

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація кутера марки ИПКС-032 з дослідженням впливу  
конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОм-61  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Сиротюк О.Я. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Пилипець О.М. (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)

Тернопіль  
2020

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

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)  
« 7 » жовтня 2019 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Сиротюку Олександрю Ярославовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація кутера марки ИПКС-032 з дослідженням впливу  
конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного

Керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 7 » жовтня 2019 року № 4/7-88.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 травня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та  
технічного

обслуговування і ремонту кутера марки ИПКС-032. Існуюча технологія виготовлення соусу  
майонезного.

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

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків  
дослідження. 1.1 Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних

технологічних і конструктивних вирішень. 1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження

1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи. 2. Методи та методика досліджень.

2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень.

2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання (чисельного експерименту)

2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень. 3. Розроблення

нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.

4. Дослідження впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу

майонезного. 4.1. Постановка завдань дослідження. 4.2. Результати моделювання скребкової

мішалки. 4.3. Результати моделювання ножів ножового вала. 4.4. Аналіз результатів. 5. Охорона

праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки.

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

1. Вузол скребкової мішалки кутера марки ИПКС-032 (1л.ф.А1).

2. Кутер марки ИПКС-032 (1л.ф.А1).

3. Вузол привідного вала кутера марки ИПКС-032 (1л.ф.А1).

4. Чаша кутера марки ИПКС-032 (1л.ф.А1).

5. Моделювання скребкової мішалки (2л.ф.А1).

6. Моделювання ножів ножового вала (2л.ф.А1).

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 7 жовтня 2019 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.		
2	1.1 Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.	20.10.2019р.	
3	1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження	30.10.2019р.	
4	1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.	5.11.2019р.	
5	2. Методи та методика досліджень.		
6	2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень.	30.10.2019р.	
7	2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання (чисельного експерименту)	5.11.2019р.	
8	2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.	10.11.2019р.	
9	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження.	1.12.2020р.	
10	4. Дослідження впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного.		
11	4.1. Постановка завдань дослідження.	10.12.2020р.	
12	4.2. Результати моделювання скребкової мішалки.	1.02.2020р.	
13	4.3. Результати моделювання ножів ножового вала.	1.03.2020р.	
14	4.4. Аналіз результатів.	1.04.2020р.	
15	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	10.04.2020р.	
16	Загальні висновки.	15.05.2020р.	
17	Графічна частина.		
18	1. Вузол скребкової мішалки кутера марки ИПКС-032.	1.11.2019р.	
19	2. Кутер марки ИПКС-032.	1.12.2019р.	
20	3. Вузол привідного вала кутера марки ИПКС-032.	1.12.2020р.	
21	4. Чаша кутера марки ИПКС-032.	10.01.2020р.	
22	5. Моделювання скребкової мішалки.	1.02.2020р.	
23	6. Моделювання ножів ножового вала.	1.03.2020р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Сиротюк О.Я.*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

*Пилипець О.М.*

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Сиротюк Олександр Ярославович .

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація кутера марки ИПКС-032 з дослідженням впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2020 році

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 87 сторінок (53 рисунки) та графічної частини 8 креслень формату А1.

В кваліфікаційній роботі пропонуються заходи з модернізації кутера марки ИПКС-032 та дослідження ножів і скребкової мішалки в процесі обробки соусу майонезного.

Основними задачами, які вирішуються в даній кваліфікаційній роботі, є:  
аналіз конструкцій обладнання для гідродинамічної обробки майонезних соусів;

технологічні та кінематичні розрахунки, розрахунок робочих органів та приводу кутера марки ИПКС-032;

дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки при обробці майонезного соусу в кутері марки ИПКС-032;

технічні рекомендації за результатами досліджень;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань охорони навколишнього середовища і безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: майонезний соус, кутер, ніж, скребок.

## Abstract

Syrotiuk O. Ya. Cutter IPKS-032 retrofit including the study of knives and scraper-type mixer design on the mayonnaise sauce processing. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.- Ternopil, 2020.

The impact of the knives and scraper-type mixers construction parameters on the mayonnaise sauce processing was researched in the diploma thesis. Measures for retrofit the Cutter IPKS-032 in order to improve the quality of the finished product, simplify the work and service the upgraded equipment are proposed.

Keywords: mayonnaise sauce, Cutter, knives, scraper-type mixer design.

Анотація .....	4
Abstract .....	5
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	11
1.1 Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.....	11
1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження .....	20
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи .....	20
2. Методи та методика досліджень.....	22
2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень .....	22
2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання (чисельного експерименту). .....	23
2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.....	28
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. ....	30
3.1. Технологія виготовлення майонезного соусу .....	30
3.2. Опис будови і роботи кутера .....	31
3.2. Кінематичний аналіз кутера марки ИПКС-032.....	34
3.3. Технологічний розрахунок кутера марки ИПКС-032 .....	39
3.4. Енергетичний розрахунок кутера марки ИПКС-032.....	41
3.5. Конструктивні розрахунки робочої місткості кутера марки ИПКС- 032 .....	42

3.6. Розрахунок і підбір діаметрів вала приводу скребка кутера марки ИПКС-032.....	43
3.7. Розрахунок і підбір шпонки на валу приводу скребка кутера марки ИПКС-032 .....	44
3.8. Розрахунок скребкової мішалки кутера марки ИПКС-032.....	45
3.9 Технічна експлуатація кутера марки ИПКС-032 .....	47
4. Дослідження впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного.....	51
4.1. Постановка завдань дослідження. ....	51
4.2. Результати моделювання скребкової мішалки.....	52
4.3. Результати моделювання ножів ножового вала.....	60
4.4. Аналіз результатів.....	70
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	73
5.1.1 Законодавча та нормативно-правова база з охорони праці .....	73
5.1.2 Аналіз та характеристика потенційних небезпек та шкідливостей в цеху майонезних соусів .....	73
5.1.3 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці в цеху майонезних соусів .....	75
5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. ....	77
5.2. Розроблення заходів з безпеки життєдіяльності і цивільної оборони.....	77
5.2.1. Вступ.....	77
5.2.2 Підвищення стійкості роботи промислового об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій МП «Гаразд» .....	79
5.2.3. Висновки .....	85
Загальні висновки.....	86

Перелік посилань.....	89
Додатки.....	91
Додаток А.....	91



## Вступ

Головною задачею харчової промисловості України є забезпечення населення держави якісними і повноцінними харчовими продуктами в достатній кількості і в широкому асортименті. Виконання цієї задачі повинно забезпечуватися шляхом технічного переобладнання підприємств харчової промисловості на основі оснащення їх потоковими лініями і високоефективним технологічним обладнанням, що забезпечує комплекс-ну переробку сировини і дозволяє підвищити продуктивність праці та зменшити долю ручної праці при виконанні технологічних, транспортних та розвантажувально-завантажувальних операцій, що в кінцевому результаті забезпечує також і зменшення собівартості готового продукту.

Виробництво майонезних соусів є однією із важливих задач переробної промисловості, яка є спрямованою на глибоку переробку сировини і урізноманітнення раціону харчування. Майонезні соуси – це продукт, який останнім часом набуває широкої популярності як складовий елемент рецептур салатів, маринадів, а також як самодостатній харчовий продукт.

Впливати на якість і собівартість готового продукту можна шляхом вдосконалення діючого обладнання із забезпеченням належного рівня його обробки. Одним із найбільш ефективних при виробництві емульгованих продуктів є апарат типу “Штефан”. Перевагою цього типу обладнання є можливість забезпечення довільного рівня гідромеханічної обробки рецептурної суміші, а також можливість її теплової обробки. Таким чином, виконання даної роботи обумовлене необхідністю підвищення ефективності гідромеханічної обробки рецептурної суміші і отримання кінцевих інженерних рішень для апаратів такого типу.

**Мета роботи:** встановлення конструктивних чинників, які дозволять забезпечити більш ефективне оброблення рецептурної суміші в кутері ИПКС-032.

**Об’єкт, методи та джерела дослідження.** Основним об’єктом

дослідження є вплив конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного в кутера марки ИПКС-032.

**Предмет дослідження** - конструкції ножів і скребкової мішалки в кутері марки ИПКС-032.

**Методи дослідження** при виконанні роботи: порівняльний, теоретико-емпіричний, графічний, математичного моделювання, економіко-статистичний.

**Отримані результати:**

проведено аналіз конструкцій обладнання для гідродинамічної обробки майонезних соусів;

проведено технологічні та кінематичні розрахунки, розрахунок робочих органів та приводу кутера марки ИПКС-032;

проведено дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки при обробки майонезного соусу в кутері марки ИПКС-032;

запропоновано ефективні технічні рішення за результатами досліджень.

**Практичне значення отриманих результатів.**

запропоновано технічні рішення з модернізації кутера марки ИПКС-032; запропоновано конструкцію робочих органів та їх режими роботи.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 27-28 листопада 2019 року.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 8 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 87 арк. формату А4, графічна частина – 8 аркушів формату А1.

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

1.1 Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень.

**Установка фірми “Штефан”** (рис. 1.1) складається з робочої ємкості з шарнірною кришкою і теплообмінною сорочкою. В ємкості на валу мотор-редуктора встановлена лопатева мішалка, а також дисковий ніж, що приводиться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу.

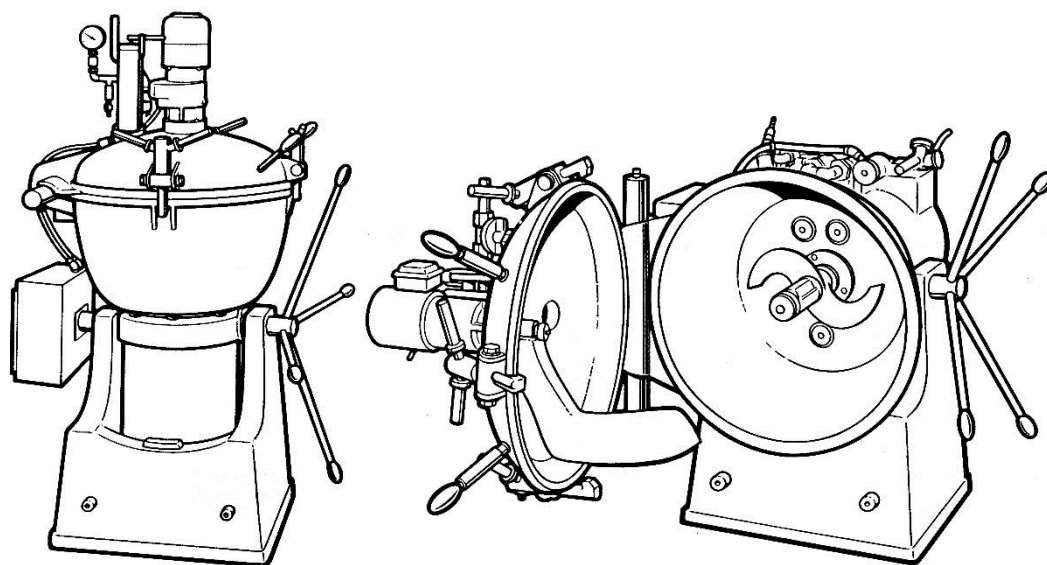


Рис. 1.1 - Апарат типу “Штефан” для термомеханічної обробки композиційних продуктів.

Подача пари передбачена в теплообмінну сорочку і безпосередньо в продукт через сопла.

При досягненні заданої температури продукт витримують встановлений час, а далі проводять його охолодження. Для цього в теплообмінну сорочку подається холодоагент, а в ємкості створюється вакуум. Таким чином надлишкова волога, яка утворилась в результаті конденсації пари, відводиться із продукту.

Подача пари безпосередньо в масу продукту значно скорочує час нагріву але вимагає додаткового обладнання для очистки пари і створення вакууму при

завершенні процесу для охолодження і забезпечення стандартної вологості продукту.

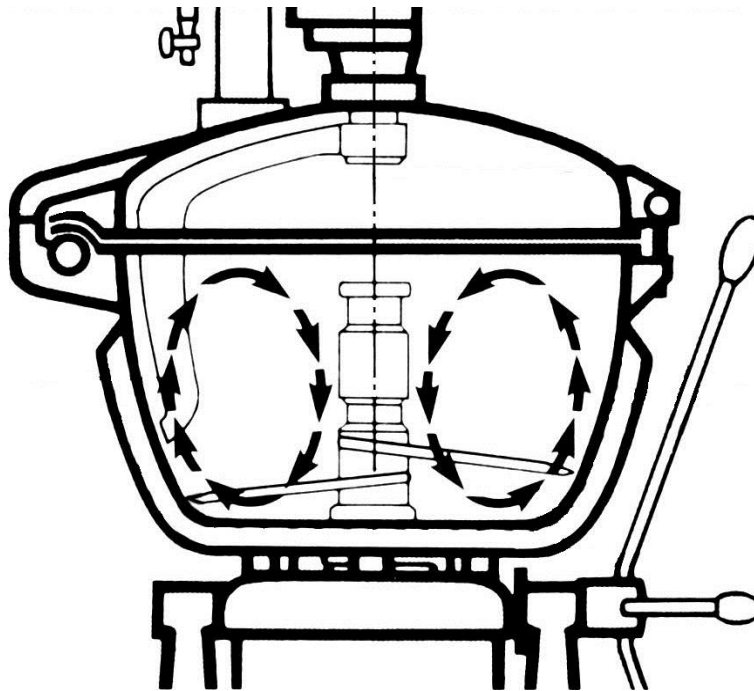


Рис 1.2 – Схема характеру руху матеріалу в апараті типу «Штефан».

На схемі (рис. 1.2) показано рух продукту в апаратах типу «Штефан». Як видно з рисунку, при такому способі руху продукту характерним є можливість виникнення застійних зон.

Вітчизняними аналогами апарату типу «Штефан» є апарати розробки ТІММ УААН (м. Київ) (марка Я5-ОТВ) та ВНИМИ (м. Москва) (марки ИС-40, ИС-80, СИ-120, ИС-250). Для даних апаратів в цілому притаманні ті ж переваги і недоліки, які характерні для апаратів фірми «Штефан».

**Апарат для термомеханічної обробки розробки ТІММ УААН типу «Штефан».** має вдосконалену форму різально-вимішувального інструменту, що дозволяє йому економити затрати часу та енергії при виробництві композиційних продуктів.

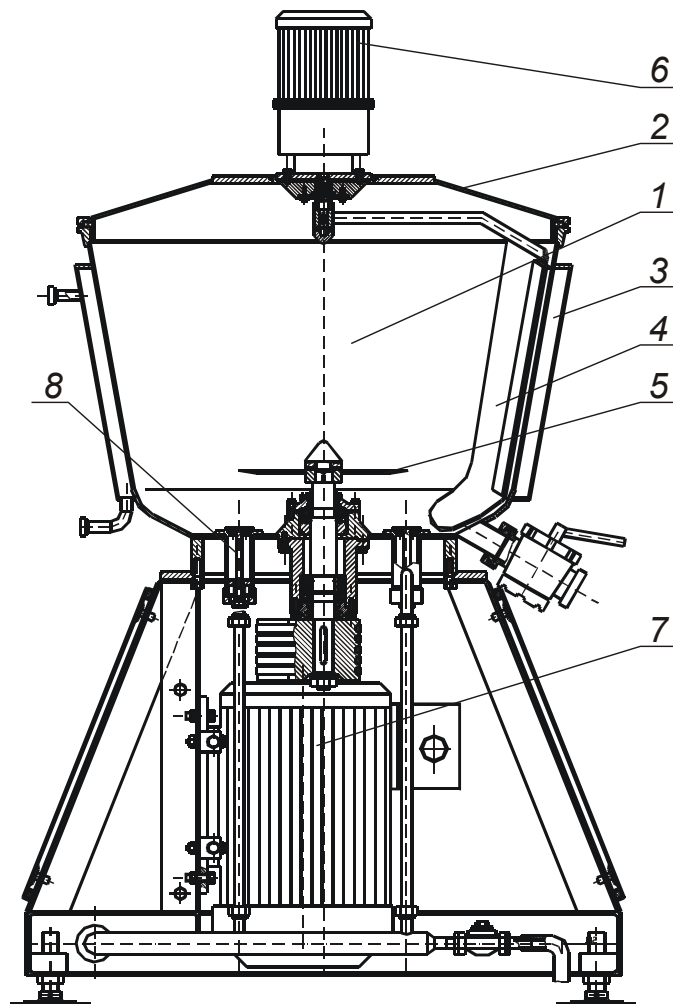


Рис. 1.3 – Апарат Я5-ОТВ для термомеханічної обробки розробки ТІММ УААН  
(м. Київ):

1 – робоча місткість; 2 – шарнірна кришка; 3 – теплообмінна сорочка; 4 – скребкова (лопатева) мішалка; 5 – дисковий ніж; 6 – мотор – редуктор; 7 – електродвигун; 8 – сопло.

Установка складається з робочої ємкості 1 з шарнірною кришкою 2 і теплообмінною сорочкою 3. В ємкості на валу мотор-редуктора 6 встановлена лопатева мішалка 4, а також дисковий ніж 5, що приводиться в рух від електродвигуна 7 через клинопасову передачу.

Подача пари передбачена в теплообмінну сорочку і безпосередньо в продукт через сопла 8.

При завантаженні всіх компонентів кришку герметично закривають, і в теплообмінну сорочку безпосередньо в масу подають пару. Мішалка 4

забезпечує перемішування продукту, а часткове подрібнення здійснюється ножем 5.

При досягненні заданої температури продукт витримують встановлений час, а далі проводять його охолодження. Для цього в теплообмінну сорочку подається холодоагент, а в ємкості створюється вакуум. Таким чином надлишкова волога, яка утворилась в результаті конденсації пари, відводиться із продукту.

**Подрібнювач типу ИС-80** (рис. 1.4) розробки ВНИМИ призначений для подрібнення, перемішування і термічної обробки в'язких твердоподібних, пастоподібних і рідких легкотекучих молочно-білкових і комбінованих продуктів.

Подрібнювач дозволяє сумістити виконання декількох технологічних операцій. Апарат забезпечує: подрібнення завантажених вихідних компонентів; перемішування подрібнюваних компонентів; нагрівання, оброблюваного продукту; охолодження готової продукції; обробку продукції при вакуумі і при надмірному тиску.

Крім великої енергоємності такі апарати мають ряд недоліків стосовно проведення самого технологічного процесу: характер руху продукту в апаратах такого типу не забезпечує рівномірного нагріву вмістимого, а також однакової тривалості витримування продукту при заданій температурі. Як правило, це призводить до перегрівання продукту.

Характер руху продукту в чаші під дією ножового робочого органу, який виконує функції пропелерної мішалки обумовлює неоднорідну механічну обробку продукту і відповідно неоптимальні витрати потужності на цю операцію.

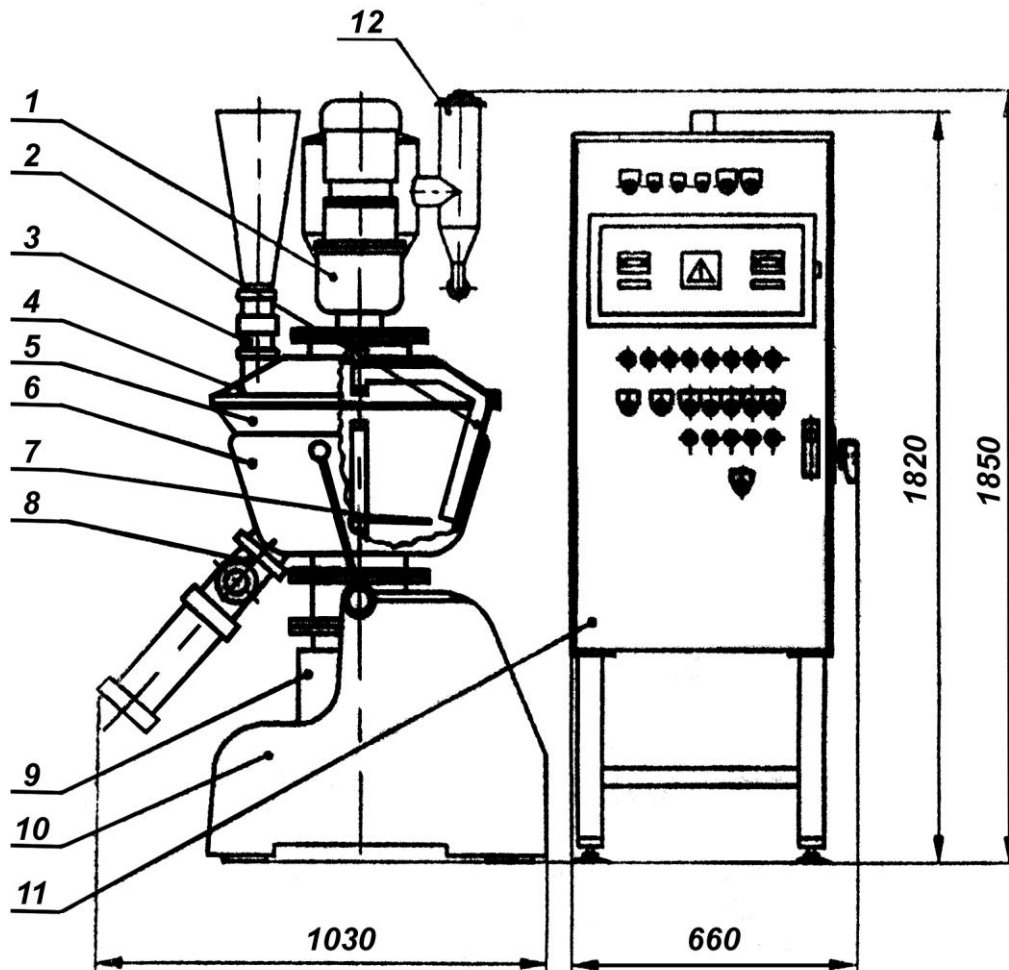


Рис 1.4 – Подрібнювач-змішувач ИС–80:

1 – привід мішалки; 2 – мішалка; 3 – завантажувальний патрубок; 4 – кришка; 5 – чаша; 6 – сорочка; 7 – ріжучий інструмент; 8 – розвантажувальний патрубок; 9 – привід ріжучого інструменту; 10 – рама; 11 – шафа керування; 12 – камера вакуумування.

Для емульгування в'язких сумішей застосовуються також відцентрові емульгаційні пристрої.

Основною задачею процесу перемішування для роторно-вихрових емульсорів є:

- забезпечення рівномірності структури оброблюваного продукту
- забезпечення і рівномірного розподілу в об'ємі концентрації структуроутворюючих складників суміші.

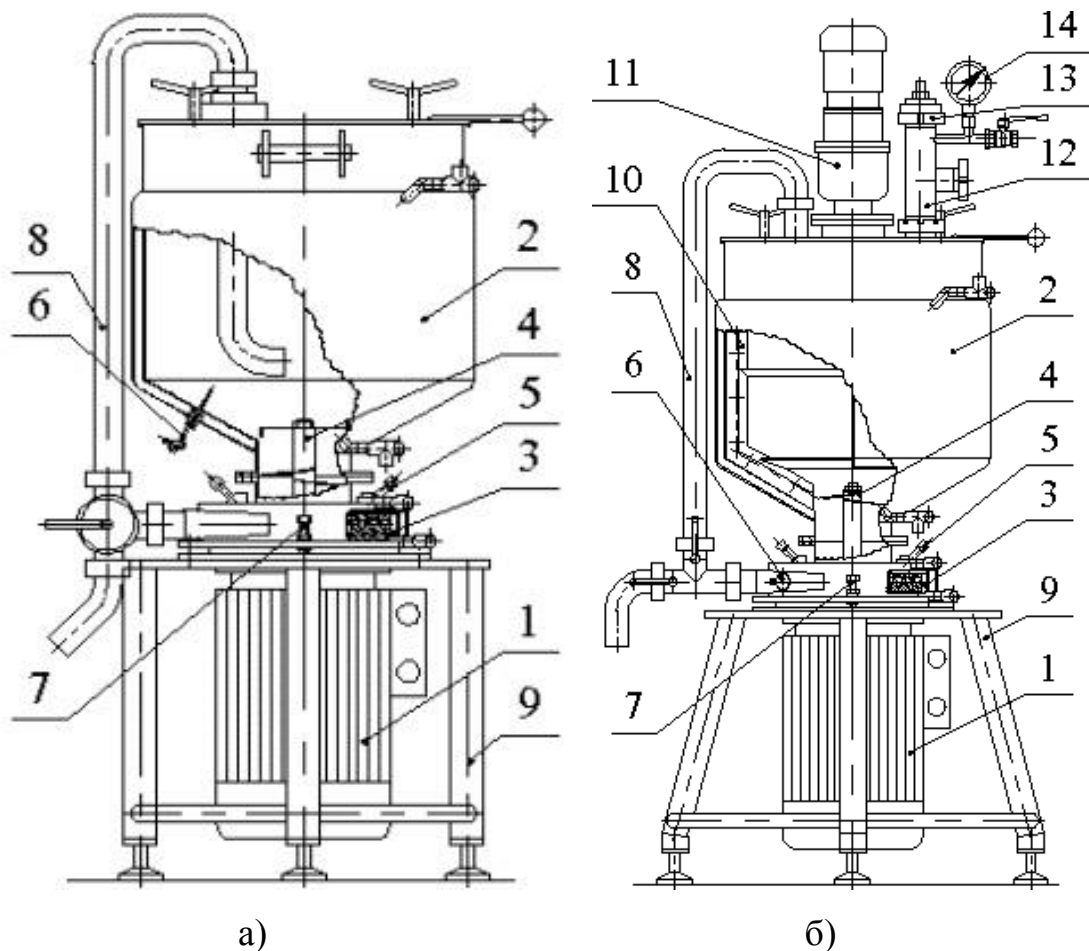


Рис.1.5 - Гідродинамічна установка роторного типу розробки ВНИМИ  
ГУРТ-300 (а) та ГУРТ-300/160 (б):

1 - привід, 2 - ємкість з теплообмінною сорочкою, 3 - роторний пристрій з теплообмінною сорочкою, 4 - додаткові насадки, 5 - вентиль системи уприскування газу, 6 - термопара, 7 - пристрій для регулювання зазору, 8 - лінія рециркуляції продукту з триходовим краном, 9 - рама, 10 - рамна мішалка з скребком, 11 - привід для мішалки, 12 - камера вакуумування, 13 - запобіжний клапан, 14 - мановакуумметр.

Серед апаратів такого типу, які експлуатуються в Україні, можна виділити установку ГУРТ, розроблену ВНИМИ і емульсор роторно-вихровий Я5-ОЕВ розробки ТІММ УААН. Також питанню розробки конструкції і дослідження роботи обладнання з циркуляційним контуром присвячено ряд робіт зарубіжних учених, де досліджується вплив механічної обробки на розмір частинок досліджуваного матеріалу.



