

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 вузла замішування тістомісильної машини марки  
SPA 240E/НВ

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Друк Т.П.

(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  
2023

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)  
« 17 » листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Друку Тарасу Павловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вузла замішування тістомісильної машини  
марки SPA 240E/НВ

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

Затверджені наказом ректора від « 16 » листопада 2023 року № 4/7-1062.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та  
технічного обслуговування і ремонту тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ.

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

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування  
основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових  
проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. 4.

Дослідження місильного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ. 5. Охорона  
праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і  
техніки

безпеки. 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Тістомісильна машина марки SPA 240E/НВ (1 л.ф.А1).

Редуктор приводу тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ (1 л.ф.А1).

Тістомісильна машина марки SPA 240E/НВ. Кінематична схема принципова (0,5 л.ф.А1).

Тістомісильна машина марки SPA 240E/НВ. Кінематична схема структурна (0,5 л.ф.А1).

Черв'ячний механізм приводу тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ (0,5 л.ф.А1).

Вісь діжі тістомісильної тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ (0,5 л.ф.А1).

Постановка завдань на дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної  
машини SPA 240E/НВ (1 л.ф.А1)

Дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при  
діаметрі стартової частини витка 500 мм (1 л.ф.А1).

Результати дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA  
240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка (2 л.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.<br/>Стручок В.С. – ст. викл.</i> |                |                  |
| <i>Нормоконтроль</i>                                     | <i>Ворошук В.Я. – к.т.н., доц.</i>                              |                |                  |

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи  | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1     | Анотація   |                                |          |
| 2     | Вступ  |                                |          |
| 3     | 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження  |                                |          |
| 4     | 2. Методи та методика досліджень   |                                |          |
| 5     | 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження   |                                |          |
| 6     | 4. Дослідження місильного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/HB  |                                |          |
| 7     | 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.  |                                |          |
| 8     | 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки   |                                |          |
| 9     | 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях  |                                |          |
| 10    | Висновки   |                                |          |
| 11    | Графічна частина   |                                |          |
| 12    | Тістомісильна машина марки SPA 240E/HB (1 л.ф.А1).   |                                |          |
| 13    | Редуктор приводу тістомісильної машини марки SPA 240E/HB (1 л.ф.А1).   |                                |          |
| 14    | Тістомісильна машина марки SPA 240E/HB. Кінематична схема принципова (0,5 л.ф.А1).   |                                |          |
| 15    | Тістомісильна машина марки SPA 240E/HB. Кінематична схема структурна (0,5 л.ф.А1).   |                                |          |
| 16    | Черв'ячний механізм приводу тістомісильної машини марки SPA 240E/HB (0,5 л.ф.А1).  |                                |          |
| 17    | Вісь діжі тістомісильної тістомісильної машини марки SPA 240E/HB (0,5 л.ф.А1).   |                                |          |
| 18    | Постановка завдань на дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/HB (1 л.ф.А1)  |                                |          |
| 19    | Дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/HB при діаметрі стартової частини витка 500 мм (1 л.ф.А1).                       |                                |          |
| 20    | Результати дослідження спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/HB при різних значеннях діаметрів стартової частини витка (2 л.ф.А1). |                                |          |

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Друк Т.П.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

*Пилипець О.М.*

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Друк Тарас Павлович

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація вузла змішування тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ.

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2023 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 79 сторінок (47 рисунок, 1 таблиця) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

У даній магістерській роботі розглядаються питання дослідження та модернізації структури спеціального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ. В рамках цього дослідження виконуються такі завдання: розробка структурної та кінематичної схеми машини, вибір конструкції робочого органу для змішування тіста, проведення розрахунків механічної частини машини, розробка заходів щодо експлуатації та технічного обслуговування, створення тривимірної моделі спірального робочого органу з подальшим проведенням числових експериментів, аналіз отриманих результатів, а також розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**Ключові слова:** робочий орган, тістомісильна машина, хліб, міцність.

## Abstract

Druk T.P. Modernization of the dough mixing unit of the dough kneading machine, model SPA 240E/HB. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2023.

The project consists of calculated explanatory note by capacity of 79 pages ( 47 pictures, 1 table) and graphic part by capacity 8 sheets of paper A1 .

Diploma work deals with the research and modernisation of the structure of the special working body of the SPA 240E/HB dough kneading machine. The following tasks are performed within the framework of this study: development of the structural and kinematic diagram of the machine, selection of the design of the working body for mixing the dough, calculation of the mechanical part of the machine, development of measures for operation and maintenance, creation of a three-dimensional model of the spiral working body with subsequent numerical experiments, analysis of the results obtained, as well as development of measures for labour protection and safety in emergency situations.

Keywords: working body, dough mixer, bread, strength.

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Анотація .....  | 4  |
| Abstract .....  | 5  |
| Зміст.....  | 6  |
| Вступ.....  | 8  |
| 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування<br>основних напрямків дослідження..... | 10 |
| 1.1. Огляд сучасних конструкції обладнання для замішування тіста.....                                       | 10 |
| 1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження. ....  | 22 |
| 1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи. ....  | 23 |
| 2. Методи та методика досліджень.....   | 24 |
| 2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень.....  | 24 |
| 2.2. Функціональні можливості SolidWorks Simulation .....   | 25 |
| 2.3. Особливості і порядок проведення моделювання у SolidWorks<br>Simulation.....                           | 27 |
| 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень<br>вдосконалення об'єкта дослідження. .... | 31 |
| 3.1. Опис будови і роботи тістомісильної машини SPA 240E/НВ .....   | 31 |
| 3.2. Розробка заходів з модернізації тістомісильної машини .....  | 32 |
| 3.3. Технологічні розрахунки.....   | 33 |
| 3.4. Структурний аналіз тістомісильної машини .....   | 35 |
| 3.5. Кінематичний аналіз тістомісильної машини .....  | 35 |
| 3.6. Розрахунок конічної передачі приводу місильного органу .....   | 39 |
| 3.7. Заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування<br>тістомісильної машини SPA 240E/НВ.....  | 48 |

|   |  |
|---|--|
| 3.7.1. Особливості монтажу тістомісильної машини SPA 240E/НВ .....  | 48                                     |
| 3.7.2. Вивірка і центрування тістомісильної машини SPA 240E/НВ .....  | 49                                     |
| 3.7.3. Особливості експлуатації тістомісильної машини SPA 240E/НВ .....   | 50                                     |
| 4. Дослідження місильного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ.....                                      | 52                                     |
| 4.1. Постановка завдань дослідження робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ з використанням SolidWorks..... | 52                                     |
| 4.2. Результати моделювання спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ під навантаженням.....   | 53                                     |
| 4.3. Аналіз результатів.....  | 65                                     |
| 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 5.1. Заходи з безпечної експлуатації технологічного обладнання цеху виробництва батонів .....                         | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.   | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |
| Висновки .....  | 80                                     |
| Перелік посилань.....   | 81                                     |
| Специфікації  |  |

## Вступ

Останні роки в хлібопекарній галузі відзначилися процесом реконструкції діючого обладнання та впровадженням нових конструкцій, які оптимізовані для відповідності основним принципам загальної теорії випічки. Поступова модернізація основного технологічного устаткування має на меті підвищення продуктивності виробництва.

