

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення конструкції шнекового преса для виробництва
макаронних виробів марки МАКМА-40

Виконав: здобувач вищої
освіти 6 курсу, групи МОм-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Шкробтак Д.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ворощук В.Я.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 11 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
здобувачу вищої освіти Шкробтаку Дмитру Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40
Керівник роботи Ворожук Віктор Ярославович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 8 » листопада 2024 року № 4/7-1067.

2. Термін подання завершеної роботи 20 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз сучасного стану обладнання для пресування макаронів, вибір та обґрунтування напрямків дослідження. 2. Підбір засобів, методів та методик досліджень. 3. Заходи з модернізації шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. 4. Моделювання і дослідження гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Вигляд загальний. (1фА1)
Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Кінематична схема. (0,5фА1)

Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Структурна схема. (0,5фА1)

Пресуючий вузол шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Складальне креслення. (1фА1)

Модернізовані і відповідальні частини шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. (1фА1)

Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°. (1фА1)

Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°. (1фА1)

Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°. (1фА1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст.викл.		
Нормоконтроль	Ворожук В.Я. – к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану обладнання для пресування макаронів, вибір та обґрунтування напрямків дослідження		
4	2. Підбір засобів, методів та методик досліджень		
5	3. Заходи з модернізації шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40		
6	4. Моделювання і дослідження гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки		
9	5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Вигляд загальний.		
13	Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Кінематична схема.		
14	Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Структурна схема.		
15	Пресуючий вузол шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Складальне креслення.		
16	Модернізовані і відповідальні частини шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.		
17	Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.		
18	Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°.		
19	Результати дослідження гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Шкробтак Д.М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Ворожук В.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи – Шкробтак Дмитро Миколайович

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкції шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2024 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 81 сторінка та графічної частини обсягом 7 листів А1.

Запропоновано заходи щодо удосконалення конструкції конструкції шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40, зокрема встановлення шнека з більшим кутом профілю витка та заміна гайки на конструкцію різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами. При цьому виконано наступні завдання:

- огляд обладнання для випресовування макаронів;
 - структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів;
 - конструктивний розрахунок шнека преса для макаронних виробів;
 - розроблення технічного рішення щодо гайки різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами;
 - розробка та дослідження 3d моделей полегшених гайок різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами;
 - аналіз результатів дослідження розробленої моделі;
 - пропозиції щодо охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.
- Ключові слова: гайка, макарони, фільєри, тісто, прес.

Abstract

Dmytro Shkrobtak. Improvement of the design of the screw press for the production of pasta of the MAKMA-40 brand.. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2024.

The structure of the qualification work consists of a 81-page explanatory text and a graphic part of 7 A1 sheets.

The paper proposes measures to improve the design of the screw press for the production of pasta of the MAKMA-40 brand, in particular, the installation of a screw with a larger angle of the coil profile and the replacement of the nut with a collapsible design with plastic replaceable dies. The following tasks were performed:

- inspection of the pasta extrusion equipment;
 - Structural and kinematic analysis of the pasta press;
 - structural calculation of the pasta press screw;
 - development of a technical solution for a collapsible nut with plastic interchangeable dies;
 - development and research of 3d models of lightweight nuts of collapsible type with plastic replaceable dies;
 - analysis of the research results of the developed model;
 - proposals for labor protection and safety in emergency situations.
- Keywords: nut, pasta, dough, dies, press.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст.....	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану обладнання для пресування макаронів, вибір та обґрунтування напрямків дослідження	11
1.1 Огляд сучасного пресуючого обладнання для макаронів.....	11
1.2. Аналіз та короткий опис шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40	22
1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі.....	23
2. Підбір засобів, методів та методик досліджень.....	24
2.1 Обґрунтування програмного забезпечення для досліджень.....	24
2.2. Застосування SolidWorks Simulation	25
2.3. Послідовність виконання статичного дослідження у SolidWorks Simulation	27
3. Заходи з модернізації шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.....	30
3.1. Опис конструкції і принципу роботи шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40	30
3.2. Розробка заходів з модернізації преса	31
3.3 Структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів	32
3.4 Розрахунок потужності для приводу шнекового преса марки МАКМА-40	34
3.5 Конструкторський розрахунок пресуючого шнека шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40	35

3.7. Обслуговування та експлуатація преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.....	43
4. Моделювання і дослідження гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40	47
4.1 Постановка задач для дослідження	47
4.2. Аналіз отриманих результатів	61
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки.....	62
5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях	67
Висновки	73
Перелік посилань.....	75
Специфікації	

Вступ

Макарони займають важливе місце в раціоні людини, вони є основним джерелом складних вуглеводів, які забезпечують організм енергією. Макарони засвоюються повільно, забезпечуючи тривале відчуття ситості. Вони багаті на вітаміни групи В, мінерали (залізо, магній, фосфор) та харчові волокна, особливо цільнозернові сорти. Це універсальний продукт, який легко готувати та поєднувати з різними інгредієнтами, створюючи різноманітні страви. Також важливо, що макарони є відносно недорогим продуктом, що робить їх доступними для широкого кола споживачів. А ще сухі макарони мають тривалий термін зберігання, що зручно для формування запасів.

Макаронні преси є ключовим обладнанням у виробництві макаронних виробів. Вони виконують наступні функції.

Формування тіста. Прес формує макаронне тісто, отримане в тістомісильній машині, надаючи йому необхідної форми (спагеті, ріжки, пір'я, тощо).

Пресування. За допомогою шнека (або кількох шнеків) тісто продавлюється через матрицю (фільєру) з отворами певної форми, формуючи макаронні вироби.

Забезпечення якості. Конструкція преса, тиск, температура та інші параметри впливають на якість готових виробів. їхню структуру, щільність, гладкість поверхні, час варіння та інші характеристики.

Ситуація на ринку в реальному часі постійно вносить корективи у виробництво. Асортимент і обладнання для виробництва макаронів постійно оновлюються. Вдосконалення конструкції пресів дозволяє розширити асортимент і збільшити обсяги виробництва за одиницю часу, що є важливим для задоволення зростаючого попиту на макаронні вироби.

Нові технології та матеріали дозволяють створювати преси, які забезпечують більш рівномірне пресування, запобігають утворенню тріщин та дефектів на поверхні виробів, покращують їхню структуру та консистенцію після варіння. Також оптимізація конструкції пресів та використання енергоефективних приводів дозволяє знизити споживання електроенергії, що є

важливим з економічної та екологічної точок зору. Окрім того вдосконалення конструкції матриць та пресуючих головок дозволяє збільшити асортимент макаронних виробів, створюючи нові форми та види пасти. Впровадження автоматизованих систем керування та контролю параметрів пресування дозволяє забезпечити стабільну якість продукції та мінімізувати вплив людського фактора.

Також застосування сучасних матеріалів для виготовлення деталей преса (наприклад, зносостійких сплавів, полімерів) дозволяє підвищити його надійність та довговічність. Таким чином, вдосконалення макаронних пресів є важливою науково-практичною задачею. В роботі виконуються наступні завдання [1]:

- огляд обладнання для випресовування макаронів;
- структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів;
- конструктивний розрахунок шнека преса для макаронних виробів;
- розроблення технічного рішення щодо гайки різб'ярного типу з пластиковими змінними фільєрами;

- розробка та дослідження 3d моделей полегшених гайок різб'ярного типу з пластиковими змінними фільєрами;

- аналіз результатів дослідження розробленої моделі;
- пропозиції щодо охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є напруження, переміщення та деформації гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.

Предмет дослідження. Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.

Методи досліджень в роботі. Теоретичні, емпіричні, і моделювання.

Наукова новизна:

- розроблено 3d модель елементів матриці та власне матриці в зборі («гайки») для реалізації дослідження впливу елементів конструкції на параметри міцності;
- визначено вплив геометрії гайки матриці на картину напружень, деформацій і запасу міцності.

Отримані результати можна використати при вирішенні питань удосконалення наявних, а також та розробленні нових одиниць технологічного обладнання для пресування макаронів.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на VII Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 25-26 квітня 2024 року [2].

Обсяг кваліфікаційної роботи складають п'ять частин пояснювальної записки, додатки та графічна частина обсягом 8 аркушів А1.

1. Аналіз сучасного стану обладнання для пресування макаронів, вибір та обґрунтування напрямків дослідження

1.1 Огляд сучасного пресуючого обладнання для макаронів

У макаронній промисловості [3-6] використовуються різного типу і номенклатури вітчизняні шнекові преси, найбільш поширеним є прес ЛПЛ-2М. Прес ЛПЛ-2М — 1-камерний, 1-гвинтовий, оснащений прес-головкою для круглої матриці, вакуумує тісто через шнекову канавку. Основними недоліками цього преса є короткий час замішування і відсутність ефективного вакууму, що перешкоджає виготовленню макаронних виробів зі спеціальних сортів борошна.

Таблиця 1.1.

Технічні характеристики шнекових пресів для макаронних виробів

Параметр	ЛПЛ-2М	Б6-ЛПШ-500	Б6-ЛПШ-750	Б6-ЛПШ-1000	Б6-ЛПШ-1200	ВВР 140/4	«Демако»
Продуктивність, кг/год	375	500	750	1000	1200	1800	1200
Загальна 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	—
Сумарна встановлена потужність, кВт	22,4	30,7	47,6	57,6	63,88	144,9	47

Завдяки потужності виробництва продукції 500 кг/год, 750 кг/год і 1000 кг/год преси серії В6-ЛПШ є високопродуктивними та не мають конструктивних недоліків традиційних пресів. Прес-машина Б6-ЛПШ оснащена трикамерним тістомісом і потужними двошвидкісними лещатами. Тісто вакуумують в одній із закритих камер тістомісильної машини. Прес може бути оснащений різними прес-

головками для круглих і квадратних форм і може бути інтегрований в автоматизовані або складні механізовані лінії.

Крім згаданих вище пресів вітчизняної розробки, використовують гвинтові преси для макаронних виробів різних іноземних компаній.

Прес для пасти виробництва Braibanti в Італії:

- Mabra-1 оснащена чотирикамерним тістомісом, двома шнеками з прес-головками для прямокутних матриць, з вакуумом в останній камері. Цей прес встановлений на лінії 415 кг/год;

- Cibra-L - трикамерна тістомісильна машина з вакуумом у кінцевій камері та двома шнеками з квадратними прес-головками. Ця прес-машина встановлена на лінії виробництва довгої продукції 1000 кг/год;

- Cobra-L має трикамерний тістоміс з вакуумом в останній камері, два шнека з прес-головкою круглої форми. Цей прес встановлюється на лінії виробництва коротких продуктів до 600 кг/год;

- Cobra-800h оснащений відцентровим механізмом зволоження борошна, двокамерним тістомісом (останній вакуумний) і двома шнеками з круглими прес-головками. Цей прес встановлено на лінії виробництва короткої продукції продуктивністю 1000 кг/год.

Прес для макаронних виробів BBR-140/4 виробництва французької фірми Bassano встановлений на автоматичній лінії виробництва сортових виробів з продуктивністю 1800 кг/год. Прес укомплектований відцентровим зволожувачем борошна, двокамерним тістомісом, чотирма шнеками з прес-головками для прямокутних матриць.

Макаронний прес фірми Demaco (США) встановлений на повністю механізованій лінії виробництва коротких виробів продуктивністю 1200 кг/год. Прес укомплектований відцентровим механізмом зволоження борошна, двокамерним тістомісом, одношнековим пресом з головкою.

Прес Demaco (США) призначений для виробництва дрібних макаронних виробів (рис. 1.1). Основними вузлами преса є ; дозуючий пристрій 10, місильний

блок 5, власне прес 6, відрізний механізм 15, вакуумна система. Всі вузли змонтовані на загальній рамі 2.

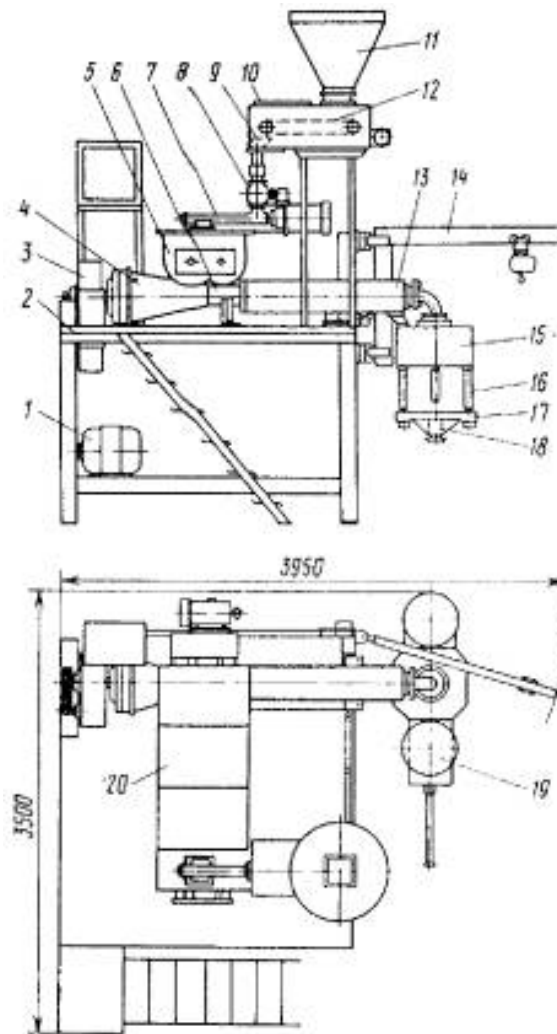


Рис. 1.1. Прес для макаронів "Демако":

1 – електричний двигун; 2 – рама; 3 – редуктор; 4 – корпус; 5 – місильний блок; 6 – прес; 7 – зволожувач борошно; 8 – живильник; 9 – воронка; 10 – дозуючий пристрій; 11 – бункер; 12 – транспортер; 13 – водяна оболонка; 14 – кронштейн; 15 – відрізний механізм; 16 – гвинт; 17 – пластина; 18 – штанга; 19 – пресуюча матриця; 20 – стулки.

Живильним пристроєм є спеціальний стрічковий конвеєр 12, розміщений у металевому корпусі. Борошно подається з накопичувача 11 в верхню частину корпусу і по конвеєру подається в живильний бункер 9 роторного живильника 8 і далі в відцентровий зволожувач борошна 7. Подають воду. Корпус зволожувача має циліндричну форму, з вхідним і вихідним отворами, одне з яких призначене

для завантаження борошна, а інше спеціальним патрубком з'єднане з однокамерним тістозамішувачем. Всередині основного корпусу знаходиться вал з лопатями, який швидко та інтенсивно перемішує інгредієнти. Швидкість обертання валу 1200 об/хв.

Прес має циліндричний корпус з хромованою втулкою всередині. Під час роботи робочий зазор не повинен перевищувати 2,0 мм.

Основний циліндричний корпус має водяну оболонку 13, в якій циркулює охолоджуюча вода. Температура на виході не перевищує 32°C. На кожному кінці корпусу є нижні фланці, один для з'єднання з корпусом 4, у якому розміщено вузол упорного підшипника, що працює в «масляній ванні», а інший для головки преса, яка утримує одну круглу матрицю. Матриця 19 прикріплена до знімної пластини 17, з'єднаної з верхньою частиною головки двома гвинтами 16, а центр матриці спирається на штангу 18, з'єднану з гвинтами через пластину основи матриці. Ніж прикріплений до центрального стрижня під матрицею. Швидкість його обертання регулюється варіатором. Матрицю прикріплюють до опорної плити за допомогою підйомника на шарнірному важелі 14.

Прес приводиться в рух електричним двигуном 1 потужністю 30кВт, із клинопасовою передачею та спеціальним редуктором 3.

Прес BBR 140/4 складається з: дозатора 1, відцентрового зволожувача борошна 2, двокамерної тістомісильної системи 3 і 4, 4 шнеки 5 з окремими опорними блоками 6 і механізмом приводу 7 шнеком 5, однією загальною трубою 10, пристрою для обсушення макаронних ниток (рис. 1.2). Всі ці агрегати змонтовані на рамі преса.

Система дозування складається з двох циліндричних ємностей, приєднаних до відцентрового зволожувача борошна. Кожен має обертовий ротор з чотирма кишнями. Швидкість обертання ротора регулюється механізмом хропіння від єдиної коробки передач зі змінною швидкістю, що дозволяє змінювати та підтримувати співвідношення води та борошна при рівномірній подачі борошна.

Щоб борошно не прилипало, дозатор виготовлений з нержавіючої сталі з полірованою внутрішньою поверхнею і посилений тефлоном. Водяне колесо

також виготовлено з нержавіючої сталі та посилено тефлоном, щоб запобігти утворенню шару водяних відкладень (наприклад, солей кальцію) на поверхні.