В апаратах можна проводити операції з диспергування, перемішування, гомогенізації, емульгування, аерації і термообробки (нагрівання і охолодження) багатокомпонентних сумішей харчових продуктів різної густини і в'язкості.

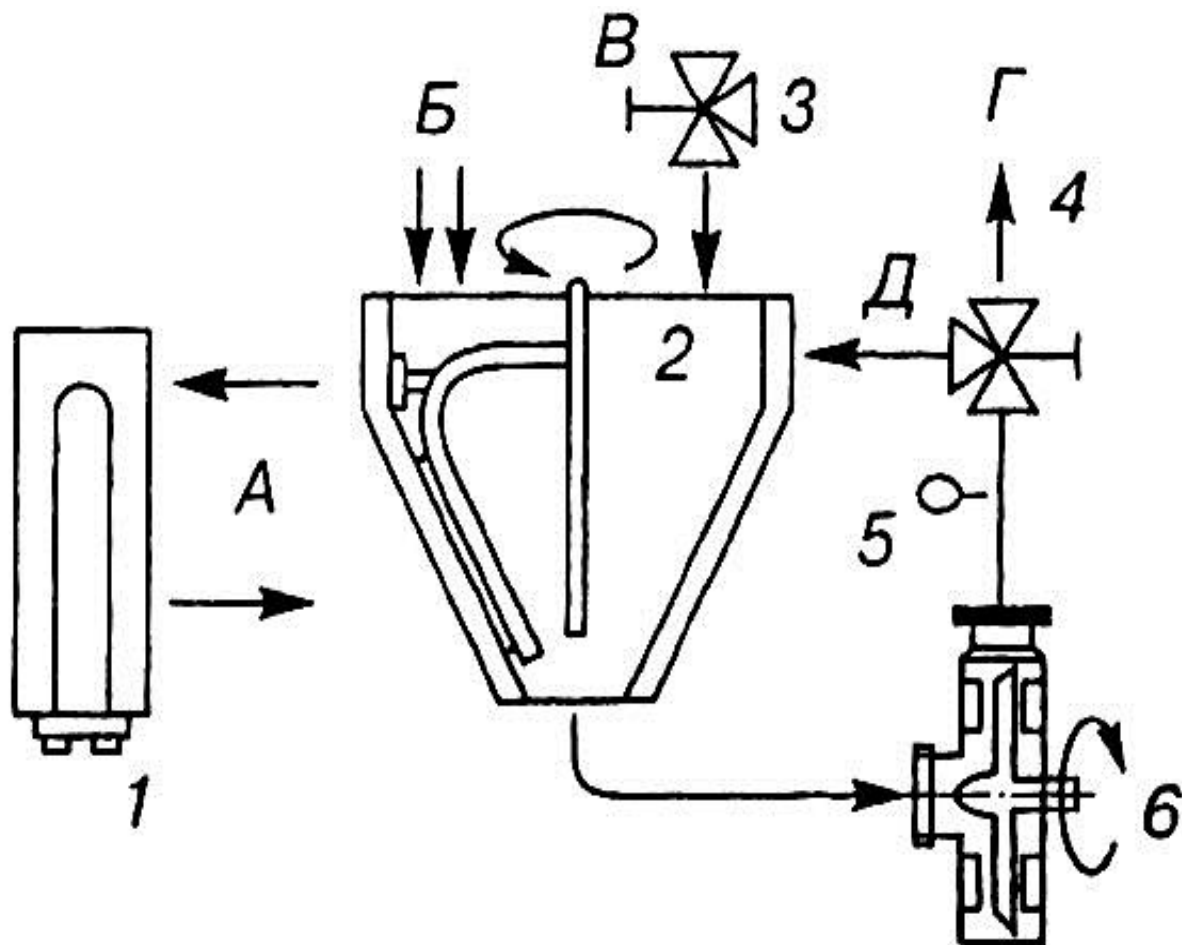


Рис. 1.6 - Схема установки ВАТ «Оскон» з автономним блоком підготовки гарячої води:

1 – блок підготовки гарячої води; 2 – робоча ємкість; 3-дозатор; 4 - кран триходовий; 5 – датчик температури; 6 – насос-змішувач; А – гаряча вода; Б – сухі компоненти і білкові компоненти; В – рідкі компоненти; Г– вихід готового продукту; Д – циркуляція суміші.

**Гідродинамічна установка роторного типу розробки ВНИМИ (ГУРТ)** (рис.1.5) призначена для: диспергування, перемішування, гомогенізації, емульгування, аерації і термообробки (нагріву і охолодження) харчових рідин і рідкоподібних сумішей різної густини і в'язкості. Основною відмінністю установки ГУРТ-300/160 є наявність в ємкості рамної мішалки зі скребком. В

установці ГУРТ-300 при отриманні майонезів, десертів, паст для перемішування достатньо фрезерної насадки на приводі ротора в поєднанні з тангенціальним введенням струменя продукту при рециркуляції, то для чистої білкової маси такого перемішуючого ефекту недостатньо.

Для підвищення ефективності теплообміну і перемішування в установці ГУРТ-300/160 передбачена рамна мішалка зі скребком. В установках передбачена можливість аерування продукту шляхом вприскування газу (в молочній промисловості використовується переважно азот).

Схожа за будовою і принципом роботи **установка розроблена ВАТ «Оскон» (Росія)** установка для отримання пастоподібних продуктів на білковій основі - машина з автономним блоком підготовки гарячої води. Вона складається з насоса-змішувача, бункера приготування і термізації продукту, компактного пульта управління (рис. 1.6)

Всі вузли даної машини змонтовано на рамі з неіржавіючої сталі. Як і інші аналогічні конструкції на базі системи ротор-статор, установка “Оскон” забезпечує подрібнення оброблюваного продукту, співмірне з колоїдним млином в поєднанні з ефективною тепловою обробкою.

Емульсор роторно-вихровий Я5-ОЭВ розробки ТІММ УААН (рис. 1.7) дозволяє проводити дозування компонентів, механічну і термічну обробку суміші. Конструктивно апарат складається із ємкості для основного продукту, ємкості для компонентів, дозуючих пристроїв, вузла перемішування і термічної обробки, а також вузла емульгування.

Продукти завантажують в місткість звідки під дією власною ваги вони поступають в емулюючий протрій. Проходячи в зазорі між ротором і корпусом, продукти подрібнюються, перемішуються і через циркуляційний трубопровід знову поступають в місткість.

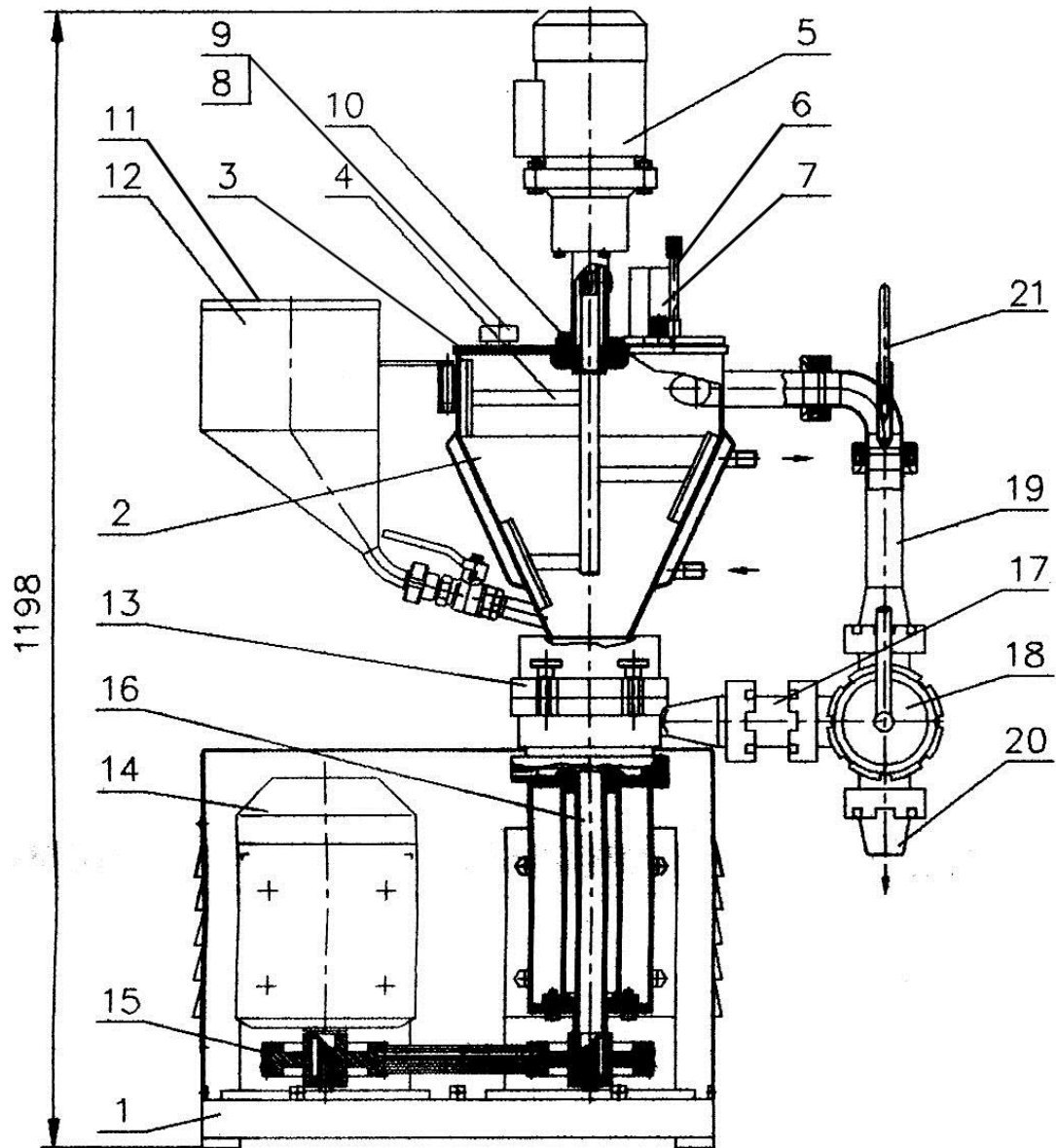


Рис.1.7 - Апарат марки Я5-ОЭВ для змішування і термічної обробки продуктів:

1 – рама; 2 – робоча ємкість; 3 – кришка; 4 – мішалка; 5 – мотор – редуктор; 6 – скло оглядове; 7 – вакуумметр; 8 – клапан; 9 – рукав; 10 – ущільнення; 11, 12 – лійка; 13 – пристрій емульгуючий; 14 – двигун; 15 – пасова передача; 16 – вал проміжний; 17 – трубопровід; 18 – кран триходовий; 19 – трубопровід; 20 – патрубок вихідний; 21 – термометр.

Лопатева скребкова мішалка забезпечує оновлення поверхні теплообміну і перемішування продуктів в робочій місткості.

## 1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження

Завданням на дипломну роботу передбачається виконання модернізації кутера марки ИПКС-032 з дослідженням впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного, метою якої є ефективне забезпечення випуску майонезних соусів.

Кутер марки ИПКС-032 дозволяє виконувати якісне подрібнення та емульгування сировини рослинного та тваринного походження. Кутер призначений для приготування м'ясного або рибного фаршу при виробництві ковбасних виробів, паштетів і пельменів. Може бути ефективно використаний для подрібнення і змішування охолоджених овочів, безкісткового фруктового, рибної сировини та інших продуктів, а також для приготування майонезних соусів. Кутер має відкидну верхню кришку, герметичну овальну чашу, на дні якої по її осі встановлені два серповидних ножа. Чаша кутера і двигун, що обертає головку ножів, встановлені на єдиному каркасі.

Технічні характеристики:

Продуктивність, не менше, кг / год 250

Об'єм чаші, не менше, л 50

Коефіцієнт заповнення, не більше, 0,7

Кількість ножів, шт. 2

Частота обертання вала ножів, об / хв 1500-3000

Встановлена потужність, кВт до 7,5

Габаритні розміри, не більше, мм 900x650x1350

Маса, не більше, кг 140

## 1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи

Виробництво майонезних соусів є однією із важливих задач переробної промисловості, яка є спрямованою на глибоку переробку сировини і урізноманітнення раціону харчування. Майонезні соуси – це продукт, який

останнім часом набуває широкої популярності як складовий елемент рецептур салатів, маринадів, а також як самодостатній харчовий продукт.

**Мета роботи:** встановлення конструктивних чинників, які дозволять забезпечити більш ефективне оброблення рецептурної суміші в кутері ИПКС-032.

Основними задачами, які вирішуються в даній дипломній роботі, є:

аналіз конструкцій обладнання для гідродинамічної обробки майонезних соусів;

технологічні та кінематичні розрахунки, розрахунок робочих органів та приводу кутера марки ИПКС-032;

дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки при обробки майонезного соусу в кутері марки ИПКС-032;

технічні рекомендації за результатами досліджень;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань безпеки життєдіяльності.

## 2. Методи та методика досліджень

### 2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень

Виконання інженерних досліджень в процесі виконання проектних робіт є важливим етапом вдосконалення функціонуючих і створення нових зразків технологічного обладнання.

Одною із найкращих систем конструктивного аналізу є Solidworks Simulation, яка є глибоко інтегрованою із системою Solidworks. Система Solidworks Simulation реалізує забезпечення технічних рішень, пов'язаних з моделюванням та аналітичною статистичною обробкою лінійних та нелінійних процесів, дослідженням частотних характеристик, дослідженням стійкості систем, аналізом теплових процесів, втомних процесів, дослідженням місткостей під тиском та вакуумом, оцінкою ударних механічних впливів, вивченням лінійних та нелінійних динамічних процесів, оптимізуванням конструктивних рішень.

Наявність якісних і ефективних модулів Solidworks Simulation дає можливість інтуїтивно знаходити рішення значних проблем проектування.

Обчислювальна система Solidworks Simulation дає можливість суттєво скоротити тривалість проектного циклу внаслідок економії людських та машинних ресурсів при вирішенні конкретних інженерних завдань.



Рис. 2.1 – Етапи числових досліджень у Solidworks Simulation

З використанням параметричних складових, пов'язаних з динамічними величинами під час проектних робіт, чи в процесі оптимізаційних досліджень інженери володіють важливим інструментом для реалізації своїх ідей. Ефективним інструментом для здійснення інженерних досліджень є SW Simulation і SW Motion

Фіксація взаємозалежності параметрів з комірками внесення значень дозволяє керувати поточним значенням необхідного елемента з використанням параметрів.

Зокрема, якщо параметром силового впливу визначена C1, то замість використання конкретної величини сили її можна узгодити з коміркою введення сили. При зміні величини елемента C1 одночасно відбувається зміна узгодженої з ним сили.

Під час стохастичних досліджень майстер обчислень запасу міцності крок за кроком скеровує інженера-дослідника в процесі оцінювання міцнісних характеристик деталі, вузла чи агрегата, опираючись на відповідні показники руйнування. Він встановлює значення запасу міцності для всієї моделі у комплексі, опираючись на критерії:

- максимальних напруг за Мізесом;
- максимальної зсувних напруг;
- Мора-Кулонових напруг;
- максимальних нормальних напруг.

## 2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання (чисельного експерименту).

Після того, як модель сформована, інженер повинен пересвідчитись, що дана розробка є робочою і достатньо якісною. Для цього треба виконати експлуатаційну перевірку. Якщо немає приладдя для аналізування, реальна задача має можливий розв'язок лише за допомогою здійснення дороговартісних

і затратних у часі етапів виготовлення інженерного зразка. Етапи виготовлення інженерного зразка, як правило, передбачають:

Формування моделі.

Виготовлення експериментального прототипу.

Експлуатаційне тестування прототипу.

Аналіз результатів тестів.

Вдосконалення технічного рішення за результатами тестування.

Ці кроки здійснюють доки не вдасться досягти прийнятного результату. Опираючись на дослідження прототипу інженери мають змогу реалізувати наступне:

Знизити ціну прототипа внаслідок реалізації його комп'ютерних досліджень замість затратного тестування в процесі експлуатації.

Зменшити тривалість виходу інженерних зразків у реалізацію, за допомогою зниження числа етапів проектних робіт.

Підвищити якість інженерного зразка шляхом оперативного одночасного аналізу значного масиву інженерних припущень і способів реалізації виробничих технологічних процесів перед тим, як зупинитись на кінцевому варіанті, за рахунок цього отримати можливість для вдосконалення нових технічних рішень.

На прототипі, як правило, моделюють вплив значного числа робочих середовищ та експлуатаційних чинників у процесі його тестування. Суттєвим є комплексна перевірка максимального числа варіантів навантажень при різних умовах їх прикладення.

При цьому необхідно проводити тестування широкого спектру конструкційних матеріалів для забезпечення максимальної технологічності інженерного рішення за мінімальної собівартості виготовлення кінцевої конструкції.

Тестування прототипу визначається:

- конструктивними особливостями прототипу



- видом тестування і супутніми чинниками, які впливають на перебіг тестування

- конструктивними матеріалами

- видом і особливостями прикладання силових чинників.

Тестування прототипу застосовують при аналізі довговічності роботи діючих інженерних рішень, а також нових, які потребують впровадження.

Пакет програм Solidworks Simulation дає змогу реалізувати тестування різних аспектів, пов'язаних з роботою інженерних рішень, зокрема аналіз різного роду нелінійностей, динамічно виникаючих силових чинників, гідродинамічні та електромагнітні явища у прототипах.

- Аналіз діючого інженерного зразка. В процесі аналізу діючого інженерного зразка формат вже встановлено.

Основне завдання полягає в тому, щоб проаналізувати технічні параметри даного інженерного зразка за різних умов експлуатування та проаналізувати перспективи нарощення технічної продуктивності чи зменшення затрат на конструктивні матеріали.

- Проектування свіжого інженерного зразка. В процесі тестування при проектуванні свіжого інженерного зразка доцільно застосувати різні геометричні вирішення та конструктивні матеріали для аналізу силових чинників у прототипі з різними особливостями використання.

Етапи, передбачені при реалізації тестування прототипу, визначаються власне видом самого тестування. Сформований цикл тестування передбачає наступне:

- Формування тестування, вибір тип тестування та його початкових даних.

- Якщо це є доцільним, встановлення параметрів тестування. Параметром тестування можуть виступати особливості геометрії прототипу, характеристики конструктивних матеріалів прототипу, величина силового чи іншого чинника.

- Задавання параметрів конструктивних матеріалів. Даний етап реалізують не всіх випадках. Зокрема, коли параметри конструктивних матеріалів було задано раніше при побудові твердотілих елементів. При

перевірці на втомну міцність параметрів конструктивних матеріалів та оптимізування застосовують відомі для даного конструктивного матеріалу результати.

- Задавання граничних умов та силових чинників. Дослідження на втомну міцність конструктивних матеріалів і оптимізування виконують на базі відомих для даного конструктивного матеріалу результатів з додаванням граничних умов та силових чинників.

Перевірка поведінки прототипів при ударних силових чинниках дає змогу встановити граничні умови та максимальні силові чинники виключно по встановлених параметрах.

- Автоматичне формування SW Simulation розрахункової сітки для елементів досліджуваних прототипів.

- Автоматичне формування розрахункової сітки для рамно-балкових конструктивних рішень.

- Автоматичне формування розрахункової сітки змішаного типу, коли у досліджуваному прототипі є понад один тверdotілий елемент (елементарні об'єкти, тонкостінні елементи, рамні конструкції тощо).

- Встановлення взаємозв'язків між складовими частинами конструкції та вибір контактуючих пар.

- За необхідності тонке налаштування розмірів елементарних комірок сіток для специфічних ділянок.

- Запуск розрахунків.

- Аналіз отриманих числових та графічних даних.

Конструктивний елемент, після застосування щодо нього силового фактора, піддається деформації, при цьому дія вказаного силового фактора поширюється у всьому об'ємі даного елемента.

Зовнішні силові фактори містять внутрішні зусилля та реакції на них, що забезпечують рівноважний стан елемента. Лінійний статаналіз призначений для визначення силових факторів переміщень, напруг, навантажень та викликаних ними реакції.

В лінійному статаналізі діють наступні спрощення та узагальнення:

Статика. Всі силові фактори сумуються поєднано, аж доки не вийдуть на фактичне значення. Після виходу на фактичні значення силових факторів фіксуються і в часі не змінюються.

Це спрощення дає змогу не враховувати ряд динамічних зусиль бо швидкість руху системи прямує до нуля. Не постійні у часі силові чинники обумовлюють існування значних внутрішніх динамічних напруг, знехтувати якими не допустимо.

- Дослідження засобами статичного аналізу силових чинників у конструктивних елементах з постійним обертним рухом та рівноприскореним лінійним рухом (діючі силові чинники є постійними у часі).

- Дослідження реакцій у тестованому прототипі на прикладені динамічні силові чинники (в тому числі зусилля осцилюючого характеру, ударні зусилля, зусилля випадкового типу) із застосуванням модулів розрахунків лінійних та нелінійних динамічних систем.

Лінійність. Залежність між активними і реактивними силовими факторами з деякими спрощеннями і узагальненнями вважаються лінійними. Умовами застосування допущення лінійності є:

- матеріали досліджуваних конструктивних елементів описуються в діапазоні робочих навантажень законом Гука, а саме діючі зусилля є прямопропорційними деформації;

- переміщення, які з'явилися внаслідок дії силових факторів, є незначними;

- умови роботи залишаються постійними в процесі прикладання силових факторів. Силові фактори теж повинні залишатись постійними.

### 2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.

Статистичне оброблення результатів досліджень виконувалось, опираючись на методики, які застосовується у математичній статистиці [ ]. При обробленні результатів досліджень визначали:

середнє арифметичне:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (2.1)$$

де  $X_i$  – значення одиничного елемента;

$n$  – кількість аналізованих елементів.

абсолютне відхилення від середнього значення:

$$\Delta X = \bar{X} - X_i \quad (2.2)$$

дисперсію  $S^2$ :

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [\bar{X} - X_i]^2}{n-1} \quad (2.3)$$

середньоквадратичне відхилення :

$$\bar{S} = \sqrt{S^2} \quad (2.4)$$

середню квадратичну похибку:

$$S_{\bar{X}} = \frac{\bar{S}}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

точність здійсненого визначення:

$$E_{\alpha} = t_{\alpha, f} \cdot S_{\bar{X}}, \quad (2.6)$$

де  $t_{\alpha, f}$  – число Стюдента, яке отримують з таблиць для певної величини довірчої імовірності  $\alpha = 0,95$  і за кількості ступеней свободи  $f = n-1$ .

інтервал довіри:

$$\bar{X} \pm E_{\alpha} \quad (2.7)$$

відносну похибку:

$$\Omega = \left[ \frac{E_{\alpha}}{\bar{X}} \right] \cdot 100\% \quad (2.8)$$

Якісна цінка вимірювань з  $n$  вимірів:

$$U_{max} = \left| \frac{\bar{X} - X_i}{S} \right| \quad (2.9)$$

Належна достовірність експериментів була забезпечена за допомогою багатократного (3...5) повторного проведення експериментів. Отримані результати підлягали порівнюванню з табличними величинами  $U$  - критерію для імовірності  $\beta' = 0,95$ . Коли  $U_{max} > U_{табл}$ , одиничні результати вимірювань не підлягали врахуванню.

### 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень

вдосконалення об'єкта дослідження.

#### 3.1. Технологія виготовлення майонезного соусу

Майонезний соус являє собою середньої в'язкості емульсію, сформовану за принципом «жир у воді», яка виготовляється з рафінованих дезодорованих олій (зазвичай соняшникової та оливкової), емульгуючих компонент, харчосмакових складників і прянощів, які призначені для посилення смаку і покращання рівня засвоювання готового продукту.

Для виробництва майонезних соусів застосовують переважно соняшкову та оливкову олію, також зустрічається соєва і світла бавовнова.

Для емульгування зазвичай застосовують яєчний порошок, рідше - сухе молоко, деколи - фосфоліпіди рослинного походження. Наявність у рецептурі сухого молока чи модифікованого крохмалю дає змогу формувати і утримувати структуру.

Наступний важливий складник майонезних соусів – гірчиця, яка теж покращує емульгування та структурозабезпечення.

Також до базової рецептури входять кухонна сіль, харчова сода, оцет і цукор.

Власне основних смакових властивостей таким соусам надають перець, томатна паста, шпинат, кріп, петрушка, часник, частинки овочів тощо.

Доцільність води у рецептурах майонезних соусів обумовлена необхідністю розчинення солі та цукру, і структурування сухого молока та модифікованого крохмалю.

Для оцінки якості майонезних соусів застосовують за органолептичні (колір, смак, запах тощо) та фізично-хімічні (вміст жиру, кислотність тощо) характеристики.

Техпроцес виробництва майонезного соусу складається з наступних етапів: внесення складників, підготовка яєчної суспензії та гірчично-молочної

суспензії, внесення олій, підготовка і внесення оцту та солі, емульгування, внесення харчосмакових добавок, перемішування, фасування соусу.

### 3.2. Опис будови і роботи кутера

Основним елементом кутера (рисунок 3.1) є чашоподібна місткість 1 характерної форми, укомплектовану кришкою, що встановлена на станині 3. В нижній частині чашоподібної місткості встановлено спеціальний вал, на якому змонтовано 2 ножі серпоподібної форми 3 (рисунок 3.2). Вал з закріпленими ножами обертається за допомогою двигуна 5, розташованого під чашоподібною місткістю. Кришка має завантажувальний канал із вентилям 6, який задіяний для внесення компонент рецептурних сумішей. Внесення здійснюється з використанням лійки 4 після відкриття вентиля 6.

Підйомна кришка кутера стопориться за допомогою двох фіксаторів 12 і двох гвинтів 15.

Рух скребка 2 забезпечується за рахунок фізичних зусиль працівників шляхом повертання ручки 7 (рисунок 3.1) або за допомогою електродвигуна. Для місткості 1 передбачено можливість бути зафіксованою з використанням стопора 8, який має трипозиційного стопора. Передбачено наступні варіанти позиціонування відносно вертикалі: вертикальне, під кутом  $45^{\circ}$  (для санітарної обробки) і під кутом  $95^{\circ}$  (для вивантаження готового продукту). При здійсненні поворотання місткості 1 змінюють положення фіксатора 8. Зміну положення місткості виконують вручну ручками 11. Після встановлення місткості 1 в третю позицію, з неї вивантажують готовий продукт у встановлену заздалегідь спеціальну місткість.

Моніторинг температури рецептурної суміші при гідромеханічній обробці в місткість 1 встановлено термодавач 13.

Під час робочого циклу кутера, підготовлену заздалегідь рецептурну суміш вносять до місткості 1, після чого інтенсивно обробляють ножами на валу.