Серед важливих науково-практичних задач, що визначають напрямок досліджень у даній магістерській роботі, є дослідження та вдосконалення конструкції та принципів функціонування обладнання для виготовлення хлібобулкових виробів, зокрема тістомісильної машини SPA 240E/НВ.

Для втілення вказаних заходів із модернізації виконуються завдання: розробка структурної та кінематичної схеми машини, вибір конструкції робочого органу для змішування тіста, проведення розрахунків механічної частини машини, розробка заходів щодо експлуатації та технічного обслуговування, створення тривимірної моделі спірального робочого органу з подальшим проведенням числових експериментів, аналіз отриманих результатів, а також розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження. Об'єкт досліджень у цій роботі - це аналіз напружень, переміщень і деформацій, що виникають у спіральному робочому органі під час функціонування тістомісильної машини SPA 240E/НВ.

Предмет дослідження. Предметом дослідження виступає тістомісильна машина SPA 240E/НВ.

Методи досліджень. В даній кваліфікаційній роботі магістра використовуються як експериментальні, так і теоретичні методи для проведення досліджень.

Наукова новизна. Була створена тривимірна комп'ютерна модель спіралеподібного робочого органу з метою вивчення та проведення необхідних розрахунків для тістомісильної машини SPA 240E/НВ. Був аналізований вплив



конструктивних геометричних параметрів робочого органу на рівень напружень, деформацій та запасу міцності цього органу. Отримані у формі степеневих залежностей результати комп'ютерних досліджень можуть бути корисними для покращення наявних технічних рішень і розробки нових конструкцій устаткування, яке використовується у процесі змішування та обробки тіста в хлібопекарській та кондитерській галузях виробництва.

Результати, представлені у магістерській роботі були показані на V Міжнародній студентській науково - технічній конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання". 28-29 квітня 2022 р.

,

XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року.

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

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

## 1.1. Огляд сучасних конструкції обладнання для замішування тіста

Процес замісу хлібопекарського тіста полягає у змішуванні різних компонентів, таких як борошно, вода, дріжджі, сіль, цукор та інші, для створення однорідної маси. Цей процес включає біохімічні та колоїдні явища та супроводжується підвищенням температури маси. Заміс хлібопекарського тіста складається з трьох послідовних стадій:

Механічне змішування, метою якого є формування рівномірної трифазної суміші з однаковим розподілом компонентів.

Утворення структури, що передбачає вирівнювання по всьому об'єму вологовмісту, дифузію вологи досередини часток борошна, напічнявіння білків та переход у розчинну форму водорозчинних компонентів.

Пластифікація, в процесі якої відбуваються структурні зміни крохмальних зерен і утворення клейковинної решітки, що їх зв'язує.

Процес замісу тіста має сприяти не лише рівномірному змішуванню компонентів, а й механічній обробці для формування відповідної специфічної структури.

У промисловості для замісу густої опари та тіста зазвичай використовуються одноступінні місильні машини, а для рідких опар і поживних сумішей для рідких дріжджів - спеціальні змішувачі.

Для досягнення високоякісного тіста важливо виконувати заміс за оптимальних параметрів, таких як інтенсивність, тривалість та температура замісу, а також частота впливу місильної лопати.

Тістомісильні машини поділяють за родом роботи на машини періодичної та безперервної дії. Перші мають стаціонарні місильні ємності (діжі) і можуть мати нерухомі, вільно обертаючія або примусово обертаючія діжі. У громадському харчуванні для замісу тіста широко використовуються тістомісильні машини періодичної дії завдяки їхній універсальності, можливості

швидко переходити від виготовлення одного сорту виробів до іншого і регулюванню тривалості процесу, а також точному дозуванню компонентів.

Згідно з А. В. Лісовенком, тістомісильні машини розподіляються на три групи в залежності від ступеня впливу робочого органу на оброблювану масу тіста:

Звичайні тихохідні машини, де робочий процес не призводить до помітного нагрівання тіста. Для замісу витрачається енергія в межах 5-12 Дж/г.

Швидкохідні машини, призначені для інтенсивного замішування тіста, коли основний процес супроводжується нагріванням тіста на 5-8 градусів Цельсія. Для замісу витрачається 15-30 Дж/г.

Супершвидкохідні (суперінтенсивні) машини, де заміс викликає нагрівання тіста на 10-20 градусів Цельсія. Такі машини потребують пристрою водяного охолодження корпусу камери замішування або попереднього охолодження води, використаної для замісу тіста. Для замісу витрачається 30-45 Дж/г.

Зазначена величина питомої роботи є орієнтовною і може варіюватися на одній і тій самій машині в залежності від тривалості замісу, яка визначається якістю борошна.

Також, по характером руху робочого місильного органу, виділяють машини з круговим рухом, обертальним рухом, планетарним рухом, складним плоским рухом і просторовим рухом місильного органу.

Машини з відкатною діжею

Машини з відкатною діжею складаються з різних компонентів, включаючи станину 7, важіль 2 з місильним органом 13 та спрямовувальною лопаткою 17, огорожу 1 місильного органа і систему подачі води. Місильний важіль опирається на шарнірну вилку 3 та має хвостовик, вкріплений у підшипник, який в свою чергу закріплений у кривошипі 4, з'єднаному зі зірочкою 5. Процес замісу тіста відбувається в підкатній діжі об'ємом 140 літрів. Діжа складається з триколісної каретки 18, на якій розташована зварена ємність 19. У днище ємності встановлений фланець 21 зі шліцьовою втулкою 20, що закріплена в

маточині 23 каретки. У цій маточині знаходиться шліцьовий валик із квадратним хвостовиком 22. Діжа посувається на майданчик 14, де квадратний хвостовик шліцьового валика діжі входить у квадратне гніздо диска 16. Після автоматичного фіксування, борошно та рідкі компоненти надходять у лежу. Машина працює від електричного двигуна 8 через редуктор 11 із двома вихідними кінцями. З одного боку зірочка 10 ланцюгової передачі 9, яка приводить до руху зірочку 5, контролю руху місильного робочого органу. Інший кінець ініціює рух за допомогою муфти і з'єднувального валика 12 на черв'ячний редуктор 15. Із валом редуктора 15 поєднано диск 16, якому служить для приведення в рух діжі. Для виконання прокручування важеля замісу вручну із протилежного боку вала електродвигуна передбачено маховик 6.

