних умов. Визначальним чинником при виконанні таких видів робіт є робоча проектна документація (*ЛВР*).

В процесі монтажних і пуско-налагоджувальних робіт технологічного обладнання харчових виробництв відповідні служби виконують операційний контроль якості.

Вимоги до вантажно-розвантажувальних робіт на підприємствах харчової промисловості нормуються *ГОСТ 12.3.00Е – 76*, при переміщенні технологічного обладнання територією підприємств - *ГОСТ 12.3.020 – 80*.

У випадку поагрегатного доставлення технологічного обладнання, всі збірні одиниці маркують відповідно до поданої у супровідній документації схеми. Ці маркування допомагають уникнути помилок в процесі виконання монтажних робіт і мінімізувати таким чином можливі небезпечності.

Макаронний прес в упакованому і законсервованому виді може транспортуватися будь-яким видом транспорту відповідно до діючого "Правилами перевезення вантажів".

При проведенні завантажувально-розвантажувальних робіт допускається прикладання зусиль з боку вантажопідйомних механізмів до нижньої площини каркаса макаронного преса марки ПМ-75. При проведенні завантажувально-розвантажувальних робіт з упакованим макаронним пресом необхідно керуватися маркуванням місць стропування.

Переміщення макаронного преса марки ПМ-75 до місця встановлення здійснюють механізованим способом з допомогою автотранспорту чи на

спеціальних санях. Для переміщення в середині цеху використовують спеціальні візки вантажопідйомністю від 0,5 до 3 т з прогумованими колесами. Візки переміщують вручну, а при великих навантаженнях - електрокаром.

3.5.2. Заходи з експлуатації та технічного обслуговування шнекового макаронного преса марки ПМ-75

При роботі макаронного преса марки ПМ-75 слід:

- контролювати штатність роботи преса (за умови виникнення змін у робочих режимах встановити їх причину і ліквідувати);

- контролювати тиск у робочій камері шнекового преса і за умови перевищення допустимого рівня вимкнути живлення макаронний прес, о встановити причину і ліквідувати; (частіше за все це спостерігається при роботі з тістом низької вологості або холодним тістом, а також при засміченні каналів матриць);

- у випадку падіння тиску у вакуум-камері до 25 кПа необхідно поміняти фільтрувальний елемент;

- контролювати і підтримувати на належному рівні температуру компонентів макаронного тіста, максимальний і мінімальний рівень тіста в місильній камері

- контролювати рівень вологості і структурні характеристики макаронного тіста (на перебіг процесу замішування макаронного тіста рекомендовано здійснювати вплив за допомогою регулювання кута повороту місильних лопатей;

- не допускати зупинок макаронного преса понад 0,5 год;

У випадку тривалої зупинки (понад 0,5 год):

- після фізичного розмикання контура електроживлення старанно очистити робочі органи і стінки робочих камер від залишків макаронного тіста і протерти їх олією;

- демонтувати і помити матрицю із ущільненнями, очистити їх від залишків тіста, помити і змастити олією;

Для забезпечення здоров'я оператора макаронного преса і уникнення виробничого травматизму:

- перед вмиканням макаронного преса кожного разу перевіряти роботу кінцевих давачів та блокуючих механізмів;

- всі роботи з технічного обслуговування та ремонту макаронного преса здійснювати після фізичного відмикання від електромережі;

- регулярно перевіряти і утримувати у справному стані заземлення, електропроводку та електроз'єднання;

- регулярно перевіряти і утримувати у справному стані кожухи і захисні кришки;

- не захарашувати доступ до преса і утримувати прилеглий майданчик чистим та сухим. майданчик для обслуговування з поручнями і сходи повинні бути справні і міститися в чистоті.

3.5.3 Характерні причини виходу з ладу макаронного преса марки ПМ-

75

Найбільшому зношенню підпадають рухомі частини макаронного преса марки ПМ-75: зубчасті передачі приводу, підшипникові опори і вали приводу, елементи вимішувальних і пресуючих вузлів.

У випадку загального зношення зубчастих коліс приводу рекомендується здійснити одночасну їх заміну на нові внаслідок високої вартості циклу технологічних операцій по їх відновленню; підшипникові опори підлягають заміні не рідше, ніж раз на 1,5 років; у випадку зношення валів рекомендується піддати зношені поверхні відновленню за рахунок наплавлення з послідуочим зняттям надлишкового шару матеріалу і шліфуванням робочих поверхонь.

Зведемо в таблицю 3.1 основні причини виходу з ладу макаронного преса марки ПМ-75.

Таблиця 3.1.

Перелік характерних причини виходу з ладу макаронного преса марки ПМ-75 і рекомендацій з їх усунення.

№ п/п	Несправність	Ймовірна причина виходу з ладу	Метод усунення
1	При пуску двигун не обертається, гуде	Відсутня або різко впала напруга в мережі	Усунути причини, що викликали падіння напруги в мережі
2	Не обертається ніж різання	Підвищений знос вузла щітково-колектора:	Замінити щітки, заполірувати колектор
3	Неякісне обрізання	Порушено прилягання ножів до матриці, затупились ножі	Заточити ножі, виставити по площині матриці
4	Двигун працює з перевантаженням, макаронні вироби з різний фільтр виходять нерівномірно	Забиті канали матриці або фільтру	Розібрати вузол пресування, ретельно очистити і промити матрицю і фільтр від залишків тіста
5	Прискорений вихід з ладу матриць і деформація або розрив фільтру	Наявність в тісті чужорідних домішок	Забезпечити просів муки перед замісом на ситі з розміром комірки не більш 1мм

4. Моделювання екструзії макаронного тіста

4.1. Постановка задачі моделювання процесу руху тіста в екструдері

Поставимо завдання дослідити вплив зміненої конструкції шнека екструдера з варіанта, коли крок витків постійний і монолітна стальна фільєра з отворами постійного діаметра на варіант, коли крок витків зменшується в напрямку пресуючої камери та набірної полімерної філь'єри з отворами змінного діаметра (рис. 4.1)

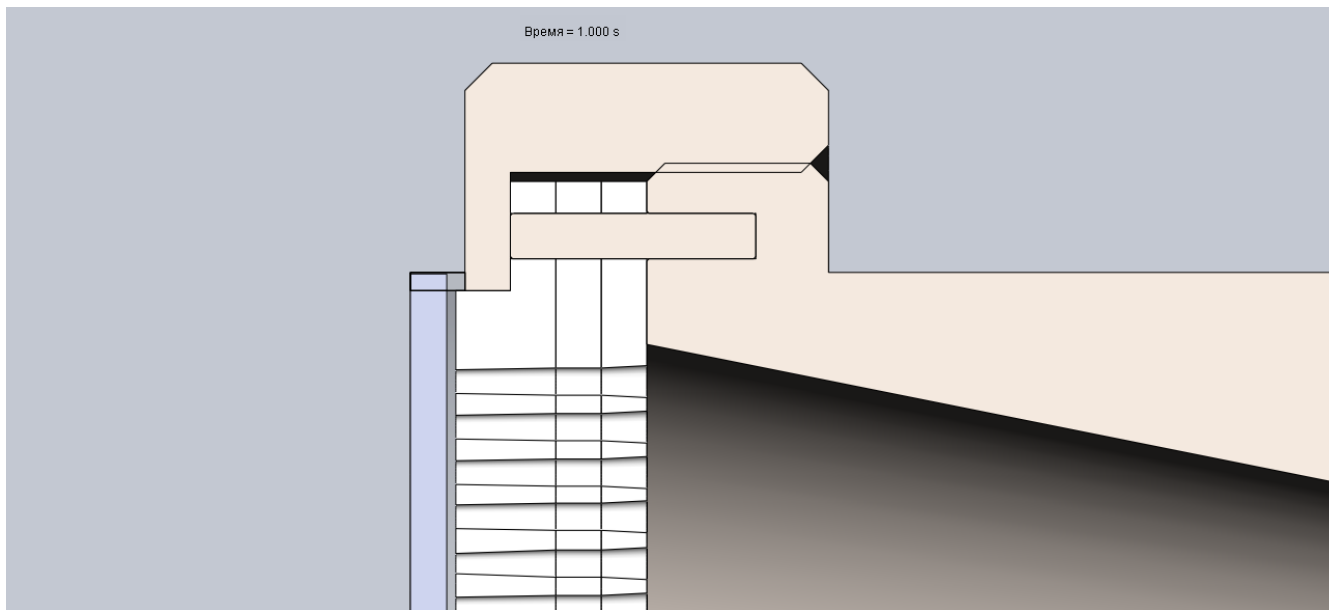


Рис. 4.1. Схема модернізованої полімерної філь'єри з отворами змінного діаметра шнекового еструдера

Для моделювання процесу екструзії макаронного тіста застосуємо модуль FlowSimulation системи SolidWorks. Для створення моделі у SolidWorks CAD спочатку розробляються 3D представлення конструктивних елементів шнека, з яких формується збірна 3D модель пресуючого вузла екструдера. Далі за використанням FlowSimulation створюється проект внутрішньої задачі. Геометрично модель замикається віртуальними заглушками, які застосовуються для встановлення граничних умов, а саме тиску на вході і масової витрати на виході. Зона шнека оголошується тілом обертання. Геометрична модель із граничними умовами представлена на рис. 4.2. Після формування граничних

умов формується стандартна розрахункова сітка (рис. 4.3) і задаються цілі, за якими виконуються розрахунки (рис. 4.4.-4.19).

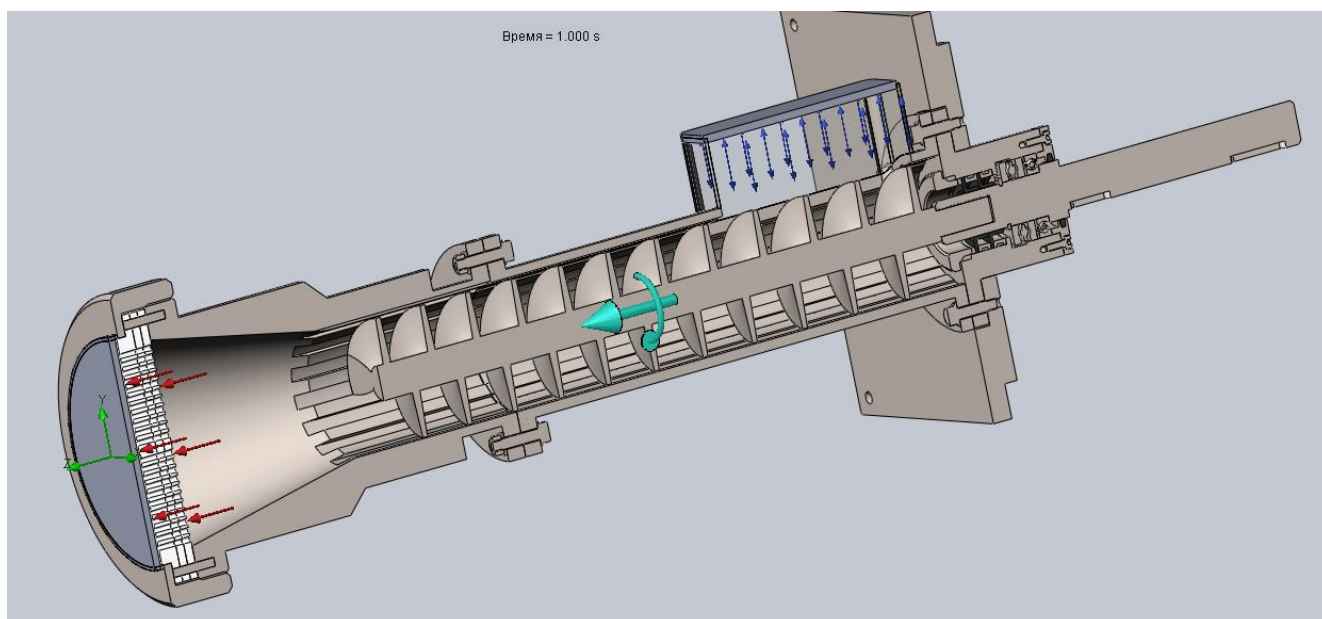


Рис. 4.2. Геометрична модель пресуючого вузла макаронного преса ПМ-із граничними умовами

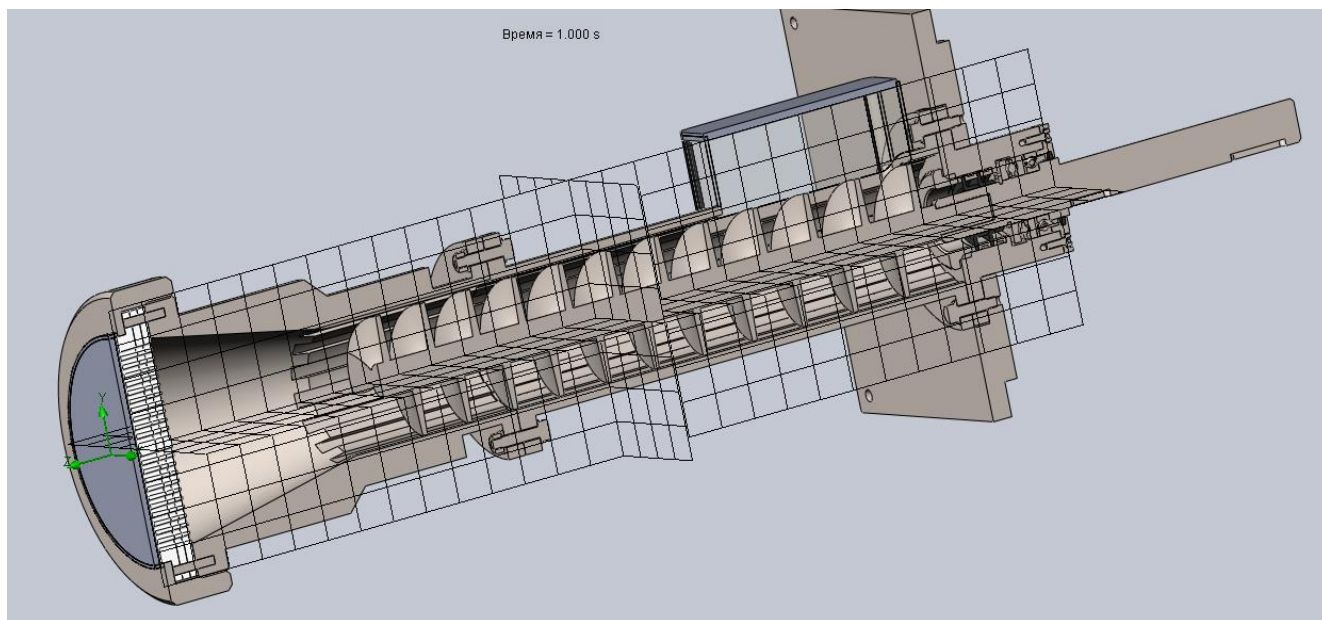


Рис. 4.3. Схема розрахункової сітки пресуючого вузла макаронного преса ПМ-із граничними умовами

4.2. Результати комп'ютерного моделювання пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