Для покращення процесу перемішування та задля уникання налипання сировини на стінки місткості використовують скребкову мішалку.

У випадку потреби через лійку 4 поетапно вносять компоненти згідно технологічної інструкції. Сюди ж вносять лускоподібний лід для різкого охолодження рецептурної суміші, якщо це передбачається технологічними інструкціями на виготовлення соусу. При цьому поніторять термодавач 13. Температури кожного етапу оброблення нормуються технологічними інструкціями на виготовлення продукції.

Блокування роботи електродвигуна 5 за піднятої кришки 2 забезпечується кінцевиком 10.

Безпечні умови праці робітників при обслуговуванні кутера забезпечується, серед іншого, спеціальною ручкою для зняття ножового вала (рисунок 3.1).

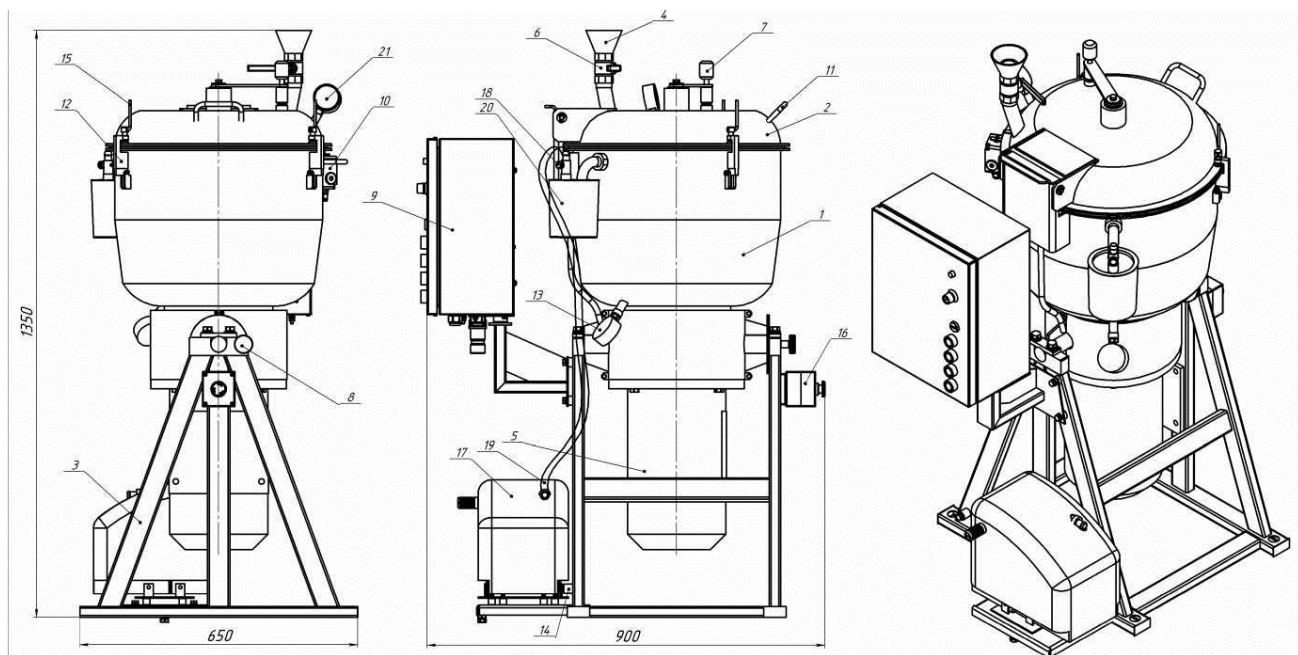


Рисунок 3.1 - Кутер марки ИПКС-032 :

1 – чашоподібна місткість; 2 – кришка; 3 – станина; 4 – лійка; 5 – електродвигун; 6 – вентиль; 7 – ручка; 8 – стопор; 9 – електрощиток з системою керування; 10 – кінцевик; 11 – ручка; 12 – фіксатор; 13 – термодавач; 14 – контакт заземлення; 15 – гвинт фіксуєчий; 16 – кнопка зупинки; 17 – вакуумна помпа; 18 – регулювач; 19 – бронешланг; 20 – повітровловлювач; 21 – давач тиску.



У кутерів типу ИПКС – 032 – 01, ИПКС – 032 – 01 (Н), а також у вакуум--кутерів типу ИПКС – 032В, ИПКС – 032В (Н) частота обертання ножового вала встановлюється на величину від 1500 до 3000 об / хв. Налаштування частоти обертання ножового вала реалізовано за допомогою спеціального перетворювача, змонтованого у електрощитку з системою керування. Керування частотою обертання ножового вала виконується ручкою спеціального регулювального змінного резистора системи керування, зокрема, крайні положення ручки відповідають відповідно 1500 об/хв, та 3000 об/хв.

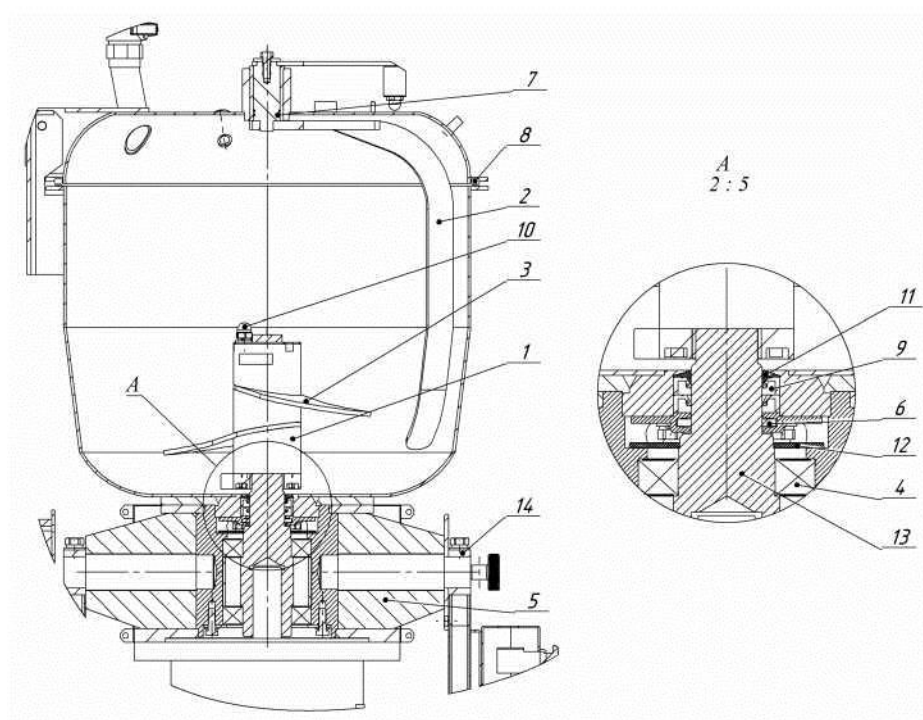


Рисунок 3.2 - Кутер марки ИПКС-032:

1 – вал ножовий; 2 – скребок; 3 –серповидний ніж; 4 – підшипникова опора; 5 – основа; 6 – кільце маслоснімаюче; 7 – втулка; 8 – гумова прокладка; 9 – вакуумне ущільнення; 10 – спецгайка; 11 – шайба; 12 – шайба спеціальна; 13 – вал; 14 – шийка.

У процесі формування розрідження в місткості є можливим попадання бризків рецептурної суміші через бронешланг 19 у вакуумну помпу 17. Щоб цього уникнути передбачено повітровловлювач 20.

Пуск та зупинку вакуумної помпи виконують кнопками «Пуск», «Зупинка» системи керування.

### 3.2. Кінематичний аналіз кутера марки ИПКС-032

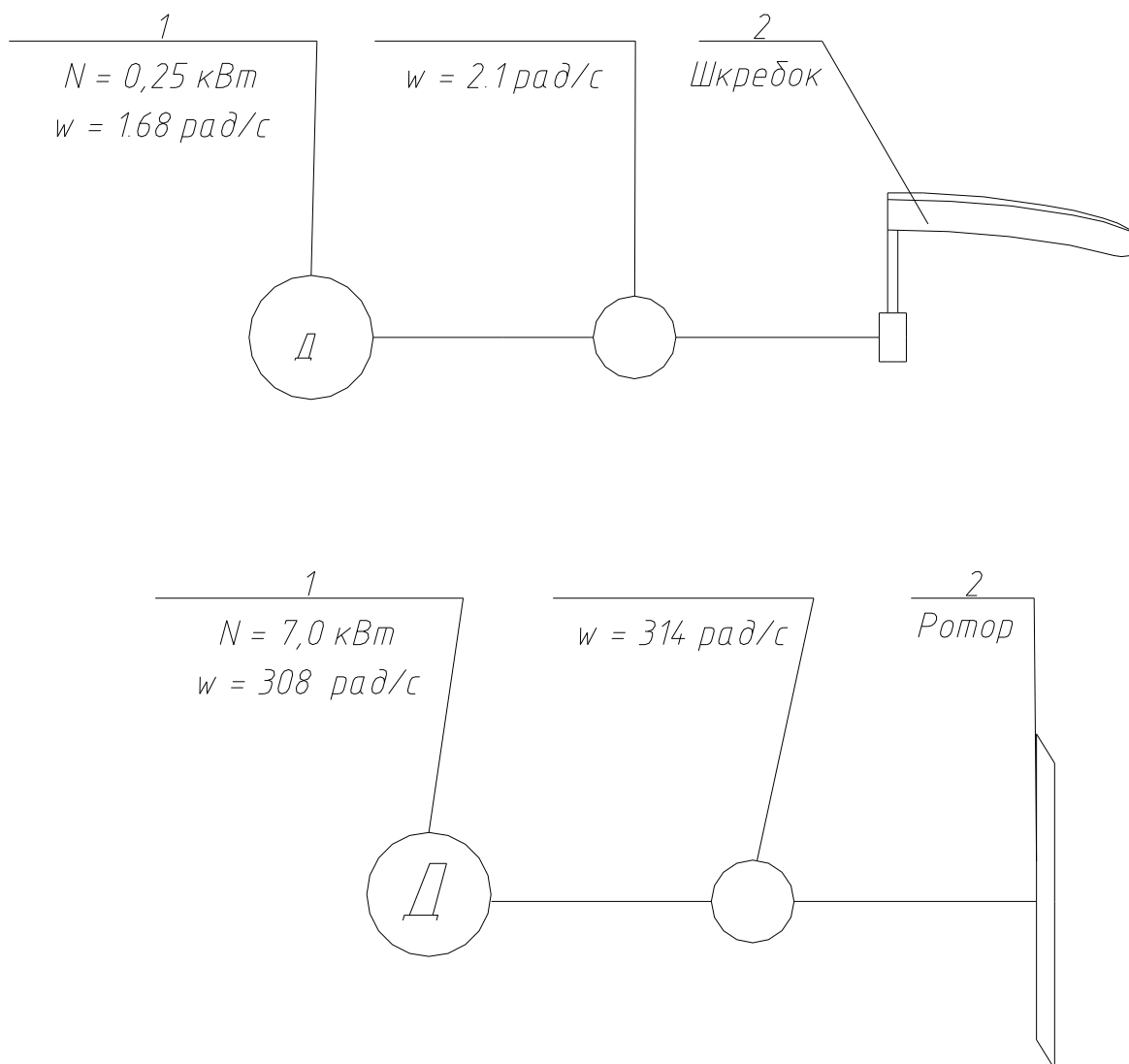


Рисунок 3.3.— Кінематична схема кутера марки ИПКС-032.

Кінематика схема розробляється в піроцесі проектування нового або вдосконалення діючого інженерного зразка. Це вихідним елемент кінематичних та силових розрахунків.

Основними елементами кінематичної схеми кутера марки ИПКС-032 є із ротор та скребок з індивідуальними системами електроприводу.

Розрахуємо кінематику для ротора (рисунок 3.4).

Середній робочий діаметр ножа:

$$d_{д.р.ср} := 0.07 + \frac{(0.32 - 0.07)}{2} \quad d_{д.р.ср} = 0.195 \quad (\text{м})$$

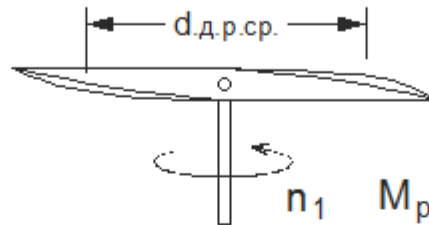


Рисунок 3.4. - Розрахункова схема диска

Згідно [8] при роботі ножом захоплюється приблизно 4% маси робочого середовища. Необхідний крутний момент для ножа у випадку м'ясного фаршу визначимо за формулою:

$$M_p := 52.5 \cdot M \cdot 0.04 \cdot d_{д.р.ср} \quad M_p = 21.908 \quad (\text{Н*м})$$

Синхронна кутова швидкість обертання вала двигуна рівна:

$$\omega_p := \frac{\pi \cdot n_p}{30} \quad \omega_p = 314.159 \quad (1/\text{с})$$

Відповідно потужність електродвигуна:

$$P_p := M_p \cdot \omega_p \quad P_p = 6.883 \times 10^3 \quad (\text{Вт})$$

Вибраний в технологічній частині двигун має наступні характеристики:

$$P_{дв} := 7000 \quad (\text{Вт}) \quad n_c := 3000 \quad (\text{об/хв}) \quad s := 2.1 \quad (\%)$$

Число обертів на валу 1:

$$n_1 := n_c \cdot \left(1 - \frac{s}{100}\right) \quad n_1 = 2.937 \times 10^3 \quad (\text{об/хв})$$

Таким чином, для подальших розрахунків вихідні дані будуть наступними:

Момент на валу:

$$M_p = 21.908 \quad (\text{Н*м})$$

Число обертів вала:

$$n_1 = 2.937 \times 10^3 \quad (\text{об/хв})$$

Кутові швидкості вала:

$$\omega_1 := \frac{\pi \cdot n_1}{30} \quad \omega_1 = 307.562 \quad (1/\text{с})$$

Для скребка:

Число обертів вала лопатки:  $n_{\text{л}} = 16 \quad (\text{об/хв})$

В'язкість рецептурної суміші:  $\mu_{\text{ф}} := 22 \quad (\text{Па*с})$

Середній діаметр обертання лопаті:

$$d_{\text{лп.р.ср}} := 0.21 + \frac{(0.264 - 0.21)}{2} \quad d_{\text{лп.р.ср}} = 0.237 \quad (\text{м})$$

Для визначення витрат потужності визначимо модифікований критерій Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{ц}} := \frac{\rho_{\text{с}} \cdot \frac{n_{\text{л}}}{60} \cdot d_{\text{лп.р.ср}}^2}{\mu_{\text{ф}}} = 0.728$$

Значення критерію потужності:  $k_N := 23.5$

Витрати потужності:

$$P_{\text{л}} := k_N \cdot \rho_{\text{с}} \cdot \left( \frac{n_{\text{л}}}{60} \right)^3 \cdot d_{\text{лп.р.ср}} = 113.007 \quad (\text{Вт})$$

Кутова швидкість обертання вала електродвигуна:

$$\omega_{\text{л.дв}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{л}}}{30} \quad \omega_{\text{л.дв}} = 1.676 \quad (1/\text{с})$$

Величина крутного моменту:

$$M_3 := \frac{P_{\text{л}}}{\omega_{\text{л.дв}}} \quad M_3 = 67.446 \quad (\text{Н*м})$$

Зусилля на лопаті:  $F := \frac{M_3}{d_{\text{лп.р.ср}}} = 284.583 \quad (\text{Н})$

Вибраний в технологічній частині двигун-редуктор типу МВз-80 ЗАО «НПО Гидромаш-1» має наступні характеристики:

$$P_{\text{дв}} := 250 \quad (\text{Вт}) \quad n_{\text{с}} := 16 \quad (\text{об/хв}) \quad s := 2.1 \quad (\%)$$

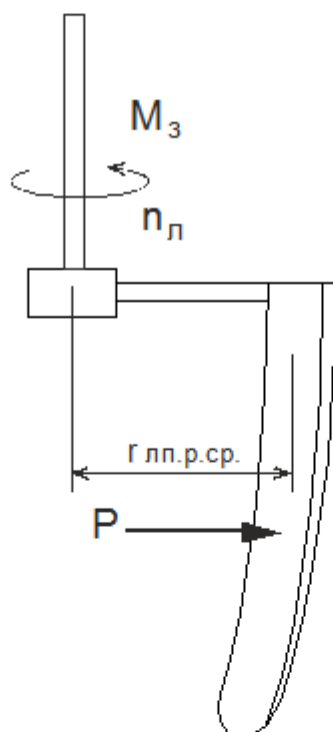


Рисунок 3.5. - Розрахункова схема скребка

Число обертів на валу 2:

$$n_2 := n_{\text{с}} \cdot \left(1 - \frac{s}{100}\right) \quad n_2 = 15.664 \quad (\text{об/хв})$$

Таким чином:

Момент на валу:

$$M_3 = 67.446 \quad (\text{Н*м})$$

Число обертів вала:

$$n_2 = 15.664 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість вала:

$$\omega_2 := \frac{\pi \cdot n_2}{30} \quad \omega_2 = 1.64 \quad (1/\text{с})$$

### 3.3. Технологічний розрахунок кутера марки ИПКС-032

Для виконання розрахунків по даному розділу розглянемо структуру технологічного циклу машини.

1) Завантаження продукту здійснюється за допомогою автоматичного підіймача-перекидача через відкриту кришку машини. Тривалість цієї операції обумовлюють: час на підготовку перекидного пристрою до роботи, перекидання чаші та часу підготовки до роботи самого апарату. Відповідно:

$$T_3 := 1 + 1.5 + 1 \qquad T_3 = 3.5 \qquad (\text{хв})$$

2) Механічна обробка. Тривалість механічної обробки згідно паспортних даних для різних видів сировини перебуває в межах 3...6хв. Приймаємо:

$$T_H := 4 \qquad (\text{хв})$$

3) Охолодження продукту.

Згідно паспортних даних тривалість охолодження продукту в апараті складає: 2...5хв. Приймаємо з запасом:

$$T_O := 3 \qquad (\text{хв})$$

4) Вивантаження продукту може здійснюватись шляхом перекидання робочої місткості або за допомогою насоса (при вивантаженні насосом тривалість вивантаження більша). Розглянемо випадок вивантаження насосом.

Об'єм продукту, який поміщається в апараті, складає 52...55 кг або 50л (0, 050 м<sup>3</sup>). Продуктивність ротаційного насосу ВЗ-ОРА, який забезпечує вивантаження продукту, складає 3 м<sup>3</sup>/год. Звідси тривалість вивантаження продукту:

$$T_B := \frac{0.05}{3} \qquad T_B = 0.017 \qquad (\text{год})$$

$$T_B := T_B \cdot 60 \qquad T_B = 1 \qquad (\text{хв})$$

Затрати часу на санітарну обробку апарату приймемо:

$$T_{\text{пр}} := 2 \qquad (\text{хв})$$

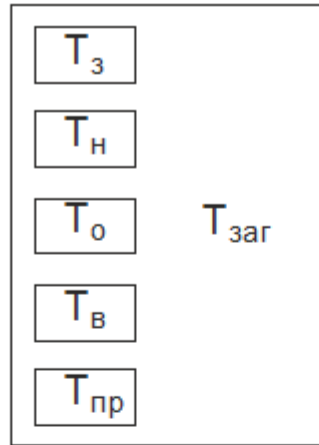


Рисунок 3.6. - Технологічний цикл машини

Загальна тривалість робочого циклу:

$$T_{\text{заг}} := T_{\text{з}} + T_{\text{н}} + T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{пр}} \quad T_{\text{заг}} = 13.5 \quad (\text{хв})$$

Визначимо розрахункову продуктивність установки.

Місткість апарата (по сировині):  $V := 0.05 \quad (\text{м}^3)$

Місткість апарата по продукту:  $M := V \cdot \rho_{\text{с}} \quad M = 53.5 \quad (\text{кг})$

Коефіцієнт надлишкового об'єму:  $k := 1.2$

$$\Pi := \frac{V \cdot 60 \cdot \rho_{\text{с}}}{T_{\text{заг}}} \quad \Pi = 237.778 \quad (\text{кг/год})$$

Розрахунковий повний об'єм чаші:

$$V_{\text{р}} := V \cdot k \quad V_{\text{р}} = 0.06 \quad (\text{м}^3)$$



### 3.4. Енергетичний розрахунок кутера марки ИПКС-032

- температура робочого середовища при подрібненні:  $t_{c.k} := 35 (^{\circ}\text{C})$
- температура кінцевого охолодження робочої маси:  $t_{c.ox} := 20 (^{\circ}\text{C})$
- холодоагент: вода
  - початкова температура охолоджуючої води:  $t_{B.п} := 8 (^{\circ}\text{C})$
  - кінцева температура охолоджуючої води:  $t_{B.k} := 12 (^{\circ}\text{C})$
  - питома теплоємність води:  $c_B := 4.190 \text{ (кДж/кг*К)}$
  - густина води:  $\rho_B := 1000 \text{ (кг/м}^3\text{)}$
- теплоємність продукту:  $c_c := 4.470 \text{ (кДж/кг*К)}$
- густина продукту:  $\rho_c := 1070 \text{ (кг/м}^3\text{)}$
- робочий тиск в апараті:  $p_{p.a} := 1.1 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$
- місткість апарата:  $m := 50 \text{ (кг)}$

Кількість теплоти, яку треба відвести:

$$Q_B := c_c \cdot m \cdot (t_{c.k} - t_{c.ox}) \qquad Q_B = 3.353 \times 10^3 \text{ (кДж)}$$

Потреба в охолоджуючій воді:

$$V_{ox.B} := \frac{Q_B}{c_B \cdot (t_{B.k} - t_{B.п}) \cdot \rho_B} \qquad V_{ox.B} = 0.2 \text{ (м}^3\text{)}$$

### 3.5. Конструктивні розрахунки робочої місткості кутера марки ИПКС-032

Виберем матеріали і розрахуємо конструктивні параметри місткості апарату для термомеханічної обробки в'язких харчових продуктів.

Раму апарату виготовляють із сталі Ст3. Продуктову лопать, ніж-подрібнювач, підбірні лопатки виготовляють зі сталі 40Х13. Паропроводи- зі сталі 12Х18Н10Т. Для виготовлення чаші, охолоджувальної оболонки, трубопроводів, кришки, продуктової лопаті вибираємо сталь Х18Н9Т ГОСТ 4543-71 (листовий прокат). Геометричні розміри місткості визначаємо з припущення, що вона являє собою зрізаний конус, а її об'єм

$$V_p = 0.06 \quad (\text{м}^3)$$

$$\text{Радіус нижньої основи чаші:} \quad R_H := 0.225 \quad (\text{м})$$

$$\text{Верхній радіус чаші:} \quad R_B := 0.235 \quad (\text{м})$$

$$H := \frac{V_p}{\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (R_H^2 + R_H \cdot R_B + R_B^2)}$$

$$H = 0.361 \quad (\text{м})$$

З врахуванням запасу об'єму для пари приймаємо висоту чаші апарату

$$H := 0.430 \quad (\text{м})$$

Товщину стінки апарату визначаємо як для посудин, які працюють під внутрішнім тиском.

$$\text{Робочий тиск в апараті:} \quad p_{p.a} = 1.1 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

$$\text{Допустиме напруження для матеріалу стінок:} \quad \sigma_{д.ст} := 75 \cdot 10^6 \quad (\text{Па})$$

$$\text{Коефіцієнт міцності зварного шва:} \quad \phi := 0.8$$

$$\text{Надбавку на корозію приймаємо:} \quad c := 0.001 \quad (\text{м})$$

$$\text{Середній радіус чаші:} \quad R_{cp} := \frac{R_B + R_H}{2}$$

$$R_{cp} = 0.23 \quad (\text{м})$$

Розрахункова товщина стінки апарата:

$$S_{\text{ап}} := \frac{p_{\text{р.а}} \cdot R_{\text{ср}}}{\sigma_{\text{д.ст}} \cdot \phi} + c \qquad S_{\text{ап}} = 1.422 \times 10^{-3} \text{ (м)}$$

З врахуванням можливих динамічних навантажень в апараті  
приймаємо товщину стінки чаші апарата:  $S_{\text{ап}} := 0.003 \text{ (м)}$

Ротор і ікребок збираються шляхом приварювання робочих частин (відповідно двох серповидних ножів і спеціальної форми лопаток) до втулок.

Стержень продуктової лопаті кріпиться тавровим швом до втулки, пластина до стержня приєднується теж приварюванням.

### 3.6. Розрахунок і підбір діаметрів вала приводу скребка кутера марки ИПКС-032

Значення діаметра вала на приводі шкребка розрахуємо з умови роботи його на кручення.

Допустиме напруження кручення:  $\tau_{\text{в2.д}} := 190 \cdot 10^6 \text{ (Па)}$

$$d_2 := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_3}{\pi \cdot \tau_{\text{в2.д}}}} \qquad d_2 = 0.012$$

Приймаємо з запасом:  $d_2 := 0.012 \text{ (м)}$

Приймаємо конструкцію шпонки- призматична зі скругленими кінцями.  
Розміри шпонки і пазів вибираєм згідно ГОСТ 23360-78. Матеріал шпонки-сталь 45 нормалізована.

Під веденим шківом із діаметром  $d_2 = 0.012$  (м) застосуємо шпонку

із геометричними розмірами:  $b_2 := 0.004$  (м)

$h_2 := 0.006$  (м)

$t_2 := 0.0025$  (м)

$l_2 := 0.020$  (м)

Допустиме напруження зминання для матеріалу шпонки приймаєм:

рівним  $\sigma_{зм.ш} := 250 \cdot 10^6$  (Па)

Напруження на шпонці:

$$\sigma_{зм.2} := \frac{2 \cdot M_3}{d_2 \cdot (h_2 - t_2) \cdot (l_2 - b_2)}$$

$$\sigma_{зм.2} = 2.116 \times 10^8 \quad (\text{Па})$$

Умова міцності виконується.