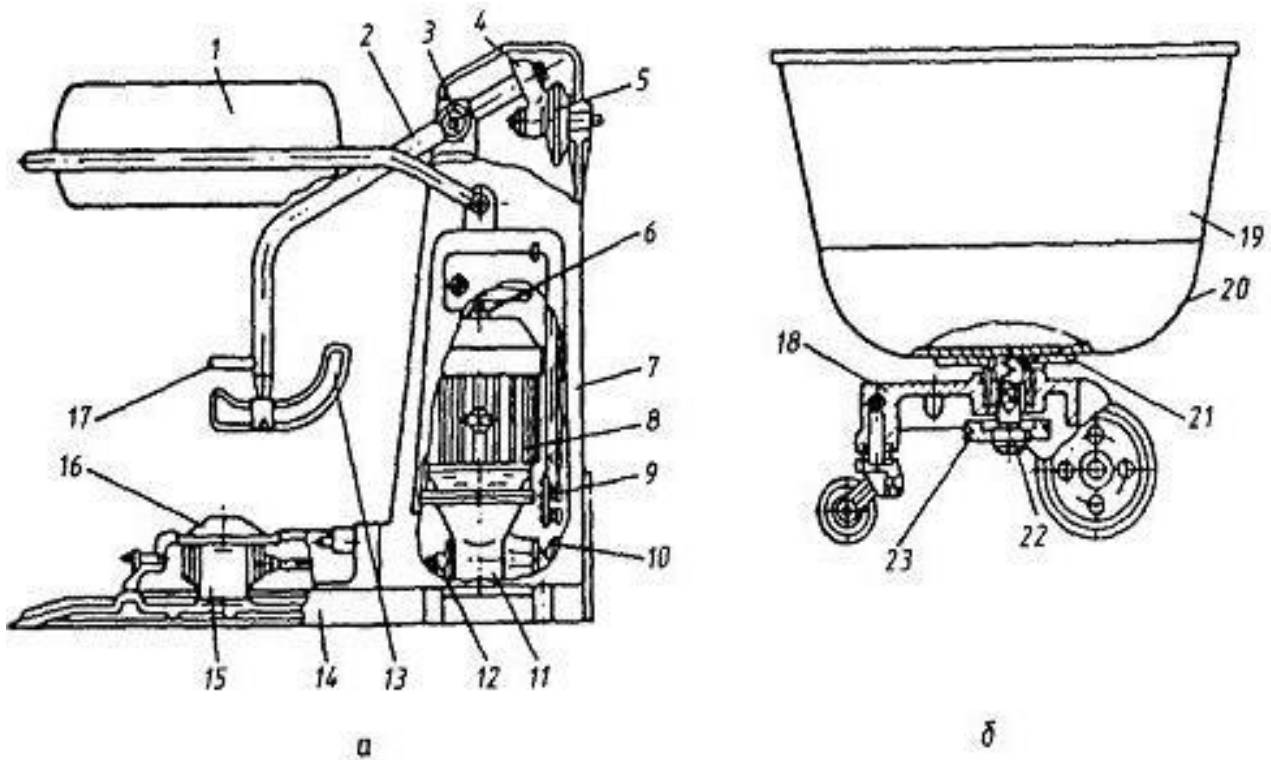
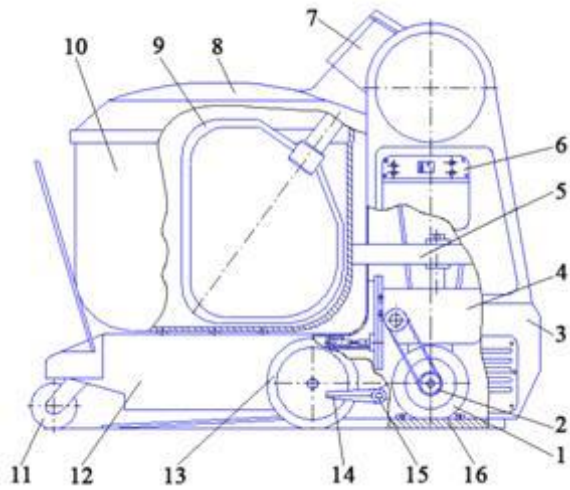
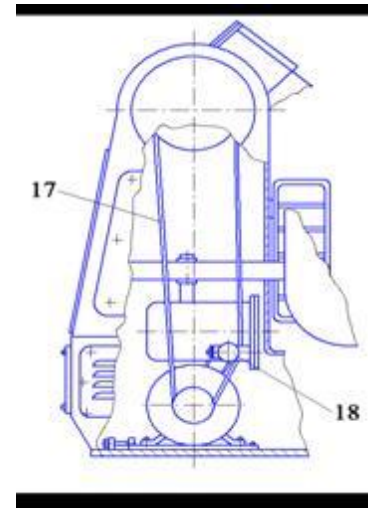


Рис. 1.1. Тістомісильна машина ТММ-1М з підкатною діжею

Машину базового типу тістомісильна МБТМ-140-01 (див. рис. 1.2) з об'ємом діжі 140 літрів розроблено для автоматизації процесу замісу різноманітних видів тіста (включаючи дріжджове, бездріжджове та інші) у кондитерських і кулінарних цехах підприємств сфери громадського харчування.



а



б

Рис. 1.2. Машина тістомісильна МБТМ-140-01:

а - головний вигляд; б - вид ззаду: 1 - електродвигун; 2, 17 - клиноремінна передача; 3 - корпус; 4, 7 - черв'ячний редуктор; 5 - ролик; 6 - пост управління; 8 - кришка; 9 - місильний орган; 10 - бак; 11 - колесо поворотне; 12 - візок; 13 - колесо неповоротне; 14 - педаль; 15 - гаки; 16 - плита опорна; 18 - ролик натяжний

Машина має основні компоненти: опорна плита 16, корпус 3 та електродвигун 1 з двома кінцями вихідного вала. На опорній плиті розташована діжа, що складається з бака 10 і візка 12, яка закріплюється до корпусу за допомогою ексцентрикових гаків 15, що є частиною педалі 14. Передача руху відбувається через клиноремінну передачу 17 та черв'ячний редуктор 7 для місильного органу 9, а також клиноремінну передачу 2, черв'ячний редуктор 4 і ролик 5 для діжі.

Також присутні додаткові компоненти, наприклад, кришка 8, що об'єднана з черв'ячним редуктором 7, яка утворює траверсу. Ця траверса обертається за допомогою індивідуального приводу, а електродвигун забезпечує рух місильного органу.

Машини А2-ХТМ з планетарним рухом місильного органу здійснюють посилену механічну обробку тіста, де підкатна діжа ємністю 140 літрів є нерухомою під час процесу замісу.

Машина, зображена на рис. 1.4, має фундаментну плиту 6, станину 1, траверсу 8 з механізмом повороту 7 і приводом 9 місильного органу, кришку 4, місильний орган 5, огорожу 3, піддон 2 та вбудоване електрообладнання. На фундаментній плиті розміщені напрямні пальці, які фіксують діжу в робочому положенні, а також механізм блокування фіксації діжі. Траверса 8 з'єднана з основною станиною і має можливість обертатися на кут  $60^{\circ}$  відносно нерухомої осі за допомогою механізму повороту.