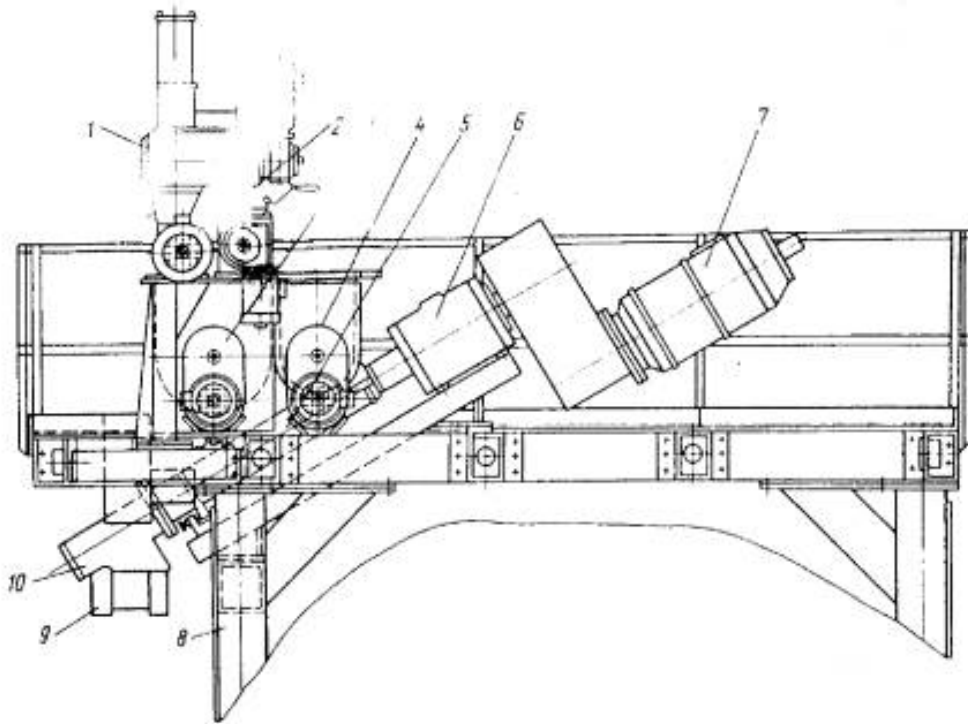


Рис. 1.2. Прес для макаронів BBR 140/4:

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

Вакуумний відцентровий зволожувач борошна встановлений між вхідним блоком і першою місильною машиною для рівномірного зволоження борошна за короткий час. Відцентровий зволожувач борошна складається із сталеві труби товщиною 8,5 мм і довжиною 600 мм з внутрішнім діаметром 233 мм. вісь вала встановлена з інтервалом 40 мм під кутом 45° Для очищення торцевих стінок зволожувача борошна від налиплого тіста на кінці вала є ніж.

Стрижень виготовлений з нержавіючої сталі, а лезо з твердої хромованої сталі. Вал обертається зі швидкістю 940 об/хв і приводиться в рух електродвигуном потужністю 7,3 кВт.

З відцентрового зволожувача борошна тісто надходить у першу камеру тістомісильної машини об'ємом 1,05 м³. Камера працює в умовах вакууму і

призначена для рівномірного змішування борошна і води і запобігання утворенню грудок в тісті. Камера виготовлена з пластини з нержавіючої сталі товщиною 4 мм з валом діаметром 100 мм всередині, на якому закріплена пресована мішальна лопатка з нержавіючої сталі, покрита тefлоном. Вал обертається з частотою 50 об/хв від електродвигуна потужністю 7,3 кВт через коробку передач.

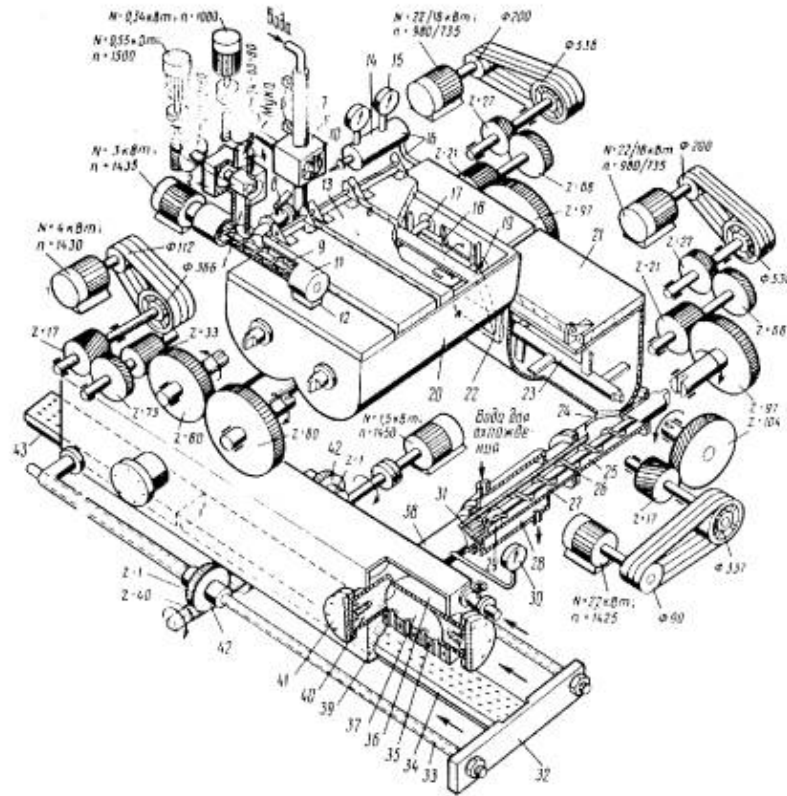


Рис. 1.3. Прес для макаронів Б6–ЛПШ–1200:

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.

Верх камери закритий двома кришками з оргскла товщиною 40 мм, оснащеними гумовою прокладкою для підтримки необхідного вакууму. На кінці камери, де розташований вал, прикріплено пластикове кільце, що забезпечує необхідну герметичність ємності. З першої камери тістомісильної машини самопливом надходить через вікно 150x150 мм на торці ємності і збоку в другу камеру об'ємом 0,7 м³, де проходить остаточний заміс, пластифікацію і шнекові канали розподіляється пропущена тканина. До другої камери підключається вакуумний насос для створення залишкового тиску в системі не менше 20 кПа.

Тістоформувальна установка має чотири циліндричні гвинтові канавки з кутом нахилу 30°, що забезпечує вільний рух пневматичного транслятора, встановленого під прес-машиною. Кожен гвинтовий паз має зовнішню оболонку по всій довжині, яка постійно забезпечує циркуляцію водопровідної води. Задня частина каналу гвинта з'єднана з опорним блоком (зануреним у ванну з рідким мастилом), що дозволяє гвинту витримувати постійні осьові навантаження в процесі роботи.

Шнек діаметром по 140 мм, довжиною 1500 мм і з кроком 80 мм виготовлений з хромованої сталі та армований тефлоном. На наконечник шнека кріпиться трихорова насадка. Шнек приводиться в рух електродвигуном потужністю 28 кВт зі швидкістю обертання 2200 об/хв. Передача крутного моменту виконується за допомогою редуктора і варіатора швидкості. Швидкість обертання робочого органу (шнека) регулюється від 12 до 40 об/хв.

Прес Б6-ЛПШ-1200 складається з розвантажувального пристрою, відцентрового зволожувача борошна, двокамерної тістомісильної установки, двох пресових корпусів, труби. Всі компоненти преса встановлені на сервісній платформі висотою 3390 мм від підлоги.

Прес оснащений водокільцевим вакуумним насосом зі фільтром, трубопроводами та електричним обладнанням з панеллю керування. Процес контролюється за допомогою амперметра, вакуумметра і манометра.

Борошнодозатор (рис. 1.3) складається з двох окремих роторних живильників, кожен живильник обладнаний приводом, що складається з

електричного двигуна та редуктора черв'ячного типу. Основний корпус 2 пристрою кількісної подачі борошна має отвір у нижній частині, а з'єднувальні патрубки 4 і 1 для входу і випуску борошна передбачені у верхній частині і у нижній частині. Всередині корпусу знаходиться ротор спеціальної форми з 4 кишнями 3.

Дозатор води встановлений паралельно до дозатора борошна. Він складається з прямокутного корпусу 5 і циліндричної трубки 7. Датчики 6 встановлені вгорі і внизу труби для обмеження верхнього і нижнього рівнів надходить води. При допомозі роторного живильника 10 з чотирма кишнями вода подається по матеріалопроводу до відцентрового зволожувача борошна 11. Кількість води, що надходить на замішування тіста, регулюється вентилем 8, встановленим у матеріалопроводі.

Конструкція дозатора забезпечує належну герметичність системи при надходженні інгредієнтів у тістомісильну установку преса, яка забезпечує замішування тіста із залишковим тиском повітря не менше 20 кПа.

Відцентровий зволожувач борошна 11 розміщений над верхньою місильною камерою 20 і являє собою трубу циліндричної форми довжиною 750 мм із сполучними патрубками 1 і 12 на різних кінцях днища. Всередині труби розташований одинарний шнек 9, один кінець якого сполучений з валом двигуна спеціальною муфтою, що забезпечує обертальний рух шнека з частотою 1435 об/хв. Така швидкість шнека дозволяє виконувати заміс компонентів за короткий час.

Прес має тістомісильну систему із двох камер. Горішня камера 20 має довжину 1700 мм і ширину 800 мм і виготовлена з пластини з нержавіючої сталі. Два вали 17 і 19 встановлено паралельно всередині камери, а над ними прикріплена перемішувальна лопатка 18. Вал обертається з частотою 42 об/хв від окремого приводу, що включає електродвигун з клинопасовою передачею та систему зубчастих циліндричних коліс. Привід оснащений фіксатором для від'єднання валу змішувача під час роботи. Верхня частина тістомісильної камери закрита тричастинною поворотною кришкою 13 з органічного скла, яка

забезпечує необхідну герметичність всередині камери і одночасно дозволяє візуально контролювати процес замішування тіста. Одна з бічних стінок камери має отвір, з'єднаний спеціальним соплом 22 із отвором другої нижньої камери тістомісильної системи. Ця камера є змонтована перпендикулярно першій камері і закрита поворотною кришкою 27, що складається з двох частин, з полікарбонату. До бічної стінки іншої камери приєднаний патрубок 16, з'єднаний з фільтром 14, через який за допомогою вакуумного насоса відкачується суміш пари і повітря, що утворюється в процесі замішування тіста. Для контролю рівня розрідження тканини до корпусу фільтра прикріплений манометр 15. Усередині камери розташований вал 23 з лопатями, закріпленими симетрично під кутом, що дозволяє рівномірно ділити тісто на два потоки, що йдуть від центру до отворів в корпусі преса.

Вал мішалки другої камери обертається зі швидкістю 62 об/хв . Під другою камерою змонтовано два прес-контейнери один навпроти одного перпендикулярно осі валу перемішувача. На стику між камерою та прес-контейнером передбачений наскрізний отвір 24 для проходження тестового потоку. Циліндр під тиском являє собою трубу циліндричного типу, яка має з дві секцій 25 і 27 довжиною 810 мм і 1170 мм, об'єднаних послідовно. На кожному кінці є два фланці, два фланці призначені для фіксації обох кінців, а два зовнішні фланці призначені для фіксації корпусу редуктора та труби пресового обладнання. Друга секція корпусу преса оснащена теплообмінною оболонкою 28, що являє собою циліндр діаметра 220 мм з двома впусками і випусками води,. Вддовж всього корпусу преса на його поверхні всередині виконана осьова канавка 31 для запобігання обертанню тканини на внутрішній стінці корпусу під час обертання шнека. Всередині корпусу розташований однозаходний шнековий устрій 26 довжини 1955 мм, діаметра 140 мм і кроком шнека 90 мм, а на кінці шнека встановлення потрійна насадка 29 для забезпечення рівномірності тесту. потік через встановлений шлях потоку.

Тримач матриці призначений для встановлення двох прямокутних матриць довжиною 955 мм одна до одної та оснащений механізмом для заміни матриць.

Механізм приводиться в рух електродвигуном і двома черв'ячними передачами, закріпленими по обидві сторони труби.

Фільтера замінюється екструзією. Для цього помістіть нову матрицю 34 на опорну площину тримача матриці 39 так, щоб один кінець матриці підлягав заміні, а інший кінець матриці прилягав до рейки 32. Потім включається електродвигун і дві шестерні 42 обертаються, передаючи поступальний рух двом гвинтам 33 і переміщуючи закріплені на них рейки. Роблячи це, приєднана матриця переміщує обидві матриці в тримачі матриці, виштовхуючи першу матрицю 43 з камери та замінюючи її другою матрицею. Друга плашка замінюється таким же чином.

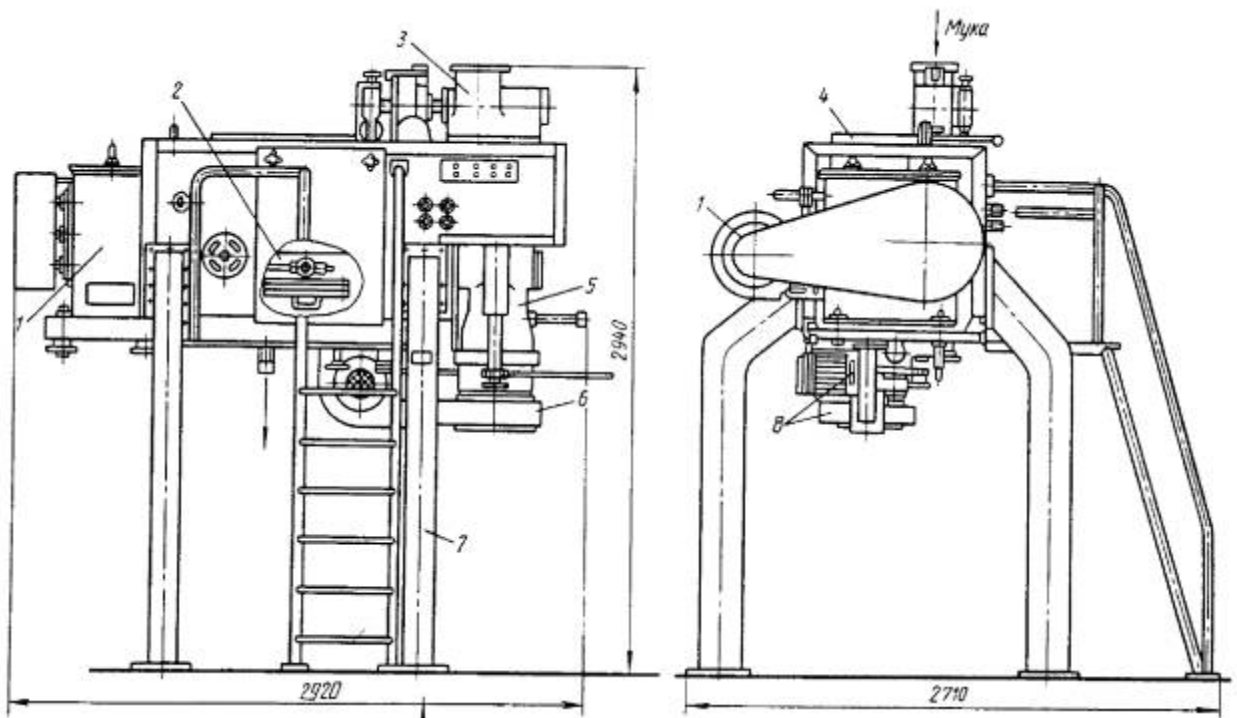


Рис. 1.4. Прес для макаронів ЛПЛ-2М:

1 – привод; 2 – пресувальний корпус; 3 – пристрій дозування компонент; 4 – замішування тіста; 5 – прес-головка; 6 – обдувний пристрій; 7 – рама; 8 – різальний механізм

Гвинтовий макаронний прес моделі ЛПЛ-2М (рис. 1.4) загалом складається з розвантажувального пристрою 3, тістомісильної машини 4, приводного

пристрою 7, корпусу преса 2, пресової головки 5, нагнітача 6 і системи трубопроводів, різального механізму 8, прикріплений до станини преса 7. бути компонентом. У комплекті з пресом є вакуум система.

При роботі мука неперервно надходить з бункера накопичувача до дозатора, звідки за допомогою обертового шнека подається до жолоба тістомісильної машини. При цьому гаряча вода 40-60°C направляється з дозатора до тістомісильної машини. Туди ж подається і борошно. Залежно від рівня вологості борошна споживання води становить від 80 до 90 літрів на годину. Витрата охолоджувальної води для корпусу становить 110 л/год. За нормальних умов тісто має бути на 2/3 об'єму корита і має мати невеликий нахил у напрямку до виходу.

Необхідний рівень наповнення корита тістом досягається за допомогою регулювання нахилу торця лопаті відносно осі вала таким чином, щоб частина тістової маси викидалась у напрямку від вихідного отвору до вузла видачі. Розкидання тіста в протилежних напрямках з оптимальним розміром необхідно для того, щоб була нормальна циркуляція тіста.

Тістова маса, змішана з грудками і зернами, подається з місильного лотка через отвір у нижній частині корпусу преса. Регулюючи розмір вихідного отвору заслінкою, можна змінювати кількість тіста, що подається в корпус преса, тим самим змінюючи потужність преса.

Тісто, що рухається в корпусі преса, обтікає шайби на шнеку та потрапляє в перепускний канал, де повітря та водяна пара видаляються через вакуумний клапан. Залишковий тиск повітря в корпусі преса становить 10 кПа. З перепускного каналу тісто через решітку надходить в корпус преса, захоплюється обертанням шнека, подається в головку і пресується через формувальний отвір форми.

Після виходу з форми сформована паста проходить через повітродувку при тій же температурі, що й пресоване тісто. У сучасних шнекових макаронних пресах ця температура становить 45-50°C. Зовнішня температура в пресовому відділенні нижча, що призводить до зниження температури продукту, що

виходить із матриці, значення якого залежить від різниці між температурою преса та зовнішньою температурою. Чим більше ця різниця, тим більше різниця температур і, як наслідок, більше випарення вологи з поверхні продукту. Цей процес проводиться до збігу температури виробу і температури навколишнього середовища, після чого на поверхні формується захисна оболонка, що запобігає його злипання при подальшому розміщенні та висиханні.

При формування макаронних виробів типу спагетті за допомогою форм пасма виводяться на стіл, складаються в касети, нарізаються, а потім разом з касетами транспортуються в сушильну камеру.

Короткі макаронні вироби транспортують насипом у сушильну установку.

1.2. Аналіз та короткий опис шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

Шнековий прес для макаронних виробів МАКМА-40 призначена для формування широкого асортименту макаронів

Прес має широке застосування, його використовують підприємства громадського харчування, вони є у макаронних відділеннях і цехах хлібозаводів.

Прес МАКМА-40 виготовляється в кліматичному виконанні УХЛ, категорії 4.

Технічні характеристики

Продуктивність, кг/год	75
Встановлена потужність електродвигунів	
кВт, не більше.....	4,2
Напруга живлення, В	380
Габаритні розміри, мм	
довжина	1600
ширина.....	800
висота, кг, не більше	1800
маса, кг, не більше.....	350

1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі

Мета роботи – покращити конструкцію шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40, шнека і гайки, зробивши роботу машини краще пристосованою до широкого асортименту продукції.