### 3.8. Розрахунок скребкової мішалки кутера марки ИПКС-032

З метою спрощення розрахунків розглянемо мішалку як вертикальну прямокутну. Лобова поверхня мішалки, яка витісняє рідину, в загальному випадку

$$F_{\text{л}} = b \cdot h \cdot \sin(\beta)$$

$b := 0.02$  довжина (виліт) лопатки, м

$h := 0.35$  глибина занурення лопатки, м

$\beta := \frac{\pi}{2}$  кут нахилу лопатки до напрямку руху

$$F_{\text{л}} := b \cdot h \cdot \sin(\beta) = 7 \times 10^{-3} \quad (\text{м}^2)$$

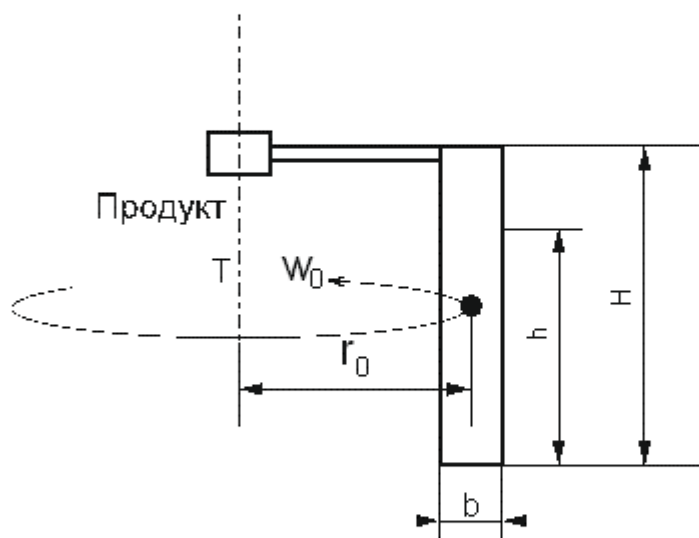


Рисунок 3.8. - Розрахункова схема скребка

Колова швидкість центра мас лопатки

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot r_0 \cdot n}{30}$$

$r_0 := 0.247$  віддаль від центра мас лопатки до осі обертання в м

$n := 15.6$  число обертів лопатки за хв.

$$\omega_0 := \frac{\pi \cdot r_0 \cdot n}{30} = 0.404 \quad (\text{м/с})$$

Вага рідини, яка витісняється лопаткою

$$G = F_{\text{л}} \cdot \omega_0 \cdot \gamma$$

$$\gamma := 1070 \quad \text{питома вага рідини в кг/м}^3$$

$$G := F_{\text{л}} \cdot \omega_0 \cdot \gamma = 3.022 \quad (\text{Н})$$

Лопатка, будучи спочатку нерухомою, отримавши задане число обертів і надавши при цьому рідині швидкість

$\omega_0$  виконує роботу, рівну живій силі, рухомої маси рідини, а саме

$$T = \frac{m \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{G \cdot \omega_0^2}{2 \cdot g} = \frac{F_{\text{л}} \cdot \omega_0^3 \cdot \gamma}{2 \cdot g}$$

$m$  маса рідини в кг\*с<sup>2</sup>/м

$g$  прискорення земного тяжіння, м/с<sup>2</sup>

Як виявляється, лопата при одній і тій же поверхні  $F_{\text{л}}$  виконує різну роботу, яка залежить від відношення  $\frac{b}{h}$  Тому дійсна витрата роботи на одну лопатку для досягнення  $n$  обертів на хвилину

$$T_1 = \frac{\phi \cdot F_{\text{л}} \cdot \omega_0^3 \cdot \gamma}{2 \cdot g}$$

де  $\phi$  коефіцієнт форми лопаток. Для прямокутних лопаток  $\phi$  визначається відношенням  $\frac{b}{h}$

b/h	1	2	4	10	18	18 → 18
φ	1.1	1.15	1.19	1.29	1.4	2.0

Для проміжних значень коефіцієнт  $\phi$  знаходиться шляхом  
 прямолінійної інтерполяції.  $\frac{b}{h} = 0.057$ . Тоді  $\phi := 1.024$

$$T_1 := \frac{\phi \cdot F_{\text{л}} \cdot \omega_0^3 \cdot \gamma}{2 \cdot 9.81} = 0.026$$

Для вертикальних прямокутних мішалок, коли  $b = \frac{D_2 - D_1}{2}$  потужність,  
 яка споживається мішалкою в пусковий період, буде

$$N_{\text{Г}} = 3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\phi \cdot z \cdot h}{\eta} \cdot (D_2^4 - D_1^4) \cdot n^3 \cdot \gamma \quad \text{кВт}$$

$D_2 := 0.528$  приведений діаметр кола, описаного зовнішньою стороною  
 мішалки, м

$D_1 := 0.48$  приведений діаметр кола, описаного внутрішньою стороною  
 мішалки, м

$z := 1$  число лопатей.

$$N_{\text{Г}} := 3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\phi \cdot z \cdot h}{\eta} \cdot (D_2^4 - D_1^4) \cdot n^3 \cdot \gamma = 0.12 \quad (\text{кВт})$$

### 3.9 Технічна експлуатація кутера марки ИПКС-032

Перед тим, як увімкнути кутер, треба витримати необхідні вимоги з  
 безпеки.

Кожного дня треба здійснювати контроль рівня машинного мастила у  
 двигуні-редукторі та за потреби долити його до рівня, зазначеного у техніко-  
 експлуатаційній документації.

У випадку, коли з моменту вироблення кутера ИПКС-32, його монтажу та  
 підключення минуло понад пів року, то скребки мішалки треба демонтувати і

виконати їх санітарно-гігієнічну обробку, наприклад шляхом кип'ятитіння у воді 100...120 хв.

Теплообмінна сорочка кутера зроблена з тонкої листової корозостійкої сталі. У зв'язку з цим суттєвий надлишковий тиск в ній може стати причиною деформації, аж до формування тріщин у місцях, де є зварні шви.

Щоб уберегтись від такого роду небезпечностей у процесі монтування та налаштування кутера перед роботою слід:

- подачу теплої та холодної води під напором треба здійснювати так, щоб тиск у теплообмінній сорочці був не більшим 0,2 МПа;
- запірна арматура трубопроводної обв'язки має бути у положенні «відкрито» відповідно до теплоносія, який подається.

Особлива увага приділяється контролю системи автоматики, керуючої електроніки і захисного блокування електродвигунів приводу ножового вала та скребка, для чого виконуються наступні дії:

- увімкнути на електрощитку подачу струму до електросистеми кутера за допомогою окремого пакетника, у позицію "Вкл", одночасно з цим повинна засвітитись зелена лампочка з написом «Струм»;
- виконати пульсуючий, тривалістю 2...3с запуск електродвигунів ножового вала і скребкової мішалки, натиснувши для цього послідовно пускові (чорного кольору) та зупинки (червоного кольору) кнопки під написами "Ніж", "Скребок".

Після вмикання електродвигуни приводу ножового вала, скребка та вакуумнасоса повинні почергово вмикатися і зупинятися, при цьому засвічуватися і гаснути відповідні лампочки.

Після натискання пускової кнопки (чорна) біля напису " Скребок " приводиться в рух скребкова мішалка. Далі слід відкрутити фіксатори кришки робочої чаші і акуратно трішки припідняти кришку, приблизно на 5...10 см. Скребок має припинити обертатись. Таку перевірку рекомендовано виконувати 5 разів підряд. Відмови є неприпустимими.



Наступним з допомогою викрутки на цифровому терморегуляторі регулюють значення максимальної температури нагріву та мінімальної температури:

Робочу місткість, ножі, кришку і скребкову мішалку слід утримувати чистими, періодично здійснювати їх дезінфекцію. Також періодично від бруду треба очищати елементи рами, приводу і систем керування.

Час від часу треба контролювати натяг кріпильних елементів і за потреби дотягувати болти, шпильки та гайки.

Всі регламентні і ремонтні роботи треба робити згідно графіка ППР.

Залежно від глибини пошкодження і зношення частин і трудомісткості ремонту виділяють види ремонтних робіт: поточний, середній і капітальний.

Поточний ремонт. Виконується при експлуатації кутера марки ИПКС-032 для забезпечення його здатності виконувати основні технологічні операції. Під час поточного ремонту кутера демонтують, розбирають і вибраковуюють окремі збірні одиниці певного вузла, в котрих виявлені неполадки; здійснюють огляд та ремонт або заміну швидкозношуваних деталей та робочих елементів кутера; змащують підшипники приводу та механізму вивантаження (перекидання чаші).

Поточний ремонт призначений для забезпечення стабільної експлуатації кутера марки ИПКС-032 до наступного планового ремонту. Поточний ремонт реалізують силами обслуговуючих робітників та представників спеціальних ремонтних служб по місцю монтажу кутера. Поточний ремонт проводять регулярно згідно графіка протягом робочого циклу підприємства під час планових зупинок кутера або лінії майонезних соусів.

При середньому ремонті кутера здійснюють повне його розбирання з демонтажем всіх агрегатів, систем та вузлів з наступною заміною всіх спрацьованих елементів.

Капітальний ремонт. Здійснюють для максимальної (повної чи майже повної) реставрації робочого ресурсу кутера марки ИПКС-032 з послідуною заміною чи регенерацією і налаштуванням його частин. Під час капітального ремонту кутер повністю підлягає розбиранню з послідуною заміною чи

відновленням збірних одиниць та елементів, після чого його складають, налаштовують, проводять виробничі випробування і рекомендують до роботи в складі лінії майонезних соусів.

Капітальний ремонт кутера виконують без демонтажу з основного місця. Під час капітального ремонту здійснюють також всі види робіт, які є у переліку поточних ремонтних робіт.

Майонезні соуси виготовляють на підприємствах з неперервним режимом роботи, тому капремонт кутера марки ИПКС-032 виконують протягом планових зупинок лінії.

#### 4. Дослідження впливу конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного

##### 4.1. Постановка завдань дослідження.

Дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки в процесі обробки соусу майонезного будемо виконувати із використанням модуля Simulation САПР SolidWorks. При цьому на початковій стадії досліджень виконуємо формування твердотілих тривимірних моделей скребка мішалки, після чого з них формуємо файл зі зборкою даного вузла.

При моделюванні розглядались два варіанти профіля скребкової мішалки: 25x10 мм (базовий) (рис. 4.1) і 20x10 (пропонований) (рис.4.2). Виходячи з того, що основна задача перемішування майонезного соусу виконується вузлом ножового вала, а скребкова мішалка в основному відповідає за відсутність пригоряння продукту в процесі термообробки, а також, якщо взяти до уваги той факт, що майонезні соуси мають порівняно невисоку в'язкість і навантаження на скребок не повинно бути значним, можна зробити висновок про доцільність облегшення конструкції скребка.

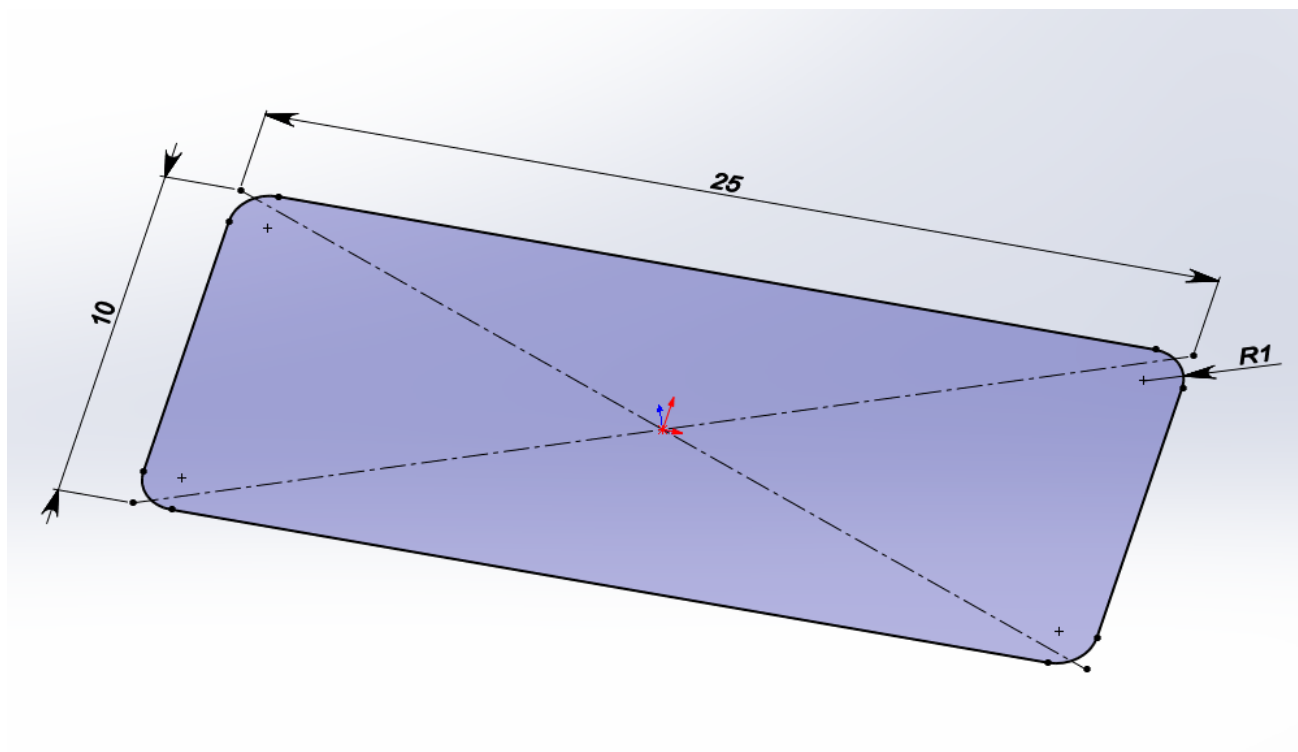


Рис. 4.1 – Базовий профіль скребка мішалки кутера марки ИПКС-032.

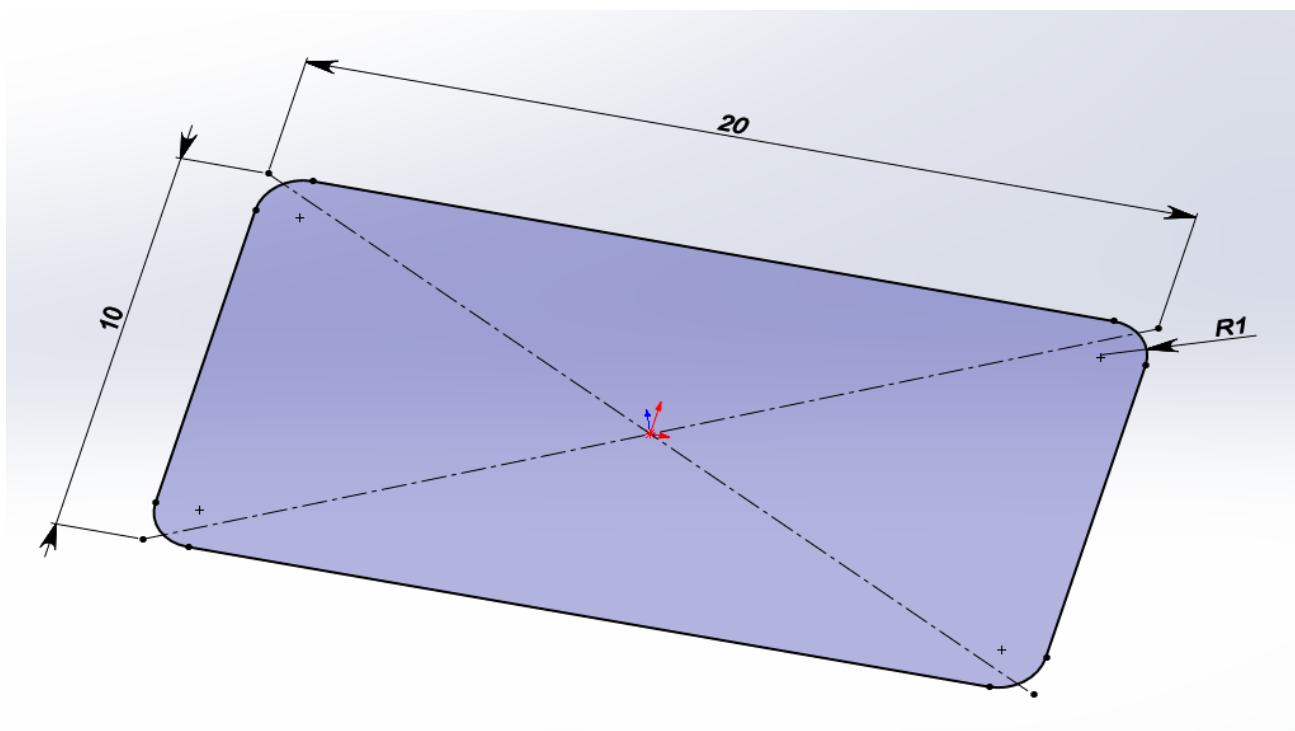


Рис. 4.2 – Облегшений профіль скребка мішалки кутера марки ИПКС-032.

Було прийнято рішення змодельювати роботу обох варіантів профілю під навантаженням при перемішуванні майонезного соусу. Пропоновані варіанти порівнювались у виробничих умовах. Було виконано контрольні виробітки майонезу «Провансаль» і соусу «Тартар» згідно технологічної інструкції із заміром органолептичних характеристик продукту, які були отримані практично ідентичними і відповідали вимогам, записаним у ТУ.

#### 4.2. Результати моделювання скребкової мішалки

Спрощена розрахункова схема скребкової мішалки з виконаним рознесенням деталей для повноти уяви представлена на рис. 4.3.

На рис. 4.4. представлена розрахункова сітка, розміри комірок якої є різними і були вибрані з урахуванням специфіки геометрії вузла скребкової мішалки.

На рис.4.5 – рис.4.17 наведено результати розрахунків для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка скребкової мішалки 25 і 20 мм. відповідно до поставленого завдання.

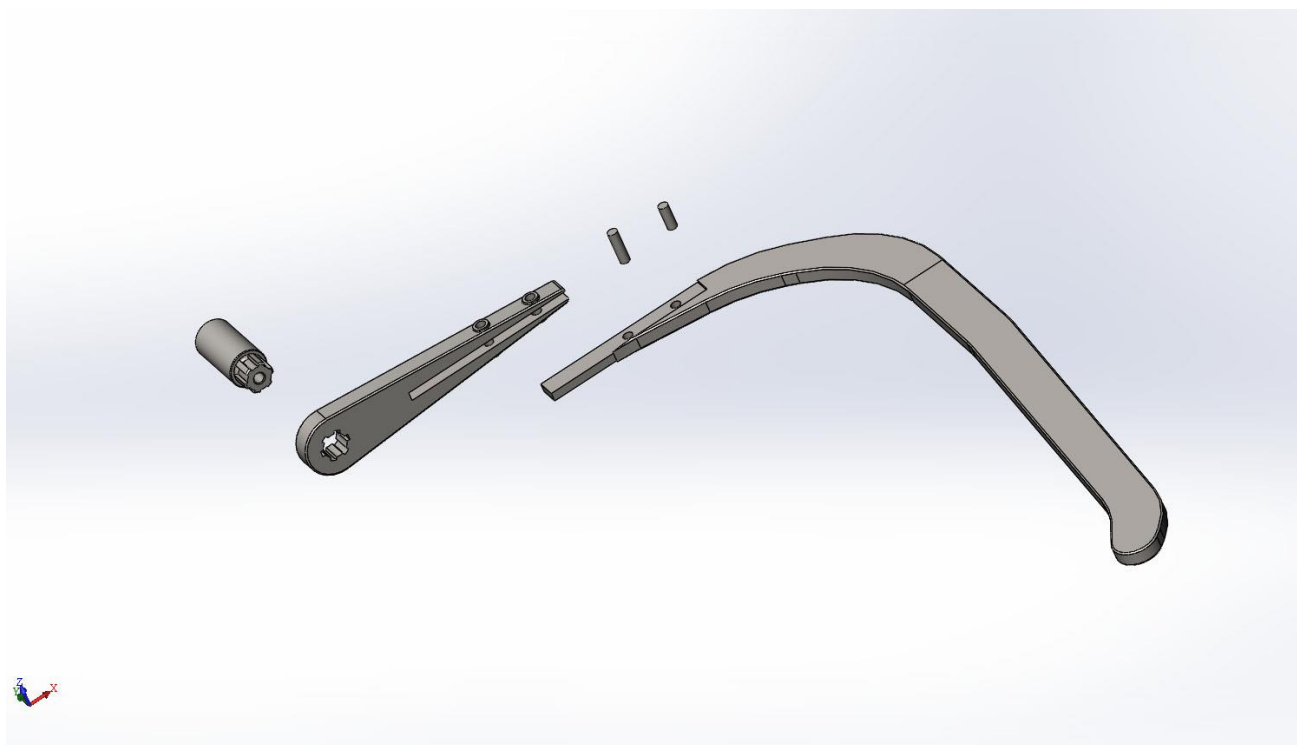


Рис. 4.3 - Спрощена розрахункова схема скребкової мішалки

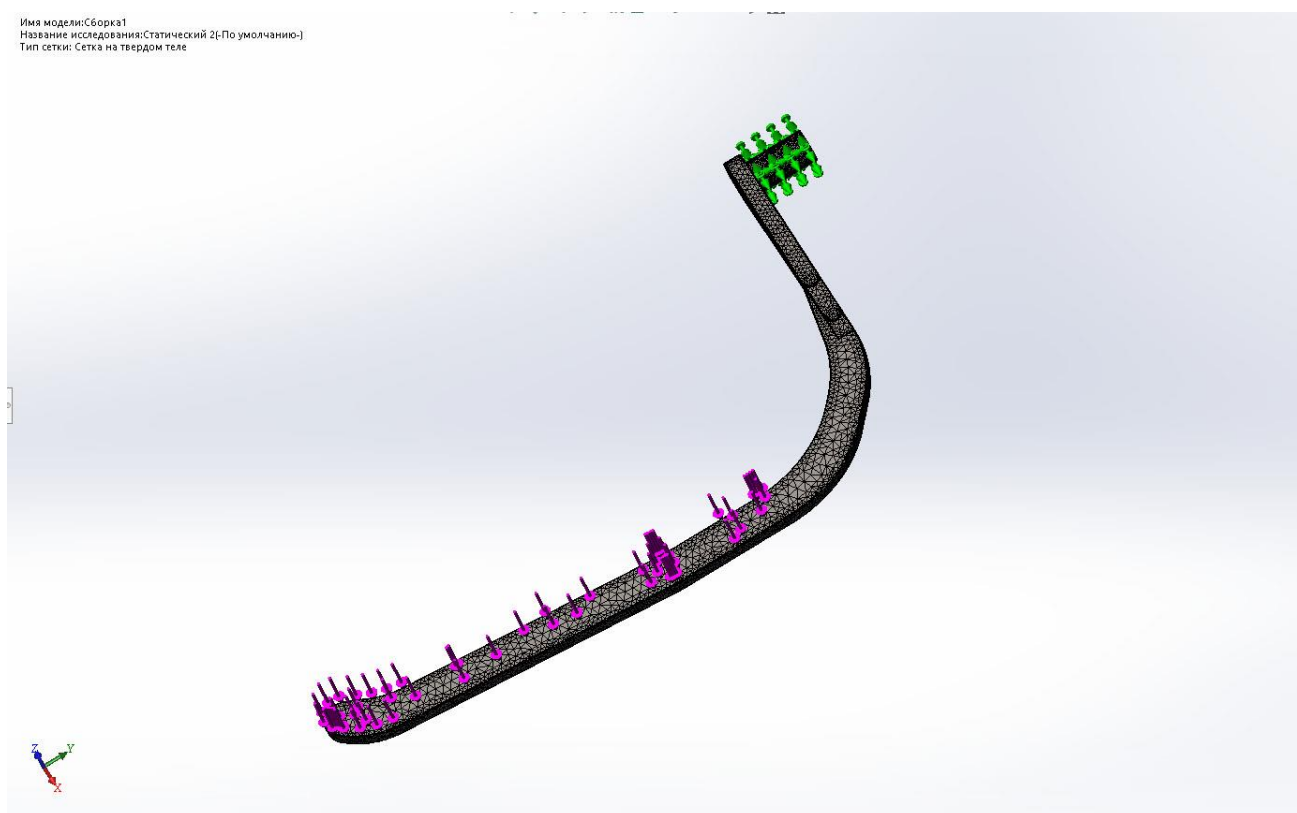


Рис. 4.4 - Розрахункова сітка скребкової мішалки

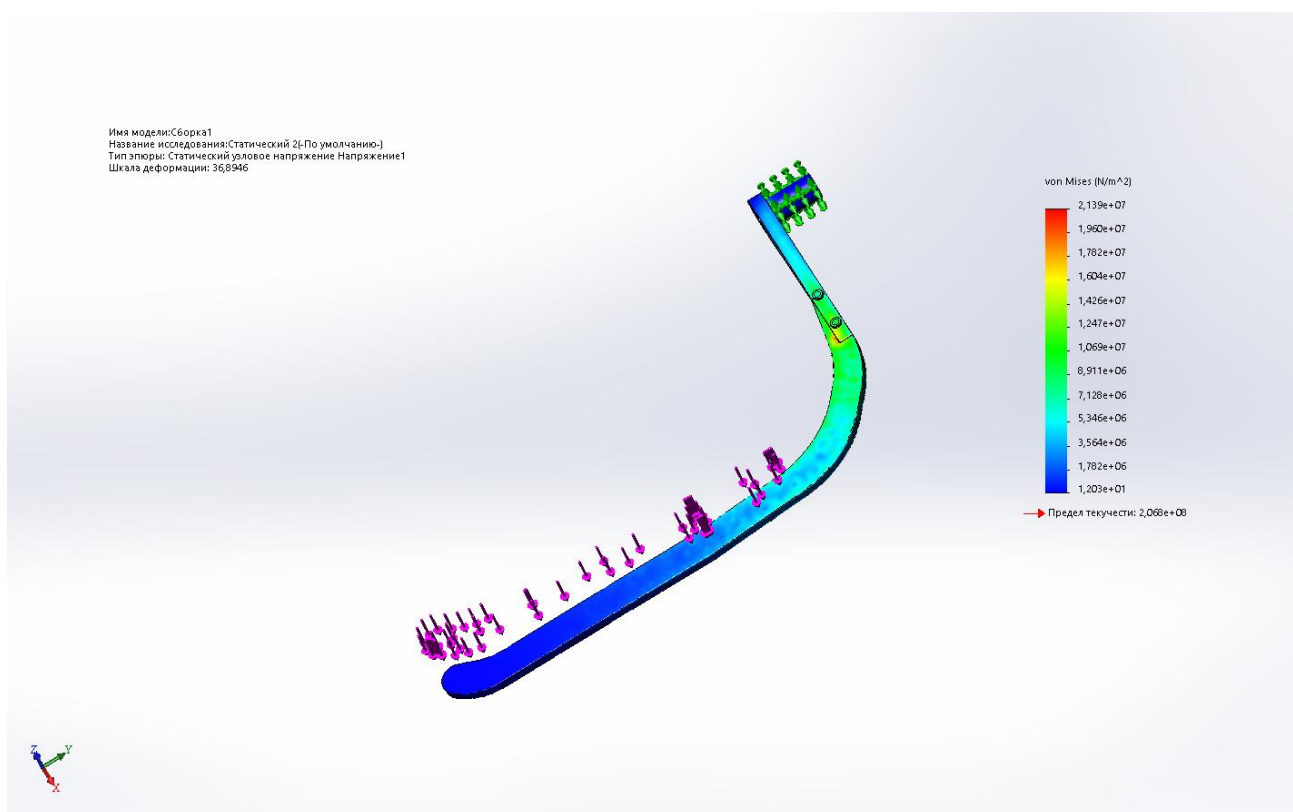


Рис. 4.5 - Напряжения за фон Мизесом у скребку мѣшалки для майонезного соуса «Тартар» при ширинѣ скребка 25 мм