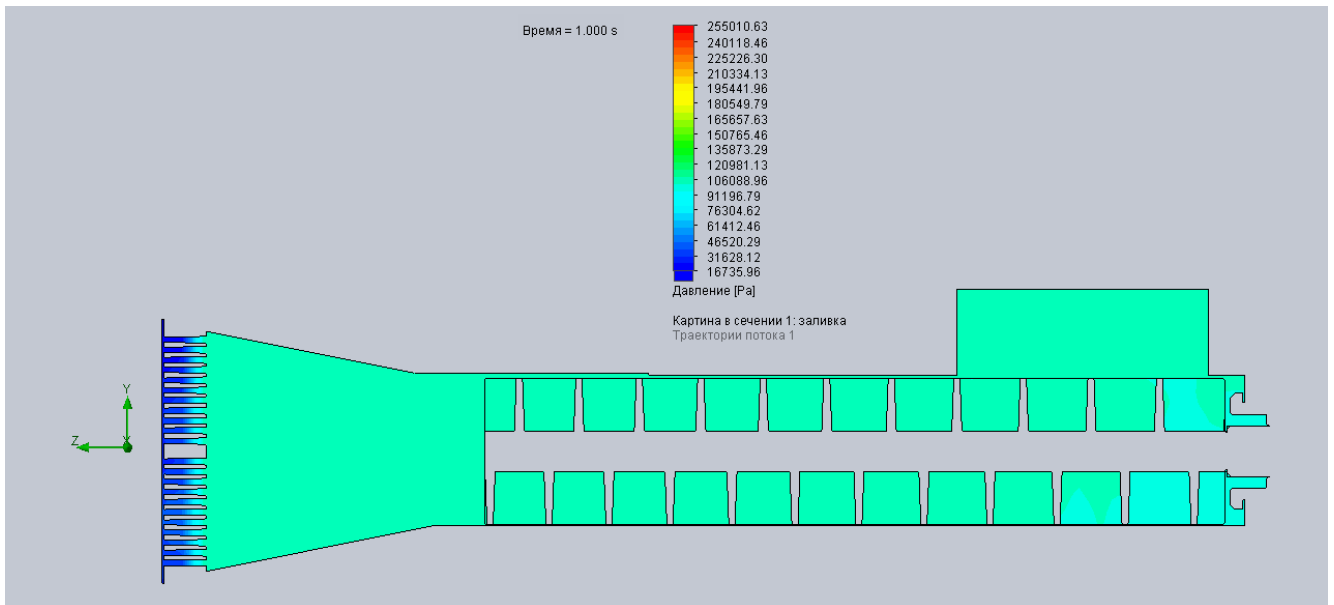


Рис. 4.4. Зміна тиску в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

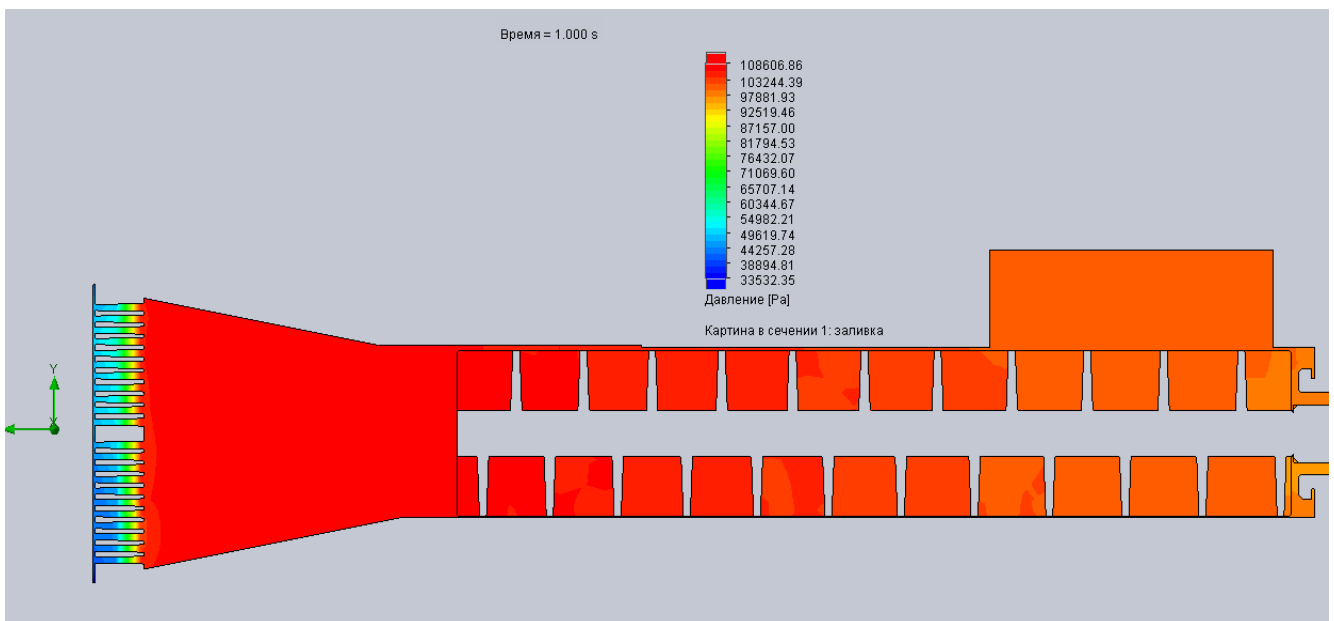


Рис. 4.5. Зміна тиску в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

Максимальний тиск у пресуючому вузлі макаронного преса спостерігається у зоні філь'єр, внаслідок різкого зменшення сумарної площі

поперечного перерізу потоку тіста (рис.4.4., 4.5). Причому за рахунок застосування збірної конструкції філь'єр із поступовим зменшенням діаметра, виготовлених із матеріалу з меншим коефіцієнтом тертя у модернізованому пресі значення максимального тиску є в 1,53 рази меншим. Наслідком зменшення опору перегородки є зменшення потужності на екструзію тіста.

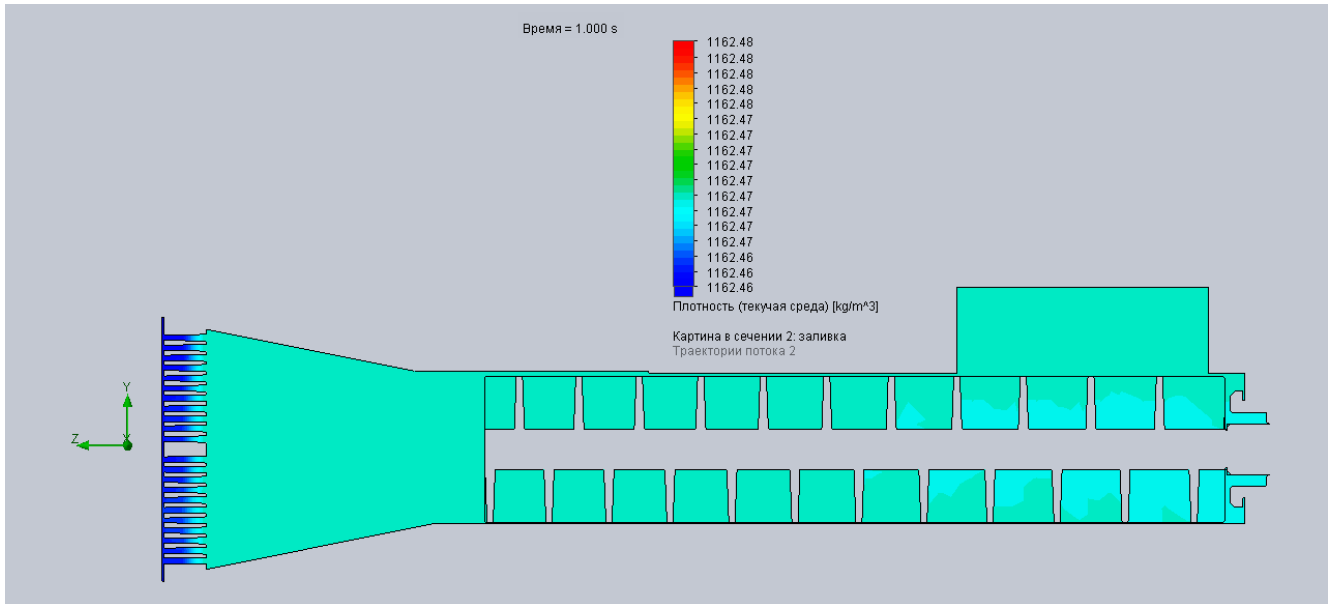


Рис. 4.6. Зміна густини тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

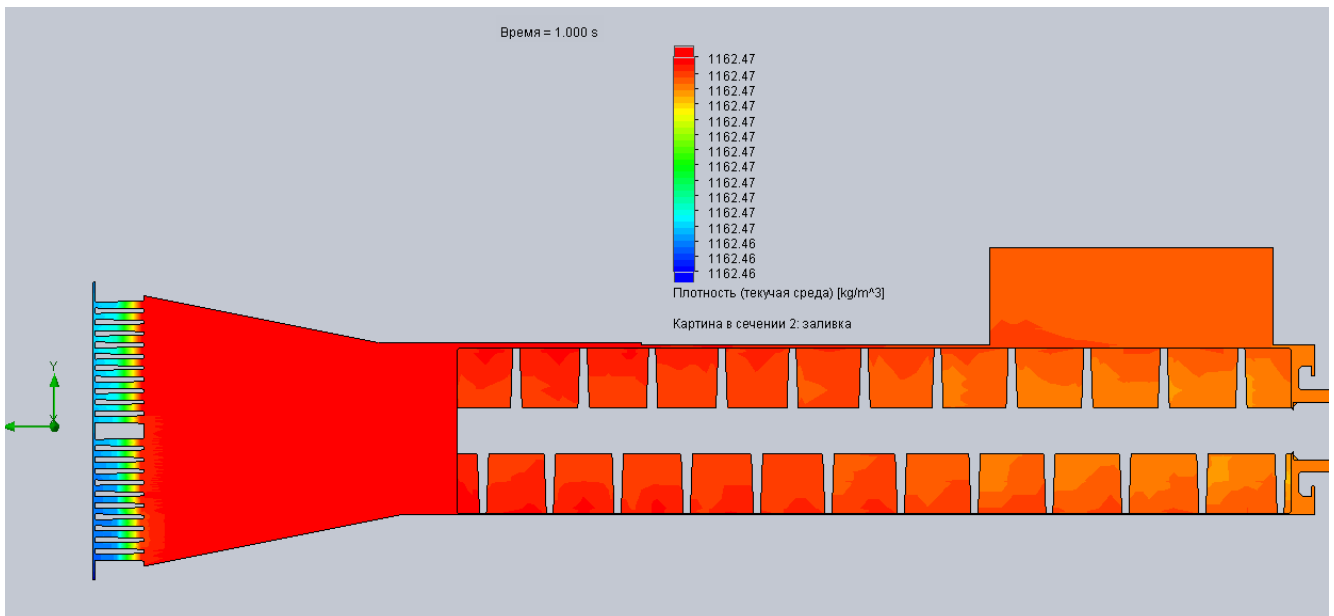


Рис. 4.7. Зміна густини тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

Наслідком зменшення максимального тиску є дещо менша зміна густини обробленого макаронного тіста. (1165,47 кг/м³ для модернізованого пресу проти 1162,48 кг/м³ для базової конструкції) (рис. 4.6, 4.7)

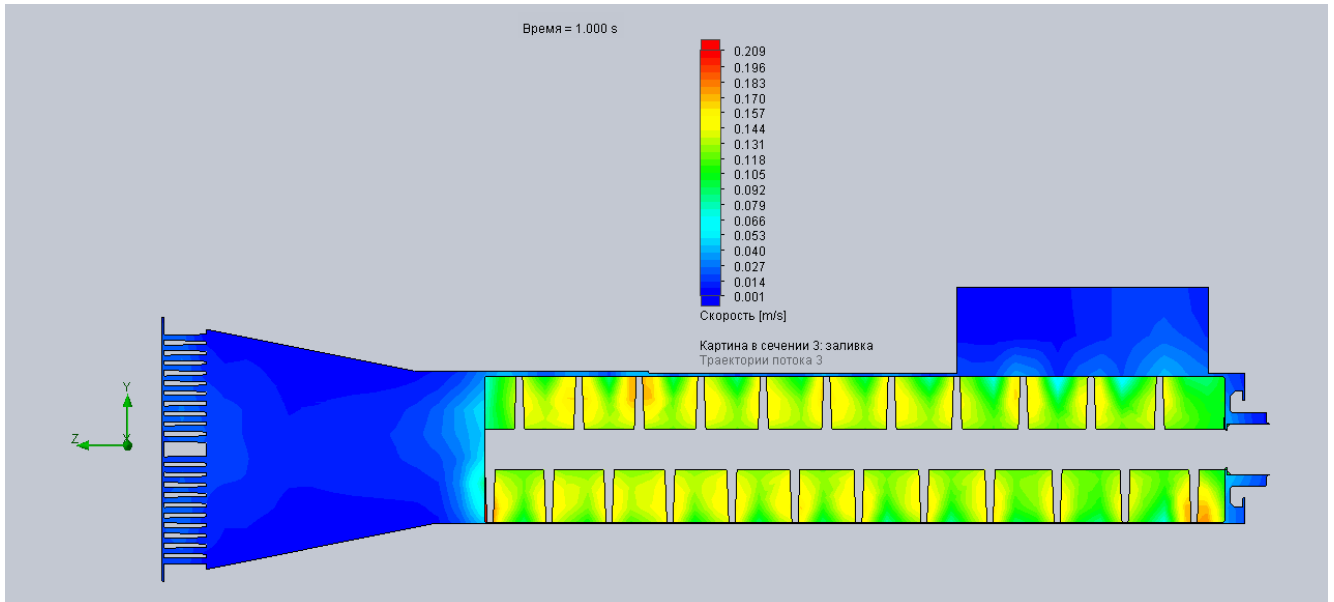


Рис. 4.8. Зміна швидкості тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

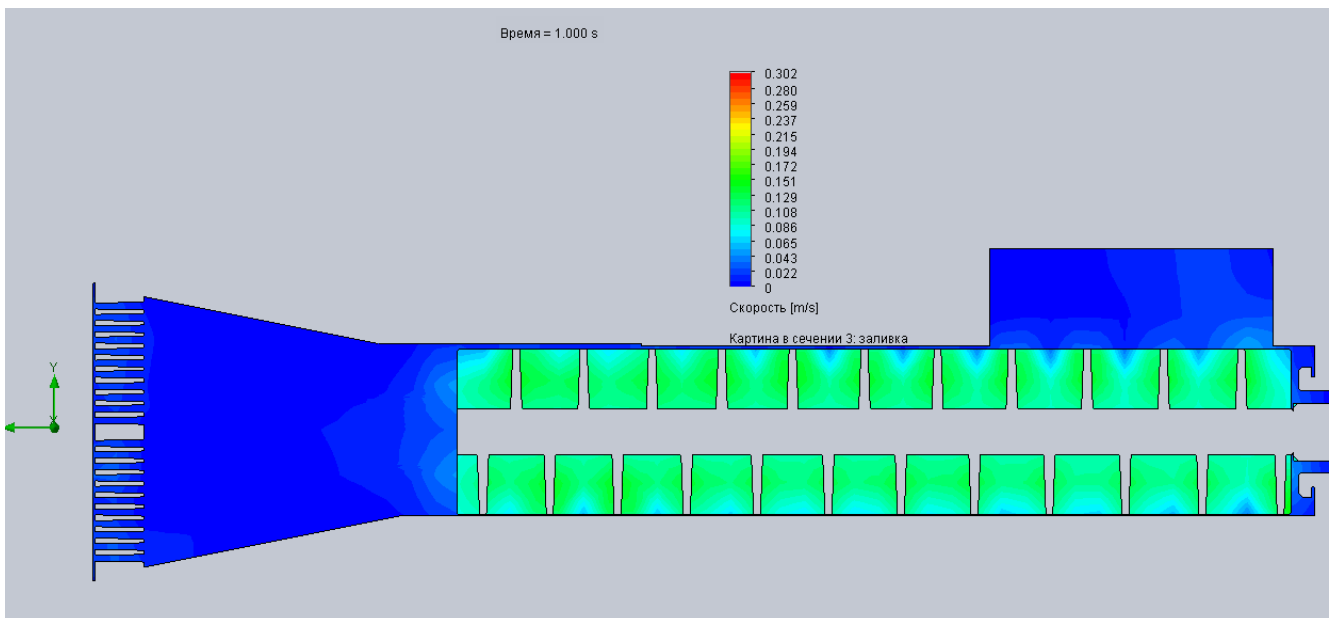


Рис. 4.9. Зміна швидкості тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

У модернізованому пресуючому вузлі максимальна швидкість тіста на 50% більша, ніж у базовому (рис. 4.8, 4.9). Це вказує на вищий рівень механічної обробки за тої самої частоти обертання шнека.