Виконуються задачі :

- огляд обладнання для випресовування макаронів;
- структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів;
- конструктивний розрахунок шнека преса для макаронних виробів;
- розроблення технічного рішення щодо гайки різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами;
- розробка та дослідження 3d моделей полегшених гайок різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами [7,8];
- аналіз результатів дослідження розробленої моделі;
- пропозиції щодо охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

2. Підбір засобів, методів та методик досліджень

2.1 Обґрунтування програмного забезпечення для досліджень

Для порівняльного дослідження варіантів 3D моделі матриці макаронного преса є дисить програмного забезпечення, що спеціалізується на моделюванні, аналізі та оптимізації. Кожне з рішень має свої особливості, переваги та недоліки, які варто враховувати під час вибору.

SolidWorks [9,10] є одним із найзручніших інструментів для створення та аналізу 3D моделей. Інтуїтивний інтерфейс і вбудовані інструменти для аналізу, такі як SolidWorks Simulation, дозволяють легко виконувати статичні розрахунки і працювати з кількома варіантами моделі завдяки функції конфігурацій. Водночас система має певні обмеження у можливостях для нелінійного чи динамічного аналізу, що може бути важливо для глибшого дослідження. Ще одним недоліком є висока вартість ліцензії.

ANSYS [10,11] забезпечує більш розширений підхід до інженерного аналізу. Його інструменти дають змогу проводити точні розрахунки в різних галузях, таких як механіка, теплопередача та гідродинаміка. Крім того, система підтримує параметричну оптимізацію, що є важливим для порівняльного аналізу різних конструктивних варіантів. Однак, через високу вартість, потребу у значних апаратних ресурсах і стрімку криву навчання, ANSYS підходить більше для досвідчених користувачів або великих проектів.

Для початкового дослідження можна також задіяти [10,11] Autodesk Fusion 360. Ця програма відзначається простотою використання та наявністю хмарних обчислень для аналізу. До того ж, вона доступна безкоштовно для студентів та стартапів. Проте функціонал Fusion 360 обмежений для проведення складного аналізу, а залежність від стабільного інтернет-з'єднання може стати проблемою.

Якщо необхідно врахувати вплив кількох фізичних явищ одночасно, чудовим вибором стане COMSOL Multiphysics [10,11]. Ця платформа підтримує мультифізичне моделювання і дозволяє аналізувати механічні, теплові та

гідродинамічні процеси в єдиному середовищі. Основними недоліками COMSOL є його висока вартість і складність для новачків.

Siemens NX [10,11] варто розглянути у випадках, коли потрібен інтегрований підхід до проектування та аналізу. Ця система забезпечує високий рівень точності й може обробляти великі й складні моделі. Однак її освоєння потребує часу, а ліцензія є досить дорогою.

Для аналізу потоків у макаронному пресі можна звернути увагу на OpenFOAM. Це відкрите програмне забезпечення для обчислювальної гідродинаміки, яке не вимагає ліцензійних витрат. Його головною перевагою є можливість кастомізації, але відсутність зручного інтерфейсу і складність у використанні можуть стати бар'єром для новачків.

Отже, вибір програмного забезпечення залежить від конкретних завдань і ресурсів. Якщо потрібен базовий аналіз, варто зупинитися на SolidWorks або Fusion 360. Для глибокого інженерного дослідження більше підходять ANSYS або Siemens NX. У разі необхідності врахувати мультифізичні явища найкращим варіантом буде COMSOL Multiphysics. Для бюджетного рішення в сфері гідродинаміки можна використовувати OpenFOAM, за умови готовності до технічних складнощів.

2.2. Застосування SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation [9,12,13] є потужним інструментом, який інтегрований у середовище CAD-системи SolidWorks. Він пропонує широкий набір можливостей для аналізу механічних властивостей моделей, що робить його ефективним для порівняльного дослідження конструктивних варіантів. У випадку аналізу матриці макаронного преса ця програма має низку ключових переваг.

По-перше, зручність використання та інтеграція з CAD-моделлю дозволяють швидко виконувати аналіз без необхідності експорту чи імпорту геометрії між різними програмами. Це особливо важливо на етапі порівняння

кількох варіантів моделі, адже будь-які зміни в конструкції автоматично враховуються в середовищі аналізу.

По-друге, SolidWorks Simulation підтримує статичний структурний аналіз, що є критичним для оцінки механічної міцності матриці макаронного преса під дією робочих навантажень. Ви можете швидко визначити напруження, деформації та фактор безпеки для кожного з варіантів. Цей підхід дозволяє ідентифікувати слабкі місця конструкції та оптимізувати геометрію для забезпечення її довговічності.

Крім того, аналіз теплових характеристик у SolidWorks Simulation допоможе оцінити вплив температури на роботу матриці, що важливо для процесів, як пресування тіста під термічними умовами. Інструмент дозволяє моделювати розподіл температури по матриці та її вплив на механічні властивості.

Для дослідження потоків тіста через матрицю SolidWorks Simulation також пропонує модуль Flow Simulation. Він дозволяє моделювати поведінку в'язкопластичного середовища (наприклад, тіста), аналізувати швидкість потоку та рівномірність розподілу матеріалу через вихідні отвори. Це дає змогу оцінити, як різні конструкції матриці впливають на якість і однорідність кінцевого продукту.

Важливим аспектом є відносно невисокі вимоги до апаратного забезпечення SolidWorks Simulation у порівнянні з іншими програмами високого рівня, такими як ANSYS чи COMSOL. Це дозволяє виконувати розрахунки на стандартних робочих станціях, що знижує витрати на технічне забезпечення.

Однак варто враховувати, що SolidWorks Simulation найкраще підходить для базових або середнього рівня розрахунків. Якщо аналіз потребує складних нелінійних моделей чи високоточних розрахунків багатофізичних явищ, можуть знадобитися інші програми. Проте для задачі порівняння конструктивних варіантів матриці макаронного преса SolidWorks Simulation пропонує оптимальне поєднання функціональності, зручності та вартості.

Таким чином, використання SolidWorks Simulation дозволяє ефективно й наочно оцінити переваги та недоліки кожного з варіантів моделі, оптимізувати її конструкцію, а також підготувати детальний звіт із результатами розрахунків і рекомендаціями для впровадження у виробництво.

2.3. Послідовність виконання статичного дослідження у SolidWorks Simulation

Статичний аналіз у SolidWorks Simulation дозволяє оцінити, як конструкція реагує на прикладені сили, тиск чи інші навантаження в умовах рівноваги. Це особливо корисно для дослідження механічних властивостей і оптимізації конструкцій, наприклад, матриці макаронного преса. Нижче наведено детальну покрокову інструкцію виконання такого аналізу.

Першим етапом є підготовка 3D-моделі. Вона повинна бути створена або завантажена у SolidWorks і містити всі необхідні елементи конструкції. Важливо переконатися, що модель є повністю визначеною, а її геометрія коректна. Якщо аналіз проводиться для кількох варіантів конструкції, можна використовувати функцію конфігурацій, щоб зручно переключатися між ними.

Після цього потрібно активувати модуль Simulation. У меню програми відкрийте розділ "Додатки" і увімкніть SolidWorks Simulation. Це забезпечить належний доступ інструментів для виконання аналізу.

Наступним кроком є створення нового дослідження. У вкладці Simulation натисніть кнопку "Дослідження" і оберіть тип дослідження "Статичне". Це дослідження призначене для оцінки напружень, деформацій і фактора безпеки в умовах статичних навантажень. Після створення можна задати назву дослідження, щоб легко ідентифікувати його в майбутньому.

Одним із ключових моментів є задання матеріалів для моделі. Кожен компонент конструкції має відповідати своєму матеріалу, тому потрібно відкрити дерево дослідження, клацнути правою кнопкою миші на деталь і вибрати "Визначити матеріал". У вікні вибору матеріалів можна скористатися бібліотекою SolidWorks, де доступні стандартні матеріали, такі як сталь, алюміній, полімери

тощо. Вибір правильного матеріалу є критично важливим, адже він впливає на результати розрахунків.

Після цього слід визначити граничні умови, або фіксації. Вони моделюють реальні фізичні умови, за яких працює конструкція. Наприклад, для матриці макаронного преса можна зафіксувати ті поверхні, які контактують із пресом і залишаються нерухомими під час роботи. Для цього в дереві дослідження оберіть розділ "Граничні умови", виберіть потрібну поверхню, грань чи вершину та задайте умову "Фіксація геометрії".

Далі потрібно задати зовнішні навантаження. Це можуть бути сили, тиск, гравітація або їх комбінація. У нашому випадку можна задати тиск, який виникає під час подачі тіста через отвори матриці. Для цього виберіть "Зовнішні навантаження" у дереві дослідження, задайте тип навантаження (наприклад, тиск), величину і вкажіть поверхню, на яку діє це навантаження.

аступним кроком є створення сітки. Сітка – це дискретизація моделі на невеликі елементи, які використовуються під час розрахунків. У дереві дослідження виберіть пункт "Сітка" і натисніть "Створити сітку". Для точнішого аналізу можна вибрати дрібну сітку, особливо в зонах концентрації напружень. Водночас у простих частинах конструкції можна використовувати грубіші елементи, щоб скоротити час розрахунків.

Після підготовки всіх умов і сітки можна запустити дослідження. Натисніть кнопку "Запустити дослідження" у панелі інструментів Simulation. Програма виконає розрахунки, враховуючи задані навантаження, фіксації, матеріали та геометрію. Час виконання залежить від складності моделі та щільності сітки.

Коли розрахунок завершено, ви отримаєте результати у вигляді кольорових графіків і числових даних. Основними результатами є:

Напруження (Von Mises Stress): дозволяє оцінити, чи витримує конструкція задані навантаження.

Деформації (Displacement): показують, як змінюється форма конструкції під навантаженням.

Фактор безпеки (Factor of Safety): визначає запас міцності конструкції.

Аналіз результатів дозволяє визначити слабкі місця конструкції, оптимізувати її форму чи матеріали, щоб забезпечити найкращі характеристики.

Останнім етапом є створення звіту. SolidWorks Simulation пропонує автоматичну генерацію звітів, що включають графіки, таблиці та текстові пояснення. Ви можете налаштувати вигляд звіту, додати власні коментарі та зберегти його у форматі PDF або Word.

Ця послідовність є стандартною для виконання статичних досліджень і дозволяє отримати точні, наочні результати для порівняльного аналізу конструкцій.

3. Заходи з модернізації шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

3.1. Опис конструкції і принципу роботи шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

Шнековий прес [4,14] для виробництва макаронних виробів складається з наступних основних частин (рис. 3.1): камера місильна, камера прийомки, корпус шнека [15,16], приводний пристрій, різальний механізм, приймальний стіл, шафа, пульт керування.

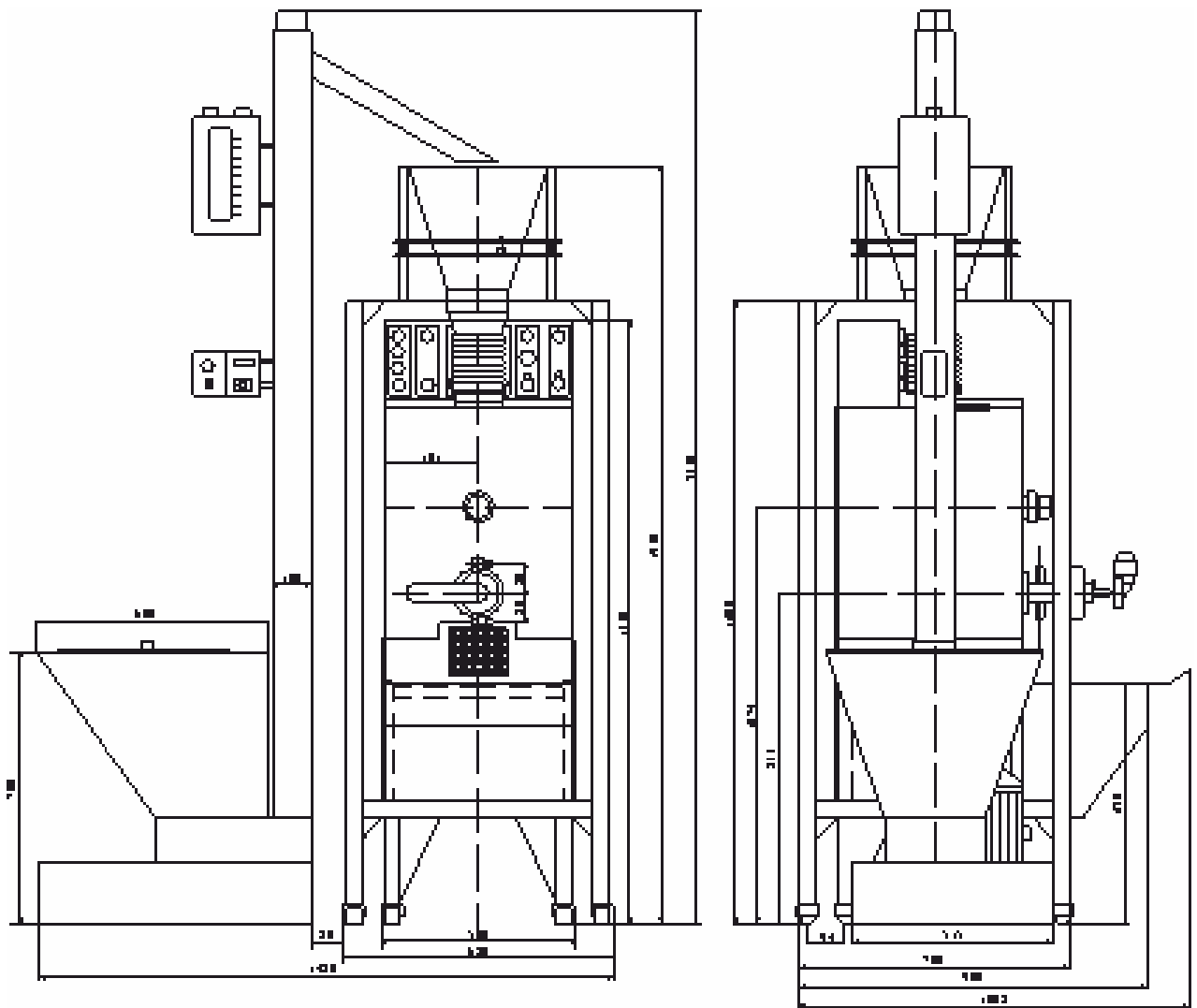


Рис. 3.1. Шнековий прес для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.

Камера мішалки являє собою ємність із корозійностійкої сталі, всередині якої на опоропорах рухається лопатевий вал.

Приймальна камера являє собою ємність із корозійностійкої сталі, всередині якої на опорі обертається лопатевий вал (мішалка).

Головними елементами корпуса шнека є власне корпус, шнек, корпуса матриці та матриця. Корпус шнека кріпиться до передньої стінки приводної секції.

Привідна система складається з двох мотор-редукторів, закріплених на підставці та корпусі. Мотор-редуктор з'єднаний з приводним валом головки преса.

Ріжучий механізм є прикріпленим до корпусу матриці і має власний привід.

П'єдестал являє собою сталевий пластинчастий ящик, прикріплений до постаменту, а зверху встановлений піддон для прийому макаронних виробів.

Шафа являє собою тумбу з привареними кутниками, на які встановлюються всі деталі.

3.2. Розробка заходів з модернізації преса

При випресовуванні макаронів важливе значення має вплив тиску перед формоутворенням макаронів. Для вирішення цієї задачі запропоновано заходи з удосконалення конструкції конструкції шнекового преса МАКМА-40, зокрема встановлення шнека з більшим кутом профілю витка. Додатково вирішується питання збільшення об'єму камери пресування за рахунок конструктивного рішення для гайки матриці. Пропонується заміна гайки на конструкцію розбірного типу, більше укріплену в центрі, з пластиковими змінними фільєрами. Причому конструкція картриджів дозволяє формувати макарони практично довільного типу, і, за потреби, частину отворів заглушувати.

3.3 Структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів

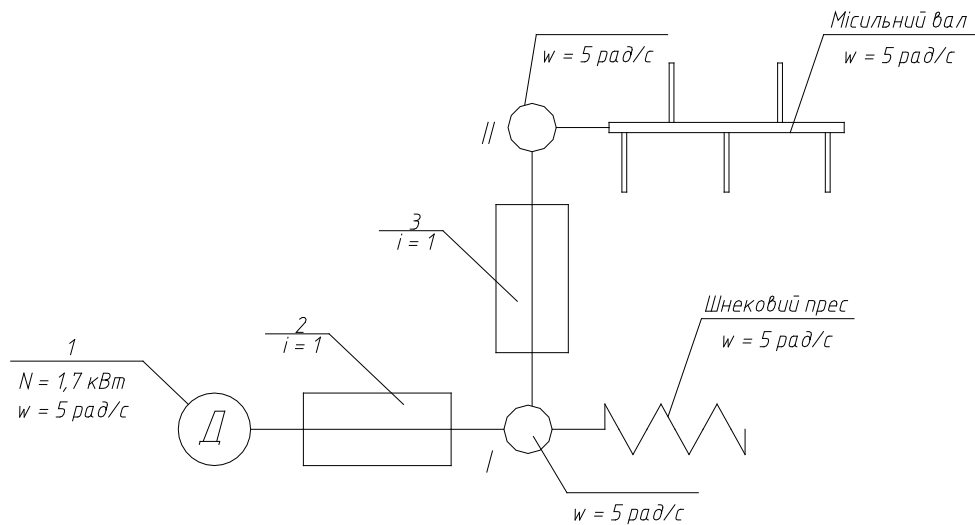


Рис. 3.2. Структурна схема шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40.

Головний робочий орган (шнек) закріплено на валу. Він виконує обертовий рух. Місильний робочий орган (вал із лопатями) закріплено на іншому валу. Він теж здійснює обертовий рух. Передбачено два електричних двигуни, ланцюгові передачі, робочі органи (шнек і місильний вали).