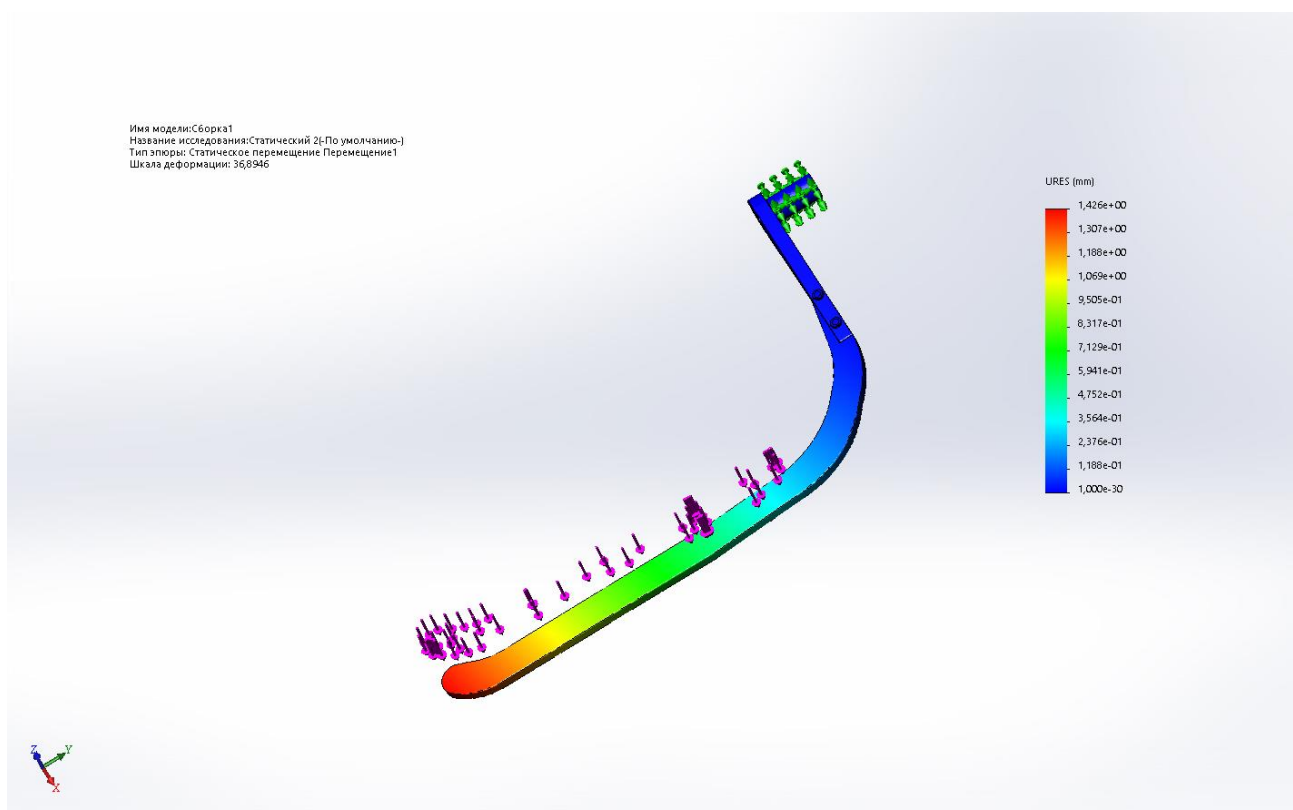


Рис. 4.6 – Лінійні переміщення у скребку мішалки для майонезного соусу  
«Тартар» при ширині скребка 25 мм

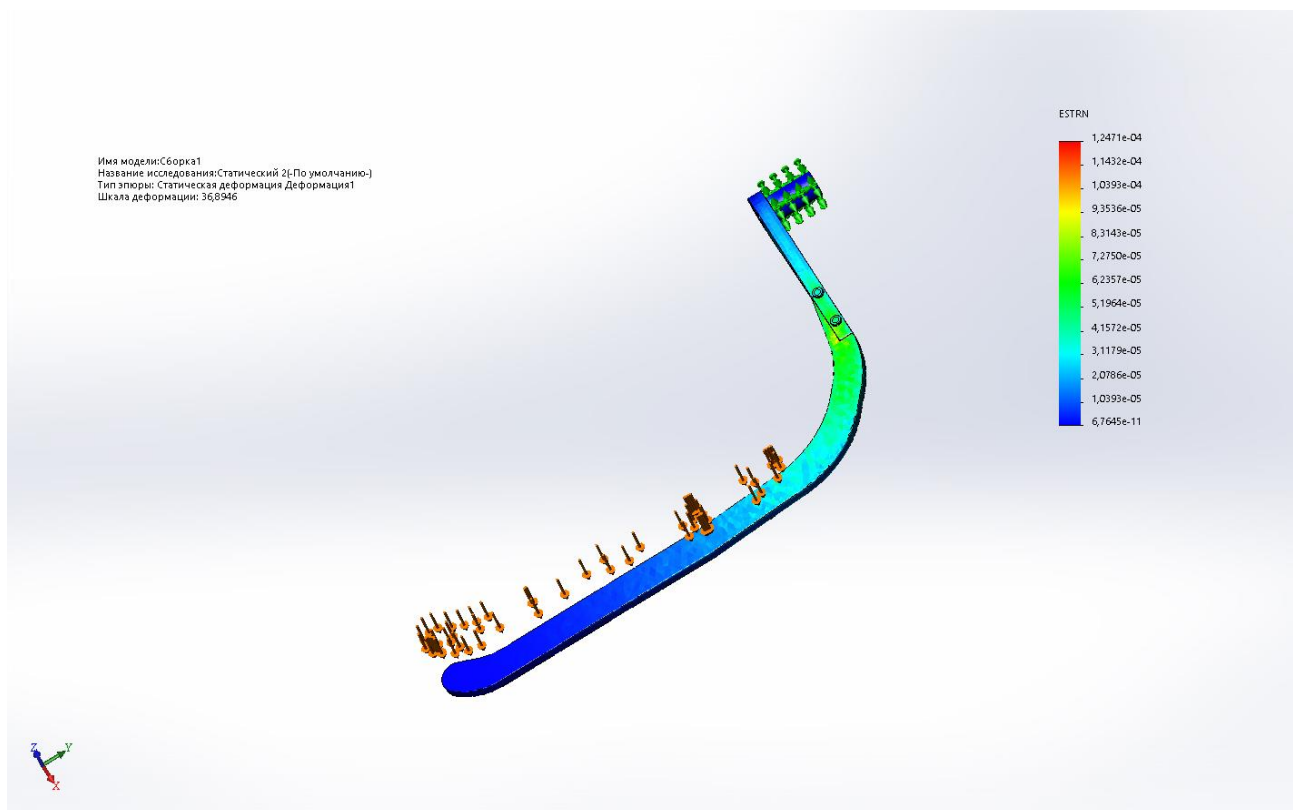


Рис. 4.7 – Статичні деформації у скребку мішалки для майонезного соусу  
«Тартар» при ширині скребка 25 мм

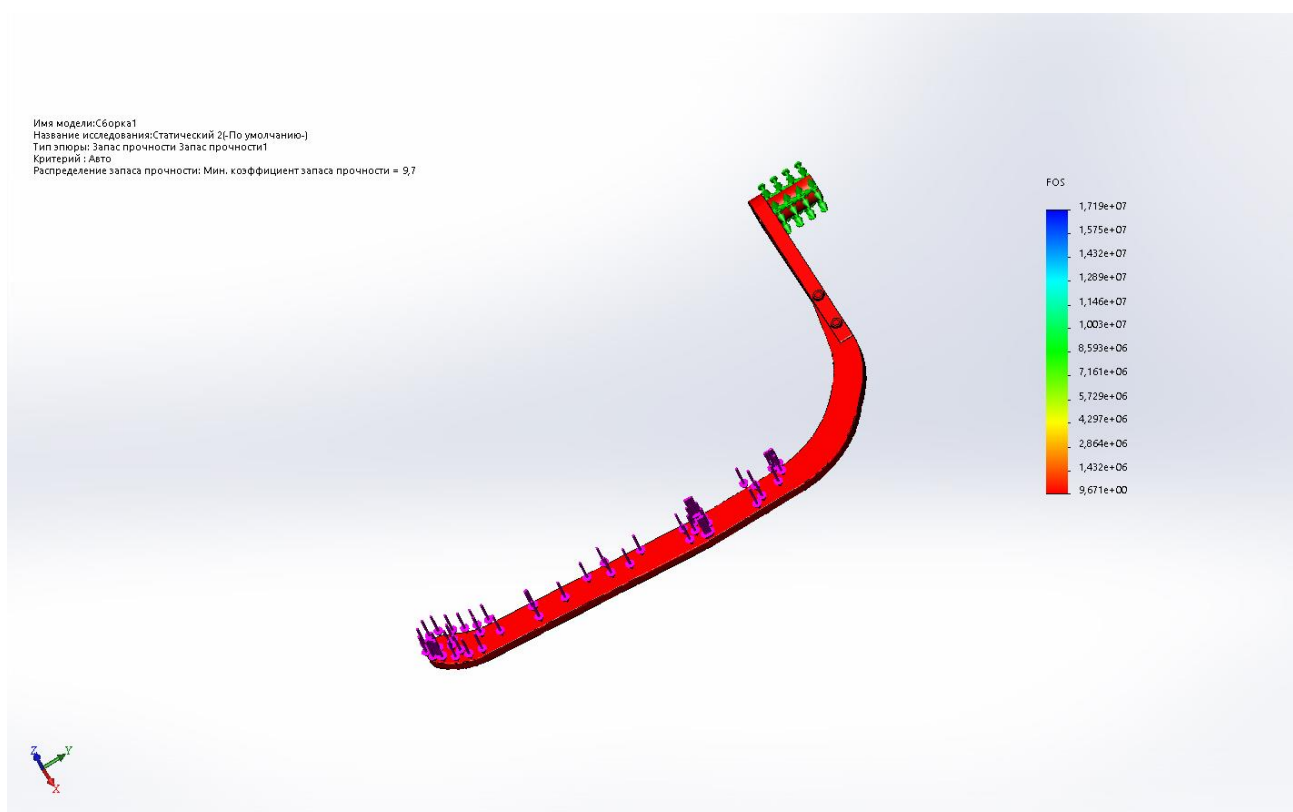


Рис. 4.8 – Запас міцності скребка мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 25 мм

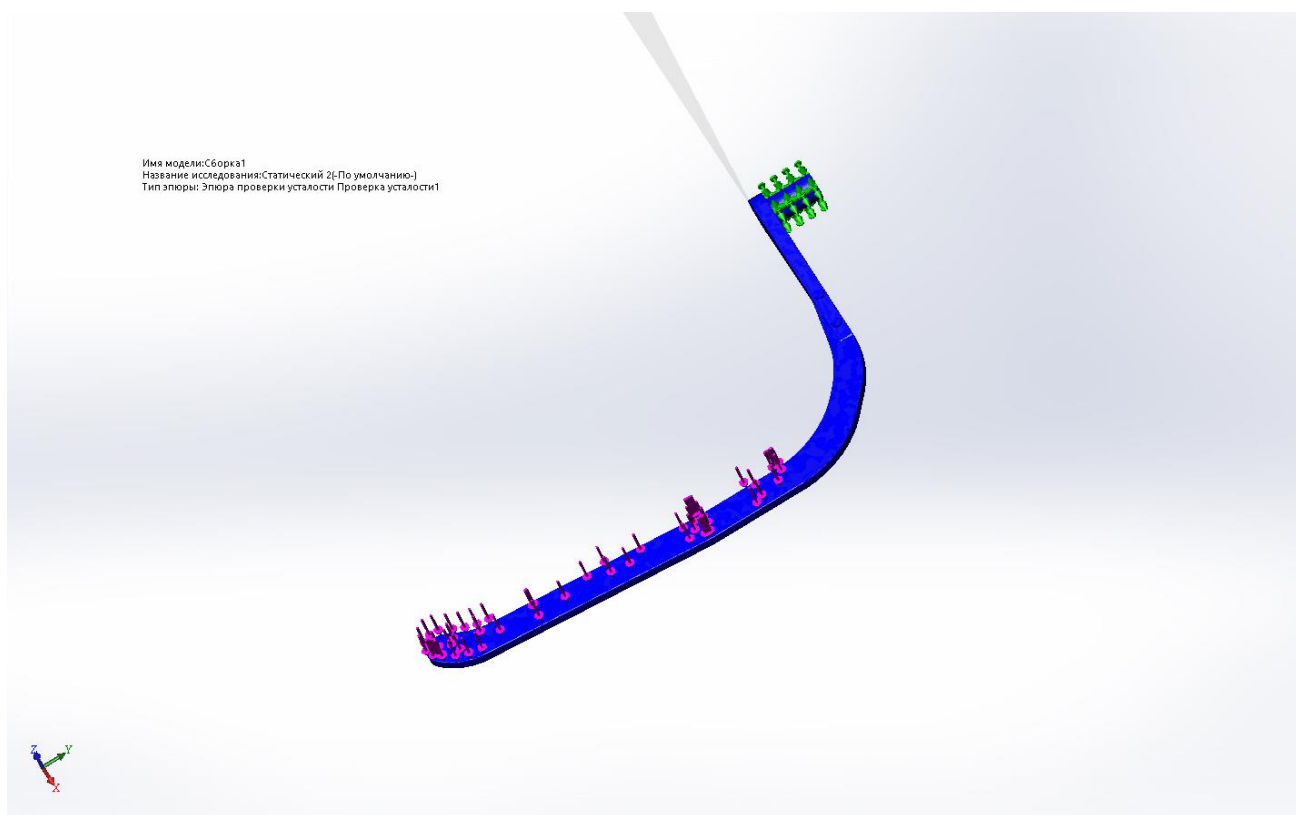


Рис. 4.10 – Епюра перевірки втоми скребка мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 25 мм



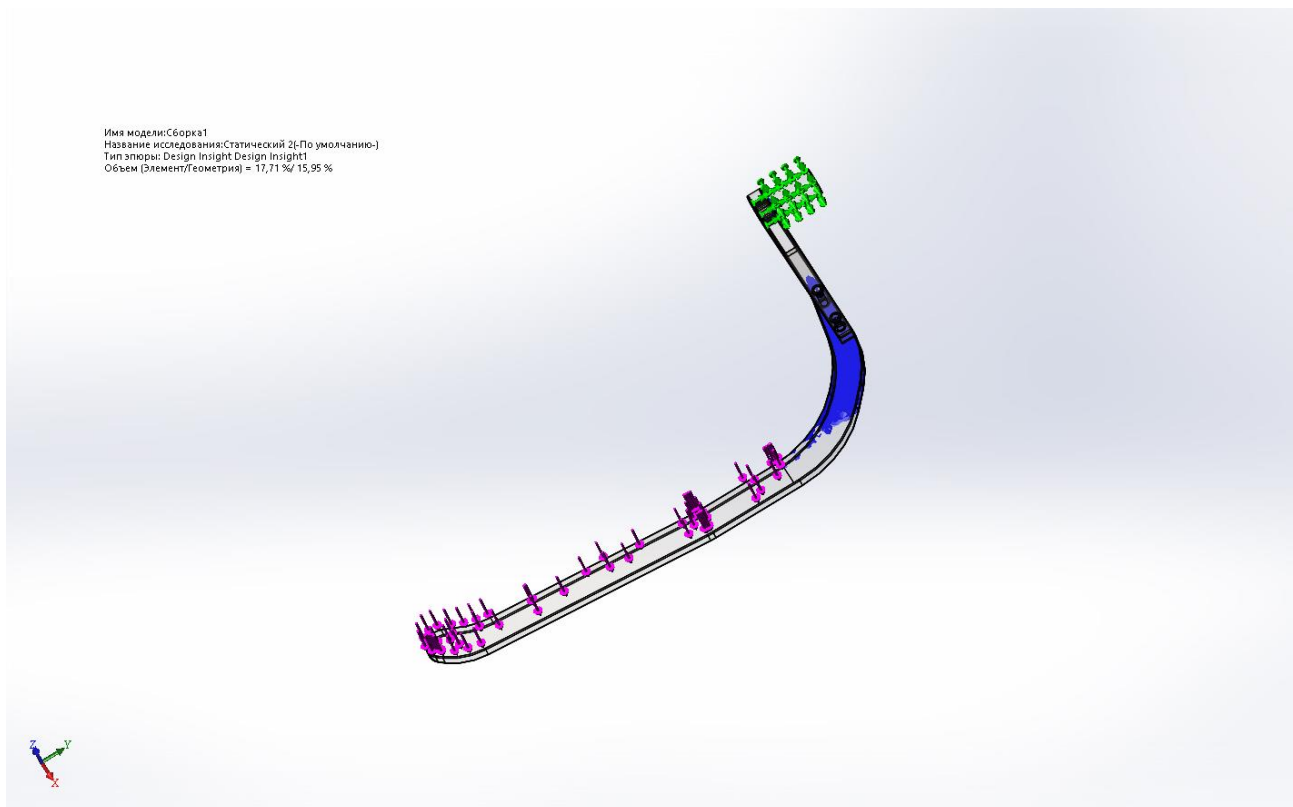


Рис. 4.11 – Епюра design insight скребка мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 25 мм

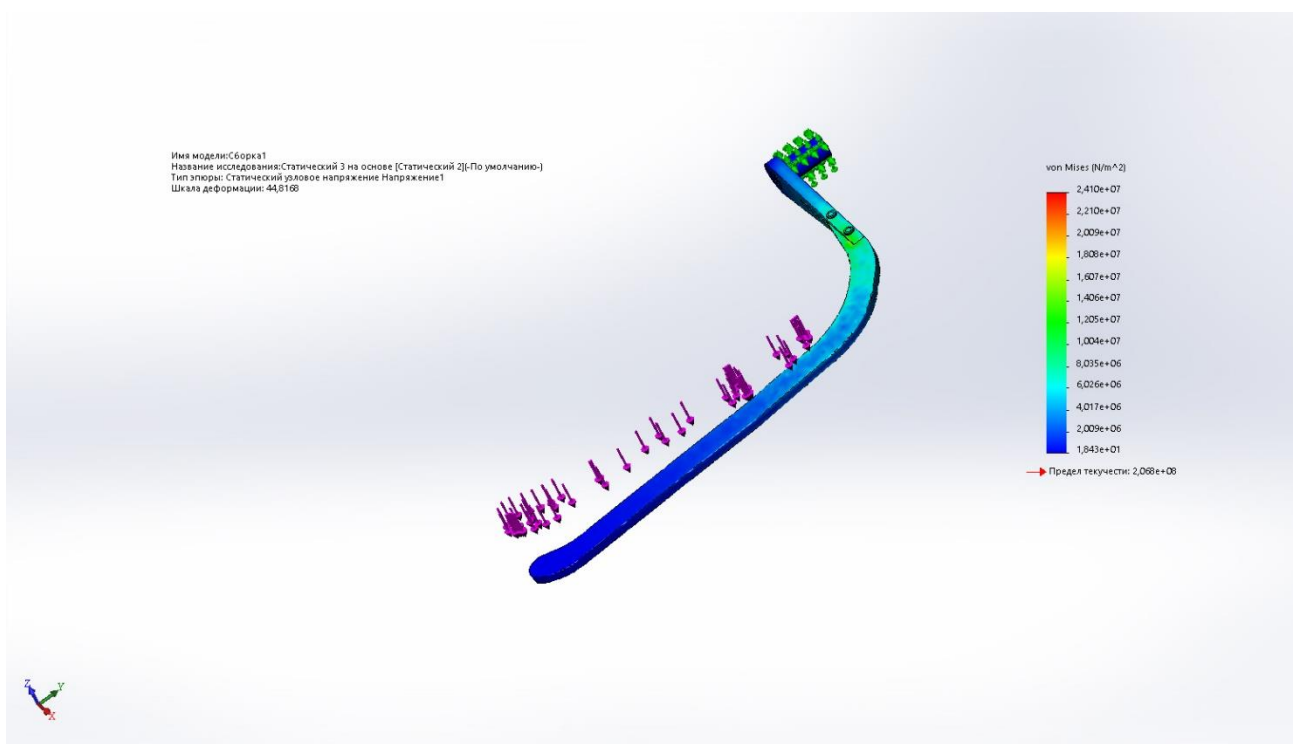


Рис. 4.12 - Напруження за фон Мізесом у скребку мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 20 мм

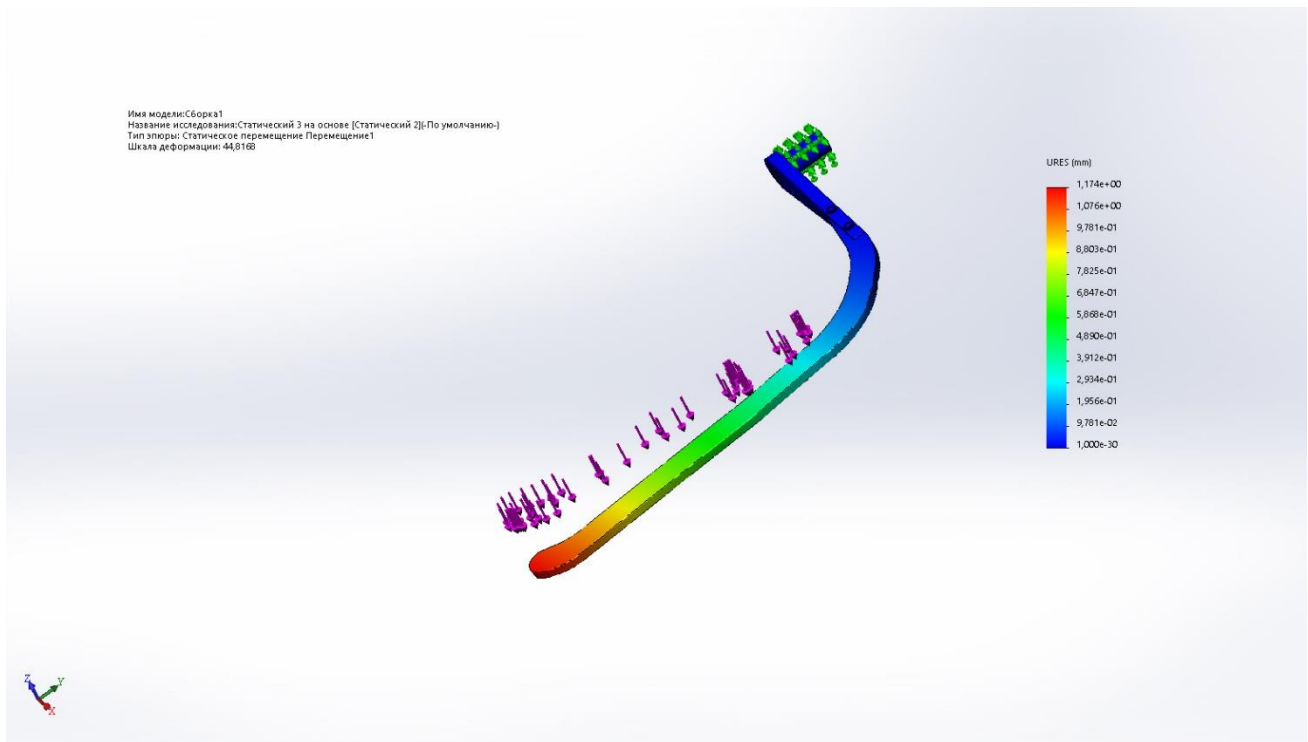


Рис. 4.13 – Лінійні переміщення у скребку мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 20 мм

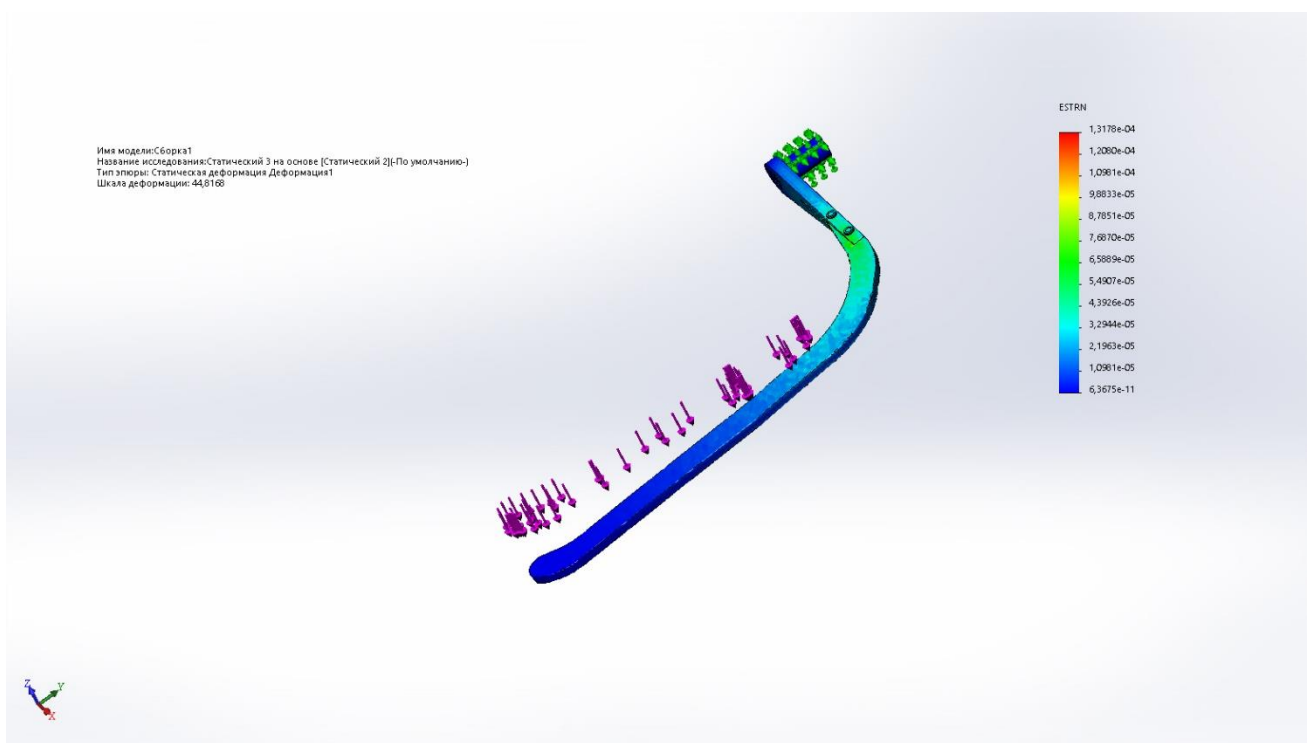


Рис. 4.14 – Статичні деформації у скребку мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 20 мм