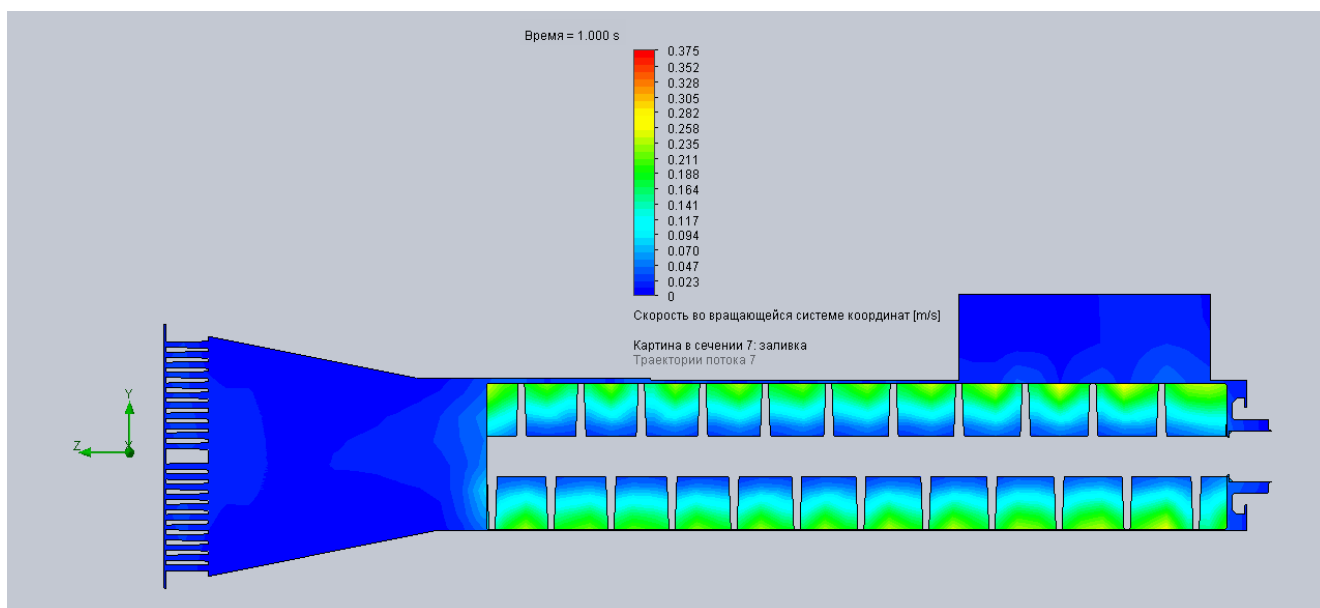


Рис. 4.10. Зміна швидкості тіста в робочій камері екструдера у обертовій системі координат базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса

ПМ-75

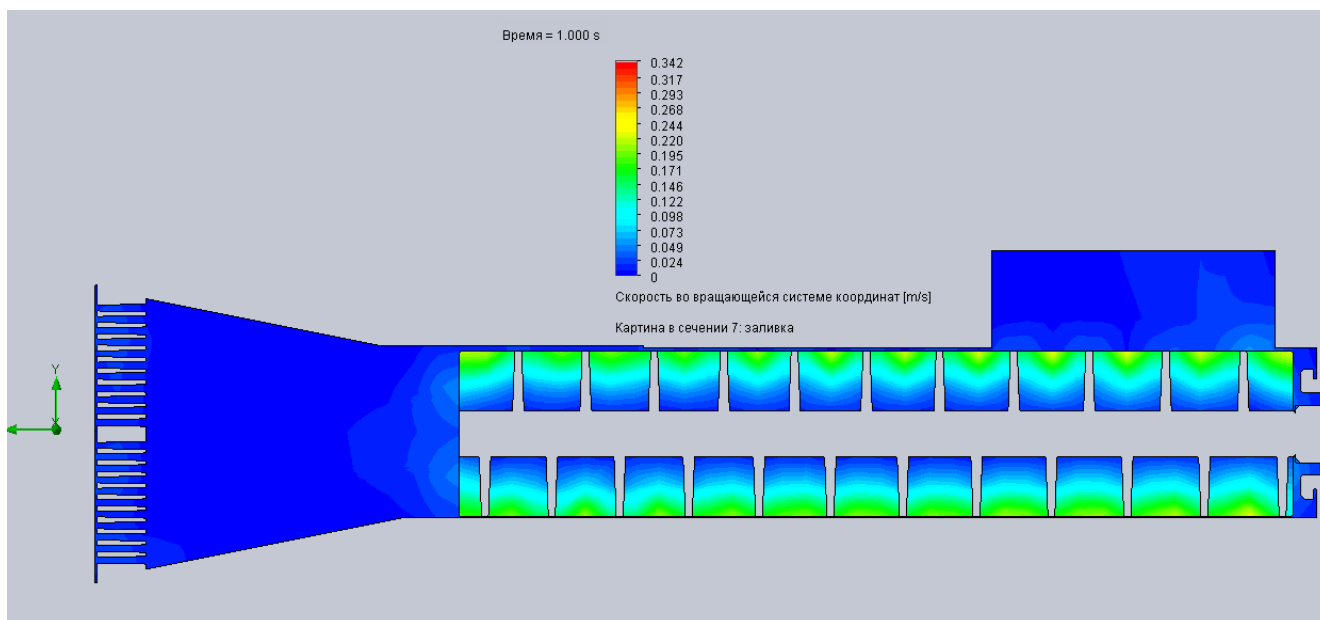


Рис. 4.11. Зміна швидкості тіста в робочій камері екструдера у обертовій системі координат модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного

преса ПМ-75

Якщо представити зміну швидкості тіста в обертовій системі координат, ми отримаємо співмірні значення швидкості тіста для базової (0,375 м/с) і модернізованої (0,342 м/с) конструкції екструдера. Така суттєва відмінність відносно лінійної швидкості тіста у традиційній декартовій системі координат пояснюється наявністю суттєвої дотичної складової швидкості.

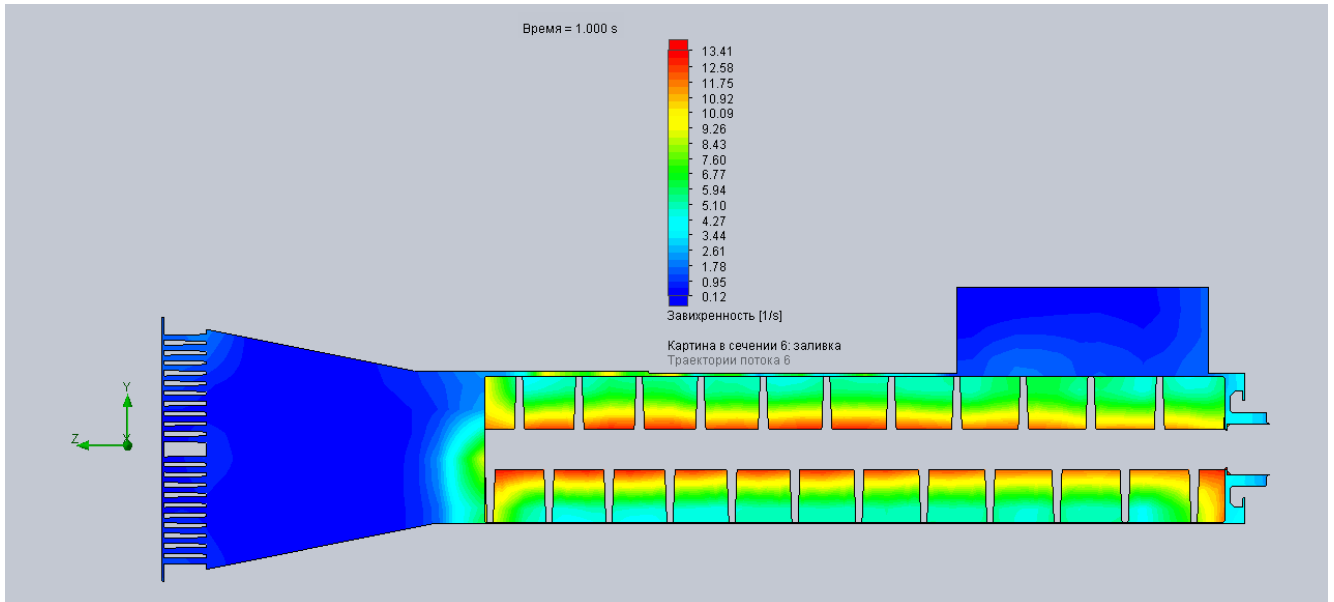


Рис. 4.12. Картина завихреності потоку тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

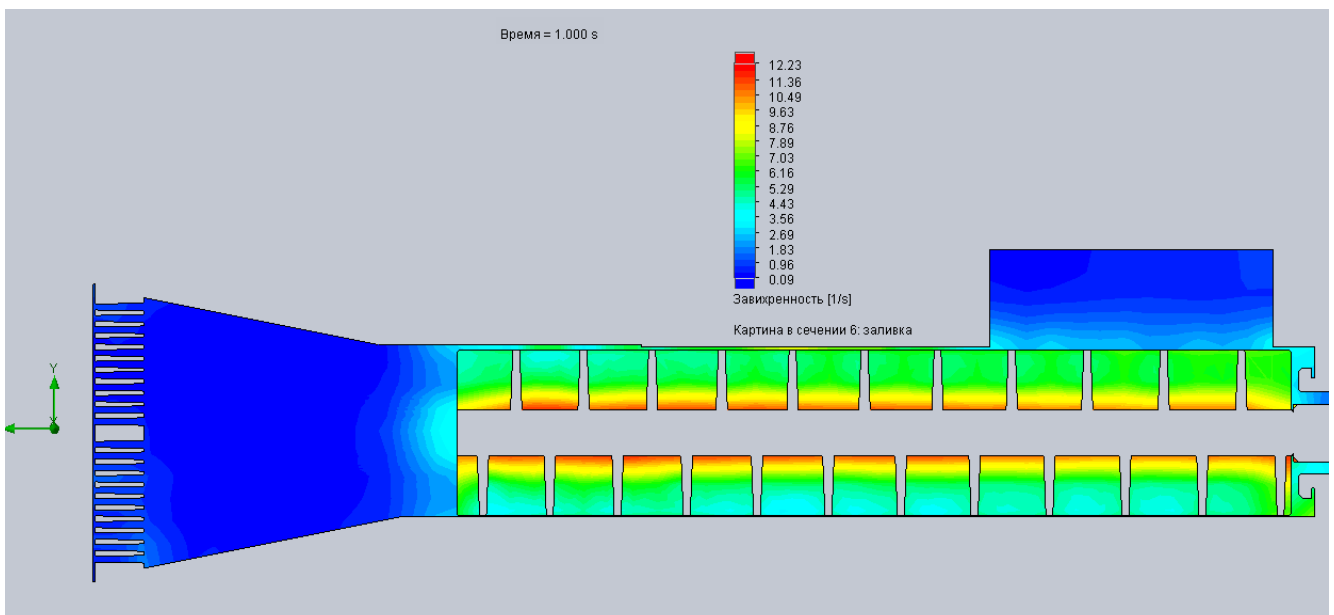


Рис. 4.13. Картина завихреності потоку тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

На більш ламінарний режим руху тіста в модернізованому пресуючому вузлі ($12,23 \text{ c}^{-1}$, тоді як у базовому - $13,41 \text{ c}^{-1}$) вказують дослідження завихреності потоку тіста в робочій камері екструдера (рис.4.12, 4.13).

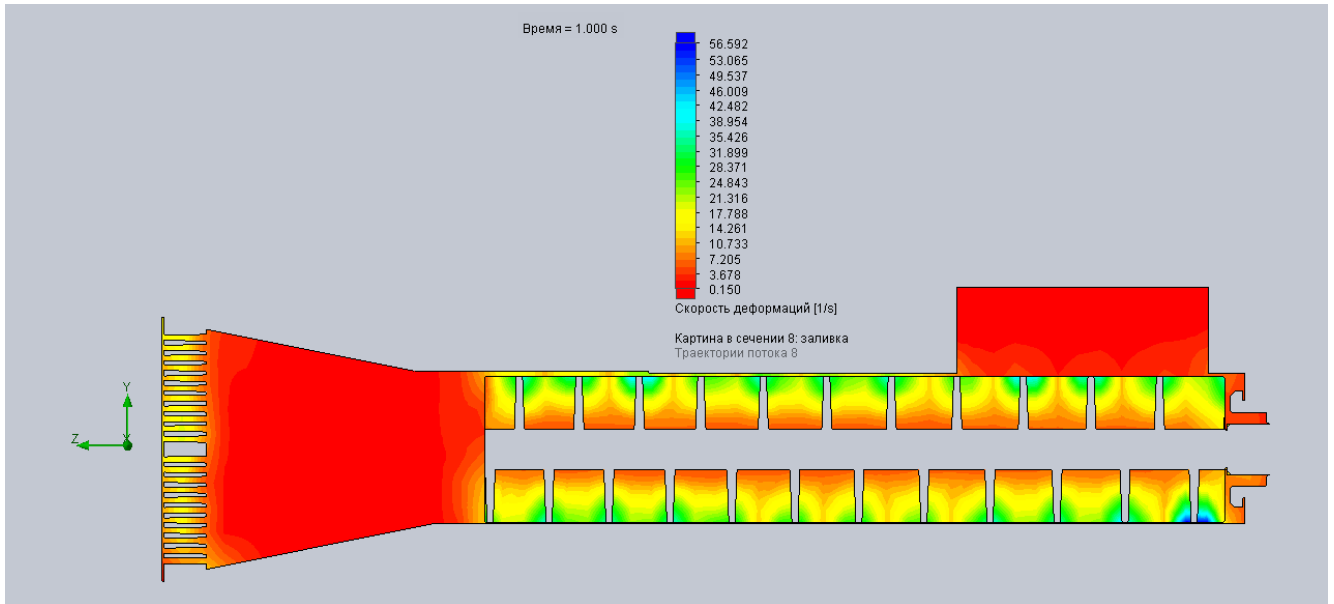


Рис. 4.14. Картина швидкості деформацій тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