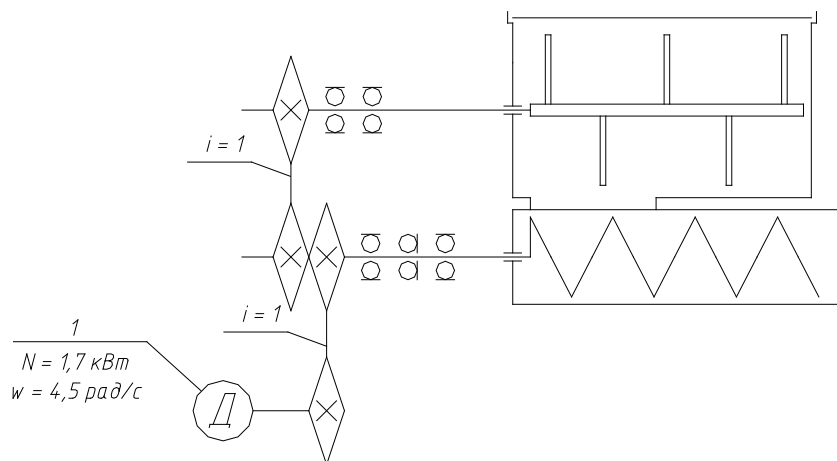


Рис. 3.3.— Кінематична схема преса для виробництва макаронних виробів.

Кінематична схема шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40 складається з мотор-редуктора приводу місильного вала і

пресуючого шнека ($N=1.5$ кВт, $n=155$ об/хв), від якого рух передається через ланцюгові передачі на вал пресуючого шнека і на місильний вал [17-20].

Продуктивність:

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

де $n_{ш}$, об/год — робоча частота обертання шнека;

m — паралельно змонтованих витків у шнека;

t , м — крок навивки шнека;

k — число паралельно діючих шнекових систем;

r , м — величина внутрішнього радіуса витка шнека;

R , м — величина зовнішнього радіуса витка шнека;

$2 \cdot a$, м — значення товщини витка навивки на максимальному радіусі

R ;

$2 \cdot b$, м — значення товщини витка навивки на радіусі r (на валу);

β , рад — значення кута підйому гвинтової лінії;

ρ , кг/м³ — значення густини транспортованого макаронного тіста;

$$K = K_n \cdot K_m \cdot K_{\text{м}},$$

де K_n — значення коефіцієнту заповнення порожнини;

K_s — значення коефіцієнту, який враховує можливе зменшення

K_m — значення коефіцієнту спресовування матеріалу;

подачі від релаксації.

Необхідна частота обертів:

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

Для випадку одного однозахідного робочого:

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

Розрахунок для пеперізу на кінці шнека.

$$G = 75 \text{ кг/год}; R = 0.024 \text{ м}; r = 0.015 \text{ м}; t = 0.035 \text{ м};$$

$$2 \cdot a = 0.005 \text{ м}; 2 \cdot b = 0.008 \text{ м}; \beta = 0.297 \text{ рад}; \rho = 1050 \text{ кг/м}^3;$$

$$K_H = 0.92 \quad K_M = 0.89; K_c = 0.95;$$

$$K = 0.92 \cdot 0.89 \cdot 0.95 = 0.778.$$

$$n_{\text{ш}} = \frac{75}{(0.024^2 - 0.015^2) \cdot \left(0.035 - \frac{2 \cdot (0.0025 + 0.004)}{2 \cdot \cos(0.297)} \right) \cdot 1050 \cdot 0.778 \cdot 60}$$

$$= 154.606, \text{ об/хв.}$$

3.4 Розрахунок потужності для приводу шнекового преса марки МАКМА-40

Вихідні дані для розрахунку:

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

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

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

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

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

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

$$M = 4.39 \quad (\text{м})$$

Кутова швидкість шнека:

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

Необхідна потужність шнека із арвхуванням потужності на заміс тіста:

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

3.5 Конструкторський розрахунок пресуючого шнека шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

Тип витіснювача шнек з наступними параметрами:

зовнішній радіус вала шнека: $r := 0.015$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R := 0.024$ (м)

крок шнека $t := 0.035$ (м)

кількість заходів: 1

частота обертання шнека: $n := \frac{154.606}{60}$ $n = 2.577$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.0025$

ширина основи витка $b := 0.004$

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

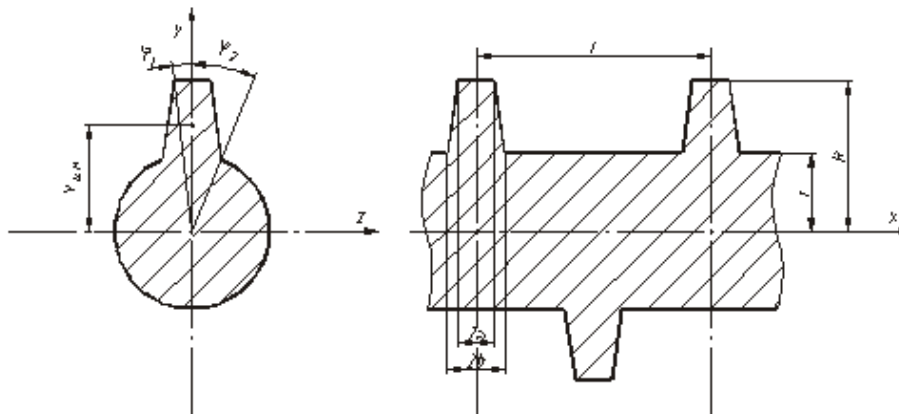


Рис. 3.4 – Принципова схема шнека

Загальна довжина шнека:

$L := 0.418$ (м)

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному січенні:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right) \quad \alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 9.594$$

Визначимо момент інерції січення одного однозаходного шнека відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

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

$$\phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 25.714$$

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

$$\phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 41.143$$

Момент інерції січення вала шнека відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) = 3.976 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти:

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1) = 0.021 \quad (\text{м})$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2) = 0.02 \quad (\text{м})$$

Подальший розрахунок проводиться для максимального лінійного коефіцієнта

$$\underline{H} := x_1 = 0.021 \quad (\text{м})$$

Площа поперечного січення витка шнека:

$$F_{\Gamma} := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r) = 1.825 \times 10^{-4} \quad (\text{м})$$

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

$$J_{2z} := \frac{F_{\Gamma}^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H} = 1.694 \times 10^{-9} \quad (\text{м}^3)$$

Координата центра мас витка шнека:

$$Y_{\text{цм}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r = 0.02 \quad (\text{м})$$

Момент інерції січення шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + \left(J_{2z} + F_r \cdot Y_{\text{цм}}^2 \right) = 1.112 \times 10^{-7} \quad (\text{м}^4)$$

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:

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

де $f := 0.01$ 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:

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

де $l_3 := \frac{L}{4}$ $l_3 = 0.105$ (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою

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

$p_{\max} := 1.5 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

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

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

Позначим $\Delta p = p - p'$:

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

Проведем необхідні підстановки і проінтегруємо вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

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

$$HS = -0.014 \quad (\text{м}^2)$$

$$S_{\text{ш}} := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left(2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_o \cdot L + \frac{p_{max} - p_o}{L} \cdot HS \right) = -1.517 \times 10^4 \text{ (Н)}$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осової сили.

Ввиду значної величини осової 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 осових сил визначаються за формулою:

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

де F - площа поперечного січення вала шнека:

$$F := \pi \cdot r^2 \quad F = 7.069 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} \quad \sigma = -2.147 \times 10^6 \quad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності:

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

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{\max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot (R^3 - r^3) \quad M = 10.047 \quad (\text{Н*м})$$

$$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2} \quad W = 7.952 \times 10^{-8} \quad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} \quad \tau = 1.263 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{\text{екв}} = 2.527 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$$\omega := 2\pi \cdot n \quad \omega = 16.19 \quad \text{рад/с}$$

Необхідна потужність :

$$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega} \quad N = 620.533 \quad (\text{Вт})$$

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

потужність $N=1.5$ кВт
 $n=155$ об/хв

3.6. Розрахунок приводу пресуючого вузла

Потужність на валу веденої зірочки $P_1 := 1.24$ (кВт); кутова швидкість ведучої зірочки $\omega_1 := 16.19$ (рад/с); передаточне число передачі $u := 1$ регулювання натягу ланцюга періодичне шляхом переміщення ведучого вала; змашування передачі періодичне; помірні зміни навантаження; коефіцієнт короточасних перевантажень при пусках

$K_H := 2.2$ типовий режим навантаження - середній нормальний (CH);

допустиме збільшення середнього кроку ланцюга $\frac{\Delta P}{P} = 2.7$ %;

строк служби ланцюга $h := 8000$ год.

1. Проектний розрахунок передачі.

На валу ведучої зірочки обертовий момент:

$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 76.59 \quad (\text{Н*м})$$

Якщо припустити, що крок ланцюга не буде більш, ніж 19.05 мм, то для $\omega_1 = 16.19$ (рад/с) [] можна вибрати число зубців ведучої зірочки

$z_1 := 33$ Тоді число зубців веденої зірочки $z'_2 := u \cdot z_1$ $z'_2 = 33$

Вибираємо $z_2 := 33$

Орієнтовне значення кроку ланцюга

$$P' := 13 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1}{z_1}} \quad P' = 17.212 \quad (\text{мм})$$

До розрахунку вибираємо роликів ланцюг ПР-19.05-3180 [], для якого маємо: крок $P := 19.05$ мм; площа опорної поверхні шарнірна

$A_{оп} := 106$ мм²; руйнівне навантаження $F_{рн} := 31.8$ кН; маса 1м ланцюга $q := 1.9$ кг/м.

Швидкість ланцюга

$$v := \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot \omega_1 \cdot z_1}{2 \cdot \pi} \quad v = 1.62 \quad (\text{м/с})$$

Орієнтовно визначаємо міжосьову віддаль передачі

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

Число ланок ланцюга:

$$W' := 2 \cdot \frac{a'}{P} + 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \frac{P}{a'} \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2} \quad W' = 113$$

Вибираємо $W := 445$

Розрахункова міжосьова відстань:

$$a_0 := \frac{P}{4} \cdot \left[W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) + \sqrt{\left[W - 0.5 \cdot (z_1 + z_2) \right]^2 - 8 \cdot \frac{(z_2 - z_1)^2}{(2 \cdot \pi)^2}} \right]$$

$$a_0 = 3.924 \times 10^3 \quad (\text{мм})$$

Міжосьова відстань передачі із забезпеченням провисання веденої вітки

$$a := a_0 - 0.003 \cdot a_0 \quad a = 3.913 \times 10^3 \quad (\text{мм})$$

Ділильні діаметри зірочок

$$d_1 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_1}\right)} \quad d_1 = 200.408 \quad (\text{мм})$$

$$d_2 := \frac{P}{\sin\left(\frac{\pi}{z_2}\right)} \quad d_2 = 200.408 \quad (\text{мм})$$

Номінальне корисне навантаження ланцюга:

$$F_t := 2 \cdot \frac{T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 764.345 \quad (\text{Н})$$

Максимальне навантаження ланцюга при пуску передачі:

$$F_{t\max} := K_{\Pi} \cdot F_t \quad F_{t\max} = 1.682 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

Максимальна сила, яка діє на вали передачі:

$$R_{\max} := 1.15 \cdot F_{t\max} \quad R_{\max} = 1.934 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

2. Розрахунок шарнірів ланцюга на стійкість проти спрацювання.

Якщо коефіцієнт інтенсивності $K_{F,сп} := 0.40$ [] для режиму навантаження СН, то еквівалентне корисне навантаження ланцюга:

$$F_{tEсп} := K_{Eсп} \cdot F_t \quad F_{tEсп} = 305.738 \quad (H)$$

Коефіцієнт динамічного навантаження (при помірних змінах навантаження) $K_d := 1.3$; для однорядного ланцюга $K_m := 1$

Допустиме збільшення середнього кроку ланцюга $\frac{P}{\Delta P} = 2.7 \%$

При даному допустимому збільшенні розрахункові коефіцієнти:

$$C := 1.33 \cdot 10^6 \cdot 2.7 \quad C = 3.591 \times 10^6$$

$$K_v := \sqrt[3]{\omega_1^2} \quad K_v = 6.4$$

коефіцієнт міжосьової віддалі $a_p := 40$

$$K_T := \left(\frac{25}{z_1} \right)^4 \cdot \sqrt[4]{\frac{40}{a_p}} \cdot \frac{1}{\sqrt[6]{u}} \quad K_T = 0.758$$

Коефіцієнти, які враховують умови роботи передачі і її конструкцію:

$$K_H := 1 \quad K_p := 1 \quad K_{зм} := 3$$

$$K_e := K_H \cdot K_p \cdot K_{зм} \quad K_e = 3$$

З умови стійкості проти спрацювання допустимий тиск у шарнірах

$$IpI_{сп} := \frac{C}{h \cdot K_v \cdot K_T \cdot K_e} \quad IpI_{сп} = 30.861 \quad (МПа)$$

Визначимо розрахунковий тиск в шарнірах ланцюга.

$$p := \frac{F_{tEсп} \cdot K_d}{A_{оп} \cdot K_m} \quad p = 3.75 \quad (МПа)$$

Стійкість шарнірів ланцюга проти спрацювання забезпечується

3. Розрахунок пластин ланок ланцюга на втому.

При розрахунку пластин на втому еквівалентне корисне навантаження ланцюга ($K_{Eвт} := 0.65$ для режиму навантаження СН)

$$F_{tEвт} := K_{Eвт} \cdot F_t \quad F_{tEвт} = 496.824 \quad (H)$$

Розрахункові коефіцієнти

$$K'_z := \sqrt[12]{z_1} \quad K'_z = 1.338$$

$$K_h := \sqrt[4]{\frac{15000}{h}} \quad K_h = 1.17$$

$$K_B := 10 \cdot \sqrt[9]{\omega_1} \quad K_B = 13.626$$

$$K_P := \sqrt[24]{\frac{P}{25.4}} \quad K_P = 0.988$$

Допустимий тиск у шарнірах ланцюга, що гарантує втомну міцність пластин його ланок

$$IpI_{BT} := \frac{270 \cdot K'_Z \cdot K_h}{K_B \cdot K_P} \quad IpI_{BT} = 31.405 \quad (\text{МПа})$$

Розрахунковий тиск у шарнірах за умови втомної міцності пластин

$$P_{BT} := \frac{F_{tE_{BT}} \cdot K_d}{A_{оп} \cdot K_m} \quad P_{BT} = 6.093 \quad (\text{МПа})$$

Втомна міцність пластин ланцюга достатня.

4. Розрахунок ланцюга на міцність при дії максимальних коротко-термінових перевантажень

$$s := \frac{F_{PH} \cdot 1000}{F_{tmax}} \quad s = 18.911 > s_{min} = 5$$

3.7. Обслуговування та експлуатація преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

Технічне обслуговування шнекових макаронних пресів [21-23] включає наступний перелік експлуатаційних заходів: підготовка преса для виробництва макаронних виробів до роботи, пуск і вихід на робочий режим, правила експлуатації і безпечний режим роботи.

Заходи щодо підготовки преса для виробництва макаронних виробів до роботи:

- перевірити наявність мастила у всіх частинах, де є тертя;

– редуктори головного приводу, дозатора і тістомісів залити до необхідного рівня маслом марки індустріальне 30;

– провести шприцювання штуцерів, змазати посадочні поверхні запобіжників і решти вузлів преса для виробництва макаронних виробів маслом марки солідол ВУС–2 (Л);

– перевірити стан механізмів управління маслопроводів і змащувальних пристроїв, огорож і контрольно-вимірювальних приладів;

– перевірити дію і надійність механізмів блокування даху тістомісів;

– припинити подачу води на охолодження пресуючих пристроїв;

– встановити на місце пресуючі шнеки, заздалегідь змазавши їх рослинним маслом.

Пуск преса для виробництва макаронних виробів і вихід на робочий режим:

– закрити засувку вихідного отвору тістоміса;

– включити привід корит і дозатора і набудувати подачу борошна і води за заданою технологією, встановити необхідну температуру води

– наповнити тістом камери до рівня валів, включити привід пресуючих шнеків;

– встановити в пресуючі головки матриці (тубус), змазавши їх рослинним маслом;

– включити приводи обдувочних пристроїв і різальних механізмів;

Нормальний робочий режим преса для виробництва макаронних виробів забезпечується при тиску формування 5,5–7 МПа.

Правила експлуатації шнекової макаронної машини

- стежити за нормальною роботою макаронного преса і при відхиленні параметрів від встановлених норм виявляти причину і негайно її усувати;

- зверніть особливу увагу на тиск формування: якщо воно досягає верхньої межі допустимих меж, необхідно зупинити машину та з'ясувати причину (часто це буває при роботі з низькою вологістю або холодним тістом), також див. при засміченні канавки матриці);

- Замініть фільтр, коли залишковий тиск у вакуумній камері (вакуумному жолобі) впаде до 30 кПа;

- Під час роботи макаронного преса постійно контролювати стан живильного пристрою, температуру води для замішування, постійний рівень тіста в камері змішувача, вологість тіста, його текстуру тощо. Якщо тісто недостатньо вимішується і стає грубими грудками, необхідно змінити кут повороту лопаті при зупинці преса;

- Короткочасні зупинки макаронного преса не повинні перевищувати 30 хв.

Якщо ви хочете зупинити прес для макаронів на тривалий час (більше 30 хвилин і менше 1 дня), вам необхідно:

- встановити ручку варіатора хropіння вузла впорскування борошна і води в нульове положення;

- ретельно видалити залишки тіста з камери та перехідного отвору та змастити внутрішні поверхні камери рослинним маслом (чистку та змащування слід проводити після вимкнення макаронного преса!).

- зняти штампи, сітки, решітки, ущільнювачі, очистити зовнішню сторону тканини і відправити її на очищення;

- вийняти тісто з внутрішньої порожнини головки преса або колектора труби та нанесіть рослинну олію на поверхню тіста, що залишилося.