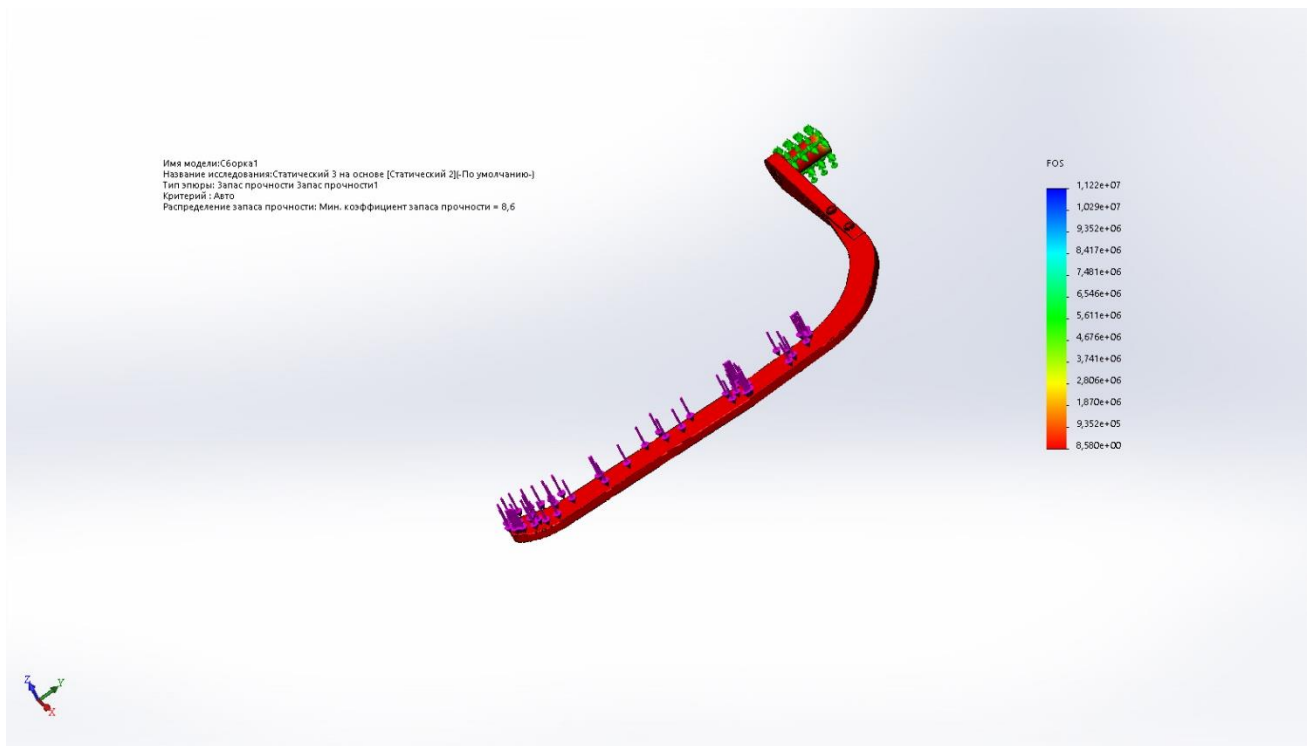


Рис. 4.15 – Запас міцності скребка мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 20 мм

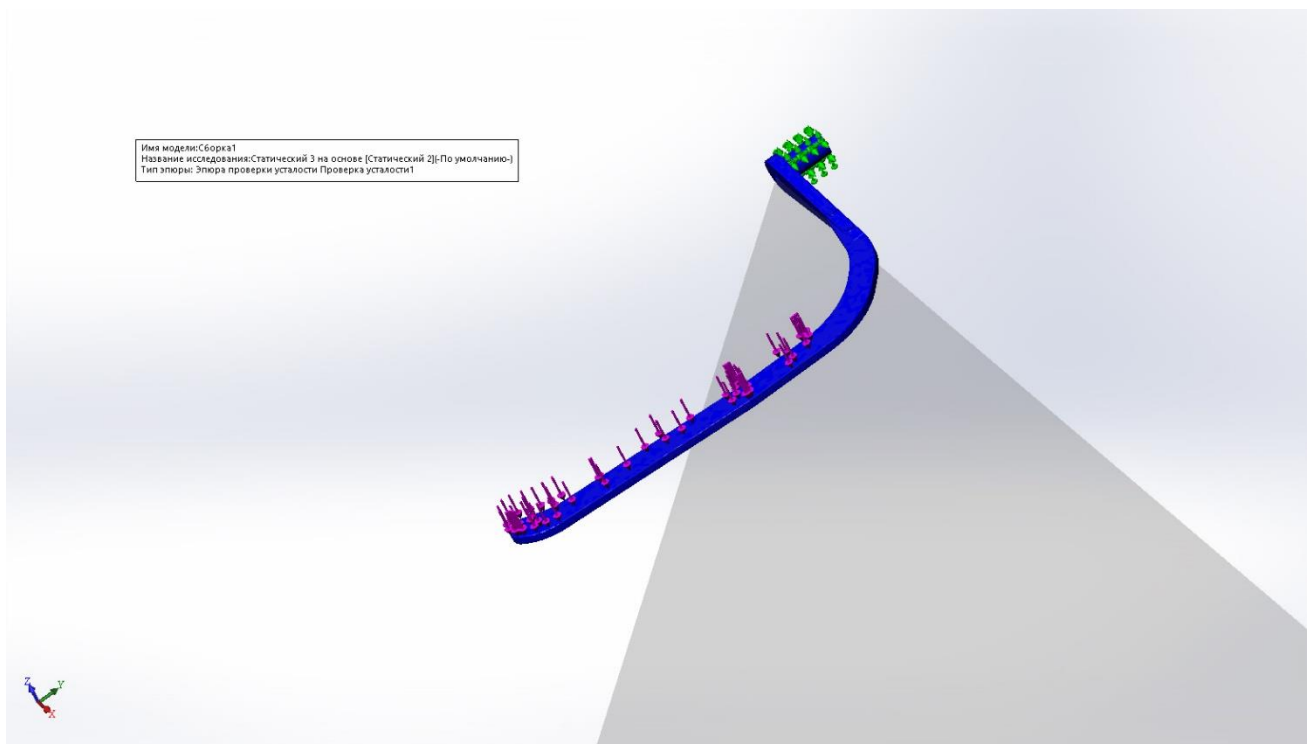


Рис. 4.16 – Епюра перевірки втоми скребка мішалки для майонезного соусу «Тартар» при ширині скребка 20 мм

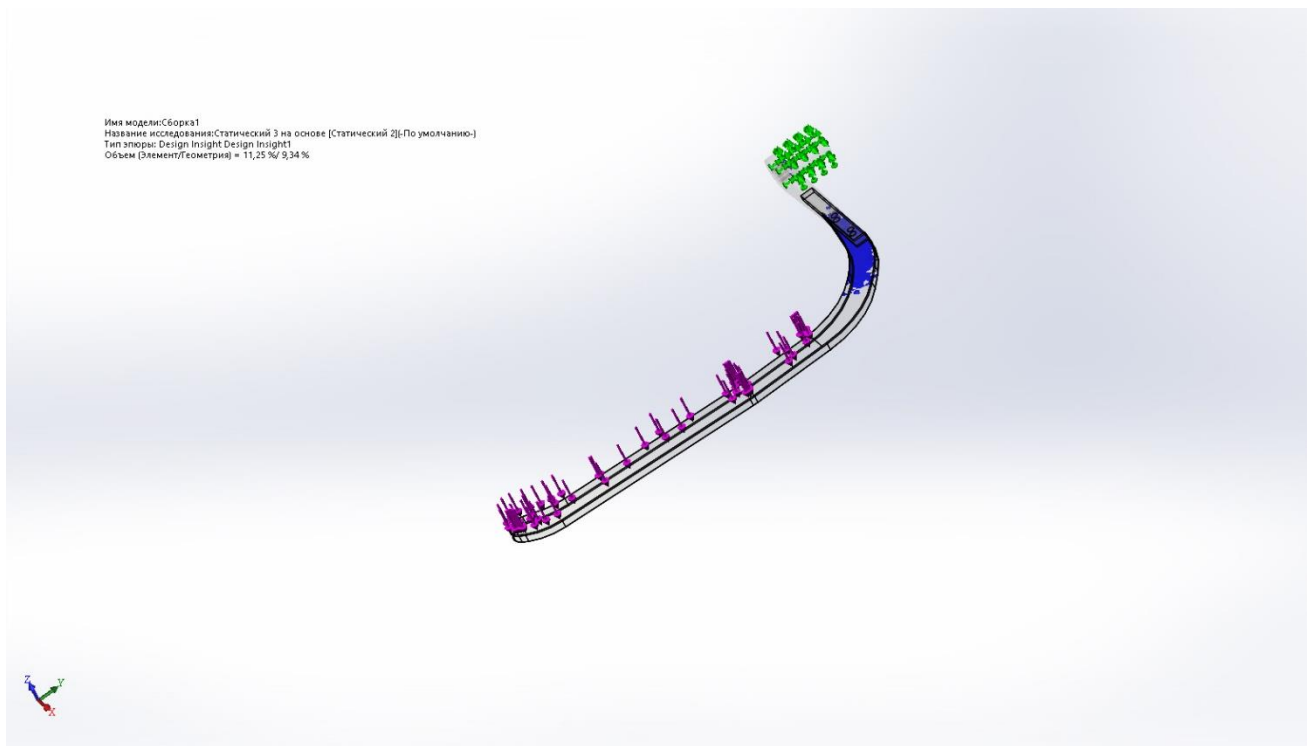


Рис. 4.17 – Епюра design insight скребка мішалки для майонезного соусу  
«Тартар» при ширині скребка 20 мм

#### 4.3. Результаты моделирования ножів ножового вала

Для забезпечення інтенсивнішої циркуляції майонезного соусу в чаші в ході вдосконалення конструкції ножового вала виконано поворот і нахил ножів на 15 градусів. Причому, після аналізу діючих силових факторів було запропоновано форсувати кромку не тільки ріжучої сторони серповидних ножів, а і тильної їх сторони. За всіма ознаками це дозволить зменшити навантаження на ножі і таким чином буде хорошою передумовою збільшення довговічності їхньої експлуатації.

Схема встановлення ножів на валу представлена на рис. 4.18.

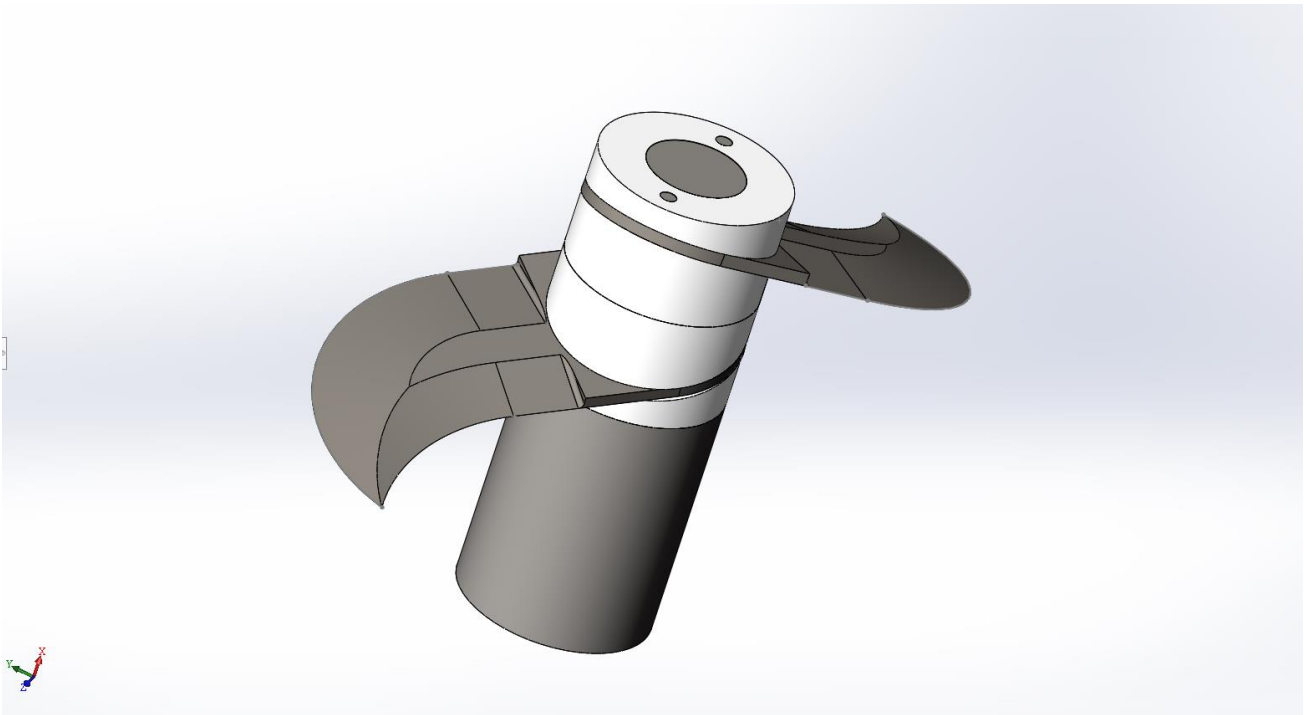


Рис. 4.18 - Схема встановлення ножів на ножовому валу

На рисунку 4.19 представлено ескіз базової конструкції ножа з одною сформованою кромкою. На рисунку 4.20 показано сформовану сітку для аналізу силових факторів при обробленні майонезних соусів у кутері ИПКС-32 ножами з одною сформованою кромкою.

Результати моделювання ножа з одною сформованою кромкою під навантаженням представлено на рисунках 4.21 – 4.26.

На рисунку 4.27 представлено ескіз базової конструкції ножа з двома сформованими кромками. На рисунку 4.28 показано сформовану сітку для аналізу силових факторів при обробленні майонезних соусів у кутері ИПКС-32 ножами з двома сформованими кромками.

Результати моделювання ножа з двома сформованими кромками під навантаженням представлено на рисунках 4.29 – 4.34

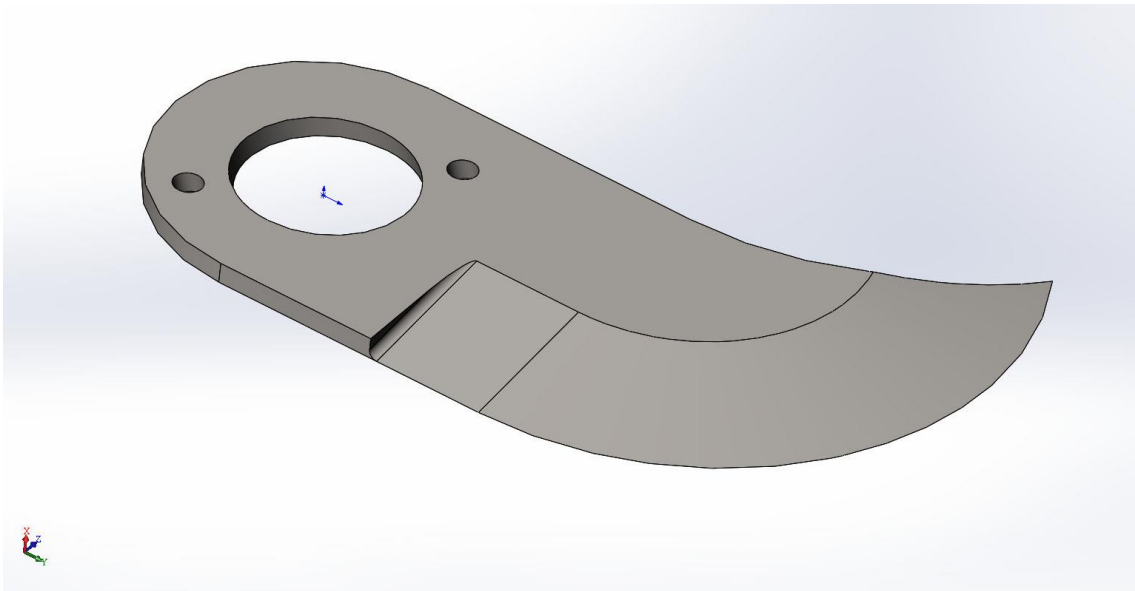


Рис. 4.19 - Базова конструкція ножа з одною сформованою кромкою

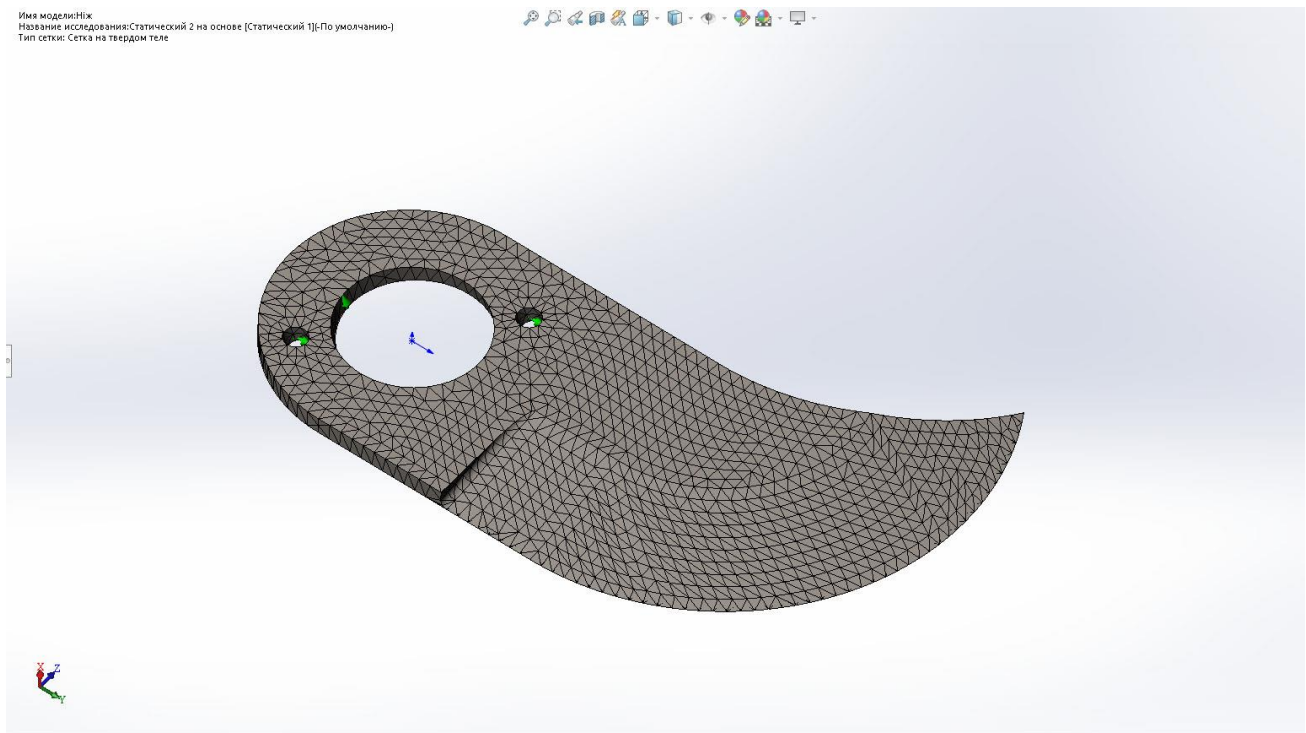


Рис. 4.20 - Розрахункова сітка ножа з одною сформованою кромкою

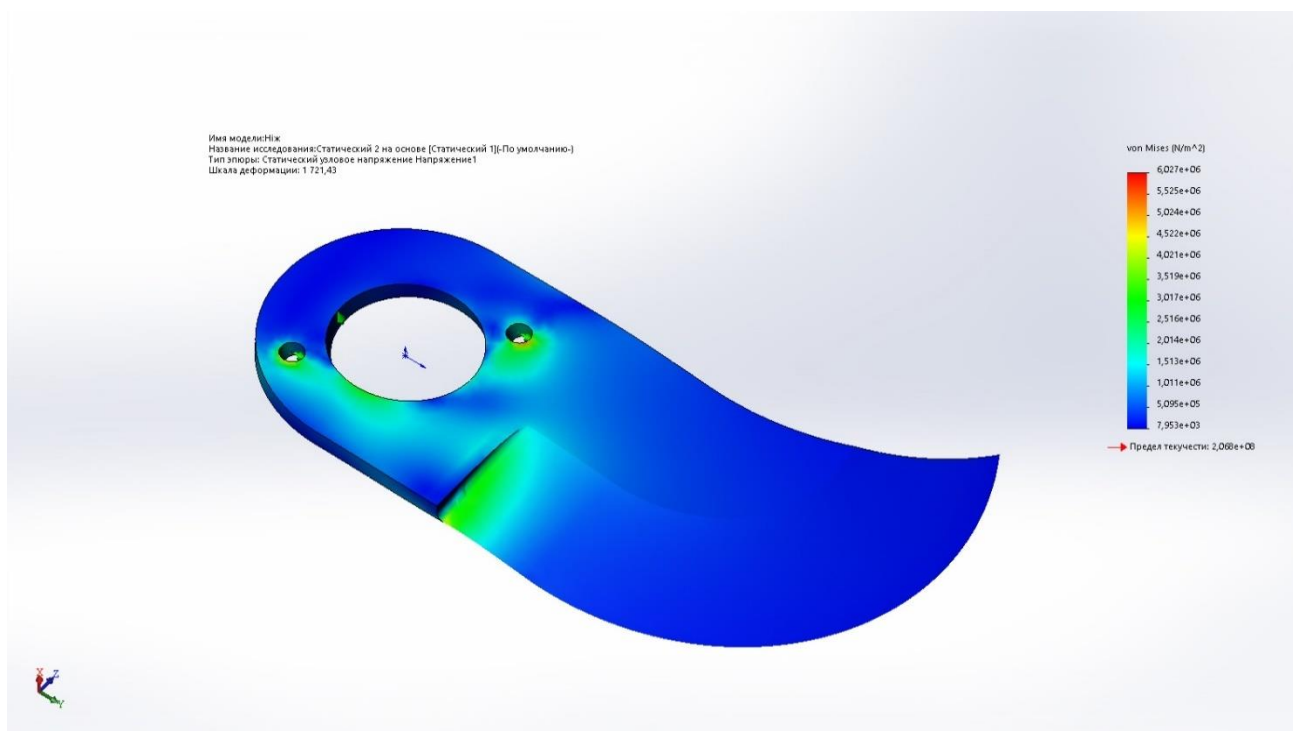


Рис. 4.21 - Напряжения за фон Мізесом для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»

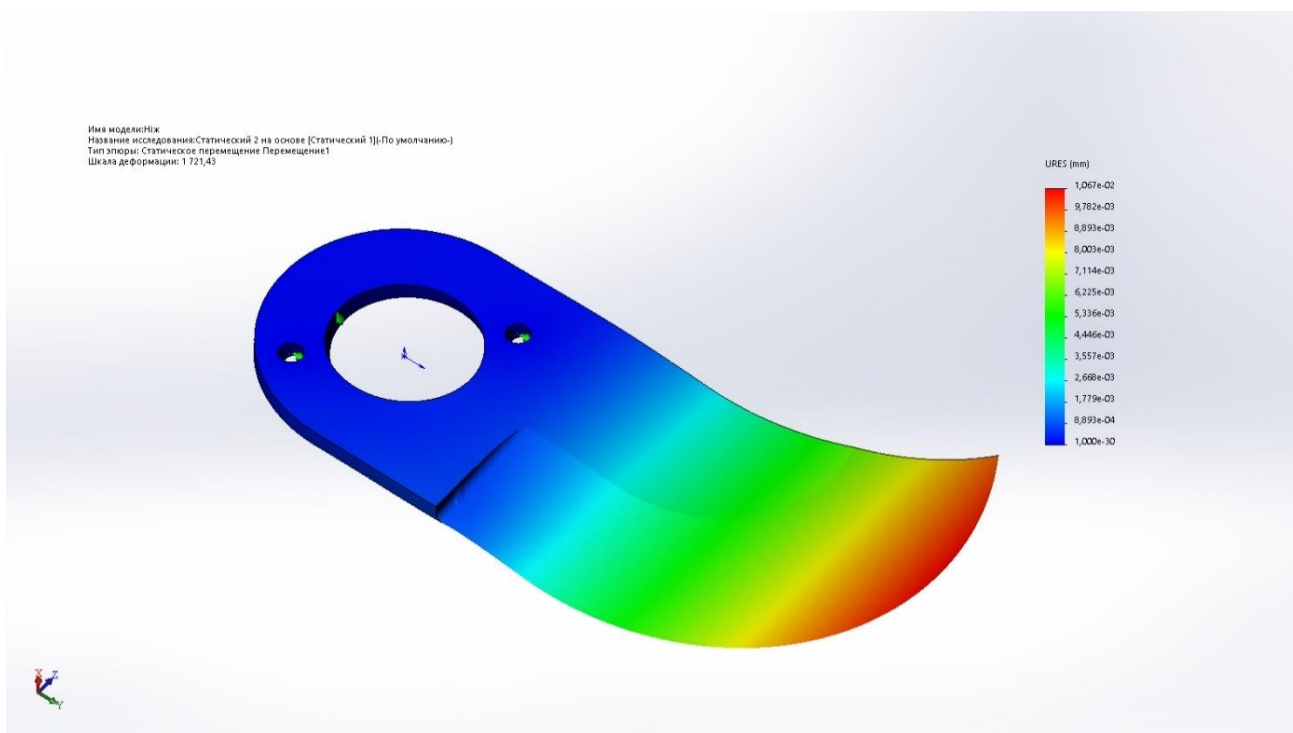


Рис. 4.22 – Лінійні переміщення для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»