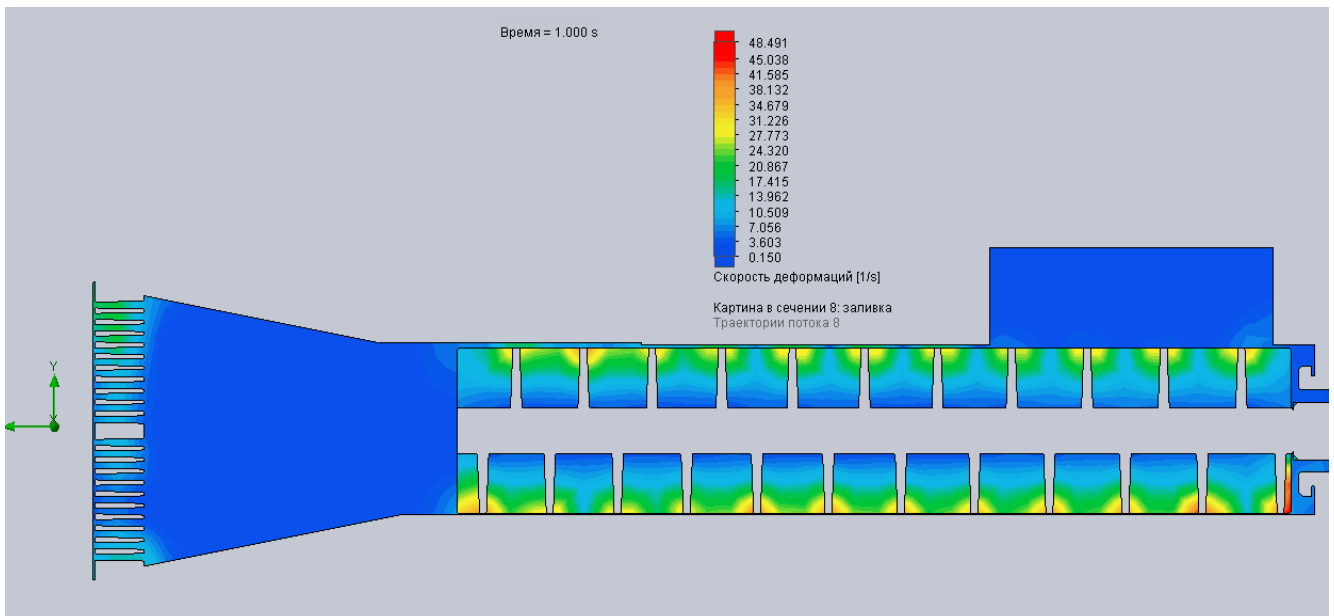


Рис. 4.15. Картина швидкості деформацій тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

Графіки швидкості деформацій тіста в робочій камері екструдера (рис.4.14, 4.15) дають схожу до графіків завихреності картину. У модернізованому пресуючому вузлі деформації є меншими ($48,491 \text{ c}^{-1}$), тоді як для базової конструкції швидкості деформацій тіста складають до $56,592 \text{ c}^{-1}$.

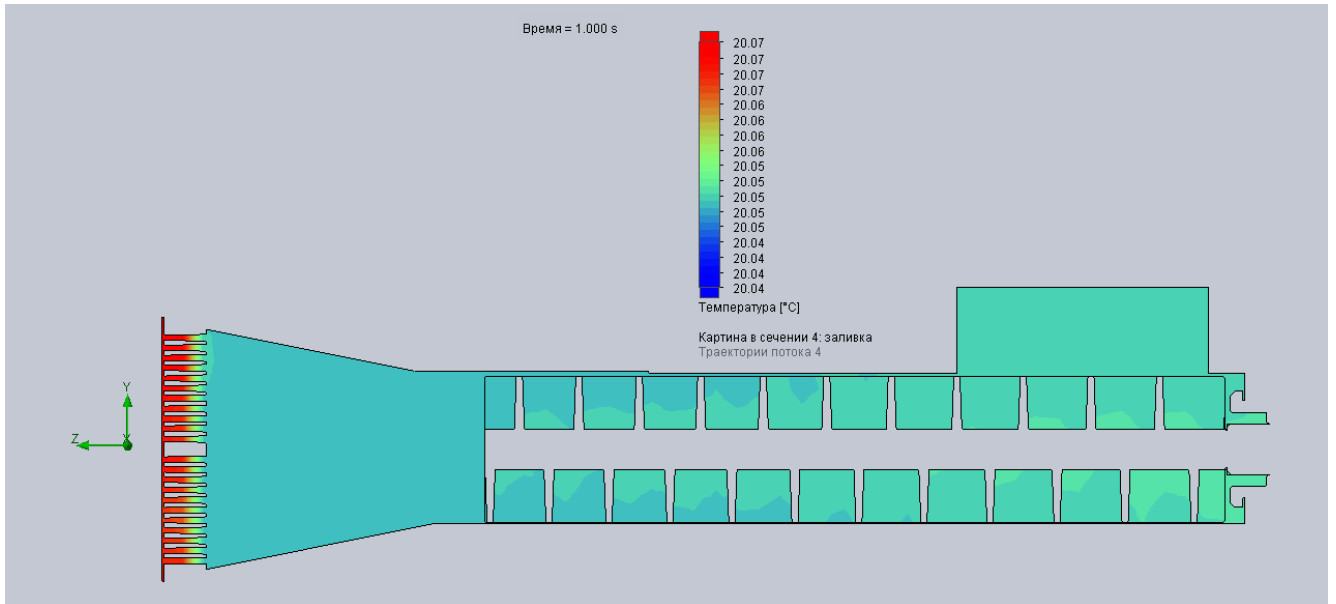


Рис. 4.16. Зміна температури тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

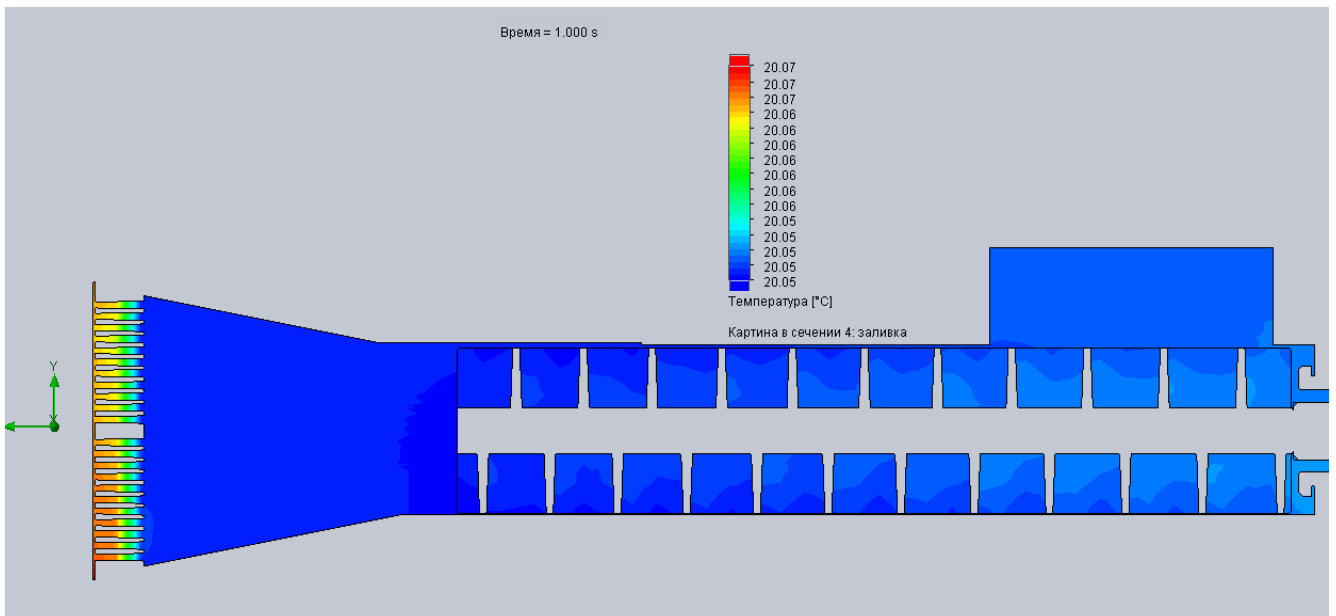


Рис. 4.17. Зміна температури тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

Наявність суттєвого механічного впливу на тісто знаходить своє відображення у зміні його температури (рис. 4.16, 4.17). Проте ці зміни настільки малі (до 0,02С), що ні на що помітно не впливають.

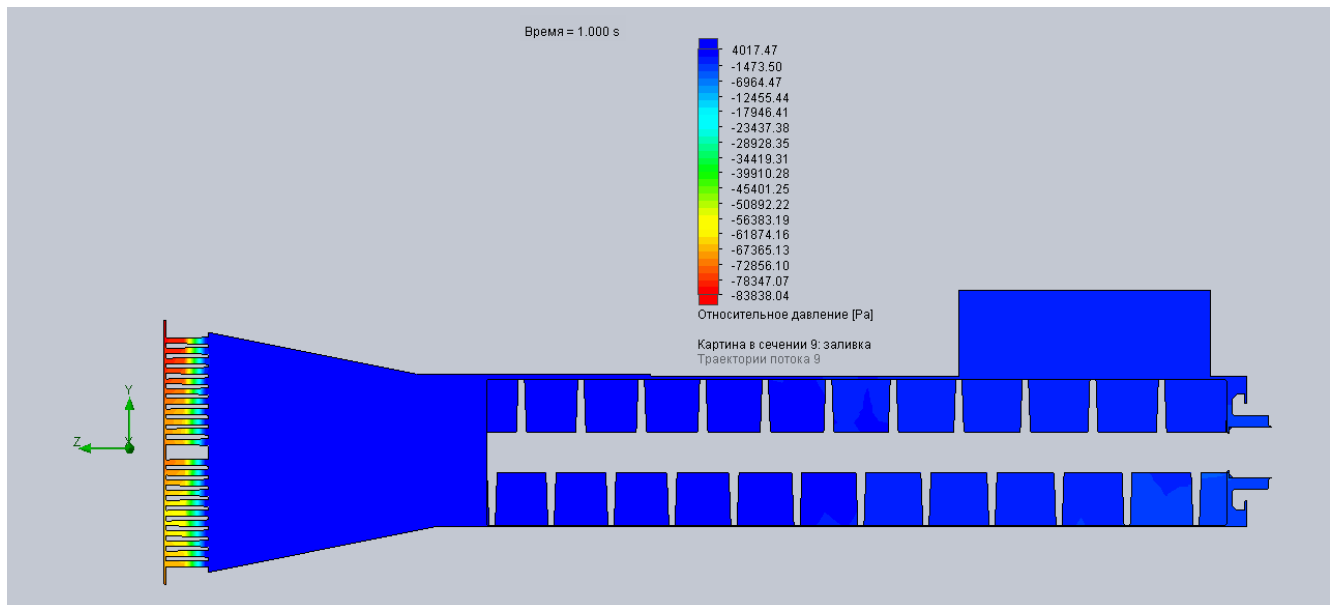


Рис. 4.18. Відносний тиск тіста в робочій камері екструдера базової конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

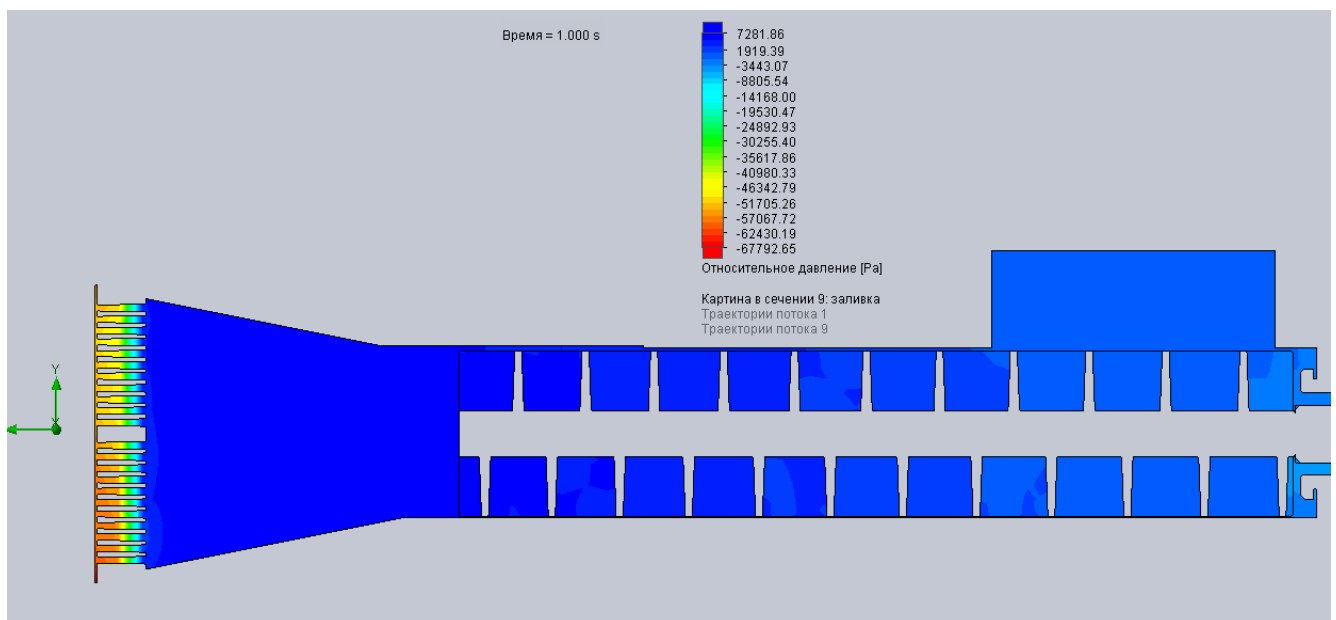


Рис. 4.19. Відносний тиск тіста в робочій камері екструдера модернізованої конструкції пресуючого вузла макаронного преса ПМ-75

Зменшення кроку витка шнека у модернізованому пресуючому вузлі обумовило помітнішу різницю відносного тиску тіста в робочій камері макаронного преса (рис. 4.18, 4.19). Максимальне значення відносного тиску тіста в робочій камері для базової конструкції складає 4017 Па, тоді як для модернізованого - 7281 Па. Це вказує на наявність більших напружень у масі тіста, результатом чого є глибше ущільнення оброблюваного макаронного тіста.

5. Спеціальна частина

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства. За його допомогою здійснюється підтримка життєвого циклу виробу згідно з концепцією CALS — технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-застосунками та створення інтерактивної документації. Комплексні рішення SolidWorks базуються на передових технологіях гібридного параметричного моделювання, а також на широкому спектрі спеціалізованих програмних модулів.

Даний пакет програм дає повний цикл моделювання не тільки для загальних задач машинобудування, а й для спеціалізованих задач деревооброблювальної галузі.

Графічне моделювання програмного комплексу SolidWorks/Flow/Simulation/Motion є необхідним інструментом для проектування та створення сучасних енергоощадних технологічних об'єктів, а також для порівняння даних, отриманих на основі досліджень, що дозволяє отримати уявлення про конкретні переваги чи недоліки параметрів досліджуваних об'єктів. Одним із можливих шляхів математичного моделювання фізичних процесів та для вирішення задач механіки деформуючого твердого тіла досліджуваного об'єкту є використання систем автоматизованого проектування та інженерного аналізу – CAD/CAE-систем (Computer Aided Engineering). У цьому аспекті важливими є програмні системи, які інтегруються у геометричні САПР (системи автоматизованого проектування), а також дають змогу досліджувати складні теплофізичні, аеродинамічні та інші процеси.

Тому пошук ефективних шляхів щодо проектування складних об'єктів безпосередньо пов'язаний з розробленням систем автоматизованого проектування на основі комп'ютерного моделювання та прийняття оптимальних проектних рішень.

Модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає

можливість моделювання процесів: – стаціонарні і нестаціонарні течії; – стискувані і нестискувані (рідини або гази) течії, включаючи до-, транс- і надзвукові режими; – ідеальні і реальні гази; – неньютонівські рідини; – одно і багатокомпонентні течії без хімічних взаємодій і розділення фаз; – спільні розрахунки течії рідини або газу та теплопередачі всередині твердого тіла без наявності границі розділення газ – рідина; – ламінарні і турбулентні течії, враховуючи ламінарний/турбулентний перехід; – "заморожування" течій для розділення "швидких" і "повільних" процесів; – течії в пористих середовищах з урахуванням теплопровідності стінок; – урахування шорсткості стінок; – зовнішні і/або внутрішні течії; – конвекційний теплообмін, вільна, вимушена або змішана конвекція; – радіаційний теплообмін з управлінням прозорістю стінок і розділенням властивостей стінок для теплообміну випромінюванням і сонячною радіацією; – розрахунок траєкторій твердих частинок і крапель в потоці та ін.

Початковими і граничними умовами можуть задаватися наступні вихідні параметри:

- швидкість, тиск (статичний, динамічний, оточуючого середовища), масові та об'ємні витрати;
- температура, концентрація компонентів, параметри турбулентності;
- витратно-напірні характеристики віртуальних вентиляторів;
- різноманітні типи стінок, включаючи шорсткість, коефіцієнт тепловіддачі і параметри умовного середовища на стінках, що не межують з реальним текучим середовищем;
- джерела тепла (об'ємні і поверхневі), віртуальні тепло вентилятори;
- можливості вказати залежність граничних умов та параметрів від часу та координат;
- симетрія відносно базових площин і періодична симетрія.

Результати дослідження виводяться у вікні SolidWorks. Існує можливість виводу функції на будь-якій площині у вигляді кольорових епюр, векторів та ізоліній, відображення результатів за допомогою ізоповерхонь. За результатами

розрахунків можна створювати трирівневі траєкторії; виводити характеристики розрахунків, розподіл будь-якої характеристикою вздовж будь-якої кривої в MS Excel.

SOLIDWORKS® Flow Simulation - це потужне рішення обчислення гідродинаміки (CFD), повністю вбудоване в SOLIDWORKS. Воно дозволяє швидко і просто моделювати ефекти потоку, теплообміну і гідродинамічних сил, які критично важливі для успішного проектування.

SOLIDWORKS Flow Simulation дозволяє моделювати потоки рідини і газу в умовах реального світу, запускати сценарії "що, якщо" і ефективно аналізувати наслідки потоку рідини, теплообміну і пов'язаних сил, що діють на компоненти і проходять через них. У рішенні також можна швидко порівнювати варіанти проекту, щоб оптимізувати прийняття рішень і виробляти більш ефективні вироби.

SOLIDWORKS Flow Simulation пропонує два модуля потоків, які охоплюють спеціальні галузеві інструменти, практики і методи моделювання: модуль систем опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC) і модуль охолодження електроніки. Ці модулі поставляються додатково до основної ліцензії SOLIDWORKS Flow Simulation.

Оцінка продуктивності виробу при швидкій зміні декількох змінних.

Прискорення виведення на ринок завдяки швидкому визначення оптимальних рішень проекту та скорочення кількості фізичних прототипів.

Зниження собівартості завдяки скороченню кількості переробок і поліпшенню якості.

Підвищення точності пропозицій.

SOLIDWORKS Flow Simulation - це інструмент загального призначення для моделювання потоків рідини і теплообміну, інтегрований в SOLIDWORKS 3D CAD. Цей потужний інструмент для тривимірного моделювання підтримує симуляцію низькошвидкісних і надзвукових потоків, забезпечуючи паралельне проектування і дозволяючи кожному інженеру радикально змінити аналіз

поток рідини і теплообміну. Крім SOLIDWORKS Flow Simulation проєктувальники можуть моделювати ефекти вентиляторів і обертових компонентів в потоці, а також нагрівання та охолодження компонентів.

Модуль систем опалення, вентиляції та кондиціонування (HVAC)

Цей модуль пропонує спеціальні інструменти моделювання для проєктувальників і інженерів систем HVAC, яким необхідно моделювати розширені явлення випромінювання. Він дозволяє інженерам справлятися зі складними завданнями проєктування ефективних систем охолодження, освітлювальних систем або забруднюючих дисперсних систем.

Модуль охолодження електроніки (Electronic Cooling)

Цей модуль містить спеціальні інструменти моделювання для досліджень управління теплообміном. Він ідеально підходить для компаній, яким необхідно вирішувати задачі теплообміну для своїх виробів, а також для компаній, яким необхідний вкрай точний аналіз теплообміну в друкованих платах і корпусах.

SOLIDWORKS Flow Simulation можна використовувати для наступного:

- Точне визначення розмірів каналів воздуховодов і нагріву з урахуванням матеріалів, ізоляції та температурного комфорту.
- Вивчення і візуалізація повітряного потоку для оптимізації систем і розподілу повітря.
- Віртуальні випробування виробів в цифровому середовищі, максимально наближеною до реальної.
- Виробництво результатів HVAC з індексом комфортності по Фангер (PMV і PPD) для поставок в школи і державні установи.
- Оптимізація проєктування інкубаторів завдяки підтримці певних рівнів комфорту для новонароджених та моделювання розташування допоміжного обладнання.
- Оптимізація проєктування систем кондиціонування повітря для проєктів медичних установ.
- Моделювання охолодження електроніки для світлодіодного

освітлення.

- Перевірка і оптимізація проектів за допомогою мультіпараметричного методу Міністерства енергетики США.
- Розрахунок тепла від трансформаторів змінного і постійного струму.
- Моделювання внутрішнього управління температурою для вирішення проблем перегріву.
- Оптимізація розташування вентиляторів і траєкторій повітряного потоку.
- Прогнозування шуму, створюваного спроектованої системою.

Для деяких описаних вище можливостей необхідна наявність модуля HVAC або модуля охолодження електроніки.

Взаємодія з додатками SOLIDWORKS для проектування

- Робота в середовищі SOLIDWORKS 3D CAD
- Підтримка конфігурацій і матеріалів SOLIDWORKS
- Довідкова документація
- База знань
- Інженерна база даних
- Вивід результатів з SOLIDWORKS Simulation в eDrawings®

Загальний аналіз потоку

- 2D-потік
- 3D-потік
- симетрія
- розрахунок обертових об'єктів
- внутрішні потоки
- зовнішні потоки

Типи аналізу

- сталий стан і проміжні потоки рідини
- рідини

- гази
- неньютонівські рідини
- змішані рідини
- потоки стиснення газу і нестискуваних рідин
- дозвуковий, коловуковий і надзвуковий потік газу

інструмент створення сітки

- автоматичні і ручні параметри глобальної сітки
- локальна деталізація сітки

загальні можливості

- потоки рідини і теплообмін в пористих середовищах
- потоки неньютоновських рідин
- потоки стискаються рідин
- неідеальні гази
- вільна, примусова і змішана конвекція
- потоки рідини з прикордонними шарами, включаючи ефекти шорсткості стінок
- ламінарні і турбулентні потоки
- тільки ламінарний потік
- змішані рідини і багатокомпонентні тверді тіла
- потоки в моделях з рухомими / обертовими поверхнями і / або деталями
- перенесення тепла в рідких, твердих і пористих середовищах з парним теплообміном і без нього і / або з жаростійким контактом між твердими тілами
- перенесення тепла тільки в твердих тілах
- ефекти гравітації

розширені можливості

- прогнозування шуму (в стаціонарному і перехідному стані)
- вільна поверхня

- теплообмін випромінюванням між твердими тілами
- джерела тепла з ефектом пельтьє
- потік випромінювання на поверхнях напівпрозорих тіл
- Джоульовий нагрів під прямим електричним струмом в електропровідних твердих тілах
- різні типи теплопровідності в твердотільному носії
- кавітація в нестискуваних потоках рідини
- рівнооб'ємна конденсація води з пара і її вплив на потік і теплообмін
- відносна вологість в газах і газових сумішах
- двофазові потоки (рідина + частинки)
- періодичні граничні умови
- розрахунок трас
- параметри комфорту
- теплові труби
- термічні з'єднання
- двухрезісторні компоненти
- друкарські плати
- термоелектричні охолоджувачі.

6. Обґрунтування економічної ефективності

Розрахуємо капітальні вкладення на оснащення виробництва. Вартість споруд формують наступні обсяги додаткових площ:

виробничі площі - 8 м²

підсобні і складські приміщення 65 м²

допоміжні приміщення 2 м²

Згідно додатку 3 [11] виконаємо розрахунок вартості будівельних робіт.

Затрати на будівництво та освоєння виробничих площ:

$$З_{бв} = 8 * 4800 = 38400 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння складських приміщень

$$З_{бс} = 65 * 2350 = 152750 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння допоміжних приміщень

$$З_{бд} = 2 * 5600 = 11200 \text{ грн}$$

Сумарні затрати на будівельні роботи:

$$З_{с} = 38400 + 152750 + 11200 = 202350 \text{ грн}$$

Розрахуємо ціну на модернізований макаронний прес.

Кількість модернізованих одиниць обладнання: 1

Допоміжні матеріали укрупнено приймаємо на рівні 4% від вартості проекту.

Результати зведемо в таблицю 6.1.

Розрахуємо витрати на додаткове обладнання.

Розрахунки зведемо в таблицю 6.2.

Розрахуєм фонд оплати праці робітників, які виготовляють машину.

Трудомісткість виготовлення машини, люд.-год: 268.

Середньогодинна оплата праці по заводу, грн.: 50.

Фонд оплати праці: ФОП= 268 * 50 = 13400 грн.

Загальновиробничі витрати укрупнено приймаємо на рівні 60% від фонду заробітної плати:

$$З_{в} = 13400 * 0,6 = 8040 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати приймаємо на рівні 55% від фонду оплати праці:

$$A_v = 13400 * 0,55 = 7370 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.1.

Визначення собівартості модернізованого макаронного преса

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Одиниця виміру	Ціна одиниці, грн.	Норма витрат на одиницю продукції, грн.	Вартість сировини і матеріалів, грн.	Транспортивно-заготівельні витрати, грн.	Загальна сума витрат на сировину і матеріали, грн.
I	Сировина і основні матеріали						
	Гарячий прокат:						
1	Тонкий листовий	кг	24,60	344,40	344,40	34,44	378,84
2	Сортовий дрібний	кг	32,10	64,20	64,20	6,42	70,62
3	Середній	кг	28,50	641,25	641,25	64,13	705,38
4	Волочений комбінований	кг	27,40	13,70	13,70	1,37	15,07
	Холодний прокат:					0,00	0,00
5	Листовий	кг	27,70	166,20	166,20	16,62	182,82
6	Сортовий профільований	кг	29,50	501,50	501,50	50,15	551,65
7	Кутники, швелери	кг	23,50	3760,00	3760,00	376,00	4136,00
8	Труби для заготовок	кг	25,10	401,60	401,60	40,16	441,76
9	Гаряча штамповка	кг	36,40	1237,60	1237,60	123,76	1361,36
10	Холодна штамповка	кг	42,50	680,00	680,00	68,00	748,00
11	Чавунне литво	кг	24,20	1452,00	1452,00	145,20	1597,20
12	Двигун	шт	680	2040,00	2040,00	204,00	2244,00
II	Допоміжні метериали			452,10	452,10	45,21	497,31
	Разом			11754,55	11754,55	1175,45	12930,00

Виробнича собівартість виготовлення модернізованої машини:

$$B_c = 12930,00 + 13400,00 + 8040,00 + 7370,00 = 41740,00 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати приймаємо на рівні 6,5% від виробничої собівартості:

$$Пв = 41740,00 * 0,065 = 2713,10 \text{ грн.}$$

Розрахуємо ціну машини: Закладаємо рівень рентабельності 15%. Ціна машини:

$$Цо = (41740,00 + 2713,10) * (1,00 + 0,15) = 51121,07 \text{ грн.}$$

Розрахуємо загальні капіталовкладення на впровадження нової машини.

Витрати на демонтаж старої машини: 1250,00 грн.

Залишкова вартість старої машини: 0,00 грн.

Таблиця 6.2.

Кошторис витрат на обладнання.

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць, шт	Вартість одиниці, шт	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Загальні витрати, грн.
1	Макаронний прес	1	51121,07	51121,07	7668,16	5112,11	63901,34
Разом				51121,07	7668,16	5112,11	63901,34

Капвкладення в створення нової машини з таблиці 6.2.: 63901,34 грн

Вартість брухту від реалізації старої машини 580,00 грн

Загальні капіталовкладення на впровадження нової машини:

$$Ко = 63901,34 + 1250,00 + 0,00 - 580,00 = 64571,34 \text{ грн.}$$

Річний випуск продукції на модернізованій машині складе: 226000,00 кг

Питомі капіталовкладення: $Ку = 64571,34 / 226000,00 = 0,285713874$ грн/од.прод. Розрахуємо витрати на транспортні засоби, силове і енергетичне обладнання, пристосування, на лабораторні прилади

Вартість транспорту приймаєм із умови 15% вартості обладнання:

$$63901,34 * 0,15 = 9585,20 \text{ грн}$$

Вартість силового та енергетичного обладнання приймається із розрахунку 100 грн на 1 кВт встановленої потужності.

Встановлена потужність складає: 32 кВт

Тоді розрахункова вартість: $32 * 100 = 3200$ грн

Вартість виробничого та господарського інвентаря розрахуєм з умови 100 грн на одного працюючого.

Кількість працюючих: 8 чол

$$8 * 100 = 800 \text{ грн}$$

Вартість інших витрат приймаєм на рівні 65% вартості обладнання та будівельно-монтажних робіт.

$$(202350 + 63901,34) * 0,65 = 173063,37 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3.

Кошторис капітальних витрат.

№ п/п	Види основних виробничих фондів	Балансова вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Річні амортизаційні відрахування, %
1	Споруди	202350,00	15	30352,50
2	Промислове обладнання	63901,34	15	9585,20
3	Транспортні засоби	9585,20	15	1437,78
4	Силове і енергетичне обладнання,	3200,00	15	480,00
5	Інструмент, приспособлення, лабораторне обладнання	1420,00	15	213,00
6	Виробничий і господарський інвентар	800,00	40	320,00
7	Інші витрати	173063,37		
8	Разом	454319,90		42388,48

В процесі технічного переоснащення планується встановлення нової машини. Визначимо трудомісткість річного об'єму роботи при виробництві для базового і проектного варіанту.

Вона відповідно рівна $169500 / 21,97 = 7714,29$ год.

і $226000 / 31,38 = 7200,00$ год.

Таблиця 6.4.

Дані для розрахунку економічної ефективності впровадження.

Показник	Варіанти	
	Базовий	Новий
Річна програма випуску готової продукції, кг	169500,00	226000,00
Усереднена технічна продуктивність, кг/зм	175,78	251,11
Норма виробітку в годину, кг	21,97	31,39
Капітальні витрати на впровадження машини з врахуванням затрат на монтаж, грн.	0,00	454319,90
Потужність встановленого двигуна, кВт	5,80	4,20
Коефіцієнт використання потужності електродвигуна	0,22	0,3
Норма амортизації обладнання, %	15	15
Розряд робіт	4	4
Тарифна погодинна ставка, грн	50	50
Премії і доплати, %	25	25
Додаткова заробітна платня, % від основної	6	6
Витрати на охорону праці і техніку безпеки в розрахунку на середньорічного працівника за рік, грн	225	225
Відрахування на соціальне страхування, %	38	38
Баланс робочого часу в середньому на одного працівника за рік, год.	1760	1760
Виконання робітником норм виробітку, %	100	100

Для розрахунку середньорічної чисельності робітників, де діленим буде трудомісткість, а дільником добуток (Б*П). Підставивши значення, отримаємо:

$$7714,28 / 1760 = 4,38$$

$$7200 / 1760 = 4,09$$

Розрахунок поточних витрат приведено в таблиці 6.5. Визначимо додаткові показники економічної ефективності впровадження нової техніки.