Якщо прес для макаронних виробів потрібно зупинити більш ніж на один день, необхідно зняти фланець з пресової головки або труби, зняти шнек преса, а всі поверхні, які контактують з тістом, ретельно очистити та змастити рослинне масло.

Основні правила безпечної експлуатації шнекового преса такі:

- щодня перевіряйте механізм блокування кришки камери;

- не ремонтуйте, не змащуйте та не чистіть рухомі частини під час роботи преса для макаронних виробів;

- прес повинен бути надійно заземлений, а все пускове електрообладнання та електропроводка повинні бути справними;

- перевірити та відремонтувати електродвигун, пусковий пристрій і електропроводку при вимкненому живленні;
- усі захисні огорожі та кришки макаронного преса повинні бути постійно на місці та в справному стані;
- робочі майданчики з поручнями та сходи повинні утримуватись у справному стані та в чистоті.

Під час експлуатації макаронного преса не рідше одного разу на 6 місяців необхідно проводити поточний ремонт, один раз на 3 роки - капітальний ремонт, обов'язково за встановленим графіком проводити капітальний ремонт макаронного преса.

Таблиця 3.1.

Можливі несправності та способи їх усунення

Несправність	Можлива причина	Спосіб усунення
Нерівномірна подача тіста	Недостатня кількість тіста в нагнітачі, нерівномірна консистенція тіста	Додати тісто в нагнітач, перемішати тісто, відрегулювати зазор між валками нагнітача.
Нечіткий зріз заготовок	Недостатній натяг струн, затуплені струни	Відрегулювати натяг струн, замінити струни.
Деформація заготовок при відсадці на бритванки	Неправильне регулювання висоти підйому столу	Відрегулювати висоту підйому столу, синхронізувати роботу столу з роботою відсадочної головки та струнного різачка.
Заклинювання механізмів	Забруднення, недостатнє змащування	Очистити та змастити механізми.

4. Моделювання і дослідження гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40

4.1 Постановка задач для дослідження

Формування пресуючої камери здійснюється за рахунок внутрішньої поверхні передньої стінки матриці макаронного преса. Поставимо задачу знайти найбільш вдале з точки зору міцності і жорсткості рішення для гайки макаронного преса МАКМА-40.

За результатами аналізу характеру навантажень у формувальній камері макаронного преса, приймемо рішення для виготовлення фільтер застосувати поліетеретеркетон (РЕЕК) [24]. Для РЕЕК характерним є наступне.

Висока зносостійкість. РЕЕК має чудову стійкість до абразивного зношування, що є ключовим фактором при постійному контакті з абразивним макаронним тістом під тиском. Це забезпечує тривалий термін служби фільтери та стабільну якість продукції протягом тривалого часу. Зменшується потреба в частих замінах фільтер, що знижує витрати на обслуговування та простої обладнання.

Хімічна стійкість. РЕЕК стійкий до дії більшості хімічних речовин, включаючи луги, кислоти та розчинники, які можуть міститися в макаронному тісті або використовуватися для очищення обладнання. Це забезпечує гігієнічність виробництва та запобігає корозії фільтери.

Термостійкість. РЕЕК зберігає свої механічні властивості в широкому діапазоні температур, включаючи температури, що виникають під час пресування макаронного тіста. Це забезпечує стабільність розмірів та форми фільтери під час роботи.

Висока міцність та жорсткість. РЕЕК має високі показники міцності на розтяг, стиск та вигин, що дозволяє фільтері витримувати значні тиски під час пресування тіста без деформації та руйнування. Це забезпечує точне формування макаронних виробів та стабільну продуктивність преса.

Біологічна інертність та безпека для харчових продуктів. РЕЕК є біологічно інертним матеріалом, що відповідає вимогам харчової промисловості. Він не виділяє шкідливих речовин при контакті з харчовими продуктами, що гарантує безпеку готової продукції.

Можливість точної обробки. РЕЕК добре піддається механічній обробці, що дозволяє виготовляти фільтри з високою точністю та складними геометричними формами, забезпечуючи різноманітність форм макаронних виробів.

Фізико-механічні характеристики РЕЕК (типові значення).

Густина. 1.30-1.32 г/см³

Міцність на розтяг. 90-100 МПа

Модуль пружності при розтягу. 3.6-4.0 ГПа

Міцність на стиск. 110-120 МПа

Міцність на вигин. 130-170 МПа

Модуль пружності при вигині. 3.8-4.2 ГПа

Ударна в'язкість за Ізодом (з надрізом). 5-10 кДж/м²

Температура плавлення. 343 °С

Температура склування. 143 °С

Максимальна робоча температура (тривала). 250-260 °С

Традиційно для виготовлення фільтрів використовували метали (нержавіюча сталь, бронза). РЕЕК має ряд переваг порівняно з ними.

Легша вага. РЕЕК значно легший за метали, що полегшує обслуговування та заміну фільтрів.

Краща зносостійкість в деяких умовах. РЕЕК може демонструвати кращу зносостійкість при контакті з певними типами тіста.

Менший коефіцієнт тертя. Знижує енергоспоживання преса та зменшує нагрівання тіста.

Тому застосування РЕЕК для фільтрів макаронних пресів є обґрунтованим завдяки його унікальним властивостям, які забезпечують високу продуктивність, якість продукції, довговічність обладнання та безпеку харчових продуктів. Хоча

вартість РЕЕК може бути вищою, ніж у традиційних матеріалів, його переваги в експлуатації та терміні служби часто виправдовують ці витрати.

Для гайки з фільєрами екструдера для макаронних виробів потрібен матеріал, який забезпечить:

механічну міцність і зносостійкість, щоб витримувати високий тиск і навантаження;

корозійну стійкість, оскільки деталь контактує з вологою і, можливо, кислотами з тіста;

гігієнічність, відповідно до стандартів харчової промисловості.

Рекомендовані сталі [24]:

AISI 316 (DIN 1.4401) — нержавіюча сталь із підвищеною корозійною стійкістю.

AISI 304 (DIN 1.4301) — бюджетний варіант нержавіючої сталі з гарною корозійною стійкістю.

AISI 420 (DIN 1.4021) — нержавіюча сталь із підвищеною твердістю після термічної обробки, якщо потрібна висока зносостійкість.

Проаналізуємо деякі особливості цих сталей.

AISI 316 (DIN 1.4401).

Корозійна стійкість. Стійка до кислот, солей і вологості.

Міцність. Гарні механічні характеристики.

Теплостійкість. Працює при температурах до 500°C.

Недолік. Дорожча, ніж AISI 304.

AISI 304 (DIN 1.4301).

Корозійна стійкість. Менш стійка до агресивних середовищ, але достатня для більшості харчових застосувань.

Міцність. Підходить для роботи при помірних навантаженнях і тисках.

Бюджетність. Економічно вигідний варіант.

AISI 420 (DIN 1.4021).

Механічна міцність. Висока після загартування (до 50 HRC).

Корозійна стійкість. Менш стійка, ніж у AISI 316, але достатня для нетривалого контакту з харчовими продуктами.

Перевага. Висока зносостійкість.

Таблиця 4.1.

Характеристики рекомендованих сталей.

Властивість	AISI 316 (DIN 1.4401)	AISI 304 (DIN 1.4301)	AISI 420 (DIN 1.4021)
Густина, г/см ³	7.98	7.93	7.7
Межа міцності, МПа	515–690	505–750	700–850
Твердість, HRC	~20	~18	до 50 (після гартування)
Корозійна стійкість	Висока	Середня	Середня
Температура плавлення, °C	1375–1400	1400	1425–1510

Підсумовуючи, відмітимо наступне.

AISI 316 (DIN 1.4401) — оптимальний вибір для гайки екструдера, яка працює у харчовому середовищі з високими вимогами до корозійної стійкості.

Якщо потрібен бюджетний варіант, можна використовувати AISI 304 (DIN 1.4301).

Якщо деталь піддається високим механічним навантаженням, варто розглянути AISI 420 (DIN 1.4021) із термічною обробкою для підвищення твердості.

Вибираємо найбільш підходячий AISI 316 (DIN 1.4401). Схама матриці в зборі і її переріз представмо на рис. 4.1 [10,25].

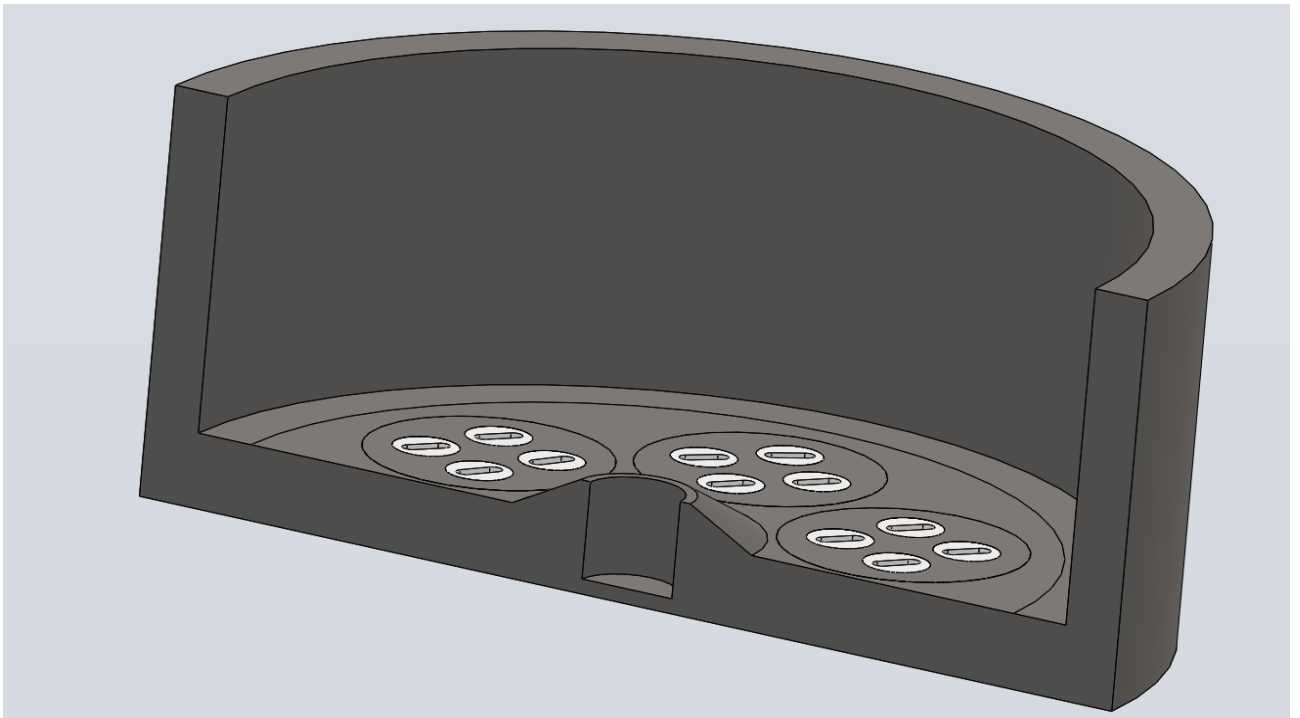
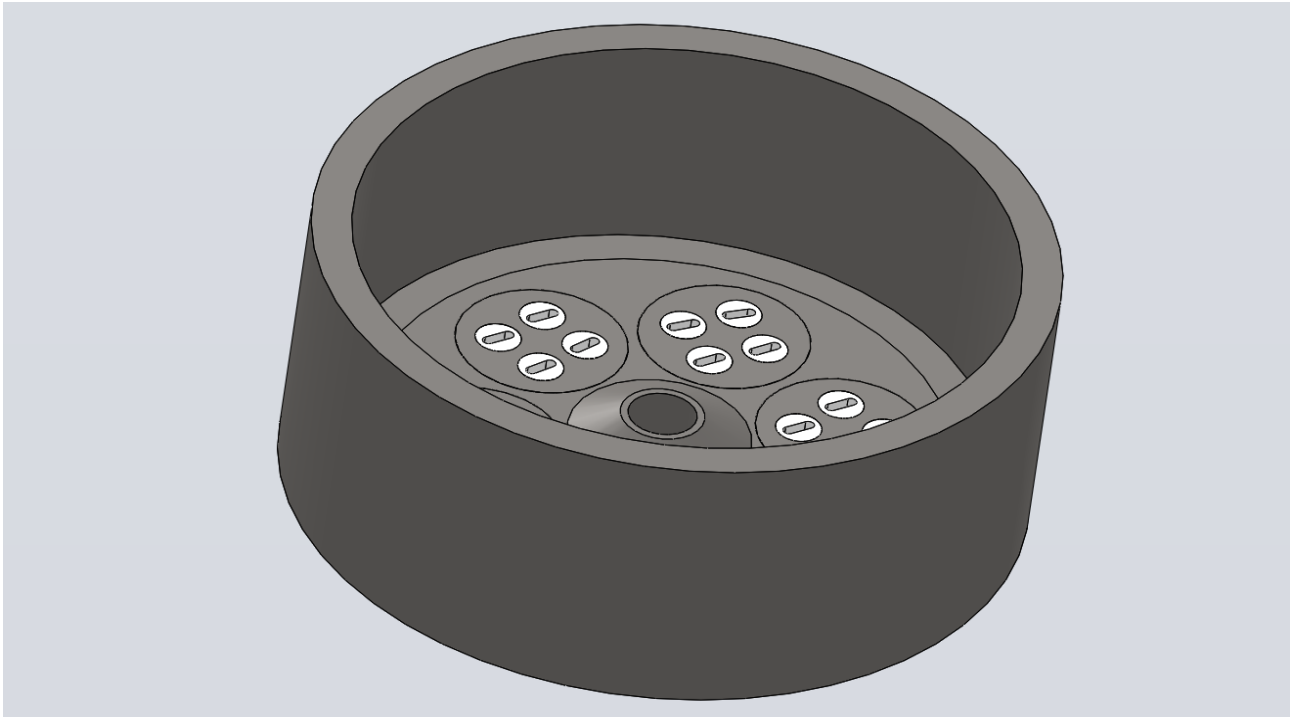


Рис. 4.1. Схема матриці макаронного преса.

Поодинці схеми деталей матриці представимо на рис. 4.2.

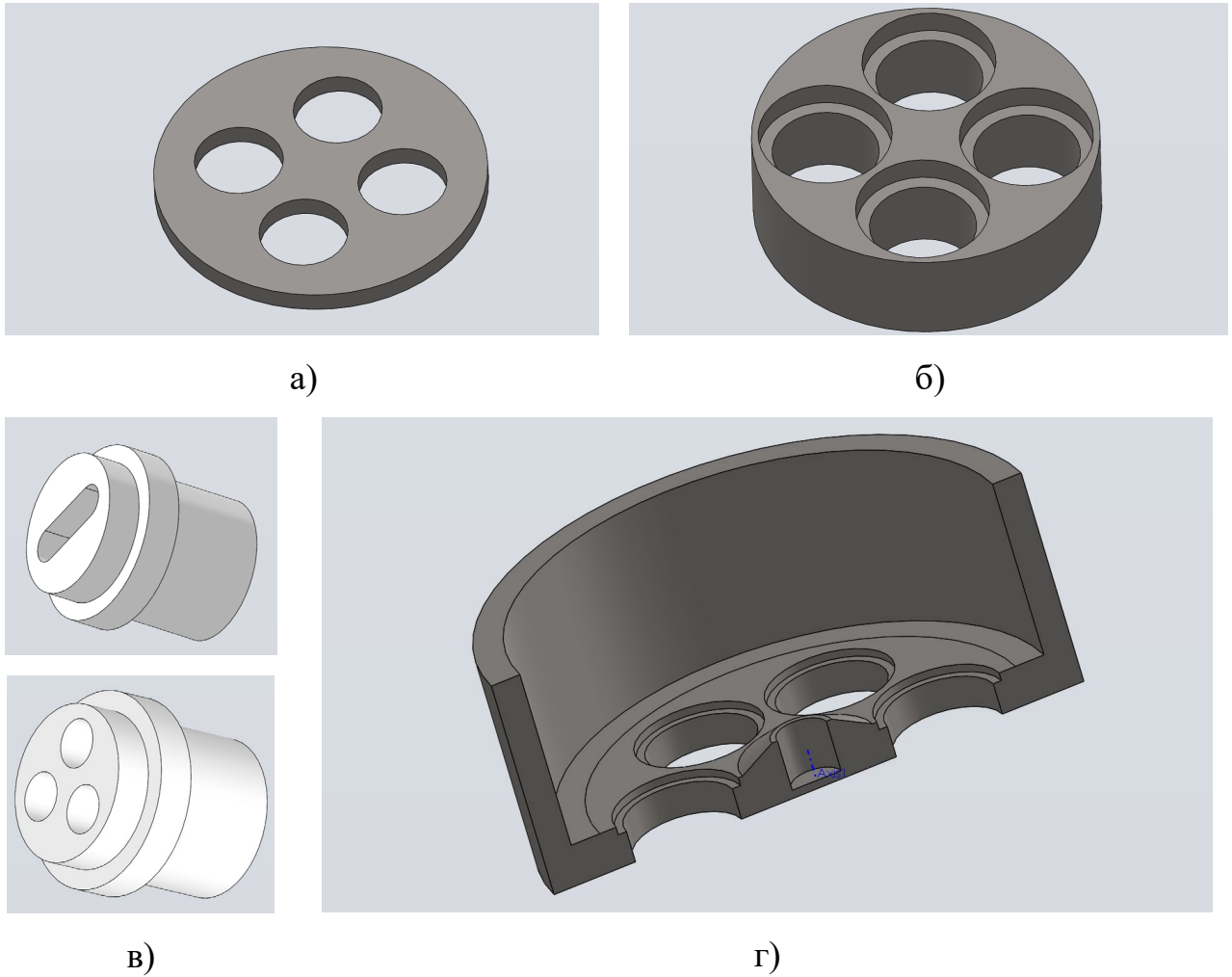


Рис. 4.2. Схеми деталей матриці:

а) кришка кронштейна; б) обойма кронштейна; в) фільтери; г) гайка.