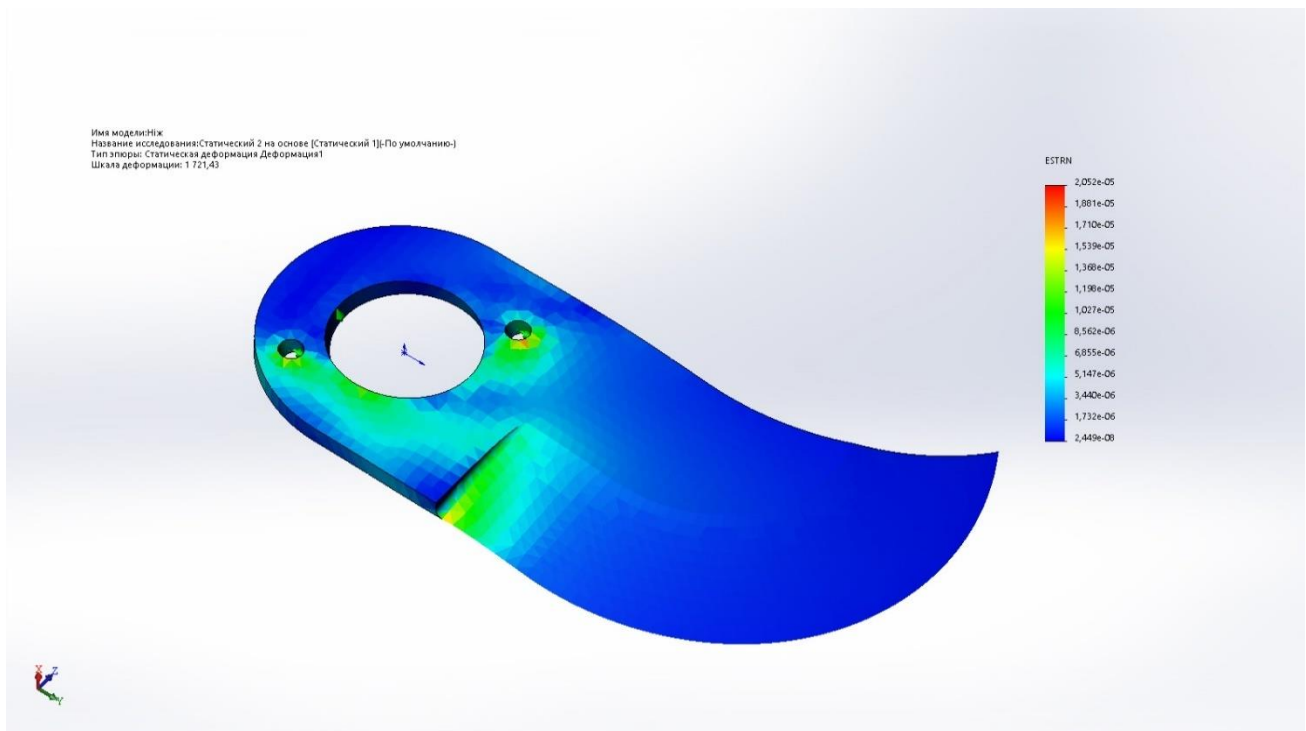


Рис. 4.23 – Статичні деформації для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»



Рис. 4.24 – Запас міцності для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»



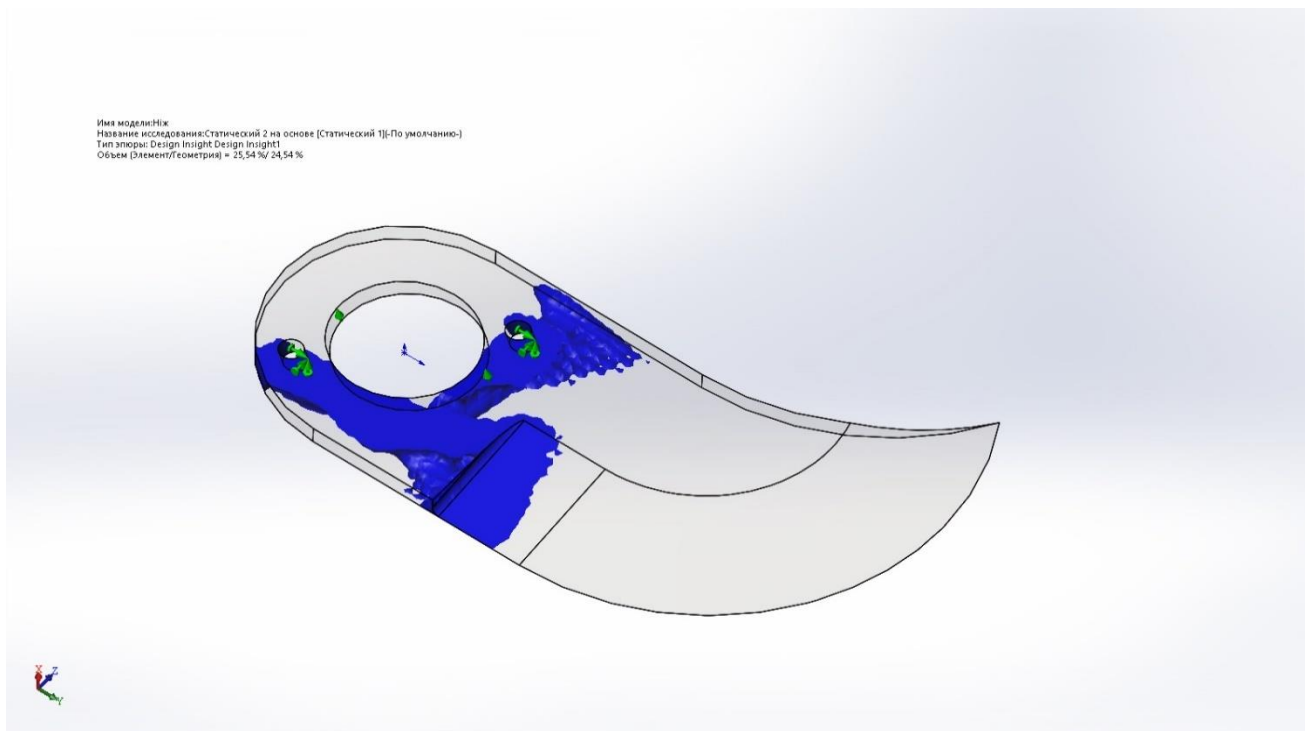


Рис. 4.25 – Епюра design insight для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»

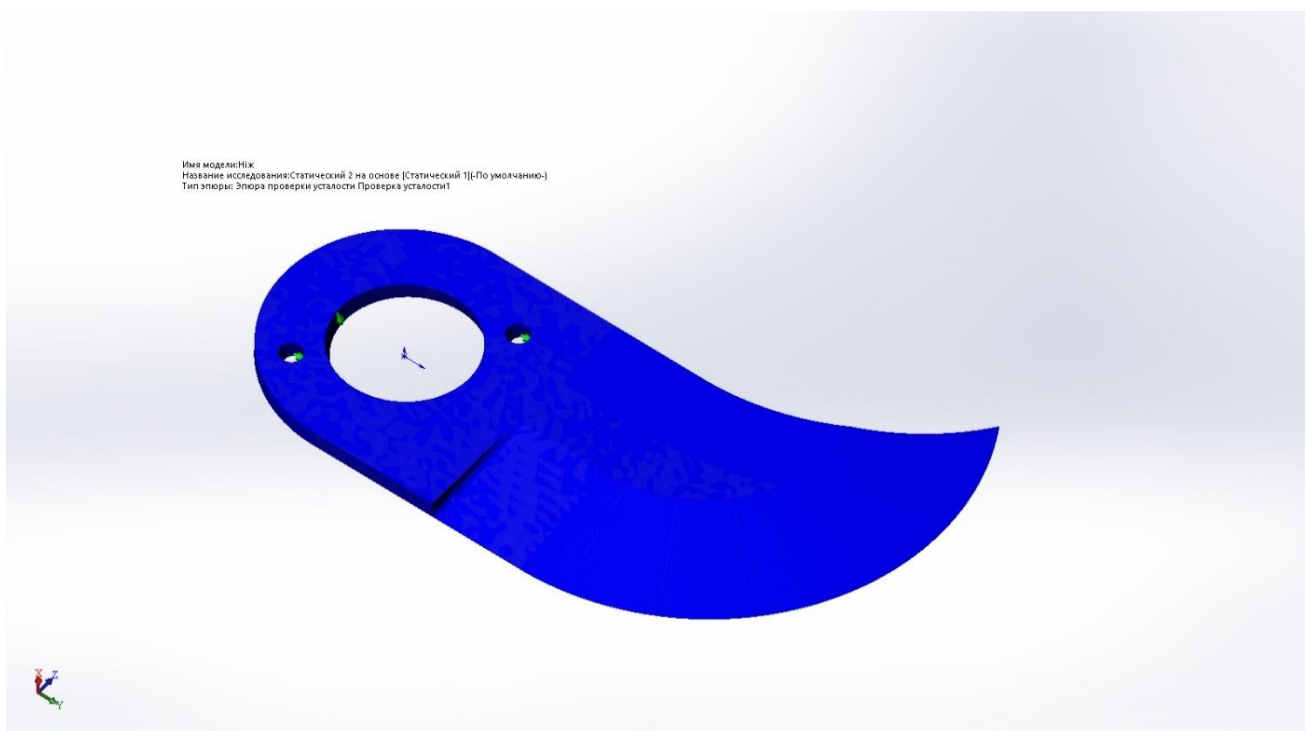


Рис. 4.26 – Епюра перевірки втоми для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар»

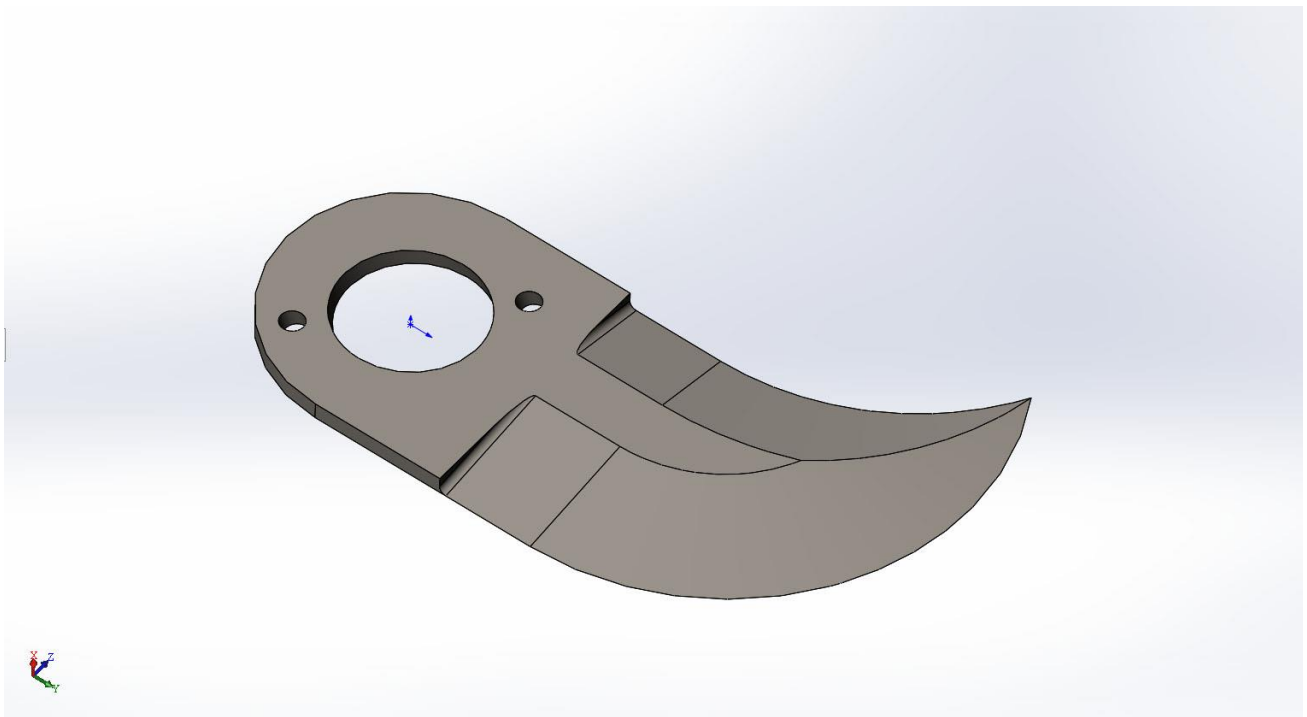


Рис. 4.27 - Базова конструкція ножа з двома сформованими кромками

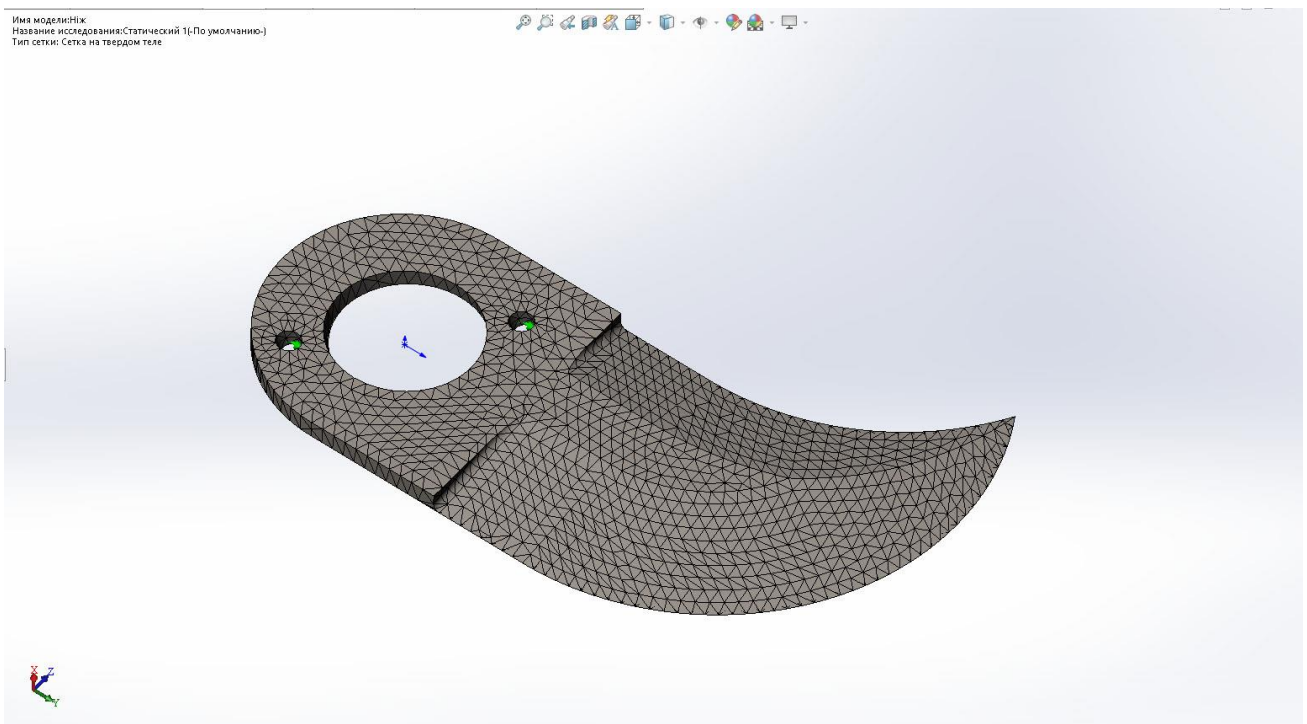


Рис. 4.28 - Розрахункова сітка ножа з двома сформованими кромками

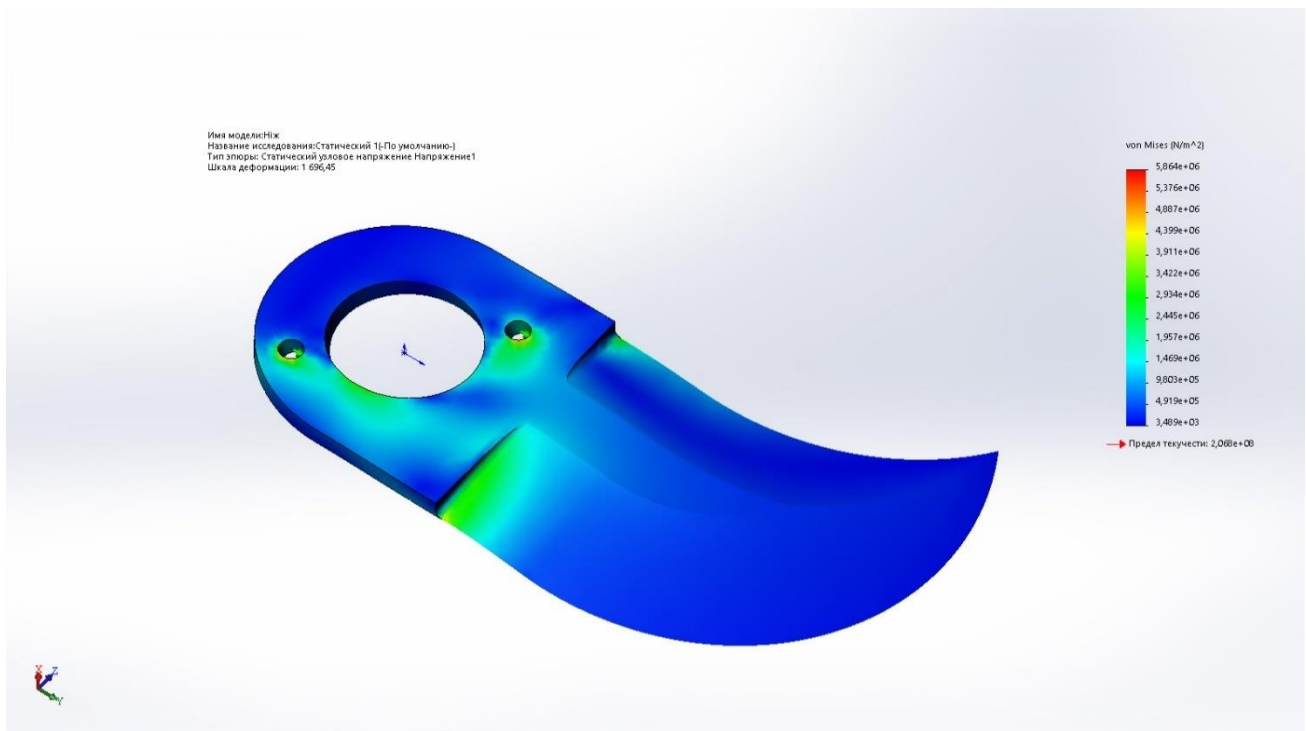


Рис. 4.29 - Напряжения за фон Мізесом для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу «Тартар»

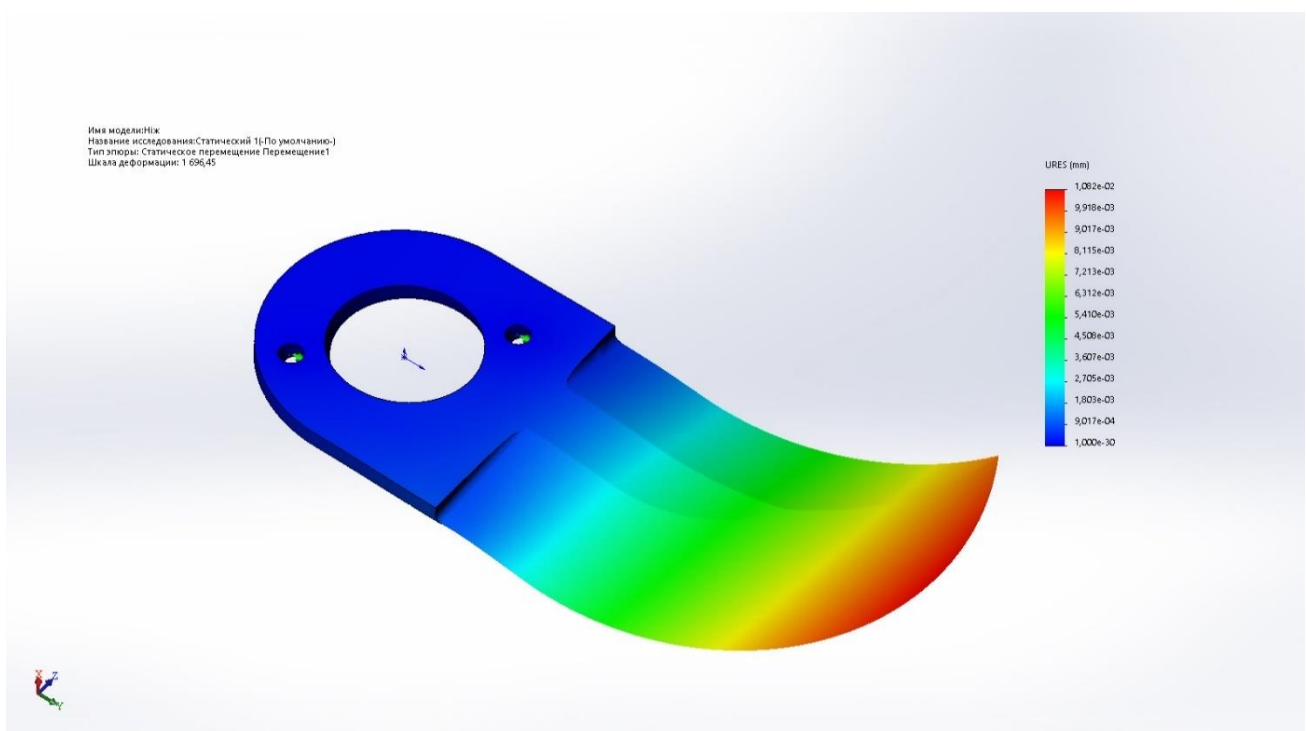


Рис. 4.30 – Лінійні переміщення для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу «Тартар»

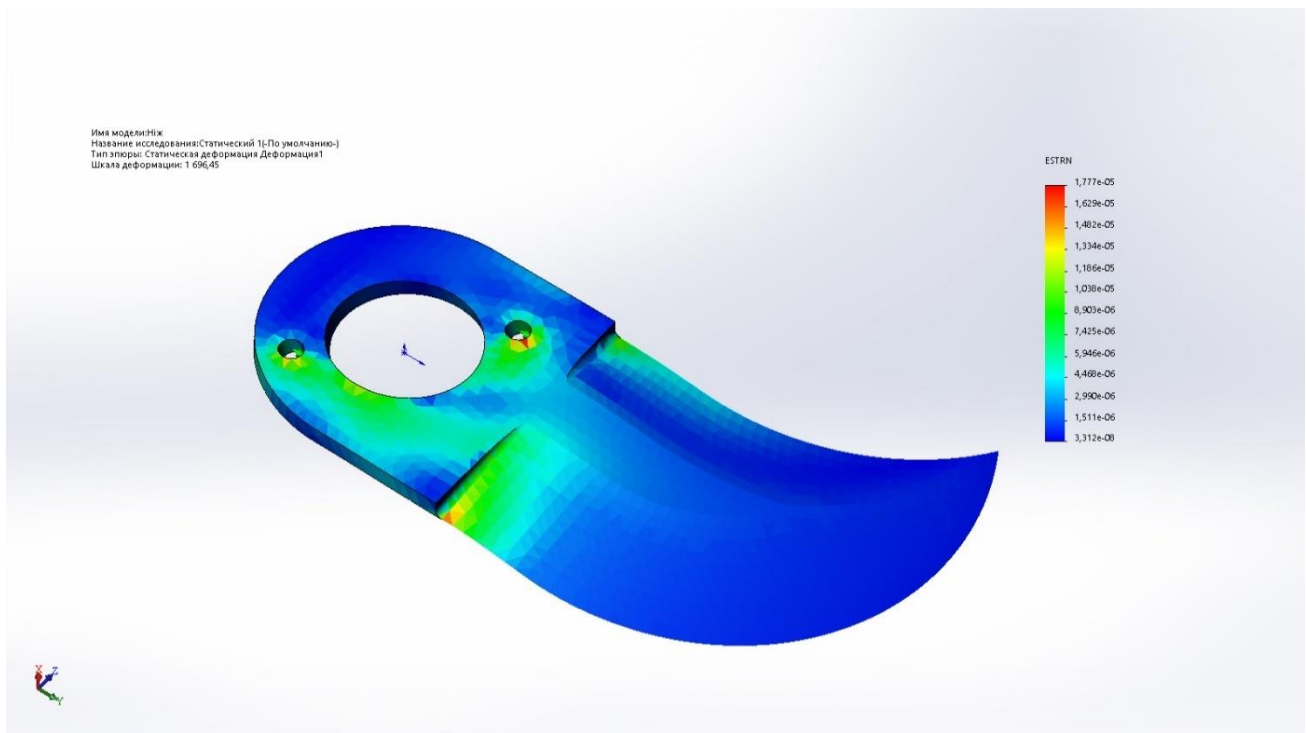


Рис. 4.31 – Статичні деформації для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу



Рис. 4.32 – Запас міцності для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу «Тартар»

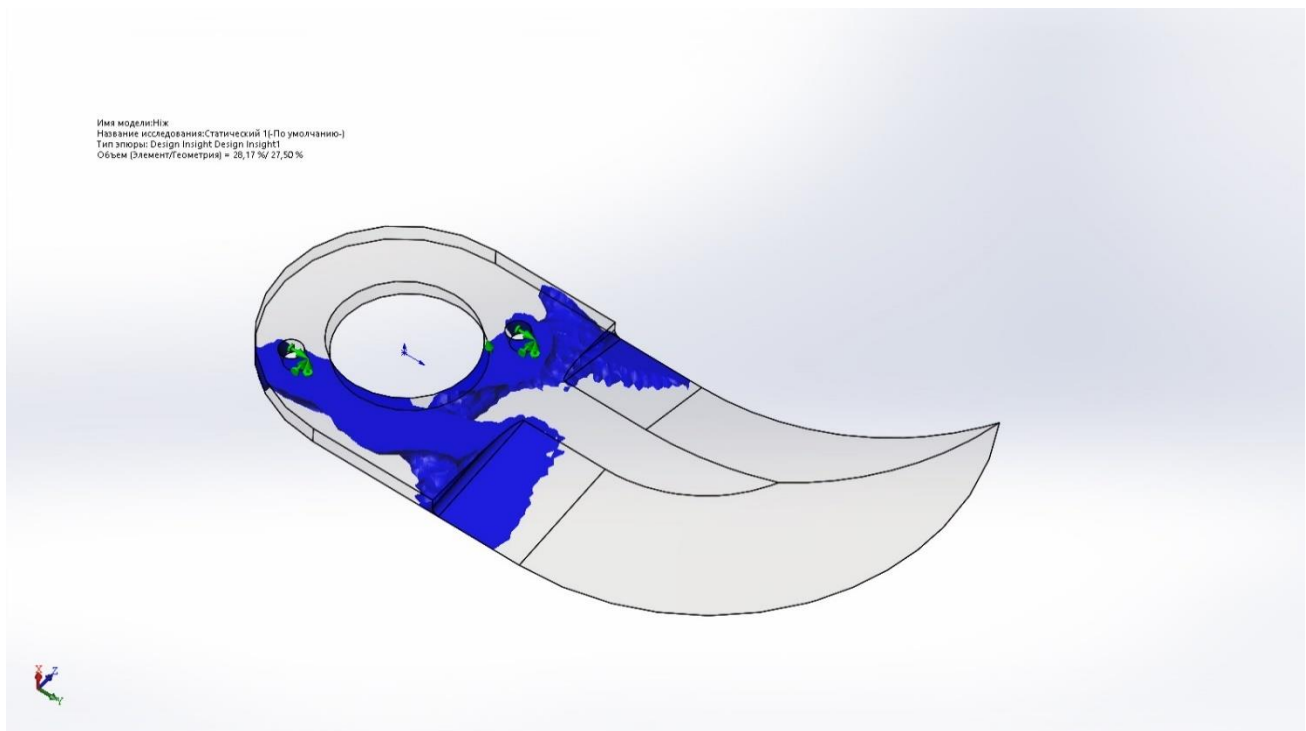


Рис. 4.33 – Епюра design insight для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу «Тартар»