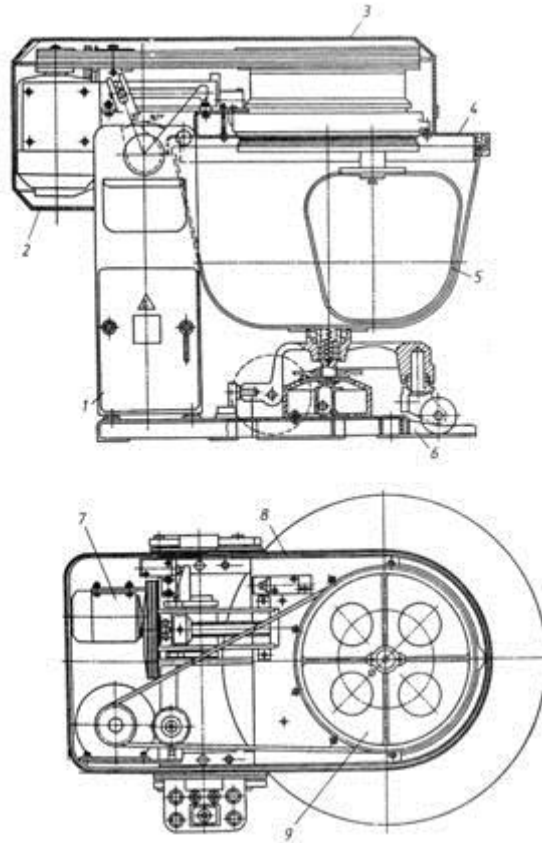


Рис. 1.4. Тістомісильна машина А2-ХТМ:

1 - станина; 2 - піддон; 3 - огорожа; 4 - кришка; 5 - місильний орган; 6 - фундаментна плита; 7 - механізм повороту; 8 - траверса; 9 - привід місильного органу

Привід робочого органу 9 утворюють електричний двигун, клинопасова передача і редуктор планетарного типу. Робочий орган виконує обертовий рух відносно власної осі і планетарний відносно центральної осі діжі.

Планетарний рух робочого органу може бути використаний для замішування тістових напівфабрикатів, які мають вологість від 35% до 54%. Для менш в'язких напівфабрикатів, замість Ф-подібної місильної лопаті, застосовується спіралеподібна конструкція, яка генерує лінії струму, що сприяють ефективному перемішуванню, оскільки всі матеріали, що обробляються, перебувають у русі.

Для замісу грубого тіста використовуються тістомісильні машини, конструкція яких схожа на фаршемішалки (рис. 1.5). Сучасні машини цього типу мають розширені можливості і можуть змішувати тісто різних видів (дріжджове, бездріжджове, круте бубликове, для пельменів, кондитерські вироби), кондитерські маси та використовуватися як фаршемішалки. Робочим органом таких машин є місильні лопаті 11, які зустрічно обертаються, найчастіше у формі Z. Вивантаження діжі здійснюється ручним перекиданням діжі 9 за допомогою важеля 8.

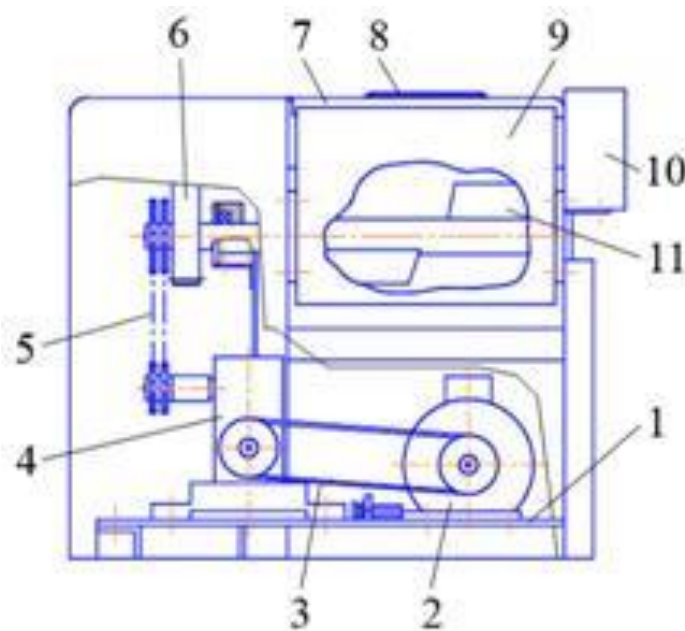


Рис. 1.5. Машина тістомісильна ТММ-3:

- 1 - рама; 2 - електродвигун; 3 - клиноремінна передача;
- 4 - редуктор; 5 - ланцюгова передача; 6 - зубчаста передача; 7 - кришка; 8 - важіль; 9 - діжа; 10 - пост управління; 11 - місильні лопаті

Машини зі стаціонарною діжею

Машина (рис. 1.6) складається з металевої ємності у формі корита об'ємом 0,38 м<sup>3</sup>, що має стаціонарну кришку 10. Усередині ємності розташовані два місильні лопатеві органи 11, закріплені на двох паралельних валах: передньому 17 і задньому 12, які розташовані горизонтально.

Місильні органи обертаються у протилежних напрямках з частотою 38 обертів на хвилину від електродвигуна 7 через клиноремінну передачу та дві пари косозубих зубчастих передач. Борошно та рідкі компоненти для замішування тіста подаються через горловину 4 і патрубок 3 під час обертання місильних органів.

Під час обробки компонентів тіста відбувається їх змішування між рухомими лопатями та стінками ємності. По завершенню процесу замісу, ємність повертається на кут 800 градусів навколо осі переднього вала і виходить під стаціонарну кришку 10. Одночасно відбувається відкриття відкидної кришки 9, і тісто вивантажується через люк.

Для видалення тіста, місткість повертається завдяки реверсивному електродвигуну 8 через клинопасову передачу, що активує гвинт 13. Гвинт переміщує гайку, яка вставлена двома штифтами у поздовжні рейки важеля 16, закріпленого на дні ємності. Це призводить до обертання контейнера для вивантаження тіста. Автоматичне вимкнення електродвигуна у крайніх положеннях ємності здійснюється за допомогою кінцевих вимикачів 14.

Конструкція машини включає монтаж місильної ємності та всіх її складових на станині 15. Електричне обладнання розташоване в шафі 2. Елементи приводу машини, які можуть представляти потенційну небезпеку для обслуговуючого персоналу, захищені огорожами 1, 5 та 6.

#### Тихохідні машини

Машина (зображена на рис. 1.7) складається зі станини 7, місильної ємності 6, живильника 1, оснащеного ворушником, та сигналізаторів рівня борошна 8, а також барабанного дозатора борошна 2. У верхній частині місильної ємності розташовані дві кришки: 4 і 5, які виготовлені з органічного скла. Кришка 4 закріплена на знімній кришці 3, що виконана з нержавіючої



сталі, містить отвори для подачі рідких компонентів і опари. Після змішування опари або тісто вивантажується через отвір 9. Електродвигун та всі привідні механізми захищені огорожами 10, оснащеними дверима. Управління роботою цієї машини здійснюється за допомогою пульта управління 11.