Моделювання [26–28] виконаємо для граничного тиску екструдерів для макаронних виробів 10 МПа. Гайка в зборі має обмеження Fixed по внутрішніх стінках, тоді як на внутрішню передню стінку діє прикладений тиск. При побудові розрахункової сітки використаємо Blended curvature-based mesh (рис. 4.3.) та рекомендовані SolidWorks Simulation налаштуваннями сітки по замовчуванню..

Виконаємо дослідження напружено-деформованого стану гайки в зборі з кутом твірної опори вала шнека 30° , 35° і 40° . Результати покажемо на рис. 4.4-4.15.

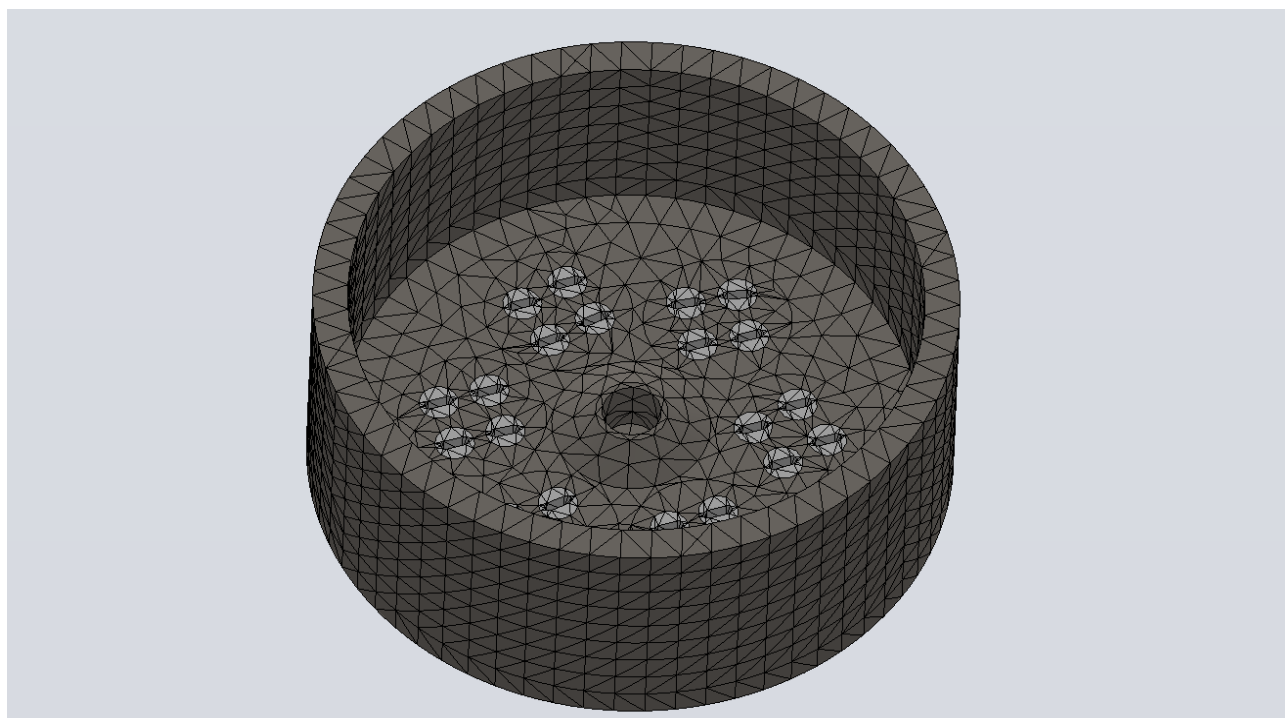


Рис. 4.3. Гайка із побудованою сіткою.

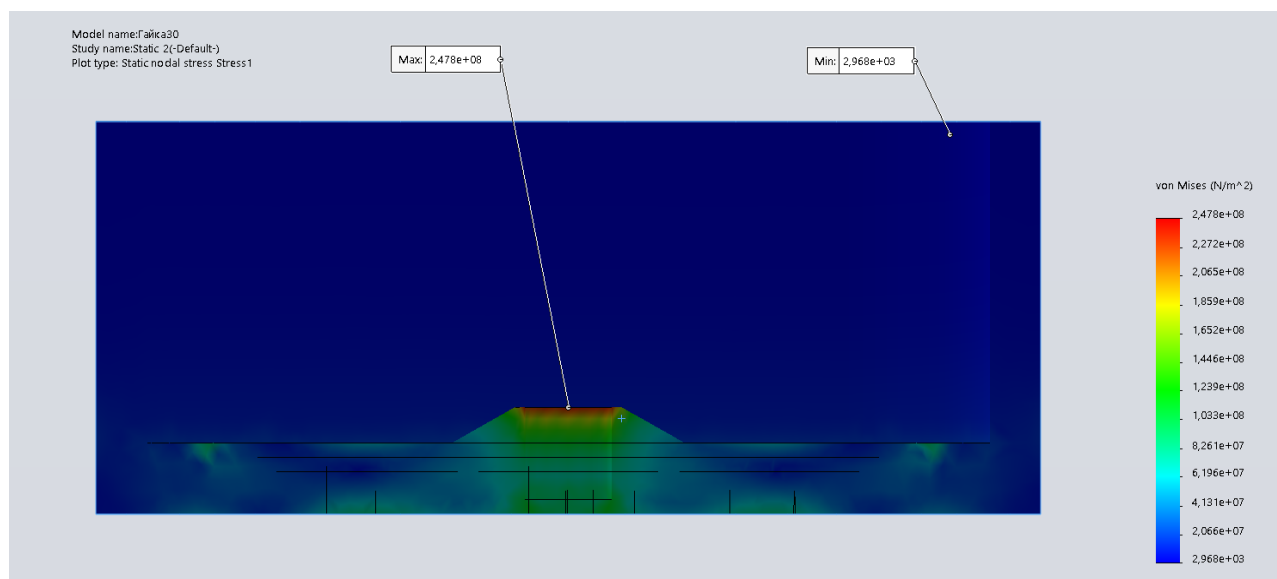


Рис. 4.4. Епюра напружень за фон Мізесом в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.

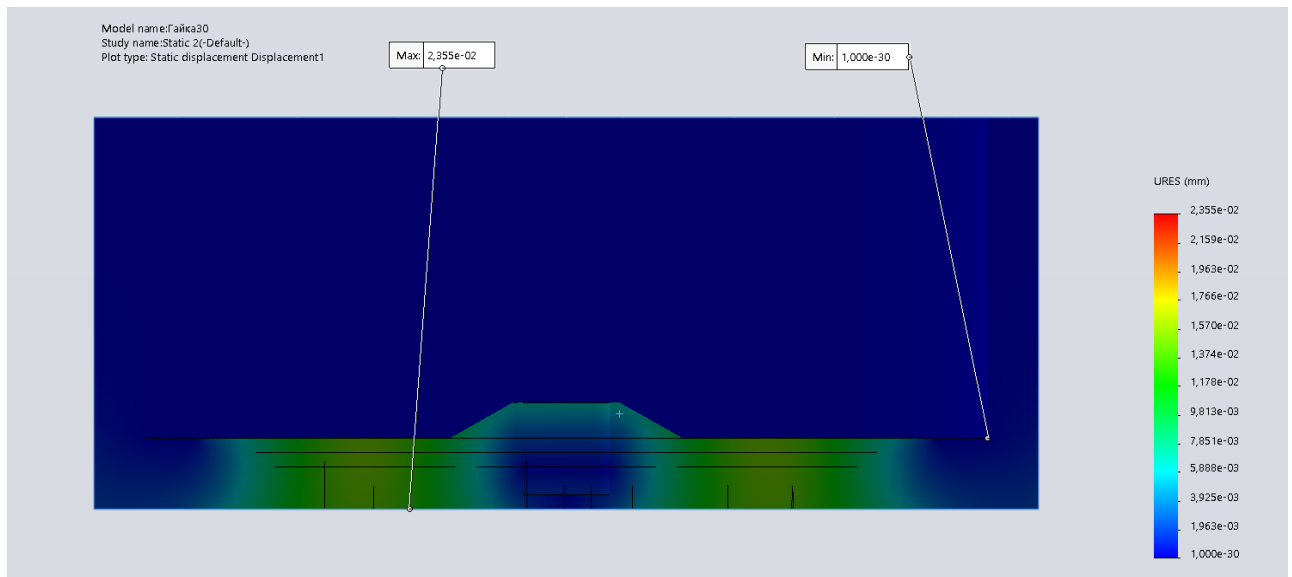


Рис. 4.5. Статичне переміщення в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.

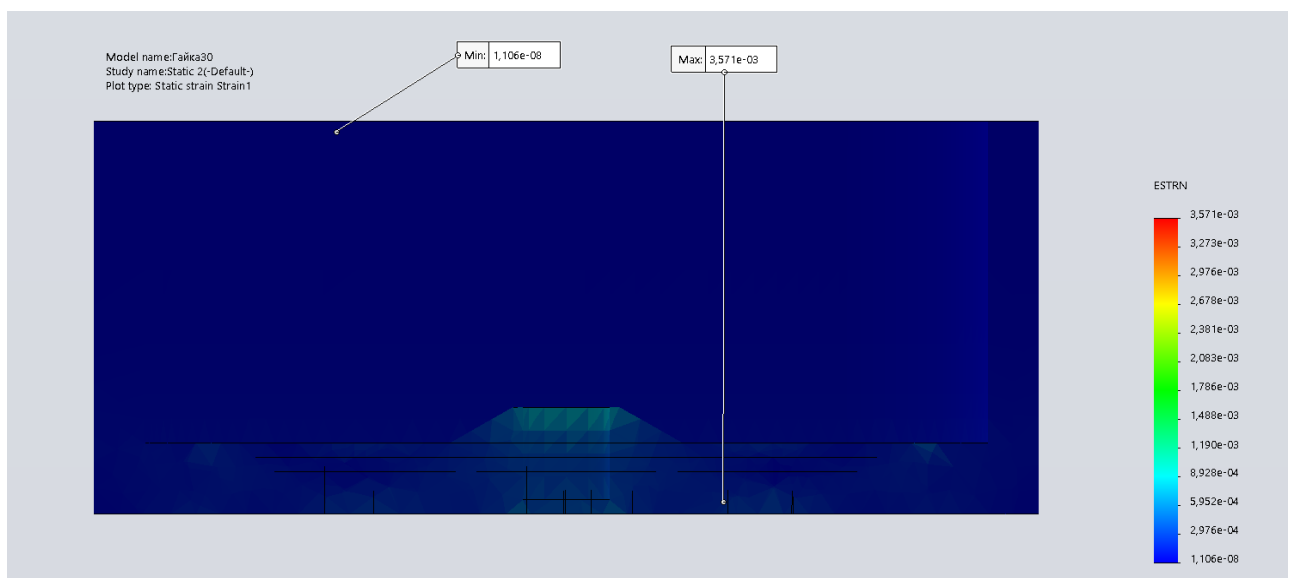


Рис. 4.6. Статична деформація в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.

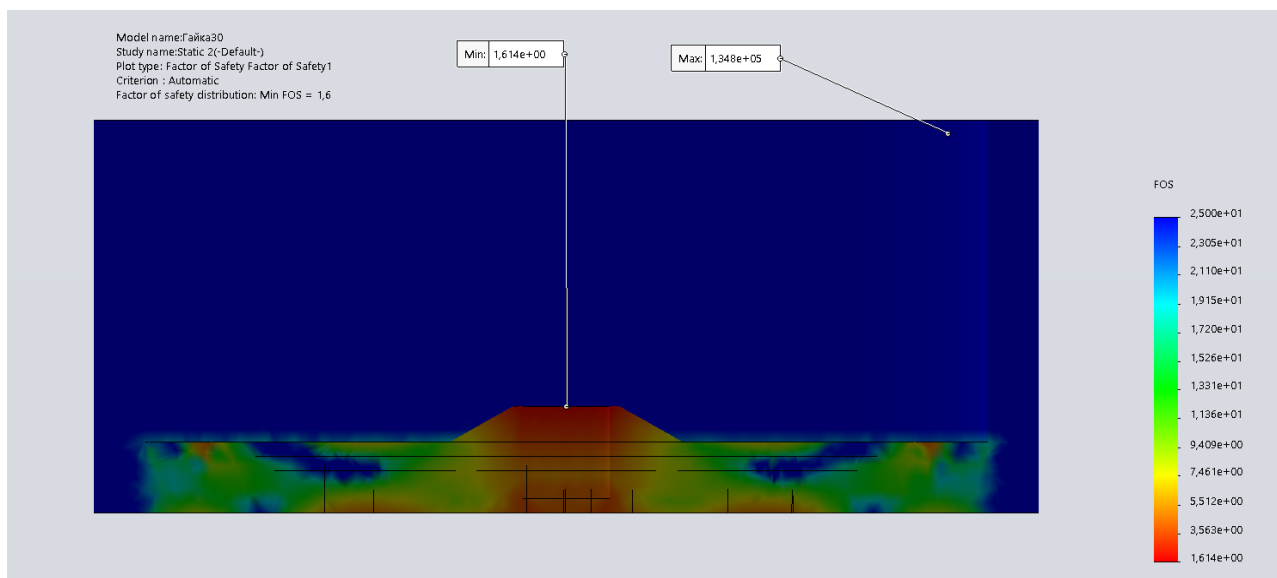


Рис. 4.7. Коефіцієнт запасу міцності в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.

Подамо в таблиці 4.2 основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°.

Таблиця 4.2

Основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 30°

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження (Von Mises), Н/м ²	2968.2175293	247831232
Переміщення (Displacement), мм	0	0.0235523358
Деформація (Strain)	1.10594813e-08	0.00357108586
Коефіцієнт запасу міцності (Factor of Safety)	1.61400163	134761.015625

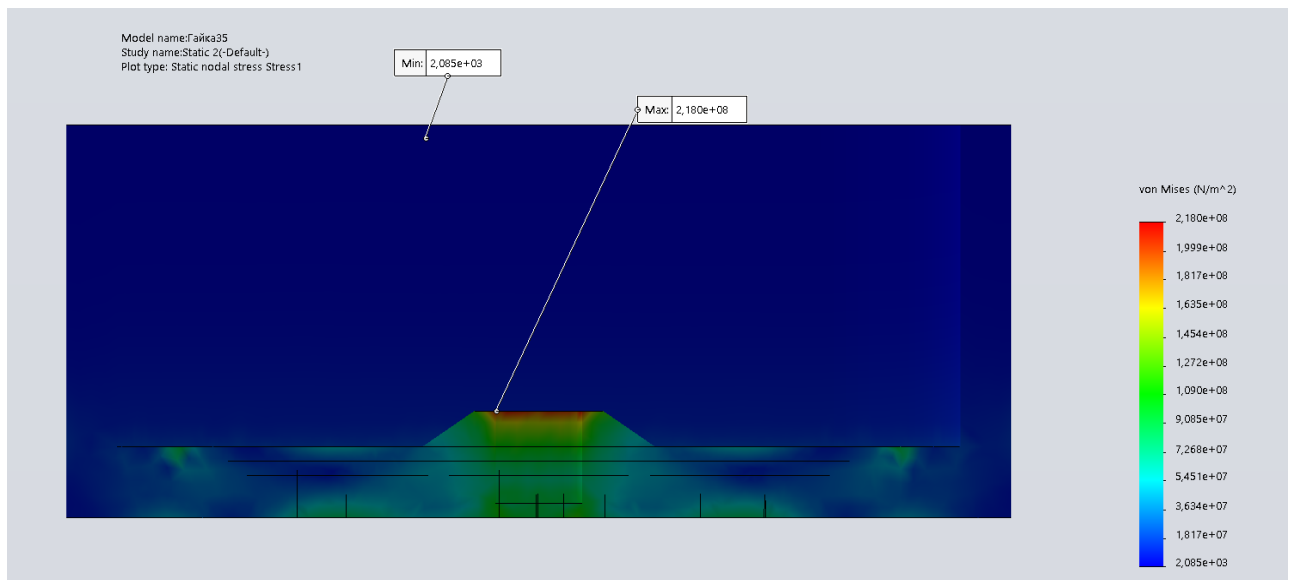


Рис. 4.8. Епюра напружень за фон Мізесом в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°.

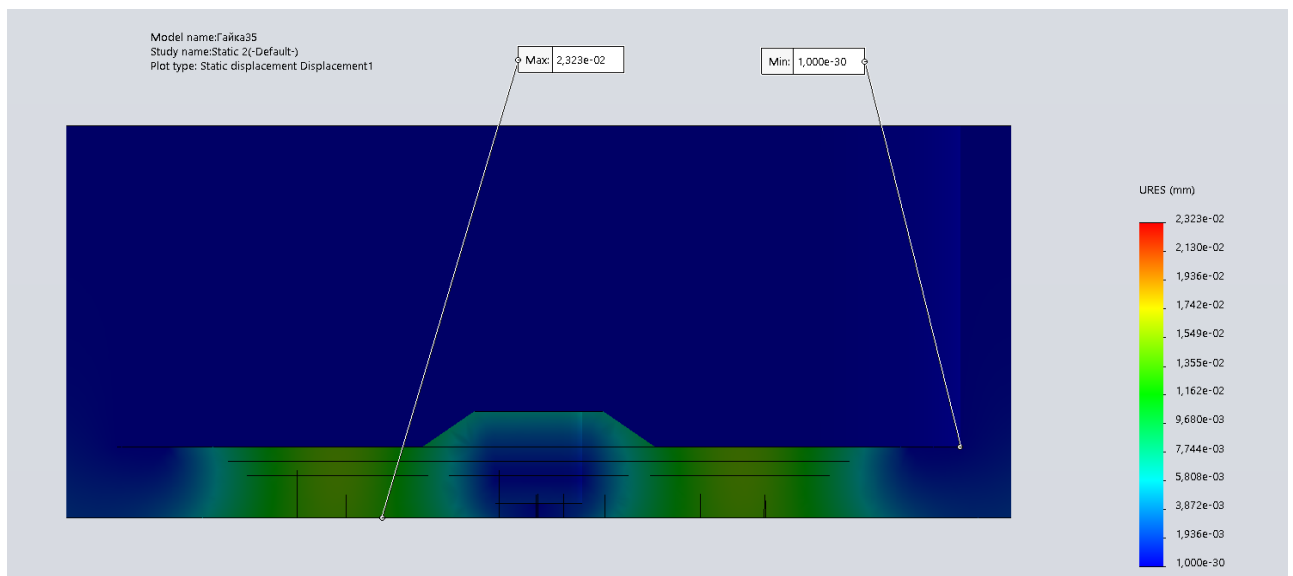


Рис. 4.9. Статичне переміщення в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°.