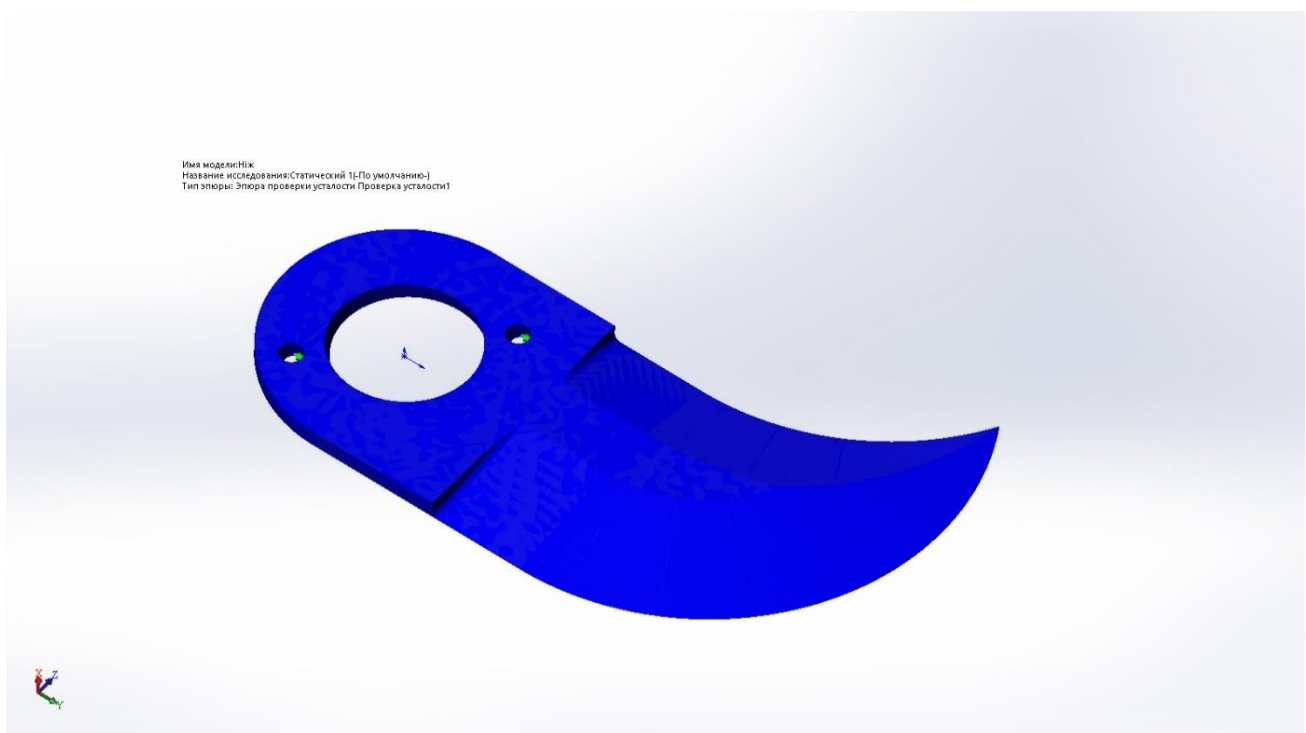


Рис. 4.34 – Епюра перевірки втоми для навантаженого ножа з двома сформованими кромками при обробленні майонезного соусу «Тартар»

#### 4.4. Аналіз результатів

При практичному виконанні досліджень в умовах виробництва було поставлено і виконано трикратні виробітки майонезного соусу «Тартар» для варіантів конструкції скребка 20 мм і 25 мм та ножів з одним і двома сформованими спусками. У всіх дослідах отримана продукція повністю відповідала вимогам ТУ, проте при застосуванні скребка шириною 20 мм було встановлене на 1,8% менше споживання електроенергії, ніж при застосуванні скребка шириною 25 мм, а при застосуванні ножів з двома спусками – на 1,4% менша. У випадку поєднання вужчого скребка та ножів з двома спусками зменшення витрат енергії складало 2,45%. За результатами випроЯкщо порівняти отримані для скребкової мішалки результати (рис.4.5.–4.17) можна зауважити наступне. Як ми і припускали при постановці завдань на моделювання, невисока в'язкість майонезного соусу «Тартар» при частоті обертання скребкової мішалки біля 16 об/хв дасть не суттєве навантаження на саму лопать, причому лопаті шириною 25 мм і 20 мм працюватимуть схоже. Зокрема, розраховане за фон Мізесом максимальне напруження у скребку мішалки при ширині скребка 25 мм складає  $2,130 \times 10^7$  Па, а напруження у скребку мішалки при ширині скребка 20 мм складає  $2,410 \times 10^7$  Па при допустимому рівні  $2,068 \times 10^8$  Па. Отримані значення напружень є суттєво меншими від допустимих, дещо більша величина для вужчого скребка обумовлена більшою інтенсивністю навантаження на одиницю площі (це підтверджує епюра design insight на рис. 4.11 та рис.4.17). Вищий рівень напружень у скребку з вужчою лопаттю спричинює більші значення статичних деформацій:  $1,247 \times 10^{-4}$  та  $1,318 \times 10^{-4}$  відповідно.

Найбільше лінійне переміщення розраховане для кінця лопаті і є меншим, ніж 1,5 мм. Зокрема для скребка мішалки при ширині скребка 25 мм максимальне лінійне переміщення складає 1,426 мм, а для скребка мішалки при ширині скребка 20 мм максимальне лінійне переміщення складає 1,174 мм.

Переміщення вужчої лопаті є меншими внаслідок меншого фактичного навантаження на вужчу лопать та її більшої жорсткості.

Мінімальне значення запасу міцності скребка мішалки при обробленні майонезного соусу «Тартар» для ширини скребка 25 мм складає 9,671, а для 20 мм - 8,58. В обох випадках запасу більше ніж достатньо для надійної роботи мішалки. Враховуючи постійність режимів навантаження мішалки, вихід з ладу від втомних процесів є малоймовірним (рис. 4.10, 4.16).

Таким чином, застосування скребка шириною 20 мм є цілком оправдана з технологічної точки зору, оскільки цілком задовольняє умови оброблення майонезних соусів у кутері ИПКС-32. Новий скребок є дещо більш навантаженим, проте запасу міцності є досить для комфортної його експлуатації. В той же час одним із результатів зменшення лобової поверхні скребка є менші витрати потужності на його привод, що позитивно вплине на собівартість готової продукції і довговічність роботи підшипників та електродвигуна.

Результати дослідження базової і вдосконаленої конструкції ножів представлено на рис. 4.21...4.34.

Визначене за фон Мізесом максимальне напруження для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар» складає  $6,027 \times 10^6$  Па, а напруження для навантаженого ножа з двома сформованими кромками складає  $5,864 \times 10^6$  Па при допустимому рівні  $2,068 \times 10^8$  Па. Отримані значення напружень теж суттєво меншими від допустимих, причому у ножа з двома кромками дещо менші значення напружень обумовлено ефективнішою його геометрією, (епюра design insight на рис. 4.25 та рис.4.33 вказує на більш рівномірне використання поверхні ножа з двома кромками). Вищий рівень напружень у ножа з одною сформованою кромкою спричинює більші значення статичних деформацій:  $2,052 \times 10^{-5}$ , тоді як для навантаженого ножа з двома сформованими кромками статичні деформації складають  $1,177 \times 10^{-5}$ .

Найбільше лінійне переміщення розраховане для кінчика ножа і є мізерно малим і складає для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою

1,067×10<sup>-2</sup> мм, а для навантаженого ножа з двома сформованими кромками - 1,082×10<sup>-2</sup> мм. Дані показники є практично однаковими і вказує на коректно підібрану конструкцію ножів.

Мінімальне значення запасу міцності для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою складає 34,31, а для навантаженого ножа з двома сформованими кромками - 35,27. В обох випадках запасу більше ніж достатньо для надійної роботи мішалки. Проте із врахуванням того, що ніж працює при високих обертах більший запас міцності і менший рівень напружень вказує на доцільність застосування ножа з двома кромками, оскільки ці результати вказують на те, що ножі такої форми будуть більш довговічними. Як і у мішалок, враховуючи постійність режимів навантаження, вихід з ладу ножів від втомних процесів є малоімовірним (рис. 4.26, 4.34).

Отже, застосування ножів із двома сформованими кромками є більш доцільне, ніж застосування ножів з одною кромкою, оскільки дана конструкція має кращі перспективи з точки зору довговічності і при цьому цілком задовольняє технологічні умови оброблення майонезних соусів у кутері ИПКС-32.



## 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.1.1 Законодавча та нормативно-правова база з охорони праці

Вивчення і вирішення проблем, зв'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких протікає праця людини - одна з найбільш важливих задач у розробці нових технологій і систем виробництва. Вивчення і виявлення можливих причин виробничих нещасливих випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні і сприятливі умови для праці людини. Комфортні і безпечні умови праці - один з основних факторів що впливають на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників. Дані аспекти досить широко розглянуті в законодавчих і підзаконних документах України, це: закони України, різні санітарні норми (СН), санітарні норми і правила, ГОСТи, ДСТУ. До найбільш важливих і відповідно найчастіше вживаних належать ГОСТи та СНіПи: "Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини і харчових продуктів" (1.08.89, № 5061-89), "Санітарні норми проектування промислових підприємств" (СН 245-71), ГОСТ 12.0.001–82 "ССБТ. Основні положення", ГОСТ 12.0.002–80 "ССБТ. Терміни і визначення", ГОСТ 12.0.004–79 "ССБТ. Організація навчання робітників безпеки праці. Загальні положення", ГОСТ 12.1.005–82 "ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони", ГОСТ 12.1.019–79 "ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту", ГОСТ 12.1.030–81 "ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення", ГОСТ 12.1.003–83 "ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки", ГОСТ 12.1.004–85 "ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги".

### 5.1.2 Аналіз та характеристика потенційних небезпек та шкідливостей в цеху майонезних соусів

До основного технологічного обладнання по майонезних соусів відносяться: зважуючі приймальні місткості, відцентрові насоси, пастеризаційні установки ОП2-У5, змішувачі яйцевої пасти, дозатор оцтово-солевого розчину, кутер ИПКС-032, фасувальний автомат.

Основні вимоги з безпечної експлуатації електричних насосів передбачають в першу чергу 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. Заземлення повинно відповідати ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

Нормативним документом, який регламентує рівень шумів для різних категорій робочих місць і службових приміщень являється ГОСТ 12.1.003-83 “ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки”.

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.

Технологічні місткості закритого типу та дозатор оцтово-солевого розчину повинні в першу чергу 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.

Відкриті місткості слід розміщувати на висоті, яка б унеможливила випадкове падіння у них елементів одягу обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

Перед і після подачі продукту місткість слід обов’язково піддавати миттю.

При експлуатації обладнання для приготування яйцевої пасти, установок для пастеризації та кутера ИПКС-032 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 або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ГОСТ 12.4.020–82).

При експлуатації фасувального автомата особливу увагу слід звернути на герметичність систем і відсутність підтікання. Відкриті рухомі частини (зубчасті сегменти, муфти, виступаючі кінці валів, махові колеса, гребінки тощо), передачі (шків, паси) повинні мати захисні засоби, які забезпечують безпеку при обслуговуванні, виступаючі частини машин, що обертаються (шпонки, штопорні гвинти тощо) закриті гладенькими футлярами; зубчасті шестерні, муфти редукторів закриті з усіх сторін кожухами (щитками).

Для забезпечення нормальних умов праці слід передбачити дерев'яні підставки для ніг, ретельну ізоляцію електричних з'єднань, а також заземлення відповідно ГОСТ 12.1.030–81 “ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення”.

### 5.1.3 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці в цеху майонезних соусів

При проектуванні і монтажі нового устаткування 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.

Експлуатація обладнання, пов'язаного з відкритими дзеркалами технологічних рідин (приймальні місткості ванни тощо) пов'язана з інтенсивним випаровуванням і виділенням теплоти. Одним з найбільш ефективних засобів боротьби з ними є встановлення місцевої вентиляції. До найбільш ефективних прикладів застосування місцевої вентиляції належать повітряні душі. Температури і швидкості руху повітря на постійних робочих місцях, які обслуговуються повітряними душами, слід приймати згідно з СН 245-71, а розрахункові параметри оточуючого повітря – згідно СНіП II-33-75.

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 молокозаводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі, перемішуючі робочі органи (перемішуючі органи ванн, мішалки резервуарів для зберігання молока) тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

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

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних

датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

## 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

### 5.2. Розроблення заходів з безпеки життєдіяльності і цивільної оборони

#### 5.2.1. Вступ

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району. Цивільна оборона організується за територіально-виробничим принципом.

Територіальний принцип полягає в організації цивільної оборони на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідно до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільної оборони на тих територіях несуть виконавчі органи влади, а начальниками Цивільної оборони, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Згідно із Законом України 1993 року і доповненням 1999 року “Про цивільну оборону” громадяни мають право на захист свого життя і здоров’я від наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха і можуть вимагати від уряду України забезпечення його реалізації.

Начальником цивільної оборони України є Прем'єр-Міністр України. Безпосереднє керівництво цивільною обороною України здійснює Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій (МНС України), яке підпорядковане Прем'єр-Міністру. При МНС України створена Академія цивільного захисту, де навчаються керівний склад вищих органів влади, керівний склад цивільної оборони і великих підприємств, а також викладачі цивільної оборони вузів.



МНС України підпорядковані аварійно-рятувальні загони, спеціалізовані формування цивільної оборони (4 загони), територіальні формування, а також начальники цивільної оборони областей і управління з питань НС та у СЗН від НЧК облдержадміністрації.

В області начальником цивільної оборони є голова державної виконавчої влади. При начальнику ІДО області утворюється управління з питань НС та у СЗН від НЧК облдержадміністрації, обласна евакокомісія, комісія з надзвичайних ситуацій. При управлінні з питань НС та у СЗН від НЧК облдержадміністрації існують курси цивільної оборони. Начальником цивільної оборони міста є голова державної виконавчої влади. При цьому створюється штаб цивільної оборони, міська евакокомісія, територіальні формування і комісія по надзвичайних ситуаціях. В сільському районі начальником цивільної є голова державної виконавчої влади. При цьому створюється штаб цивільної оборони, комісія по надзвичайних ситуаціях, приймальна евакокомісія і територіальні формування. Начальники цивільної оборони несуть повну відповідальність за здійснення заходів цивільної оборони на підлеглих їм територіях.

#### 5.2.2 Підвищення стійкості роботи промислового об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій МП «Гаразд»

Підвищення стійкості роботи промислового об'єкту МП «Гаразд» в умовах надзвичайних ситуацій є важливою задачею ЦО.

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 переводу 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.



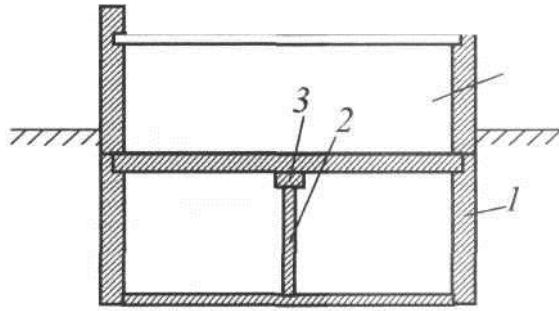


Рисунок 5.1 - Підсилення підвальних приміщень:

1 - підвал; 2 - стійка; 3 - балка; 4 - перший поверх

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 (рисунок 5.1).

Невисокі споруди для підвищення їх міцності частково обсипаються землею (рисунок 5.2).

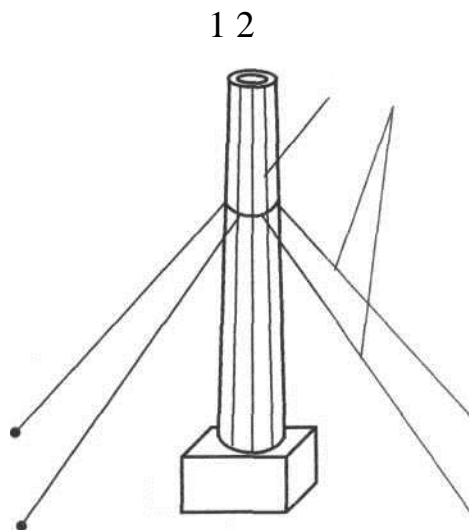


Рисунок 5.2 - Укріплення високих споруд:

1 - труба; 2 - відтяжки колони.

Високі споруди для підвищення їх міцності (труби, вишки, башти, закріплюються відтягненнями, розрахованими на дію швидкісного напору ударної хвилі (рисунок 5.3).

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.

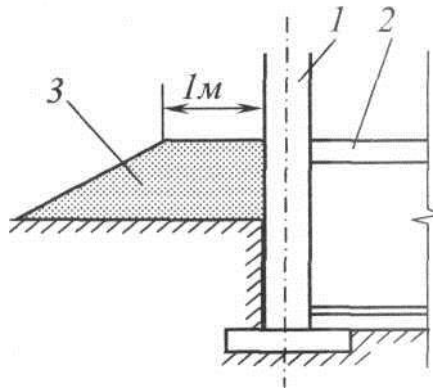


Рисунок 5.4 - Обсипання землею напівпідвальних приміщень:

1 - стіна; 2 — перекриття; 3 – обсипання.

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 напору ударної хвилі воно повинно бути міцно закріплене на фундаментах анкерними болтами.

При реконструкції 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 газо 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 каналізацій 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.

Заходи по виключенню або обмеженню зараження від вторинних вражаючих факторів тісно пов'язані з вказаними вище.

Додатково до них проводяться слідуючи 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 радіовузл, 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.

### 5.2.3. Висновки

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.

## Загальні висновки

У дипломній роботі розроблено заходи з модернізації кутера марки ИПКС-032 та досліджено вплив конструкції ножів і скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного.

Модернізована конструкція передбачає зменшення геометричних розмірів скребка, а саме звуження з 25 мм до 20 мм та заміну ножів з однокромкового на двокромковий варіант. Це забезпечить зменшення витрат електричної потужності та збільшення довговічності основних елементів кутера. Також пропонується встановлення індивідуального приводу на скребкову мішалку, і передбачається навколо чаші пароводяна оболонка з метою здійснення пастеризації оброблюваних продуктів та забезпечення охолодження в процесі подрібнення за необхідності.

В роботі було вирішено наступні задачі: виконано аналіз конструкцій обладнання для гідродинамічної обробки майонезних соусів; зроблено технологічні та кінематичні розрахунки, розрахунок робочих органів та приводу кутера марки ИПКС-032; здійснено дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки при обробки майонезного соусу в кутері марки ИПКС-032; розроблено технічні рекомендації за результатами досліджень; запропоновано заходи з техніки безпеки, а також вирішення питань безпеки життєдіяльності.

Дослідження конструкції ножів і скребкової мішалки в процесі обробки соусу майонезного виконано із використанням модуля Simulation САПР SolidWorks.

При дослідженні впливу скребкової мішалки на процес обробки соусу майонезного було встановлено наступне. Розраховане за фон Мізесом максимальне напруження у скребку мішалки при ширині скребка 25 мм складає  $2,130 \times 10^7$  Па, а напруження у скребку мішалки при ширині скребка 20 мм складає  $2,410 \times 10^7$  Па при допустимому рівні  $2,068 \times 10^8$  Па. Отримані значення напружень є суттєво меншими від допустимих, дещо більша величина для вузкого скребка обумовлена більшою інтенсивністю навантаження на одиницю

площі. Мінімальне значення запасу міцності скребка мішалки для ширини скребка 25 мм складає 9,671, а для 20 мм - 8,58. В обох випадках запасу більше ніж достатньо для надійної роботи мішалки. Таким чином, застосування скребка шириною 20 мм є цілком оправдана з технологічної точки зору, оскільки цілком задовольняє умови оброблення майонезних соусів у кутері ИПКС-32.

При дослідженні впливу конструкції ножів на процес обробки соусу майонезного було встановлено наступне. Розраховано за фон Мізесом максимальне напруження для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою при обробленні майонезного соусу «Тартар» складає  $6,027 \times 10^6$  Па, а напруження для навантаженого ножа з двома сформованими кромками складає  $5,864 \times 10^6$  Па. Отримані значення напружень є суттєво меншими від допустимих  $2,068 \times 10^8$  Па.

Мінімальне значення запасу міцності для навантаженого ножа з одною сформованою кромкою складає 34,31, а для навантаженого ножа з двома сформованими кромками - 35,27. В обох випадках запасу більше ніж достатньо для надійної роботи мішалки. Проте із врахуванням того, що ніж працює при високих обертах більший запас міцності і менший рівень напружень вказує на доцільність застосування ножа з двома кромками, оскільки ці результати вказують на те, що ножі такої форми будуть більш довговічними.

Отже, застосування ножів із двома сформованими кромками є більш доцільне, ніж застосування ножів з одною кромкою, оскільки дана конструкція має кращі перспективи з точки зору довговічності і при цьому цілком задовольняє технологічні умови оброблення майонезних соусів у кутері ИПКС-32.

Втілення у конструкції кутера пропонованої комбінації конструкції ножів та скребка може дає змогу досягти економії електричної енергії у обсязі до 2,45%. Таким чином, запропоновані у роботі рішення є актуальними і заслуговують бути впровадженими.





## Перелік посилань

1. Єресько Г.О. Технологічне обладнання молочних виробництв: навч. посібник/ Єресько Г.О.,Шинкарик М.М.,Ворощук В.Я.-К.:ЦНЛ,2007.-337с
2. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В. Закалов І.О.. – Тернопіль, 2001.
3. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001р. –576с.
4. Митин В.В. Курсовое и дипломное проектирование оборудования предприятий мясной и молочной промышленности / Митин В.В.— М.:Колосс, 1992.— 272с.
5. Методы расчётов процессов и аппаратов пищевых производств.— М.: Пищевая промышленность, 1966.— 292с.
6. М.Н. Иванов. Детали машин / М.Н. Иванов.— М.: Высшая школа, 1991.— 384с.
7. Г.С. Писаренко. Справочник по сопромату / Г.С. Писаренко.— К.: Наукова думка, 1988.— 734с.
8. Зайцев Н.В. Монтаж и ремонт оборудования пищевой промышленности / Н.В.Зайцев.— М.: Пищепромиздат, 1957.
9. Гальперин Д.М. Монтаж и наладка технологического оборудования предприятий пищевой промышленности. Справочник / Д.М. Гальперин -М.: Высшая школа. 1984.— с.279.
- 10.Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. / А.А. Алямовский. – ДМК Пресс, 2015. – 562 с.
- 11.Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. / А.А. Алямовский. – BHV, 2012. – 445 с.
- 12.SolidWorks 2010: Расширенное моделирование деталей. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.— 2009.— 333 с.

- 13.SolidWorks 2010 - Моделирование сборок. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.— 2009.— 393 с.
- 14.Никитин В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности / Никитин В.С., Бурашников Ю.М. — М.: Агропромиздат, 1991.— 349с.

Додатки

Додаток А

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

# **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

## **Збірник**

**тез доповідей**

## **Том III**

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

**27-28 листопада 2019 року**



**УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2019**

**УДК 664.34**

**О.Я. Сиротюк**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ**

**O.J. Syrotuk**

### **THE INTENSIFICATION OF MAYONNAISE PRODUCTION PROCESS**

Майонез є одним з найпоширеніших промислово виготовлених соусів у світі, оскільки підходить практично до будь-якої страви. Цей продукт являє собою дрібнодисперсну сметаноподібну емульсію типу «масло у воді», приготовану з рафінованої дезодорованої рослинної олії з додаванням білкових, смакових компонентів і прянощів. Завжди пильна увага приділялася питанням якості харчових продуктів, сьогодні зокрема важливим є створення якісних продуктів функціонального призначення, які приносять користь здоров'ю людини та покращують фізіологічні процеси в організмі.

Деякі з основних видів функціональних інгредієнтів входять в рецептури майонезної продукції, а інші вивчаються. До них відносяться харчові волокна, вітаміни, мінеральні речовини, поліненасичені жири, антиоксиданти, олігосахариди, а також група, що включає мікроелементи, біфідобактерії та ін. [1].

Виробництво багатьох продуктів механізовано, але без врахування реологічних характеристик продуктів, які є необхідними для проектування машин і апаратів. Відомі закономірності реологічних характеристик дозволяють впливати на структуру і якість продуктів шляхом внесення різних добавок та регулювання режимів та способів обробки продукту. Виробництво майонезу супроводжується складними фізико-хімічними, біологічними, тепловими та механічними процесами: нагріванням, перемішуванням, гомогенізацією, охолодженням та транспортуванням продукту і т.п., які суттєво залежать від його реологічних властивостей [2].

Вибір раціональних режимів експлуатації технологічного обладнання, що застосовують для виготовлення майонезу, залежить від багатьох факторів, в тому числі та від реологічних характеристик оброблюваного продукту. Знання цих характеристик дозволяє науково обґрунтовано розраховувати та правильно вибирати обладнання.

Дослідження реологічних властивостей майонезу та закономірностей їх зміни дозволить розв'язати проблеми інтенсифікації та оптимізації цілого ряду технологічних процесів виробництва такого типу продуктів, а також визначити кінематичні, динамічні, геометричні та інші параметри обладнання

Серед основних реологічних властивостей майонезу, що мають суттєвий вплив на теплові та гідромеханічні процеси при його виробництві є в'язкість властивості та дотичні напруження.

Отже, для визначення оптимальних умов роботи обладнання, чи при розробці нових видів необхідні відомості про в'язкість майонезу на різних стадіях його виробництва, а числове значення градієнту швидкості зсуву обумовлено геометричними та конструктивними параметрами змішувального пристрою та частотою обертів.

#### **Література.**

1. Пустарнакова И.А. К вопросу о функциональности майонезной продукции/ И.А. Пустарнакова., А.В.Берестова, Л.В.Межуева, И.А. Пустарнакова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.

2. Арет В.А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции./ В.А. Арет, Б.Л. Николаев, Л.К.Николаев.// Учебное пособие. СПб.:ГИОРД,2009.-448 с.

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

#### СЕКЦІЯ: ЕКОНОМІЧНІ ТА СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.	<b>Є.В. Аннич, Л.Б. Кругляк</b> СУЧАСНІ ФОРМИ ТА СПОСОБИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНІ	98
----	--	----