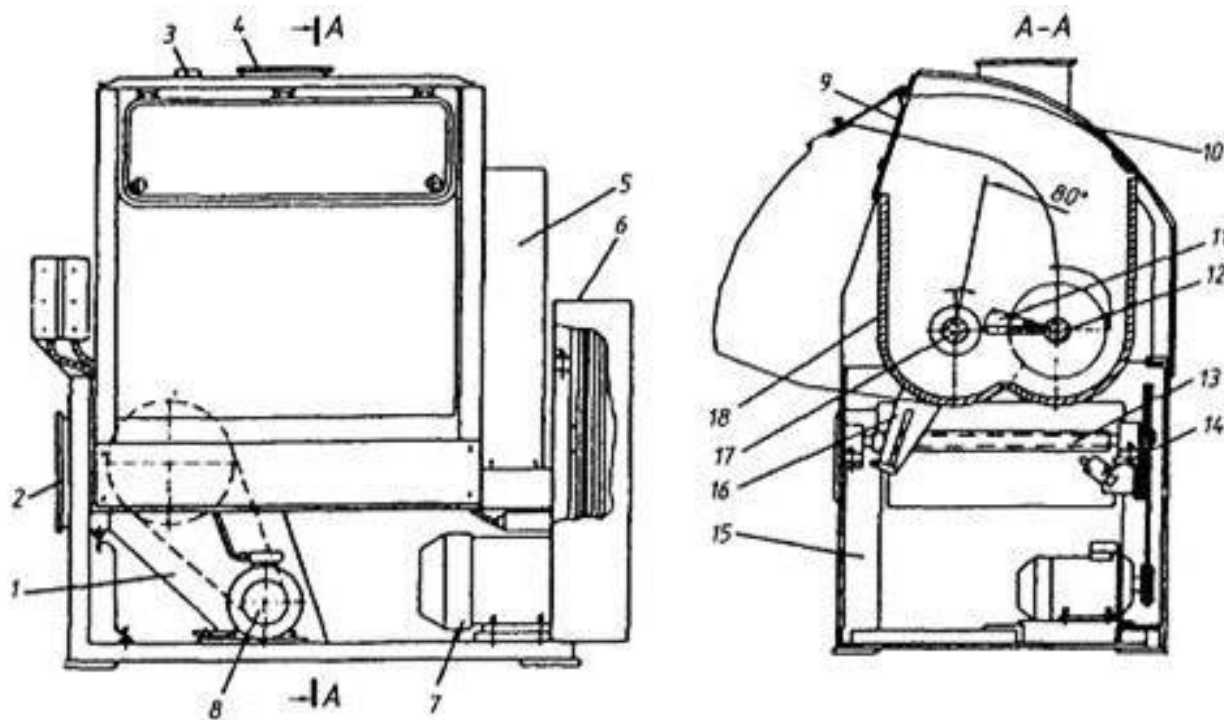


Рис. 1.6. Тістомісильна машина Т2-М-63 зі стаціонарною діжею

Місильна ємність, позначена як 11 на рисунку 5-б, виготовлена у формі корита і зроблена з нержавіючої сталі. Усередині цієї ємності, в розташуванні виносних підшипників кочення 1 і 9, розташовані два паралельні вали 8. На цих валах закріплені знімні місильні лопаті 10, кожна з яких орієнтована під кутом до осі вала. Для того щоб налаштувати ступінь інтенсивності замішування і ефективність функціонування машини, можна змінювати кут між віссю місильного вала та поверхнею лопаті за допомогою гайок 6. Після налаштування необхідного кута розташування лопатей, їх фіксують втулкою 7, яка має конічний отвір, що збігається з криволінійною поверхнею вала. Після встановлення лопатей гайки затягуються для їх фіксації.

На торцевих стінках ємності розміщені ущільнення, складові частини яких включають торцеві поверхні скребка 5 і кільця 4. Кільце стискається до поверхні за допомогою притискної гайки 2 через використання нового демпфувального кільця 12. Притискна гайка фіксується за допомогою гвинта 3.

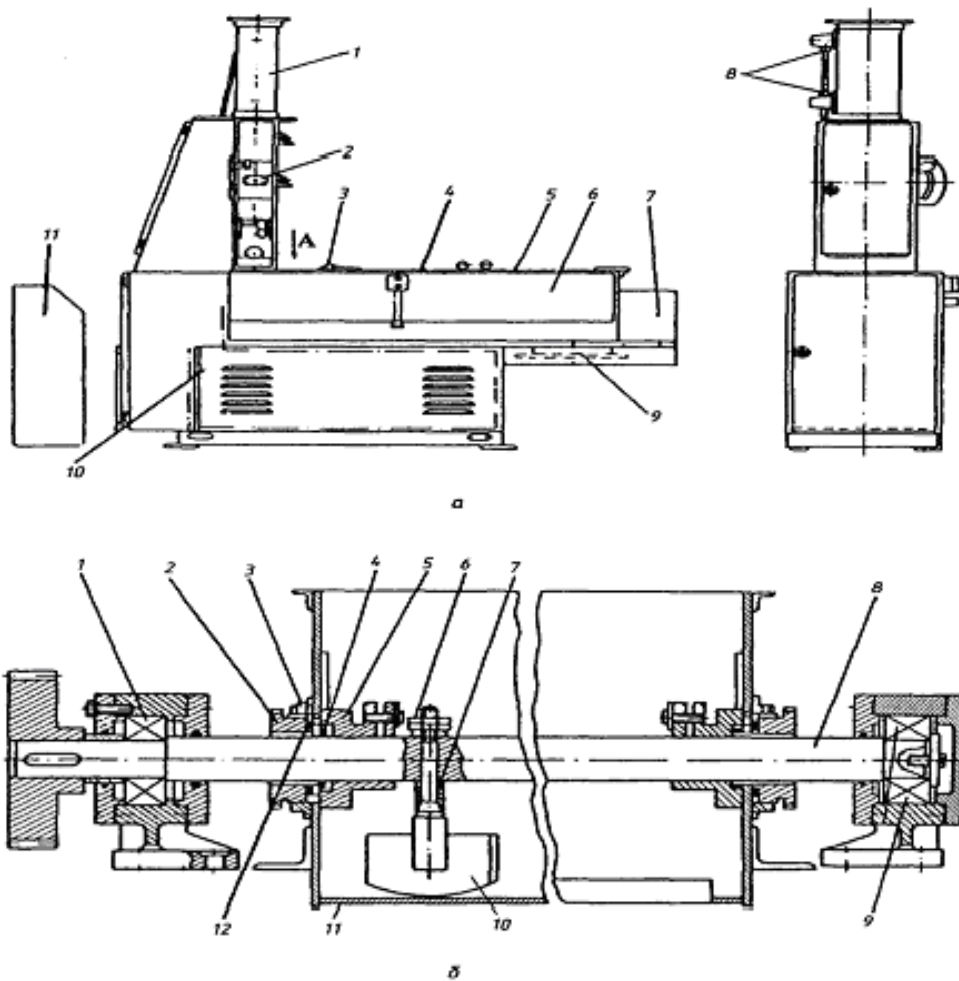


Рис.1.7. Тістомісильна машина Х-26А:  
а) вигляд загальний; б) місильна місткість.