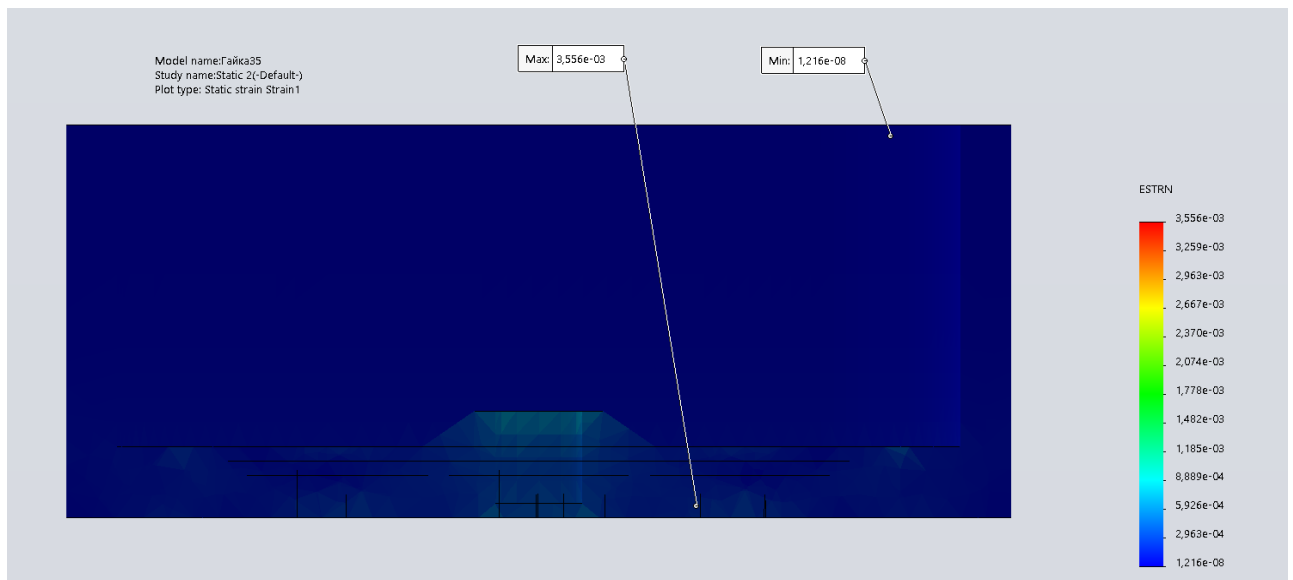


Рис. 4.10. Статична деформація в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35° .

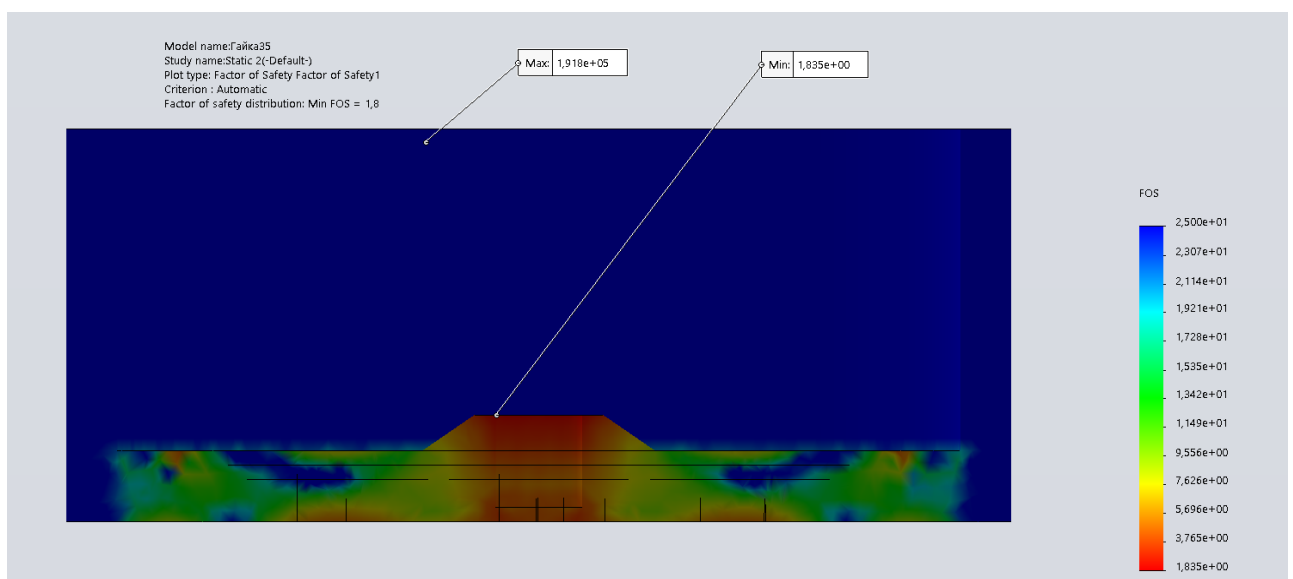


Рис. 4.11. Коефіцієнт запасу міцності в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35° .

Подамо в таблиці 4.3 основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°.

Таблиця 4.3

Основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 35°

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження (Von Mises), Н/м ²	2085.08666992	218025120
Переміщення (Displacement), мм	0	0.0232324228
Деформація (Strain)	1.21607711e-08	0.00355569157
Коефіцієнт запасу міцності (Factor of Safety)	1.83465099	191838.546875

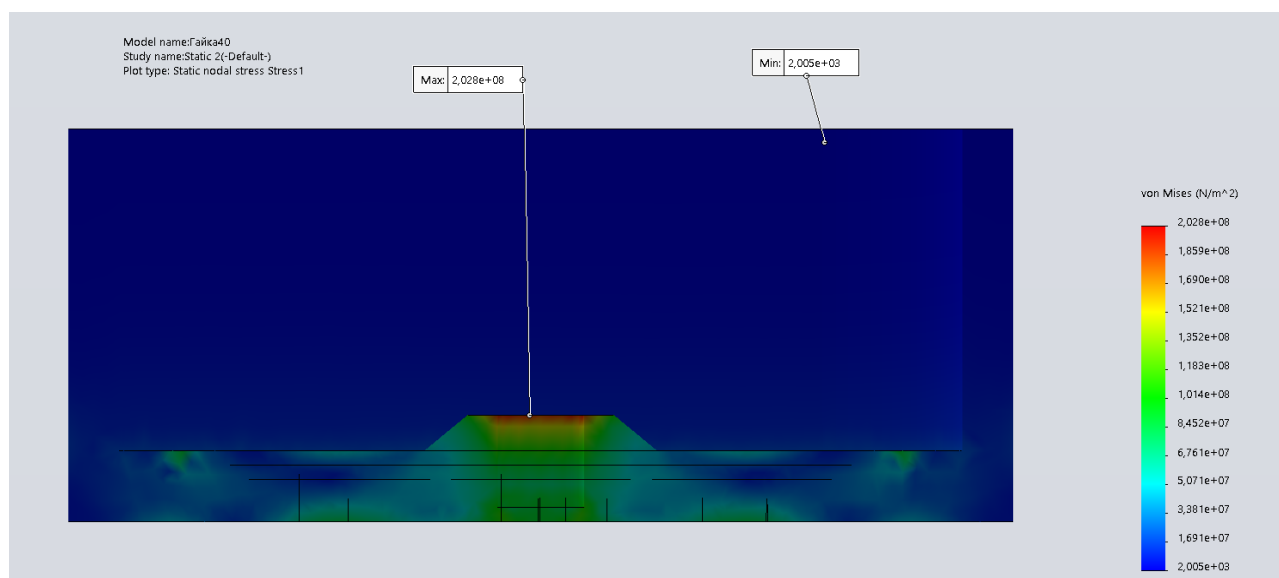


Рис. 4.12. Епюра напружень за фон Мізесом в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.

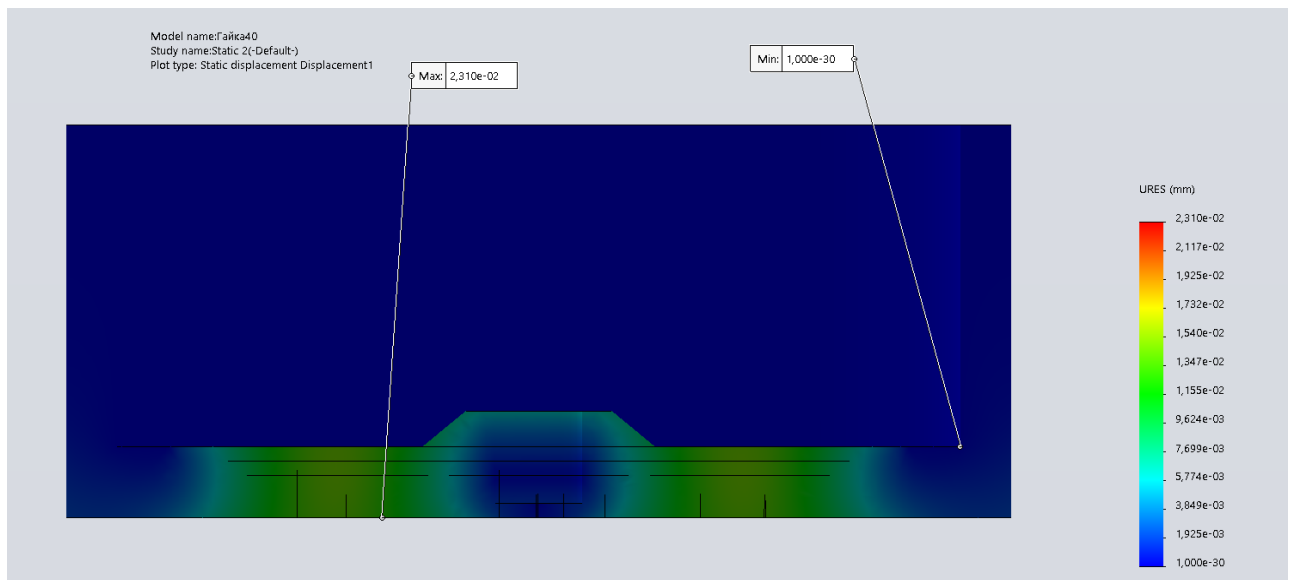


Рис. 4.13. Статичне переміщення в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.

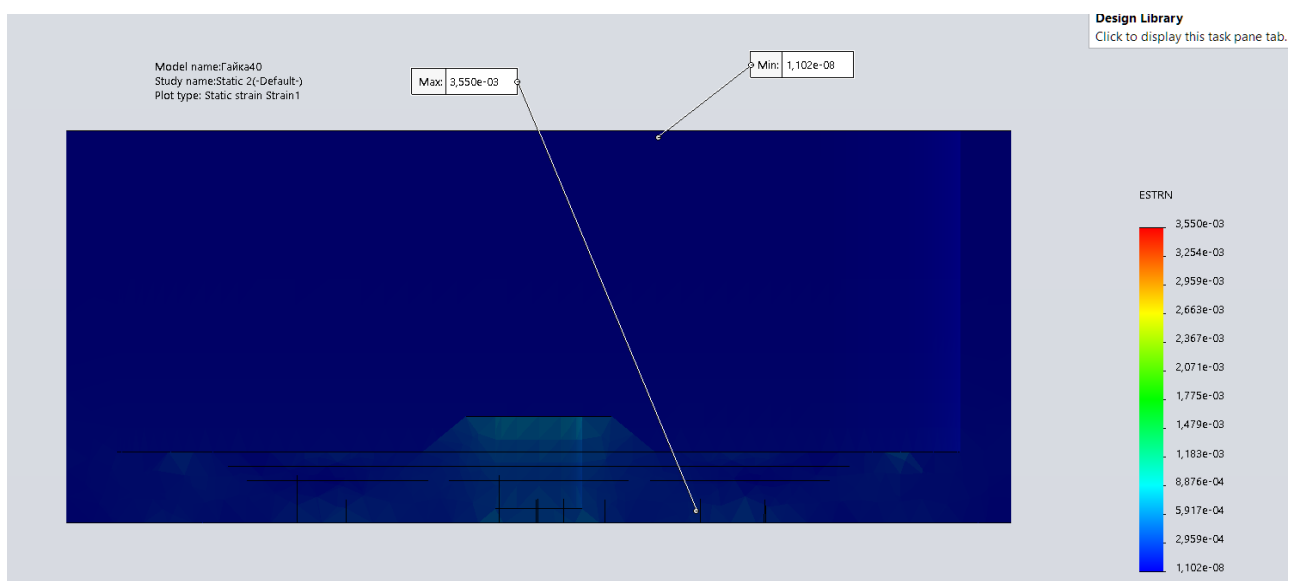


Рис. 4.14. Статична деформація в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.

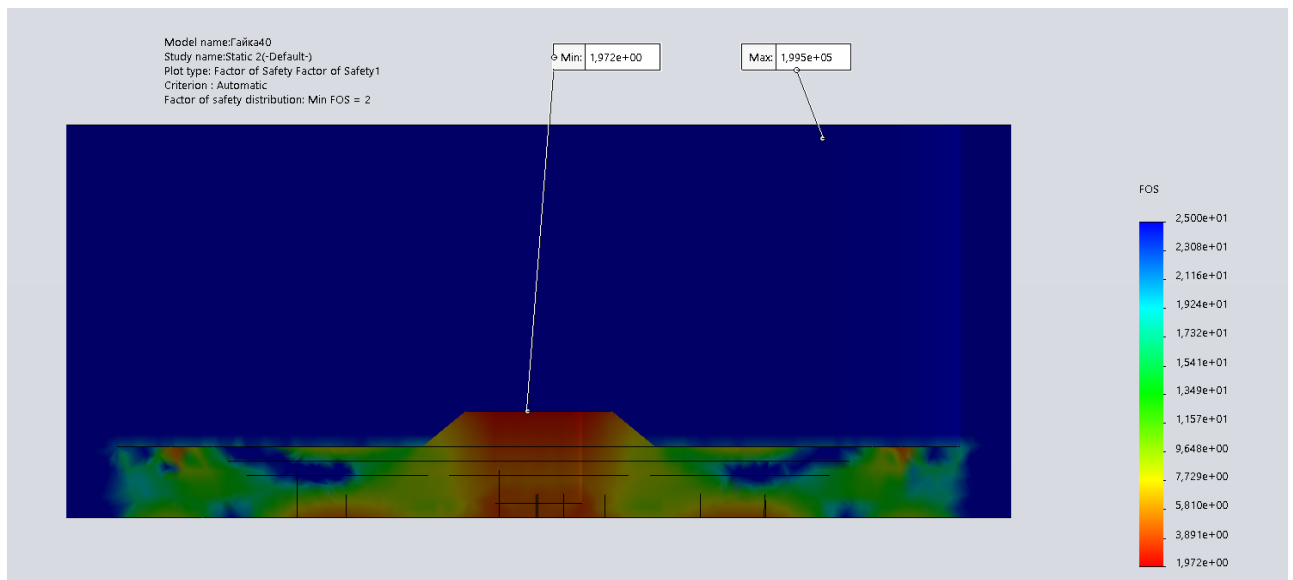


Рис. 4.15. Коефіцієнт запасу міцності в гайки матриці макаронного преса МАКМА-40 для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.

Подамо в таблиці 4.4 основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°.

Таблиця 4.4

Основні результати дослідження для тиску 10 МПа при значенні кута твірної опори вала шнека 40°

Параметр	Найменше значення	Найбільше значення
Напруження (Von Mises), Н/м ²	2005.29492188	202839136
Переміщення (Displacement), мм	0	0.0230965298
Деформація (Strain)	1.10221023e-08	0.00355029572
Коефіцієнт запасу міцності (Factor of Safety)	1.97200608	199471.90625

4.2. Аналіз отриманих результатів

В розділі 4.1 виконано дослідження виникаючих напружень і деформацій у розробленій конструкції гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Прикладене тискове навантаження вибрали 10МПа. Для виготовлення фільєр вибрали поліетеретеркетон (РЕЕК), а для металевих деталей – сталь AISI 316 (DIN 1.4401). Дослідження показали, що найбільші напруження і деформації виникають в області передньої опори вала шнека. Максимальні напруження для випадків твірної передньої опори вала шнека 30° , 35° і 40° складатимуть відповідно 247831232 Н/м^2 , 218025120 Н/м^2 і 202839136 Н/м^2 . Величина мінімального значення коефіцієнту запасу міцності відповідно складатиме 1.61, 1.83 та 1.97. Якщо ж глянути на максимальні переміщення, то буде наступна картина для випадків твірної передньої опори вала шнека 30° , 35° і 40° відповідно: 0.0236 мм, 0.0232 мм, 0.0231 мм. Очевидно, що чим більш пологий кут твірної передньої опори, тим стабільніше і надійніше працюватиме гайка. Тому вибириємо рішення з кутом 40° .

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

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 [29,30] 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 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 небезпеки. 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 спричиняти 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 використовуваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізовльованих частин преса.

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 забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць.

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, роликів 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.

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.

5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

Підвищення стійкості роботи промислового об'єкту «Макаронна фабрика» в умовах надзвичайних ситуацій є важливою задачею ЦО [31,32].