Економія середньорічної чисельності робітників 0,29 чоловік

Затрати по заробітній платні, грн.

Витрати	Варіанти	
	Базовий	Новий
Основна тарифна заробітна плата	$50,00 * 7714,29 = 385714,29$	$50,00 * 7200,00 = 360000,00$
Премії і доплати до тарифної заробітної плати	$385714,29 * 0,25 = 96428,57$	$360000,00 * 0,25 = 90000,00$
Основна заробітна плата	$385714,29 + 96428,57 = 482142,86$	$360000,00 + 90000,00 = 450000,00$
Додаткова заробітна плата	$482142,86 * 0,06 = 28928,57$	$450000,00 * 0,06 = 27000,00$
Заробітна плата	$482142,86 + 28928,57 = 511071,43$	$450000,00 + 27000,00 = 477000,00$
Відрахування на соціальне страхування	$511071,43 * 0,38 = 194207,14$	$477000,00 * 0,38 = 181260,00$
Охорона праці	$225,00 * 4,38 = 986,20$	$225,00 * 4,09 = 920,45$
Амортизація	0,00	$454319,90 * 0,15 = 68147,99$
Всього	706264,77	798588,97

Можливе збільшення продуктивності праці на використання даної операції: $0,29 * 100 / (4,38 - 0,29) = 7,14 \%$.

Економія фонду заробітної плати становить:

$$511071,43 - 477000,00 = 34071,43 \text{ грн.}$$

Визначимо можливе підвищення продуктивності праці Птр в результаті економії чисельності працюючих за формулою: $\Pi_{mp} = E_{ич} \cdot \frac{100}{T_q - E_{ич}}$,

де $E_{ич}$ – економія середньорічної чисельності робітників;

T_q – загальна кількість робітників;

$$\text{Птр} = 1,29 * 100 / (8 - 1,29) = 19,26 \%$$

Розрахуємо економію річного тарифного фонду заробітної плати, що складе:

$$E_{рт} = 385714,29 - 360000,00 = 25714,29 \text{ грн}$$

Економія річного фонду основної заробітної плати:

$$E_{ро} = 25714,29 * 1,25 = 32142,86 \text{ грн}$$

Економія річного загального фонду заробітної плати складе:

$$E_{фт} = 25714,29 * 1,33 = 34071,43$$

Розробимо планову калькуляцію собівартості всього річного випуску, використовуючи дані таблиці 6.6.

Загальні витрати приймаєм укрупнено рівними 46% від основної заробітної плати робітників, а інші витрати від виробничої собівартості мінус виробничі витрати. Невиробничі витрати складають 1,1% від виробничої собівартості.

Таблиця 6.6.

Витрата матеріальних ресурсів і заробітної плати на тону продукції.

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрата
Борошно, кг	11,8	920
Сіль, кг	5	2
Спеції і харчові добавки, кг	125	3
Яечний порошок, кг	52	5
Упаковка, м ²	3	26
Електроенергія, кВт	1,67	55,6
Вода, м ³	12,5	2,5
Пара, кг		
Втрати від браку, грн	7,2	12,5

Складемо порівняльну таблицю визначення собівартості. Для визначення повної собівартості необхідним є виконання розрахунку кошторису витрат на річний випуск продукції (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7.

Кошторис витрат на річний випуск продукції, грн.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+ чи -)
		до проекту	з проектом	
1	Матеріальні витрати			
	Борошно	1840092,00	2453456,00	-
	Сіль	1695,00	2260,00	-
	Спеції і харчові добавки	63562,50	84750,00	-
	Яечний порошок	44070,00	58760,00	-
	Упаковка	13221,00	17628,00	-
	Всього	1962640,50	2616854,00	-
2	Витрати на оплату праці	511071,43	477000,00	+
3	Відрахування на соціальні заходи	195193,34	182180,45	+
4	Амортизація	0	68147,99	-
5	Інші витрати			
	Електроенергія	1320,00	1250,00	+
	Вода	1532,00	1532,00	=
	Пара	123800,00	123800,00	=
	Втрати від браку	4237,50	4520,00	-
	Загальновиробничі витрати, грн	387,00	361,20	+
	Адміністративні витрати, грн	120,00	112,00	+
	Позавиробничі витрати, грн	275,00	275,00	=
	Всього	131396,50	131575,20	+
6	Всього витрат	2800301,77	3475757,64	-

Ефективність впровадження нової розробки розраховуємо за її чистою теперішньою вартістю.

Капітальні затрати на впровадження розробки: $K = 454319,90$ грн

Річна собівартість готової продукції: $S_p = 3489140,64$ грн .

Закладаємо річний чистий прибуток на рівні 15%: $Чр = 0,15 * 3489140,64 = 523371,10$ грн. Амортизаційні відрахування: $A = 68147,99$ грн .

Чистий річний прибуток з амортизаційними відрахуваннями: $АЧр = Чр + A = 523371,096 + 68147,99 = 591519,08$ грн

Коефіцієнт освоєння потужностей у першому році: $K1 = 0,8$, у другому році: $0,9$. Дисконтна ставка $Kп = 0,15$.

Чиста теперішня вартість розраховується за наступною формулою

$$ЧТВ = -K + \frac{АЧр}{(1+Kп)^t}$$

Після першого року: $ЧТВ = -42828,37$ грн

Після другого року: $ЧТВ = 420099,61$ грн. Термін окупності - два роки.

Побудуємо зведену таблицю калькуляції собівартості випуску продукції.

Таблиця 6.8.

Зведена таблиця калькуляції собівартості випуску продукції.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+/-)
		до проекту	з проектом	
1	2	3	4	5
1	Сировина і основні матеріали	1962640,50	2616854,00	-
2	Допоміжні матеріали	125332,00	125332,00	=
3	Тара і тарні матеріали	13221,00	17628,00	-
4	Електроенергія і паливо (для технологічних цілей)	1320,00	1250,00	+
5	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	482142,86	450000,00	+
6	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	28928,57	27000,00	+

Продовження таблиці 6.8.

	2	3	4	5
	Нарахування на заробітну плату основних виробничих робітників	19519 3,34	250328 ,44	-
	Загальновиробничі витрати	387,00	361,20	+
	Разом виробнича собівартість	16,57	15,44	+
	Адміністративні витрати	120,00	112,00	+
0	Позавиробничі витрати	275,00	275,00	=
	Повна собівартість	16,58	15,44	+

Таблиця 6.9.

Основні техніко-економічні показники підприємства

№ п/п	Нормативні показники	Одиниці виміру	Величина показника	
			без проекту	з проектом
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	т	169,50	226,00
	б) у вартісному вираженні	грн	2809560,27	3489140,64
2	Капітальні затрати:			
	а) в обладнання		0,00	363455,92
	б) в площу		0,00	90863,98
3	Загальна кількість працюючих	чол	25	24
4	Собівартість випуску одиниці продукції	грн	16,58	15,44
5	Випуск продукції з 1м ² площі	т/рік	0,66	1,13
6	Рентабельність продукції	%	0,11	0,15
7	Чиста теперішня вартість проекту	грн	-	420099,61
8	Період окупності		-	два роки

7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

7.1. Охорона праці

Усі технологічні процеси, які здійснюються при виробництві макаронної продукції повинні проводитися в умовах ретельної чистоти й охорони їх від забруднення і псування, а також від влучення в них сторонніх предметів і речовин.

Готова продукція повинна вироблятися строго відповідно до діючої нормативної документації.

Відповідальність за дотримання технологічних інструкцій покладається на майстрів, технологів, зав. виробництвом і начальників цехів (дільниць).

В цеху виробництва макаронних виробів у технологічному процесі приймають участь: просіювач, насоси для води та інших харчових рідин, макаронний прес, транспотери, сушарка для готових виробів, фасувальний і пакувальний автомати

Основним фактором небезпеки при використанні просіювачів є велика імовірність виникнення нештатних ситуацій внаслідок накопичення значного заряду статичної електрики, а також загоряння і вибуху дрібного пилу борошна в повітрі. Тому просіювач слід в обов'язковому порядку заземлити і забезпечити достатню вентиляцію для відведення повітря і завислих частинок. Елементи приводу просіювача закрито кожухами.

При роботі з просіювачем має місце обробка легко електризованих матеріалів, а отже обслуговуючий персонал може перебувати під впливом електростатичного поля (ЕП).

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці визначається нормами СН 1757-77.

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці обслуговуючого персоналу не повинна перевищувати: при впливі до 1 год - 60 В/м, при впливі від 1 год до 9 год – з умови не більше 60 В/м.

Технологічні трубопроводи повинні забезпечувати герметичність. Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових передбачається якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Макаронний прес являє собою складну систему із електричною, механічною і пневматичною частинами. Для забезпечення безпечної експлуатації макаронного преса слід передбачити заземлення його електричної частини, а також закрити вільний доступ до елементів приводу та дозатора борошна й інших сипких продуктів за допомогою кожухів. Також важливим є забезпечення герметичності трубопроводів і елементів, які мають дотик з рідинами і для підстраховки на підлозі дерев'яну підставку для обслуговуючого персоналу. Наявність кількох рухомих елементів обумовлює виникнення вібрації, тому слід також передбачити впровадження віброізоляції.

Макаронні преси закритого конструктивного виконання можна віднести до машин малого рівня безпеки. Як правило вони не працюють при великих надлишкових тисках, чи високих температурах.

Робочі елементи машини (шнеки) конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Проте макаронні преси

можуть працювати при порівняно великих обертах рухомих елементів, що може спричинити вібрацію і шум. Дані апарати приводяться в рух електричними двигунами, і повинні відповідати ПУЕ, бути надійно заземленими, так як під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Повинні використовуватись також запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації макаронного преса необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуюваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізольованих частин преса. Вибір заземлення вибирається згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Основним джерелом шуму в макаронному пресі є електродвигун приводу шнеків і самі шнеки. Оскільки рівень шуму двигуна макаронного преса перебуває в межах нормативів, то вважаємо, що ніяких додаткових засобів по зниженню рівня шуму електричного двигуна приводу здійснювати недоцільно. Для зменшення рівня шуму передач приводу робочих органів пропонується закрити їх захисними кришками. Зниження рівня шуму від робочих органів досягається за рахунок встановлення кришки.

При експлуатації транспортерів слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення огорож і захисних кожухів.

При експлуатації сушильної установки суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію, яка б забезпечувала відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020-82).

У фасувального і пакувального автоматів слід забезпечити уникнення механічного і електричного травматизму персоналу при фізичному контакті, що досягається монтажом заземлення та встановленням захисних кожухів.

Технологічне обладнання й апаратура цеху макаронних виробів повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

Розміщення технологічного обладнання повинні виробляється відповідно до технологічної схеми, забезпечувати потоковість технологічного процесу, короткі і прямі гідравлічні комунікації, виключати зустрічні потоки сировини і готової продукції.

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

Усі частини, що стикаються з сировиною, повинні бути доступні для чищення, миття і дезінфекції.

При проектуванні і монтажі нового обладнання треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам Сніп "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств макаронної промисловості".

У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КЕО) повинний бути передбачений з урахуванням характеру праці і зорової напруги.

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з важкими умовами чи праці не мають постійних робітників місць варто використовувати лампи накаливання.

Штучне освітлення повинне бути представлене загальним у всіх цехах і приміщеннях, а у виробничих при необхідності - місцевим чи комбінованим.

При розміщені стрічкових, роликівих та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними

небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Робочі поверхні (покриття) столів для обробки харчових продуктів повинні бути гладкими, без щілин і зазорів, виготовлені з нержавіючого чи металу полімерних матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

7.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

7.2.1. Визначення режиму радіаційного захисту

Людина зазнає опромінення двома способами — зовнішнім та внутрішнім. Якщо радіоактивні речовини знаходяться поза організмом і опромінюють його ззовні, то у цьому випадку говорять про зовнішнє опромінення. А якщо ж вони знаходяться у повітрі, яким дихає людина, або у їжі чи воді і потрапляють всередину організму через органи дихання та кишково-шлунковий тракт, то таке опромінення називають внутрішнім. .

Штучними джерелами іонізуючих випромінювань є ядерні вибухи, ядерні установки для виробництва енергії, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські апарати, прилади апаратури засобів зв'язку високої напруги тощо.

Серед техногенних джерел іонізуючого опромінення на сьогодні людина найбільш опромінюється під час медичних процедур і лікування, пов'язаного із застосуванням радіоактивності, джерел радіації»

Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань надзвичайно важливими при вивченні питання небезпеки для здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто радіоактивне випромінювання.

Розрізняють експозиційну, поглинену та еквівалентну дози іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізуючу спроможність випромінювання в повітрі, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг); позасистемна одиниця — рентген (Р); 1 Кл/кг — $3,88 \times 10^3$ Р. За експозиційною дозою можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в. греях Гр (1 Гр-1 Дж/кг). Застосовується і позасистемна одиниця рад (1 рад — $0,01$ Гр= $0,01$ Дж/кг).

Доза, яку одержує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Щоб врахувати цей ефект введено поняття еквівалентної дози.

Еквівалентна доза є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням. За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського та α , β випромінювань). Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада). $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ Зв}$.

Специфічність дії іонізуючого випромінювання полягає в тому, що інтенсивність хімічних реакцій, індукційованих вільними радикалами, підвищується, й у них втягуються багато сотень і тисячі молекул, не порушених опроміненням. Ніякий інший вид енергії (теплова, електрична та ін.), що поглинається біологічним об'єктом у тій самій кількості, не призводить до таких змін, які спричиняє іонізуюче випромінювання.

Також необхідно відзначити деякі особливості дії іонізуючого випромінювання на організм людини:

- органи чуття не реагують на випромінювання;
- малі дози випромінювання можуть підсумовуватися і накопичуватися в організмі (кумулятивний ефект);
- випромінювання діє не тільки на даний живий організм, але і на його спадкоємців (генетичний ефект);
- різні організми мають різну чутливість до випромінювання.

Небезпека різних радіоактивних елементів для людини визначається спроможністю організму їх поглинати і накопичувати.

Радіоактивні ізотопи надходять всередину організму з пилом, повітрям, їжею або водою і поводять себе по-різному:

- деякі ізотопи розподіляються рівномірно в організмі людини (трійтій, вуглець, залізо, полоній),
- деякі накопичуються в кістках (радій, фосфор, стронцій),
- інші залишаються в м'язах (калій, рубідій, цезій),
- накопичуються в щитовидній залозі (йод), у печінці, нирках, селезінці (рутений, полоній, ніобій) тощо.

Ефекти, викликані дією іонізуючих випромінювань (радіації), систематизуються за видами ушкоджень і часом прояву. За видами ушкоджень їх поділяють на три групи: соматичні, соматико-стохастичні (випадкові, ймовірні), генетичні. За часом прояву виділяють дві групи — ранні (або гострі) і пізні. Ранні ураження бувають тільки соматичні. Це призводить до смерті або променевої хвороби. Постачальником таких часток є в основному ізотопи, що мають коротку тривалість життя, у - випромінювання, потік нейтронів.

Для вирішення питань радіаційної безпеки населення передусім викликають інтерес ефекти, що спостерігаються при малих дозах опромінення — порядку декілька сантисиверів на годину, що реально трапляються при практичному використанні атомної енергії. У нормах радіаційної безпеки НРБУ-97, введених 1998 р., як одиниці часу використовується рік або поняття річної дози опромінення. Це викликано, як зазначалося раніше, ефектом накопичення «малих» доз і їхнього сумарного впливу на організм людини.