Машини для збивання застосовуються у цехах підприємств громадського харчування для автоматизації процесу приготування різноманітних кондитерських сумішей, таких як безе, збиті вершки, муси, самбуки, креми та інші. Робота цих машин поділяється на три етапи: рівномірне розподілення компонентів у загальному об'ємі, розчинення окремих продуктів для створення однорідної маси та насичення суміші повітрям (аерація).

Збивальні машини можна розділити на дві категорії: одна включає в себе обертання збивача навколо власної осі, а інша - з планетарним обертанням

збивача, коли він одночасно обертається навколо своєї власної осі і навколо осі контейнера. Зазвичай частота обертання збивачів регулюється за допомогою ступеневої системи через коробку передач або шківів, або ж безступінчасто за допомогою варіатора швидкості (див. рис. 1.8). Також можливе застосування багатошвидкісних електродвигунів для регулювання швидкості.

Машина збивальна МВ-10 (рис. 8.10) розроблена для автоматизації процесу приготування різноманітних кондитерських сумішей, таких як безе, збиті вершки, муси, самбуки, креми та інші, у кондитерських цехах підприємств громадського харчування. Процес змішування і збивання кондитерських сумішей, розміщених у бачку 17, відбувається завдяки осьовому і планетарному обертанню робочого органу - збивача 16.

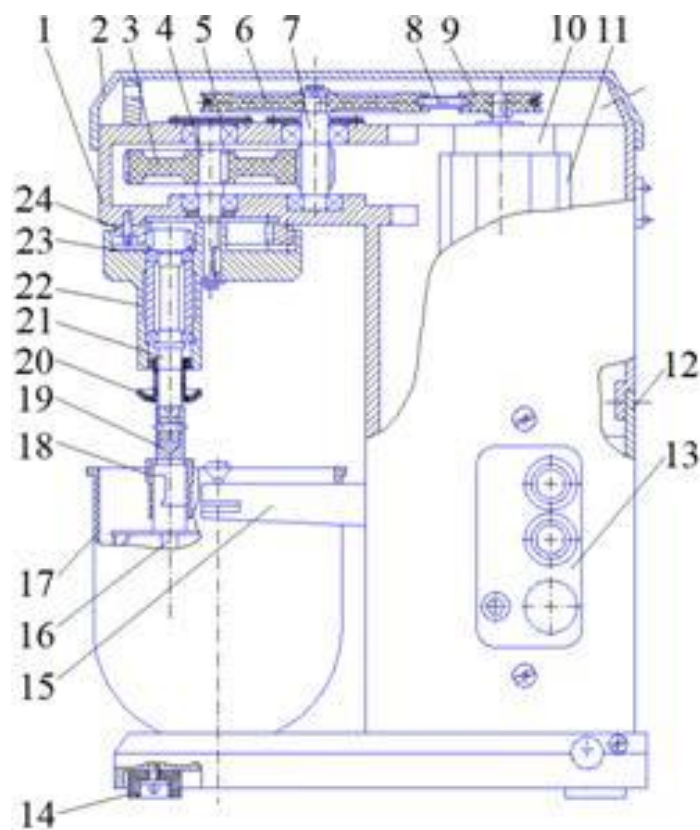


Рис. 1.8. Збивальна машина МВ-10:

1 - корпус; 2 - кришка; 3 - колесо зубчасте; 4 - приводний вал; 5 - кришка підшипникова; 6, 9 - шків; 7, 21 - вал-шестерня; 8 - ремінь; 10 - електродвигун; 11 - основа; 12 - панель; 13 - пост керування; 14 - амортизатор; 15 - кронштейн; 16 - збивач; 17 - бачок; 18 - кільце; 19 - муфта перехідна; 20 - чашка; 22 - корпус; 23 - кришка; 24 - сонячне колесо

Основні складові даної машини розміщені в корпусі 1. На корпусі машини закріплені база 11 для установки і фіксації двошвидкісного електродвигуна 10, кріпильна планка 15 для бачка та панелі керування 12 і 13.

У корпусі 1 розташовані приводний вал 4 з зубчастим колесом 3, вал-шестерня 7, шків 6 і 9. На корпусі також розміщено сонячне колесо 24, яке взаємодіє з валом-шестернею 21, що є вихідним ланцюгом приводу машини. Вал-шестерня встановлена у корпусі 22, закріпленому на кінці вала 4. На валу-шестерні розміщені перехідна муфта 19 і чашка 20. Збивач прикріплений до муфти за допомогою кільця 18, а чашка призначена для збору мастила у випадку протікання через манжету.

Крутний момент, який поступає з вала електродвигуна через клиноременну і зубчасту передачі, передається на корпус 22. Під час обертання валу-шестерні 21 останній збивається по сонячному колесу, забезпечуючи осьовий та планетарний рух робочого органу. Оскільки сонячне колесо та шестерня взаємодіють внутрішньо, то рух точок збивача відбувається за подовженою гіпоциклоїдою. При такому русі найбільша швидкість точок збивача спостерігається ближче до центру бачка, що сприяє швидшому процесу без утворення воронки.

Описана машина також має варіант, де на відміну від одношвидкісних шківів встановлені двошвидкісні, і зміна швидкості забезпечується переміщенням клинового ременя.

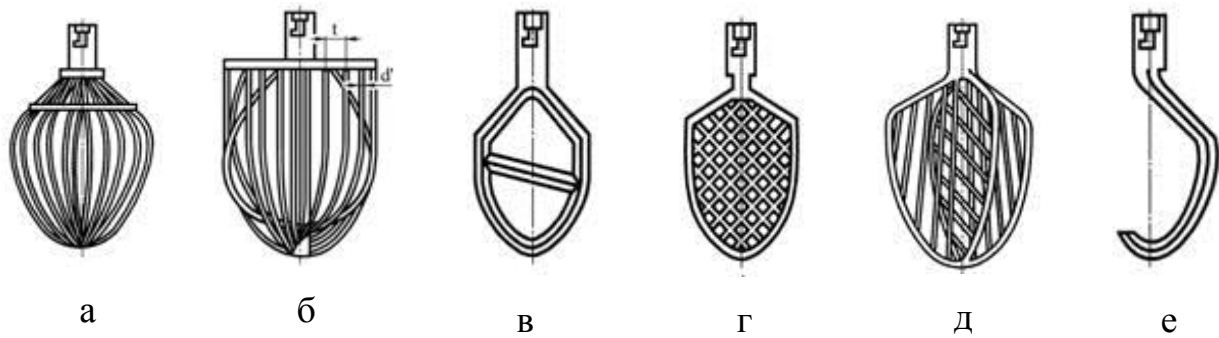


Рис. 1.9 - Типові конструкції збивачів

Робочим органом збивальних машин є збивач, який може мати різні конструкції залежно від продуктів, які необхідно збити. Для продуктів, що легко збиваються, таких як вершки, яєчно-цукрові та білково-цукрові суміші, муси тощо, використовують пруткові "вінички" (див. рис. 1.9, а, б). Ці збивачі мають форму тіла обертання з прутками, орієнтованими відповідно до форми утворюючої поверхні. Такий дизайн дозволяє максимально опрацювати всі компоненти суміші, а відношення кроку прутків до їхнього діаметру забезпечує необхідну ефективність процесу збивання.