Основні заходи по підвищенню стійкості, що проводяться на об'єктах в мирний час, передбачають: захист робітників і службовців і інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійних лих, аварій (катастроф), а також первинних і вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху; забезпечення надійності керування і матеріально-технічного забезпечення; світломаскування об'єкта; підготовку його до відновлення порушеного виробництва і перевodu на режим роботи в умовах надзвичайних ситуацій.

Надійний захист робітників і службовців є важливим фактором підвищення стійкості роботи любого об'єкту народного господарства. З цією метою будуються захисні споруди: сховища для захисту найбільшої працюючої зміни підприємства і протирадіаційного укриття в за місцевій зоні для віддыхаючої

зміни і членів їх сімей. На ділянках з безперервним виробничим процесом будуються індивідуальні сховища з дистанційним керуванням технологічним процесом. Проводяться підготовчі заходи по розосередженню і евакуації в за місцеву зону виробничого персоналу і членів їх сімей; накопиченні, збереженні і підтримуванні засобів індивідуального захисту.

Важливим елементом підготовки по захисту є навчання робітників і службовців вмілому використанню засобів і методів захисту, діям в надзвичайних ситуаціях, а також в складі формувань при проведенні рятувальних і інших невідкладних робіт.

Захист інженерно-технічного комплексу передбачає збереження матеріальної основи виробництва: будівель і споруд, технологічного обладнання і комунально-енергетичних мереж.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розмішувати розосереджено. Між будівлями повинні бути протипожежні розриви шириною не менше сумарній висоті двох сусідніх будівель.

Найбільш важливі виробничі будівлі необхідно будувати пониженої висоти, по конструкції — краще залізобетонні з металічним каркасом.

В камінних будівлях перекриття повинні бути з армованого бетону або із бетонних плит. Великі будівлі потрібно розділяти на секції стінами, які не горять (брандмауерами).

Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, керосин, нафта, мазут) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля границь території об'єкта або за її межами.

Від стійкості будівель і споруд залежить, як правило, стійкість всього об'єкта. Підвищення їх стійкості досягається встановленням каркасів, рам, підкосів, контрфорсів, проміжних опор для зменшення зазорів несучих конструкцій.

Невисокі споруди для підвищення їх міцності частково обсипаються

Високі споруди для підвищення їх міцності (труби, вишки, башти) закріплюються відтягненнями, розрахованими на дію швидкісного напору ударної

хвилі. Захист ємностей з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) і легкозаймистими рідинами здійснюється шляхом їх обвалування - утворення земляного валу навколо ємності, розрахованого на утримання повного об'єму рідини.

Основні заходи по підвищенню стійкості технологічного обладнання заключаються в спорудженні на ним спеціальних пристроїв (у вигляді кожухів, наметів, зонтів і т. д.), що захищають від пошкоджень обломками конструкцій, що руйнуються. При недостатній стійкості самого обладнання від дії швидкісного напорі ударної хвилі воно повинно бути міцно закріплене на фундаментах анкерними болтами.

При переоснащенні і розширенні промислових об'єктів найбільш цінне і унікальне обладнання необхідно розміщати на нижчих поверхах і підвальних приміщеннях або в спеціальних захисних спорудах. Доцільно також розміщувати його в окремо стоячих будівлях павільйонного типу, що мають полегшені і негорючі обмежувальні конструкції, руйнування яких не вплине на цілісність обладнання.

Підвищення стійкості систем електрозабезпечення досягається проведенням як загально місцевих, так і об'єктних інженерно-технічних заходів.

Електроенергія повинна поступати на об'єкт по двох напрямках, при живленні з одного напрямку необхідно передбачати автономне (аварійне) джерело (пересувна електростанція).

Трансформаторні приміщення, розподільча апаратура і прилади повинні бути надійно захищені, в тому числі від електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Особливу увагу повинно приділятися стійкості систем подачі газу. Вся система газу забезпечення кільцюється, що дозволяє відключити пошкоджені ділянки і використати збережені лінії.

На газопроводах потрібно встановлювати запірну арматуру з дистанційним керуванням і крани, що автоматично перекривають газ при пошкодженні труб.

Особливо важливе значення має створення стійкої системи водозабезпечення об'єкта. Забезпечення водою повинно здійснюватись від двох джерел - основного і резервного, один з яких повинен бути підземним (наприклад, артезіанська свердловина).

Резервним джерелом можуть бути близько розміщена водойма, від якої до об'єкта завчасно підводиться водопровід, а також резервуари з запасом води, що захищені від радіаційного, хімічного і біологічного зараження. Мережі водозабезпечення обладнуються засувками для виключення окремих ділянок при аваріях.

Стійкість роботи об'єктів визначається також надійністю систем паро- і теплозабезпечення. Промислові об'єкти повинні мати два джерела пару і тепла - зовнішній і внутрішній центр теплозабезпечення. Котельні повинно розміщувати в підвальних приміщеннях або в спеціально обладнаних окремо стоячих захисних спорудах.

Теплова мережа кільцюється, паралельні ділянки з'єднуються. Паропроводи прокладаються під землею в спеціальних ровах. На паротеплових мережах встановлюються запірно-регулюючі пристосування.

Для підвищення стійкості каналізації потрібно будувати окремі системи: одна - для дощових, друга - для промислових і господарських стоків.

В системі промислової і господарської каналізації необхідно обладнати не менше двох випусків в міські колектори. На випадок аварій в міських мережах і на насосних станціях система каналізації повинна мати аварійне скидання в розміщенні поблизу струмки, яри або в дощову мережу.

Додатково проводяться слідуючі заходи. Максимально зменшуються запаси вибухонебезпечних, вогненебезпечних і сильнодіючих речовин безпосередньо на території об'єкта; наднормативні резерви вивозяться на безпечну відстань. На трубопроводах потрібно встановлювати автоматичні відмикаючі пристрої і клапани-відмикачі, що перекривають ділянки, що вийшли з ладу. Для цілей дегазації на хімічних підприємствах з СДОР необхідно мати

резерв різних дегазаційних речовин (лугів, водного розчину аміаку, сірчаного натрію і ін.).

В цехах потрібно обладнати автоматичну сигналізацію, яка б попереджала аварії, вибухи і загазованість території; потрібно передбачити, де це потрібно, будівництво захисних дамб від затоплення території, підготувати і раціонально розмістити засоби пожежегасіння.

Для забезпечення безперервного керування необхідно мати на об'єкті надійно захищені пункти керування, диспетчерські пункти, АТС і радіовузол, резервну електростанцію для зарядки акумуляторів АТС і живлення радіовузла; надійний зв'язок з місцевими органами влади, вищестоящим начальником ЦО і його штабом, з формуваннями на об'єкті і в за місцевій зоні; ефективну систему оповіщення посадових осіб і всього виробничого персоналу підприємства.

Надійність матеріально-технічного забезпечення забезпечується: встановленням стійких зв'язків з підприємствами-постачальниками; завчасної підготовки складів для зберігання готової продукції; переходу на місцеві джерела сировини і палива; будівництвом за межами великих міст філіалів підприємств; створенням на об'єктах запасів сировини, палива, обладнання матеріалів і комплектуючих деталей; організацією забезпечення запасами в межах об'єднання, галузі.

Світломаскування об'єктів народного господарства проводиться для утруднення їх виявлення і розпізнання їх авіацією в темну пору доби оптичними засобами. Вона включає заходи по зниженню освітленості населених пунктів і об'єктів народного господарства, інтенсивності сигнальних, транспортних і виробничих вогнів, імітацію демаскуючих ознак на спеціально створених оманних об'єктах. Підготовка об'єктів до відновлення повинна передбачати плани першочергових відновлювальних робіт по декількох варіантах можливого пошкодження, руйнування об'єкта з використанням сил самих об'єктів, будматеріалів, з врахуванням при необхідності розміщення обладнання на відкритих площадках, перерозподілення робітничої сили, приміщень і обладнання.

Для забезпечення цілісності технічної документації доцільно виготовлення копій її у вигляді мікрофільмів, один екземпляр повинен зберігатись в за місцевій зоні.

Вказані в розділі способи і засоби захисту повинні впроваджуватись у всі види переробних підприємств з урахуванням характеру небезпечностей для забезпечення надійності роботи підприємств в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішується питання удосконалення конструкції конструкції шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40, зокрема встановлення шнека з більшим кутом профілю витка та заміна гайки на конструкцію різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами. При цьому виконано наступні завдання:

- огляд обладнання для випресовування макаронів;
- структурний та кінематичний аналіз преса для макаронних виробів;
- конструктивний розрахунок шнека преса для макаронних виробів;
- розроблення технічного рішення щодо гайки різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами;
- розробка та дослідження 3d моделей полегшених гайок різбінного типу з пластиковими змінними фільєрами;
- аналіз результатів дослідження розробленої моделі;
- пропозиції щодо охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В роботі виконано дослідження виникаючих напружень і дерформацій у розробленій конструкції гайки матриці шнекового преса для виробництва макаронних виробів марки МАКМА-40. Прикладене тискове навантаження вибрали 10МПа. Для виготовлення фільєр вибрали поліетеретеркетон (РЕЕК), а для металевих деталей – сталь AISI 316 (DIN 1.4401). Дослідження показали, що найбільші напруження і деформації виникають в області передньої опори вала шнека. Максимальні напруження для випадків твірної передньої опори вала шнека 30°, 35° і 40° складатимуть відповідно 247831232 Н/м², 218025120Н/м² і 202839136Н/м². Величина мінімального значення коефіцієнту запасу міцності відповідно складатиме 1.61, 1.83 та 1.97. Якщо ж глянути на максимальні переміщення, то буде наступна картина для випадків твірної передньої опори вала шнека 30°, 35° і 40° відповідно: 0.0236 мм, 0.0232 мм, 0.0231 мм. Очевидно, що

чим більш пологий кут твірної передньої опори, тим стабільніше і надійніше працюватиме гайка. Тому вибираємо рішення з кутом 40° .

У п'ятому розділі розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Перелік посилань

1. Крупа, В. В. Кваліфікаційна робота магістра: структура, вимоги до виконання та захист: методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія» для здобувачів всіх форм здобуття освіти / В. В. Крупа та ін. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 66 с.
2. Шкробтак, Д. Роль PDM систем у харчовому машинобудуванні. *Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції*. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2024. С. 290.
3. Самойчук, К. О. Технологічне обладнання хлібопекарської і макаронної галузі / К. О. Самойчук та ін. – Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2021. – 372 с.
4. Лисовенко, О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / О. Т. Лисовенко та ін. – Київ: Наукова думка, 2000. – 283 с.
5. Черевко, О. І. Технологічне обладнання малих харчових та переробних виробництв. Частина 3. Технологічне обладнання малих хлібопекарських і макаронних виробництв: навчальний посібник / О. І. Черевко та ін. – Харків: Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2013. – 96 с.
6. Гвоздєв, О. В. Машини та обладнання хлібопекарського виробництва: підручник / О. В. Гвоздєв, Ф. Ю. Ялпачик, В. О. Олексієнко. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2010. – 312 с.
7. Грищенко, І. М. Основи наукових досліджень / І. М. Грищенко, О. М. Григоренко, В. А. Борисейко. – Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2001. – 124 с.

8. Білуха, М. Т. Методологія наукових досліджень / М. Т. Білуха. – Київ: АБУ, 2002. – 480 с.
9. Weber, M. SolidWorks Simulation 2017 Black Book / M. Weber, G. Verma. – CAD/CAM/CAE Works, 2016. – 362 p.
10. Ворошук, В. Я. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навч. посіб. / В. Я. Ворошук, Т. М. Вітенько. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. – 164 с.
11. Паска, М. З. Інноваційний інженіринг: навч.-метод. посіб. / М. З. Паска та ін. – Львів: ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, 2016. – 82 с.
12. Kurowski, P. M. Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2018 / P. M. Kurowski. – USA: SDC Publications, 2018. – 597 p.
13. Systemes, D. Theoretical Manual SolidWorks Simulation / D. Systemes. – Dassault Systemes, 2015. – 114 p.
14. Петько, В. Ф. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв / В. Ф. Петько та ін. – Київ: Центр учбової літератури, 2007. – 432 с.
15. Рогатинський, Р. М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва / Р. М. Рогатинський. – Київ, 1997. – 425 с.
16. Гевко, Б. М. Механізми з гвинтовими пристроями / Б. М. Гевко та ін. – Львів: Світ, 1993. – 208 с.
17. Закалов, О. В. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв / О. В. Закалов, А. І. Бортник. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2005. – 105 с.
18. Мирончук, В. Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник / В. Г. Мирончук та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 228 с.
19. Кіркач, Н. Ф. Розрахунки і проектування деталей машини / Н. Ф. Кіркач, Р. А. Баласанян. – Харків: Основа, 1991. – 275 с.

- 20.Павлище, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище та ін. – Київ: Вища школа, 1993. – 556 с.
- 21.Супрунчук, В. К. Ремонт обладнання підприємств по переробці сільськогосподарської продукції / В. К. Супрунчук та ін. – Київ: Урожай, 1992. – 176 с.
- 22.Ялпачик, В. Ф. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств / В. Ф. Ялпачик та ін. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. – 235 с.
- 23.Рурський, П. В. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв / П. В. Рурський та ін. – Харків, 2001. – 230 с.
- 24.Пчелінцев, В. О. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: навч. посіб. / В. О. Пчелінцев, А. І. Дегула. – Суми: СумДУ, 2012. – 247 с.
- 25.Вітенько, Т. М. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв / Т. М. Вітенько, В. Я. Ворощук. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / під ред. Дейниченко Г. В. – ХДУХТ, 2019. – С. 108–109.
- 26.Lombard, M. Mastering SolidWorks / M. Lombard. – Sybex, 2019. – 1219 p.
- 27.Keska, P. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings / P. Keska. – CADvantage, 2021. – 1586 p.
- 28.Petrova, R. V. Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation / R. V. Petrova. – CRC Press, 2015. – 348
- 29.Грибан, В. Г. Охорона праці: навчальний посібник / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. – Київ: Центр учбової літератури, 2009. – 280 с.
- 30.Ткачук, К. Н. Основи охорони праці: підручник / К. Н. Ткачук та ін. – 2-ге вид. – Київ: Основа, 2006. – 448 с. (Зверніть увагу на скорочення "вид." замість "ed." та дефіс між "2" та "ге")

- 31.Стручок, В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В. С. Стручок. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 156 с.
- 32.Березуцький, В. В. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник / за ред. В. В. Березуцького. – Харків: Факт, 2005. – 384 с. (Зверніть увагу на формулювання "за ред." для позначення редактора)

Дотаток

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Маріборський університет (Словенія)
Технічний університет в Кошице (Словаччина)
Каунаський технологічний університет (Литва)
Львівський національний університет
імені Івана Франка,
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця (Польща)
Луцький національний технічний університет,
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича,
Вроцлавський економічний університет (Польща)
Університет технологій та економіки
імені Хелени Ходковської (Польща)
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове
товариство*



VII МІЖНАРОДНА студентська науково - технічна конференція "ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ.

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

УДК 621.928.6:004.89

Шкробтак Д. – ст. гр. МОм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЛЬ PDM СИСТЕМ У ХАРЧОВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ

Науковий керівник: к.т.н. В. Ворошчук

Shkrobtak D.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

THE ROLE OF PDM SYSTEMS IN FOOD ENGINEERING

Supervisor: V. Voroshchuk

Ключові слова: PDM системи, машинобудування, управління даними, проект
Keywords: PDM systems, mechanical engineering, data management, project

Системи управління даними проекту (PDM) - це програмні засоби, що використовуються для ефективного управління конструкторськими даними та проектами. Вони дозволяють організовувати, зберігати, керувати версіями та контролювати доступ до різних типів конструкторських даних, таких як креслення, моделі 3D, специфікації матеріалів та компонентів, технічна документація та інше.

Основні функції PDM систем включають.

Управління версіями та змінами. Зберігання різних версій документів та можливість відстеження та контролю змін у документації.

Спільний доступ до даних. Можливість розподіленого доступу до даних для різних користувачів та відділів підприємства.

Управління правами доступу. Контроль доступу до даних на рівні користувачів та груп користувачів.

Інтеграція з CAD системами. Можливість інтеграції з системами автоматизованого проектування (CAD) для забезпечення безперервного потоку даних між цими системами.

Автоматизація процесів. Можливість автоматизувати та оптимізувати різні процеси управління проектами та даними.

PDM системи допомагають підвищити ефективність роботи конструкторських відділів, забезпечуючи швидкий доступ до актуальних даних, зменшуючи кількість помилок та збільшуючи якість та швидкість виконання проектів.

Системи управління даними проекту (PDM) грають важливу роль у харчовому машинобудуванні, де велика увага приділяється якості, безпеці та ефективності виробництва.

Управління конструкторсько-технологічною документацією: PDM системи дозволяють зберігати та організовувати конструкторську та технологічну документацію, таку як креслення, специфікації матеріалів та компонентів, моделі виробів тощо. Це дозволяє забезпечити їх доступність та актуальність для всіх відділів підприємства.

Отже, PDM системи відіграють важливу роль у забезпеченні ефективного управління даними та проектами у харчовому машинобудуванні, що сприяє підвищенню якості продукції та зниженню витрат.

Конопка О. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОДРІБНЕННЯ СИРОВИНИ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	285
Новак Ю. ЗМЕНШЕННЯ МАТЕРІАЛОМІСТКОСТІ ПРОСПЮВАЧІВ ПРИ ЗБЕРЕЖЕННІ ЖОРСТКОСТІ ЇХНЬОЇ КОНСТРУКЦІЇ	286
Височан В. ОСОБЛИВСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ М'ЯСОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ	287
Хрущ Д. ВИБІР КУТА ЗАТОЧУВАННЯ НОЖІВ РІЗАЛЬНИХ МАШИН У ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	288
Черкас В. ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ У ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	289
Шкробтак Д. РОЛЬ PDM СИСТЕМ У ХАРЧОВОМУ МАШИНОБУДУВАННІ	290
Баран Р. КОМП'ЮТЕРНІ ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	291
Бойчук Д. ФЕНОМЕН DEJA VU: МОМЕНТ ПРОЖИТИЙ ДВІЧІ	292