Існують різноманітні норми радіоактивного зараження: разові, сумарні, гранично припустимі та інше. Всі вони описані в спеціальних довідниках.

ЛД загального опромінення людини вважається доза, яка у світлі сучасних знань не повинна викликати значних ушкоджень організму протягом життя. Форми променевої хвороби: гостра і хронічна.

ГПД для - людей, які постійно працюють з радіоактивними речовинами, становить 2 бер на рік. При цій дозі не спостерігається соматичних уражень, проте достовірно поки невідомо, яким чином реалізуються канцерогенний і генетичний ефекти дії. Цю дозу слід розглядати як верхню межу, до якої не варто наближатися.

Питання захисту людини від негативного впливу іонізуючого випромінювання постали майже одночасно з відкриттям рентгенівського випромінювання і радіоактивного розпаду. Це зумовлено такими факторами: по-перше, надзвичайно швидким розвитком застосування відкритих випромінювань в науці та на практиці, і, по-друге, виявленням негативного впливу випромінювання на організм.

Заходи радіаційної безпеки використовуються на підприємствах і, як правило, потребують проведення цілого комплексу різноманітних захисних заходів, що залежать від конкретних умов роботи з джерелами іонізуючих випромінювань і, передусім, від типу джерела випромінювання.

- Закритими називаються будь-які джерела іонізуючого випромінювання, устрій яких виключає проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище при передбачених умовах їхньої експлуатації і зносу.

Це — гамма-установки різноманітного призначення; нейтронні, бета-і гамма-випромінювачі; рентгенівські апарати і прискорювачі заряджених часток. При роботі з закритими джерелами іонізуючого випромінювання персонал може зазнавати тільки зовнішнього опромінення.

Захисні заходи, що дозволяють забезпечити умови радіаційної безпеки при застосуванні закритих джерел, ґрунтуються на знанні законів поширення іонізуючих випромінювань і характеру їхньої взаємодії з речовиною. Головні з них такі:

- доза зовнішнього опромінення пропорційна інтенсивності випромінювання і часу впливу;
- інтенсивність випромінювання від точкового джерела пропорційна кількості квантів або часток, що виникають у ньому за одиницю часу, і обернено пропорційна квадрату відстані;
- інтенсивність випромінювання може бути зменшена за допомогою екранів.

З цих закономірностей випливають основні принципи забезпечення радіаційної безпеки:

- 1) зменшення потужності джерел до мінімальних розмірів («захист кількістю»);
- 2) скорочення часу роботи з джерелом («захист часом»);
- 3) збільшення відстані від джерел до людей («захист відстанню»);
- 4) екранування джерел випромінювання матеріалами, що поглинають іонізуюче випромінювання («захист екраном»).

Найкращими для захисту від рентгенівського і гамма-випромінювання є свинець і уран. Проте, з огляду на високу вартість свинцю й урану, Можуть застосовуватися екрани з більш легких матеріалів — просвинцьованого скла, заліза, бетону, залізобетону і навіть води. У цьому випадку, природно, еквівалентна товща екрану значно збільшується.

Для захисту від бета-потоків доцільно застосовувати екрани, які виготовлені з матеріалів з малим атомним числом. У цьому випадку вихід гальмівного випромінювання невеликий. Звичайно як екрани для захисту від бета-випромінювань використовують органічне скло, пластмасу, алюміній.

Відкритими називаються такі джерела іонізуючого випромінювання, при використанні яких можливе потрапляння радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

При цьому може відбуватися не тільки зовнішнє, але і додаткове внутрішнє опромінення персоналу. Це може відбутися при надходженні радіоактивних ізотопів у навколишнє робоче середовище у вигляді газів, аерозолів, а також твердих і рідких радіоактивних відходів: Джерелами аерозолів можуть бути не тільки виконувані виробничі операції, але і забруднені радіоактивними речовинами робочі поверхні, спецодяг і взуття.

Основні принципи захисту:

- використання принципів захисту, що застосовуються при роботі з джерелами випромінювання у закритому виді;
- герметизація виробничого устаткування з метою ізоляції процесів, що можуть стати джерелами надходження радіоактивних речовин у зовнішнє середовище;

- заходи планувального характеру;
- застосування санітарно-технічних засобів і устаткування, використання спеціальних захисних матеріалів;
- використання засобів індивідуального захисту і санітарної обробки персоналу;
- дотримання правил особистої гігієни;
- очищення від радіоактивних забруднень поверхонь будівельних конструкцій, апаратури і засобів індивідуального захисту;
- використання радіопротекторів (біологічний захист).

Радіоактивне забруднення спецодягу, засобів індивідуального захисту та шкіри персоналу не повинно перевищувати припустимих рівнів, передбачених Нормами радіаційної безпеки НРБУ-97.

7.2.2. Протипожежна стійкість підприємства

Пожежна безпека – стан об'єкта, за якого з регламентованою ймовірністю унеможливаються виникнення і розвиток пожежі та вплив на людей її небезпечних чинників, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Основними напрямками забезпечення пожежної безпеки є усунення умов виникнення пожежі та мінімізація її наслідків. Пожежа виникає за одночасної наявності горючої речовини, джерела займання та окисника (кисню, повітря), що разом утворюють горюче середовище. Якщо вилучити або заблокувати будь-який із цих чинників, то пожежі не буде. На цьому ґрунтуються основні напрями попередження пожеж та способи пожежогасіння.

У приблизно 90% випадків до пожеж призводять: необережне поводження з вогнем; порушення правил монтажу та експлуатації електроустаткування і побутових електроприладів; порушення правил монтажу та експлуатації приладів опалення і теплогенеруючих установок; підпали; пустощі дітей із вогнем; несправність виробничого устаткування.

Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні до основних організаційних заходів із її забезпечення належать:

- визначення обов'язків посадових осіб щодо гарантування пожежної безпеки;
- призначення відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, діляниць тощо, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання та експлуатацію наявних технічних засобів протипожежного захисту;
- встановлення на кожному підприємстві (установі, організації) відповідного протипожежного режиму;
- розроблення і затвердження загальнооб'єктової інструкції про заходи пожежної безпеки та відповідних інструкцій для всіх вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних приміщень, організація вивчення цих інструкцій працівниками;
- розроблення планів (схем) евакуації людей на випадок пожежі;
- встановлення порядку (системи) оповіщення людей про пожежу, ознайомлення з ним усіх працівників;
- визначення категорій будівель та приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до вимог чинних нормативних документів, встановлення класів зон за Правилами улаштування електроустановок;
- забезпечення територій, будівель та приміщень відповідними знаками пожежної безпеки, табличками із зазначенням номера телефону та порядку виклику пожежної охорони;
- створення та організація роботи пожежно-технічних комісій, добровільних пожежних дружин і команд.

Комплексна реалізація цих заходів дає змогу запровадити протипожежний режим. Протипожежний режим – комплекс загальнообов'язкових норм поведінки, правил виконання робіт та експлуатації об'єкта (виробу), спрямованих на гарантування його пожежної безпеки.

Він є основою системи пожежної безпеки – комплексу організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збиткам від неї. Рівень забезпечення пожежної безпеки – кількісна оцінка попереджених збитків у разі можливої пожежі.

Імовірність виникнення пожежі (вибуху) в пожежо- небезпечному об'єкті визначають на етапах його проектування, будівництва й експлуатації. Для оцінювання ймовірності виникнення пожежі (вибуху) на діючих підприємствах або об'єктах, що споруджуються, у будівлях необхідно мати статистичні дані про різні пожежовибухонебезпечні події.

У побуті відкритий вогонь використовують для опалення, нагрівання, приготування їжі та, в окремих випадках, для освітлення, на промислових підприємствах – згідно з умовами технологічного процесу (вогневі печі та топки, факели для спалювання газів, паяльні лампи, газові різакі та ін.). Відкритий вогонь має достатню температуру та запас теплової енергії, що можуть спричинити горіння всіх видів горючих речовин і матеріалів. Тому основним захистом від нього є ізоляція від зіткнення з ним горючих речовин.

Багато пожеж виникає внаслідок несправностей та порушень правил експлуатації електротехнічних, електронагрівальних приладів, пристроїв і устаткування, від коротких замикань в електричних ланцюгах; перегрівання та займання речовин і матеріалів, розташованих близько до нагрітого електроустаткування; струмових перевантажень проводів та електричних машин; великих перехідних опорів тощо.

Пожежонебезпечне підвищення температури внаслідок перетворення механічної енергії на теплову спостерігається у разі ударів твердих тіл (з виникненням іскор або без них); поверхневого тертя тіл під час їх взаємного переміщення; стиснення газів та пресування пластмас; механічного оброблення твердих матеріалів різальними інструментами. Перебіг хімічних реакцій із значним виділенням теплової енергії супроводжується потенційною небезпекою пожежі або вибуху. Різні хімічні сполуки в контакті з повітрям, водою чи в разі взаємодії можуть стати причиною пожежі. Трапляються

випадки, коли сонячні промені, що концентруються за допомогою оптичних приладів, утворюють досить потужні теплові джерела, здатні спричинити займання груп горючих речовин і матеріалів.

Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище можуть утворювати тверді речовини, легкозаймисті та горючі рідини, горючий пил і газу. Тверді горючі речовини можуть горіти безпосередньо у будівлях, приміщеннях, машинах та апаратах (паперові книжкові фабрики, деревообробні комбінати, швацькі підприємства, склади та квартири).

Отже, аналіз пожежної небезпеки будівель, приміщень, технологічного устаткування тощо повинен дати відповіді на питання: де, за яких умов і в який спосіб може виникнути пожежа, як вона розвиватиметься, до чого це призведе. Методика аналізу пожежної небезпеки зводиться до виявлення та оцінювання:

- потенційних та наявних джерел запалювання;
- умов формування горючого середовища;
- умов виникнення контакту джерел запалювання та горючого середовища;
- умов і причин поширення вогню в разі виникнення пожежі;
- наявності та масштабів імовірної пожежі, загрози життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу та матеріальним цінностям;
- рівня працездатності систем протипожежного захисту та протипожежної стійкості кожної ділянки і об'єкта загалом;
- порушень протипожежного режиму, норм і правил пожежної безпеки.

Для здійснення обґрунтованих прогнозів щодо виникнення та поширення пожеж необхідно спиратися на статистичний аналіз пожеж, особливо тих, які виникають на споріднених об'єктах. Він свідчить, що пожежі трапляються, як правило, у разі таких порушень протипожежного режиму:

- 1) несправність технологічного устаткування (передчасний вихід з ладу, неякісний повсякденний огляд, несправність контрольно-вимірювальних приладів та несвоєчасність проведення планово-профілактичних ремонтів);

- 2) недотримання правил облаштування та експлуатації електроустановок, строків їх ремонту та замірів опору ізоляції електропроводів;
- 3) недотримання правил експлуатації вентиляційних систем (наявність пошкоджень, несвоєчасність очищення та ремонту);
- 4) недотримання технологічного регламенту з вини обслуговуючого персоналу, через поломки контрольно-вимірювальних приладів або неякісний догляд;
- 5) недотримання правил пожежної безпеки під час ремонту технологічного устаткування (неповне зливання легкозаймистих та горючих рідин, непродування і непропарювання ємностей інертним газом та паром, використання сталевих інструментів, здатних до іскро- висікання, тощо);
- 6) застосування відкритого вогню (під час використання факелів, паяльних ламп, розведення багать, куріння та ін.);
- 7) недотримання режиму проведення вогневих робіт (електрогазозварювальних, фарбувальних, малярних, при розігріванні бітуму, смол, мастик);
- 8) підтікання та розливання легкозаймистих і горючих рідин, вихід газів за несправностей тари, апаратів, трубопроводів та газопроводів);
- 9) недотримання строків очищення виробничого устаткування, фарбувальних камер;
- 10) недотримання режиму збирання сміття та інших горючих відходів;
- 11) недотримання правил експлуатації систем опалення і вентиляції;
- 12) неналежне утримання шляхів евакуації та під'їздів до будівель і споруд, засобів оповіщення про пожежу;
- 13) порушення протипожежних відстаней;
- 14) недотримання правил зберігання пожежовибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- 15) несправність або відсутність систем протипожежного захисту та первинних засобів пожежогасіння, зовнішнього і внутрішнього протипожежного водопостачання;

16) невідповідність вимогам норм шляхів евакуації.

Аналіз пожежної небезпеки є основою для розроблення всіх видів протипожежних заходів. Тому повнота, своєчасність та якість його проведення істотно впливають на загальний протипожежний стан і організацію пожежно-профілактичної роботи.

Оскільки повністю виключити імовірність виникнення пожежі неможливо, то необхідно використовувати стратегію обмеження її наслідків, вдаючись до таких заходів:

- забезпечення вогнестійкості будівель та споруд;
- своєчасна евакуація людей та відповідність чинним нормам шляхів евакуації;
- створення умов для ефективного гасіння пожежі;
- обмеження поширення пожежі;
- ліквідація горіння.

Вказані заходи реалізують через систему забезпечення протипожежного захисту.

Комплекс організаційно-технічних, економічних заходів, норм пожежної безпеки повинен забезпечувати впровадження сучасних ефективних заходів та засобів, а також підтримання пожежної безпеки на необхідному рівні. Цей комплекс передбачає:

- організацію пожежної охорони відповідного виду (згідно із Законом України "Про пожежну безпеку" діють чотири види пожежної охорони: державна, відомча, місцева та добровільна);
- облік та аналіз даних про пожежі та збитки від них;
- паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель та споруд об'єктів в напрямі забезпечення пожежної безпеки;
- збирання, систематизацію та аналіз даних (вітчизняних та зарубіжних) про досвід і перспективні вирішення питань щодо забезпечення пожежної безпеки;

- організацію навчання правилам пожежної безпеки працівників за місцем роботи та населення за місцем проживання;
- розроблення та реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про заходи поводження з пожежонебезпечними речовинами та матеріалами, дотримання протипожежного режиму і порядок дій у разі пожежі;
- облік та аналіз витрат на забезпечення пожежної безпеки, фінансування відповідних заходів; матеріально- технічне забезпечення систем запобігання пожежам та протипожежного захисту;
- розроблення прогнозів і планів забезпечення пожежної безпеки, контроль та координування їх виконання;
- виготовлення і застосування наочних засобів протипожежної пропаганди щодо забезпечення пожежної безпеки;
- нормування кількості людей на об'єкті за умовами їх безпеки у разі пожежі;
- встановлення порядку зберігання речовин та матеріалів, методи гасіння яких залежать від їх фізико- хімічних та пожежонебезпечних властивостей;
- розроблення заходів, дій адміністрацій об'єктів, робітників, службовців та населення у разі пожежі та організації евакуації;
- забезпечення необхідної кількості, розміщення та обслуговування пожежної техніки, яка має сприяти ефективному гасінню пожежі та бути безпечною для природи і людей;
- залучення громадськості та широких верств населення до питань забезпечення пожежної безпеки.

Гарантування пожежної безпеки є складником виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців. Це відображають у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій.

8. Екологія

З появою на планеті Земля людини важливу роль у глобальних екологічних етапах відіграли взаємовідносини суспільства і природи. В наш час збільшився вплив антропогенних факторів на навколишнє середовище.

Тому в Україні розпочато екологічну реформу майже одночасно з проголошенням незалежності: в 1991 році прийнято закон про охорону навколишнього природного середовища, утворено відповідний комітет, який в кінці 1994 року перетворено в Міністерство екологічної і ядерної безпеки, а Верховна Рада постановою від 5.03.98 року №188/98-89 затвердила "Основні напрямки державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки".