Для продуктів середньої консистенції, таких як креми на основі вершкового масла, млинцеве, бісквітне або заварне тісто та інші подібні продукти, використовуються різні типи збивачів: лопатеві (див. рис. 1.9, д), плоскорешітчасті (див. рис. 1.9, г) або рамні з перемичками-ребрами (див. рис. 1.9, в). Вони мають рамку з ребрами або прутками, відповідна форма яких підбирається до форми бачка. Товщина рамок збивачів вибирається так, щоб забезпечити необхідну жорсткість, приблизно  $\delta \approx 0,06d$  (де  $d$  - діаметр збивача).

Для замісу крутого тіста чи збивання помадки тощо використовуються гакоподібні збивачі (див. рис. 1.9, е). Їх відкрита форма заважає злипанню тіста на робочий орган.

Суміші з меншою щільністю збиваються при високих швидкостях обертання збивачів. Конфігурація збивача має вплив на продуктивність збивальних машин, інтенсивність і ефективність процесу збивання.

Головним технічним параметром однопозиційних збивальних пристроїв є об'ємний обсяг бачка для продукту, а не продуктивність. Це пояснюється

різноманітністю тривалості технологічного циклу, яка залежить від властивостей продукту та інших факторів. Сучасні вітчизняні збивальні машини пропонують бачки об'ємом 6, 10, 20, 35, 60 і 100 літрів. Зазвичай бачки мають форму вертикального циліндра з кульовим днищем, що допомагає підвищити осьові потоки. Це особливо важливо при збиванні в'язких продуктів, оскільки це забезпечує рівномірне перемішування збиваних сумішей на всій висоті бачка.

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

Машина SPA 240E/НВ призначена для замішування пшеничного тіста. Застосовується на підприємствах хлібопекарної промисловості при випічці хліба і хлібо-булочних виробів.

Машина застосовується в наступних умовах:

- робота постійна і з періодичними зупинками;
- температура зовнішнього середовища від +10 до +35°C
- вологість до 80% при температурі +25°C.

### ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

|  |       |
|--|-------|
| Місткість діжі, л  | 240   |
| Час одного замісу, хв  | 7–20  |
| Завантаження діжі у відсотках від її об'єму:   |       |
| — дріжджове тісто для смажених пиріжків<br>вогкістю 41 –42 відсотка), не більше                          | 50–55 |
| — дріжджове тісто для смажених пиріжків, не<br>більш   | 40    |
| — здобне дріжджове тісто (типу тіста для<br>булочок з горіхами, із вмістом жиру 8<br>відсотків, не більш | 50    |
| — прісне тісто (для булочок типу “слойка”<br>вогкістю 20 ... 41 відсоток, не більше                      | 30    |

|   |              |
|---|--------------|
| Частота обертання діжі, об/хв           | 4,1          |
| Частота обертання важеля мішалки, об/хв | 26; 75       |
| Тип електродвигуна                      | A02 31–4M301 |
| Число оборотів електродвигуна, об/хв    | 1430         |
| Потужність електродвигуна, кВт          | 14           |
| Напруга електродвигуна, В               | 220/380      |
| Частота струму, Гц                      | 50           |

### 1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – вдосконалити конструкцію вузла змішування тістомісильної машини марки SPA 240E/НВ.

У даній магістерській роботі розглядаються питання дослідження та модернізації структури спеціального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ. В рамках цього дослідження виконуються такі завдання: розробка структурної та кінематичної схеми машини, вибір конструкції робочого органу для змішування тіста, проведення розрахунків механічної частини машини, розробка заходів щодо експлуатації та технічного обслуговування, створення тривимірної моделі спірального робочого органу з подальшим проведенням числових експериментів, аналіз отриманих результатів, а також розробка заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об’єкт дослідження. Об’єкт досліджень у цій роботі - це аналіз напружень, переміщень і деформацій, що виникають у спіральному робочому органі під час функціонування тістомісильної машини SPA 240E/НВ.

Предмет дослідження. Предметом дослідження виступає тістомісильна машина SPA 240E/НВ.

## 2. Методи та методика досліджень

### 2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень

SolidWorks - це програма для створення 3D-моделей виробів. Вона дозволяє проектувати деталі і збірки будь-якої складності та призначення, а також створювати конструкторську документацію.

SolidWorks є системою гібридного моделювання, що означає, що вона може використовувати як твердотільні, так і поверхневі моделі. Це дозволяє створювати більш точні та реалістичні моделі виробів.

SolidWorks використовується в машинобудуванні та інших галузях промисловості для проектування та розробки нових виробів. Вона також використовується для навчання проектування та для створення прототипів виробів.

Основні можливості цього модуля включають.

- **Лінійний аналіз напруг.** SolidWorks Simulation дозволяє проводити лінійний аналіз напруг, що дозволяє оцінювати якість, продуктивність та безпеку конструкцій в процесі їх створення. Це зменшує необхідність у дорогих прототипах і допомагає заощадити час і витрати на розробку.

- **Метод аналізу скінченних елементів (FEA).** FEA дозволяє дискретизувати модель в тверде тіло, оболонку або балковий елемент, щоб оцінити реакцію компонентів на різні фактори, такі як сила, тиск, температура і контакт між компонентами.

- **Аналіз металевих та неметалевих компонентів.** SolidWorks Simulation надає можливість проводити аналіз як металевих, так і неметалевих компонентів. Для неметалевих матеріалів, таких як пластмаса або гума, використовується метод нелінійного аналізу напруг через їх складний взаємозв'язок деформації та навантаження.

- **Розрахунок деформацій і напруг.** Завдяки методу скінченних елементів SolidWorks Simulation дозволяє визначати переміщення, деформації та напруги, які виникають при різних внутрішніх і зовнішніх навантаженнях.



- **Використання бази даних матеріалів.** Інтегрована база даних матеріалів у SolidWorks Simulation дозволяє використовувати властивості матеріалів для точних розрахунків.

- **Типи елементів для моделювання.** SolidWorks Simulation використовує різні типи елементів, такі як тетраедричні (3D), трикутники (2D) і балкові елементи, для моделювання геометрії.