Вони включають мету, пріоритетні завдання, механізми їх реалізації та інтеграції у Європейському екологічному процесі на базі сучасного екологічного права, стандартів та нормативів.

Контроль за виконанням заходів з охорони навколишнього природного середовища виконує головний механік та інженер з охорони праці.

Інструментальний контроль за викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря виконує лабораторія спеціалізованої організації.

Нормативну санітарно - захисна зону для території підприємства виконують згідно „Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів“.

Для забезпечення виробничого процесу і опалення корпусів маказонного виробництва у зимовий період в якості палива використовують природний газ.

Основним паливом служить природній газ. У викидах підприємства наявні речовини:

оксид вуглецю і оксиди азоту (від згорання газу);

сірчистий ангідрид (від відділення десульфитації яблучного пюре);

аміак (випікання тіста із зони виходу продукції);

пил борошна (із силосів борошна, просіювальних ліній, бункерів, шнеків і

тістомісильних машин);

оксид заліза і оксид марганцю від поста електрозварювання;

пил деревний (від деревообробної дільниці).

Загальна кількість джерел викиду забруднюючих речовин — 23, з них 1 неорганізоване.

Техпереозброєння, реконструкція в найближчі 5 років на підприємстві не планується.

План-графік контролю за дотриманням нормативів ГДВ на джерелах викидів приведено нижче:

лінія виготовлення макаронних виробів

а) найменування речовини, яка контролюється: оксид вуглецю, оксиди азоту

дозволений обсяг викидів забруднюючих речовин:

оксиду вуглецю — $145,3 \text{ мг/м}^3$ (0,008 г/с)

оксиди азоту — $5,42 \text{ мг/м}^3$ (0,000018 г/с)

періодичність контролю — 1 раз на рік.

б) речовина, яка контролюються — пил борошна

дозволений обсяг викидів забруднюючої речовини:

пил борошна — $3,26 \text{ мг/м}^3$ (0,0016 г/с)

періодичність контролю — 1 раз на рік.

2) пост електрозварювання

речовини, які контролюються — оксид заліза, оксиди марганцю

дозволений обсяг викидів забруднюючих речовин:

оксиду заліза — $7,2 \text{ мг/м}^3$ (0,003 г/с)

оксидів марганцю — $1,31 \text{ мг/м}^3$ (0,0006 г/с)

періодичність контролю — 1 раз на рік.

3) деревообробна дільниця

речовина, яка контролюються — пил деревний

дозволений обсяг викидів забруднюючої речовини:

пил деревний — $21,0 \text{ мг/м}^3$ (0,025 г/с)

періодичність контролю — 1 раз на рік.

Економічні збитки від негативного впливу забруднюючих речовин на навколишнє середовище приведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1.

Економічні збитки від негативного впливу забруднюючих речовин на навколишнє середовище

№	Назва речовини	Маса, т/р
1	Оксид вуглецю	4,120
2	Оксиди азоту	1,342
3	Сірчистий ангідрид	0,338
4	Аміак	0,240
5	Оксиди заліза	0,003
6	Оксиди марганцю	0,006
7	Пил борошна	0,016
8	Пил деревний	0,004

На підприємстві повинен вестись контроль за дотриманням норм (лімітів) викидів в атмосферу шкідливих речовин. Ці норми на початку кожного року доводяться до підприємства міською радою і є обов'язковими до виконання для усіх суб'єктів господарської діяльності, а підприємства-порушники цих лімітів сплачують великі штрафи і за систематичне їх порушення можуть взагалі бути позбавлені ліцензії на здійснення виробничо-господарської діяльності.

Економне витрачення природних і сировинних ресурсів – важлива умова раціонального природокористування, а також попередження забруднення оточення. Це має досягатися скороченням втрат природних матеріалів на всіх етапах їх руху, а також використанням відходів виробництва.

Головним напрямком раціонального використання ресурсів і охорони оточення є перехід підприємства на маловідходні технології, які відзначаються своєю екологічністю.

Функціонування маловідходного виробництва забезпечується розробкою і впровадженням технологічних процесів та використанням обладнання, що дозволяють комплексно переробляти сировину з використанням усіх компонентів, істотно зменшити забруднення навколишнього середовища відходами виробництва, використовувати відходи без порушення екологічної рівноваги.

Для зменшення викидів в атмосферу пропонується наступні заходи:

- розроблення режимних карт горіння для котельні;
- встановлення газоочисних та пиловловлюючих установок.

Вони дозволяють без значних видатків зменшити забруднення середовища та зекономити витрати енергетичних і природних ресурсів.

Загальні висновки

У дипломній роботі запропоновано технічні рішення з модернізації макаронного преса марки ПМ-75.

Даний прес не має системи вакуумування тіста, що не надто добре відбивається на якісних показниках макаронних виробів.

В дипломній роботі пропонується виконати заміну конструкції пресуючого вузла з існуючого варіанту на варіант зі змінним кроком. За результатами розрахунків таке рішення, окрім додаткового механічного впливу на тісто, повинно призвести до зменшення затрат потужності на 3,7% при формуванні макаронних виробів у екструдері.

За допомогою модуля FlowSimulation програми Solidworks в роботі виконано порівняльне дослідження впливу конструкції шнека, філь'єр та робочого тиску на процес екструзії тіста для базового і вдосконаленого варіантів екструдера.

Максимальний тиск у пресуючому вузлі макаронного преса спостерігається у зоні філь'єр внаслідок різкого зменшення сумарної площі поперечного перерізу потоку тіста. Значення максимального тиску в модернізованому пресі є в 1,53 рази меншим. Наслідком є зменшення потужності на екструзію тіста.

Через зменшення максимального тиску є дещо менша зміна густини обробленого макаронного тіста. ($1165,47 \text{ кг/м}^3$ для модернізованого пресу проти $1162,48 \text{ кг/м}^3$ для базової конструкції).

У модернізованому пресуючому вузлі максимальна швидкість тіста на 50% більша, ніж у базовому. Це вказує на вищий рівень механічної обробки за тої самої частоти обертання шнека.

Якщо представити зміну швидкості тіста в обертовій системі координат, ми отримаємо співмірні значення швидкості тіста для базової ($0,375 \text{ м/с}$) і модернізованої ($0,342 \text{ м/с}$) конструкції екструдера. Така суттєва відмінність

відносно лінійної швидкості тіста у традиційній декартовій системі координат пояснюється наявністю суттєвої дотичної складової швидкості.

На більш ламінарний режим руху тіста в модернізованому пресуючому вузлі ($12,23 \text{ c}^{-1}$, тоді як у базовому - $13,41 \text{ c}^{-1}$) вказують дослідження завихреності потоку тіста в робочій камері екструдера.

Графіки швидкості деформацій тіста в робочій камері екструдера дають схожу до графіків завихреності картину. У модернізованому пресуючому вузлі деформації є меншими ($48,491 \text{ c}^{-1}$), тоді як для базової конструкції швидкості деформацій тіста складають до $56,592 \text{ c}^{-1}$.

Наявність суттєвого механічного впливу на тісто знаходить своє відображення у зміні його температури. Проте ці зміни настільки малі (до $0,02\text{C}$), що ні на що помітно не впливають.

Зменшення кроку витка шнека у модернізованому пресуючому вузлі обумовило помітнішу різницю відносного тиску тіста в робочій камері макаронного преса. Максимальне значення відносного тиску тіста в робочій камері для базової конструкції складає 4017 Па , тоді як для модернізованого - 7281 Па . Це вказує на наявність більших напружень у масі тіста, результатом чого є глибше ущільнення оброблюваного макаронного тіста.

Виготовлення і експлуатація модернізованого макаронного преса та реалізація необхідних супутніх технічних і технологічних рішень дає можливість знизити собівартість готової продукції з $16,58 \text{ грн}$ до $15,61 \text{ грн}$.

Згідно виконаних техніко-економічних розрахунків запропонований комплекс рішень повинен повністю окупитись протягом двох років.

Таким чином, запропоновані рішення показали свою технічну і економічну доцільність.

Перелік посилань

1. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б., Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.- 304с.
2. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин. / Павлице В.Т. та ін. - К.: Вища школа, 1993.- 556с.
3. Малафеев С.И. Исследование и моделирование течения вязкой жидкости в винтовом канале экструдера / Малафеев С.И., Дегтярев К.А. // Материалы VI Международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ-06). 26 июня - 1 июля 2006 г., Санкт-Петербург. - М.: Вузовская книга, 2006. - С. 237-239.
4. Малафеев С.И. Автоматизированная система управления экструзией полимерных материалов / Малафеев С.И., Сагиров С.Н. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. - 2010. - № 2. - С. 10-12.
5. Раувендааль К. Экструзия полимеров: пер. с англ. / Раувендааль К. - СПб.: Профессия. 2006. - 768 с.
6. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров (механика полимеров). / Торнер Р.В. - М.: Химия, 1977. - 464 с.
7. Полищук В.Ю. Особенности шнекового прессующего механизма экструдера. Тракторы и сельскохозяйственные машины, / Полищук В.Ю. .- 1993, № 5. С. 19-21.
8. Бостанджиян С.А., Столин А.М. Течение неньютоновской жидкости между двумя параллельными плоскостями. Изв. АН СССР, Механика, № 1, 1965. . С. 185-188.
9. Карташов Л.П. Моделирование процесса экструдирования в одношнековых прессующих механизмах. / Карташов Л.П., Полищук В.Ю., Зубкова Т.М. - Техника в сельском хозяйстве, 1998, № 6. . С. 12-14.
10. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. / Мейз Дж. - М.: Изд-во ЛКИ, 2007. -320 с.

11. Черняк В.Г. Механика сплошных сред. / Черняк В.Г., Суетин П.Е. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 352 с.
12. Ремонт и монтаж оборудования предприятий пищевой промышленности.- М.: Пищевая промышленность, 1972.- 352с.
13. Шевчук Я.М. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090221 “Обладнання харчових та переробних виробництв” / Шевчук Я.М., Галушак М.П.- Тернопіль, 2001 - 28с.
14. Никитин В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности / Никитин В.С., Бурашников Ю.М. - М.: Агропромиздат, 1991.- 349с.
15. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. - 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. - К., 2010. - 487 с.
16. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.

Додатки
Дотаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том III

**VIII Міжнародної науково-технічної
конференції молодих учених та студентів**

27-28 листопада 2019 року



УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2019

УДК 664.69

О.В. Ніщун

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ МАКАРОННИХ ПРЕСІВ

O.V. Nishchun

DESIGN FEATURES OF PASTA PRESS

В умовах виробництва замість тіста і його формування виконується у шнекових макаронних пресах безперервної дії. Сучасна схема змішування тіста і його формування має безперервний цикл. Спочатку борошно і вода з різними збагачувальними і смаковими добавками рівномірно дозуються в заздалегідь заданому співвідношенні в тістоміс преса, потім інтенсивно перемішуються до отримання однорідної структури. По тому здійснюється екструдкування тіста.

Залежно від форми і розміру формуючих отворів матриці отримують пресуванням наступні типи виробів: трубчасті, ниткоподібні, стрічкоподібні і фігурні. Штампуванням виготовляються тільки фігурні вироби плоскої (трикутники, квадратики) або просторової (бантики, вушка тощо) форми.

Процес штампування полягає в висіканні на штампмашині з щільно каліброваної тістової стрічки, відпресованих через спеціальну матрицю, виробів необхідної форми.

Шнекові макаронні преси безперервної дії призначені для приготування тіста і формування з нього сирих макаронних виробів. Основними вузлами сучасних пресів є дозатор борошна і води, тістозмішувача, пресуючий корпус з головою і матриця. Кожен прес обладнаний системою вакуумування.

Преси розрізняються конструкцією дозатора, числом камер тістозмішувача і їх розташуванням, кількістю пресуючих шнеків, конструкцією пресуючих головок, формою матриць і місцем вакуумування.

Матриця є основним робочим органом преса. Вона являє собою металевий диск (кругла матриця) або прямокутну пластину (тубусна матриця) з наскрізними отворами, профіль яких визначає форму і зовнішній вигляд виробів (трубка, нитка, стрічка тощо).

Матриці виготовляють з антикорозійних міцних матеріалів таких, як латунь ЛС 59-1 (ГОСТ 15527-70), тверда фосфориста бронза БрАЖ9-4л і нержавіюча сталь 1Х18Н9Т (ГОСТ 5949-75). При відсутності нержавіючої сталі її замінюють хромистою сталлю марок 2Х13 і 3Х13 (ГОСТ 5949-75). Круглі матриці встановлюють в шнекових пресах для виробництва коротких виробів, так як її форма забезпечує найбільш ефективне різання таких виробів, винятком є макаронний прес ЛПЛ-2М, де кругла матриця має більш широке призначення. Розміри матриці залежать від продуктивності преса. У пресах ЛПЛ-2М використовують матриці діаметром 298 мм, в пресах Б6-ЛПШ діаметром 350 мм, в пресах зарубіжних фірм - діаметром 400 і 450 мм. Прямокутні матриці встановлюють в тубусах шнекових пресів для формування довгих виробів з подальшим розподілом їх на бастуни або роликівий конвеєр. Прямокутні матриці виготовляють односмуговими і двосмуговими. Кожна смуга матриці має по кілька рядів формуючих отворів. Число рядів залежить від розміру поперечного перерізу виробів: в матрицях для макаронів особливих діаметром 5 мм і локшини широкої перетином 1Х4 мм в кожній смугі формуючі отвори розташовані в два ряди, для макаронів соломка діаметром 3,5 мм - в три, для вермішелі тонкої діаметром 1,8 мм - в сім рядів.

8. **Г.Й. Островська, Ю. А. Будна, В.-Х. В. Олексій**
НАНОТЕХНОЛОГІЇ В СФЕРІ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА 84
 9. **М.В. Поцелуйко, О.В. Бендерська, В.В. Шутюк**
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ОБРОБЛЕННЯ
НА ТРИВАЛІСТЬ ВЯЛЕННЯ ТОМАТІВ 86
 10. **В.Р. Сельський, П.М. Павлусик**
КОРИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ЯБЛУК, ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У
ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ 87
 11. **О.Я. Сиротюк**
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ 88
 12. **І.М.Хомета, С.В.Звіжинський**
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
РОЗДІЛЕННЯ СУСПЕНЗІЙ КРОХМАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА 89
 13. **А.О.Шум, О.М.Крупа**
ВИКОРИСТАННЯ НАТУРАЛЬНИХ СМАКО-АРОМАТИЧНИХ
НАПОВНЮВАЧІВ В КИСЛОМОЛОЧНИХ НАПОЯХ 90
 14. **Ю.А. Щур**
ОБГРУНТУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ МОЛОЧНИХ
ПРОДУКТІВ, ЗАЛЕЖНО ВІД МІКРОБІОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ МОЛОКА-
СИРОВИНИ 91
 15. **В. Р. Яцуляк, Р.І. Михайлишин**
ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ЇЇ МУКОМЕЛЬНІ
ВЛАСТИВОСТІ 92
 16. **Т.В. Білик**
ОСОБЛИВОСТІ ЗАМІШУВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ТІСТА 94
 17. **С.В. Каземир**
РОТОРНО-ВИХРОВІ АПАРАТИ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЕМУЛЬСІЙ 95
 18. **О.В. Ніщун**
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ МАКАРОННИХ ПРЕСІВ 96
 19. **О.Р. Кордуба**
ОСОБЛИВОЇ СІР-МИТТЯ 97
- СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
1. **Є.В. Аннич, Л.Б. Кругляк**
СУЧАСНІ ФОРМИ ТА СПОСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНІ 98