## 2.2. Функціональні можливості SolidWorks Simulation

Лінійний аналіз напруг у SolidWorks Simulation - це метод, що дозволяє моделювати та оцінювати поведінку конструкції під навантаженням і визначити реакцію на нього. Основні характеристики та функції цього виду аналізу в програмі SolidWorks Simulation включають наступне.

- **Типи навантаження.** Лінійний аналіз дозволяє моделювати різні типи навантажень, такі як статичні сили, тиску, моменти, температурні впливи, а також фіксовані або вільні переміщення.

- **Моделювання деформацій та напруг.** Цей аналіз дозволяє визначити деформації, напруги та переміщення в кожній точці конструкції під впливом навантаження.

- **Перевірка міцності та безпеки.** Відповідно до результатів аналізу можна оцінити, чи відповідає конструкція вимогам безпеки, міцності та витривалості. Можна оцінювати фактори безпеки, допуски напружень, деформації та інші параметри.

- **Вплив матеріалів.** SolidWorks Simulation враховує властивості матеріалів при проведенні аналізу. Це дозволяє точно оцінювати вплив матеріалу на поведінку конструкції під навантаженням.

- **Оцінка точності результатів.** Після завершення аналізу можна оцінити та перевірити отримані результати, враховуючи параметри, які були задані при побудові моделі та аналізу.

Нелінійний аналіз напруг у SolidWorks Simulation - це потужний метод моделювання, який враховує нелінійні властивості матеріалів або геометрії конструкції, які можуть змінюватися відповідно до умов навантаження. Основні особливості та функції цього виду аналізу включають наступне.

- **Нелінійні властивості матеріалів.** Цей вид аналізу дозволяє враховувати нелінійні властивості матеріалів, такі як неоднорідності, пластичність, великі деформації, анізотропія і необернені ефекти.

- **Геометрична нелінійність.** SolidWorks Simulation дозволяє моделювати значні деформації та зміни форми конструкції, включаючи криволінійність, геометричну нелінійність та нестійкість.

- **Контактні умови.** Нелінійний аналіз може враховувати складні умови контакту між різними частинами моделі, які можуть мати тиск, тертя або різні види зчеплення.

- **Нелінійні навантаження.** Можливість моделювати нелінійні навантаження, такі як термічні, електромагнітні, часові зміни навантажень тощо.

- **Методи розв'язку.** Для вирішення нелінійних задач, SolidWorks використовує різні методи розв'язання, такі як метод скінчених елементів (FEA), метод Ньютона-Рафсона, метод кінцевих різниць тощо.

- **Оцінка впливу змін.** Можливість оцінки впливу змін параметрів (матеріалу, геометрії, навантажень) на результати аналізу.

- **Валідація результатів.** Після виконання аналізу можна валідувати результати порівнянням з експериментальними даними або з теоретичними обчисленнями.

**Метод скінчених елементів (FEA) в SolidWorks Simulation** для статичного розрахунку є основним інструментом для моделювання та аналізу поведінки конструкцій під навантаженням. Особливості FEA в SolidWorks Simulation для статичних розрахунків включають наступне.

**Розділення моделі на елементи.** FEA використовує розділення конструкції на більші менші елементи, які називаються скінченими елементами.

Ці елементи формують мережу (меш) по всій моделі, де кожен елемент розраховується окремо.

**Точність результатів.** Точність розрахунків FEA залежить від якості та кількості елементів у меші. Більш дрібні елементи можуть дати більш точні результати, але при цьому збільшують обчислювальний обсяг.

**Різні типи елементів.** SolidWorks Simulation пропонує різні типи елементів, такі як тетраедричні (3D), трикутники (2D) та балкові елементи, які використовуються в залежності від геометрії та умов задачі.

**Граничні умови та навантаження.** FEA дозволяє налаштовувати граничні умови (наприклад, фіксовані точки, прикладення навантажень) для точного моделювання умов в реальному світі.

**Уточнення мешування.** Після автоматичного мешування можна виконати уточнення мешування, змінивши параметри для покращення точності або продуктивності обчислень.

**Оцінка результатів.** Після завершення аналізу можна вивчити результати, такі як напруги, деформації, переміщення, для оцінки безпеки, міцності та продуктивності конструкції під навантаженням.

Ці особливості методу скінчених елементів (FEA) у SolidWorks Simulation дозволяють інженерам моделювати та аналізувати конструкції для різних умов навантаження з точністю та ефективністю.

### 2.3. Особливості і порядок проведення моделювання у SolidWorks Simulation.

У процесі планування процесу обчислень у SolidWorks Simulation необхідно врахувати ряд чинників.

Точність моделі є одним з найважливіших факторів, що впливають на точність розрахунків. Модель повинна точно відображати реальну конструкцію. Це включає в себе правильне визначення розмірів, форм і матеріалів.

При створенні моделі важливо використовувати точні дані про розміри і форми конструкції. Ці дані можна отримати з конструкторської документації, експериментів або інших джерел.

Також важливо правильно визначити матеріали, з яких виготовлена конструкція. Для цього можна використовувати дані з довідників або експериментальні дані.

Граничні умови - це умови, які визначають поведінку конструкції під впливом навантажень. Граничні умови повинні точно відображати реальні умови, в яких буде працювати конструкція.

При визначенні граничних умов важливо враховувати всі типи навантажень, які будуть діяти на конструкцію. Це включає в себе навантаження від навантаження, навантаження від температури та навантаження від вібрації.

Також важливо правильно визначити напрямки і величини навантажень. Ці дані можна отримати з конструкторської документації, експериментів або інших джерел.

SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр методів розрахунку, які мають різні рівні точності. Вибір методу розрахунку залежить від складності конструкції і вимог до точності.

Для простих конструкцій, які піддаються лінійним навантаженням, можна використовувати лінійні статичні розрахунки. Для більш складних конструкцій, які піддаються нелінійним навантаженням, можна використовувати нелінійні статичні розрахунки.

Адаптивний розрахунок дозволяє збільшити кількість елементів в областях з високими деформаціями або напруженнями. Це може допомогти забезпечити більш точне моделювання цих областей.

Адаптивний розрахунок можна використовувати для всіх типів статичних розрахунків.

Методи розрахунку з вищою точністю забезпечують більш точні результати. Однак, вони також вимагають більшої кількості обчислювальних ресурсів.

Методи розрахунку з вищою точністю можна використовувати для всіх типів статичних розрахунків.

Калібрування моделі - це процес використання експериментальних даних для покращення точності моделі. Експериментальні дані можна отримати з випробувань конструкції або інших джерел.

Калібрування моделі можна використовувати для всіх типів статичних розрахунків.

Виконання статичних розрахунків у SolidWorks Simulation передбачає наступні етапи.

### **1. Створення моделі конструкції**

Створення моделі конструкції в SolidWorks - це перший і найважливіший крок у процесі проведення статичних розрахунків. Модель повинна точно відображати реальну конструкцію. Це включає в себе правильне визначення розмірів, форм і матеріалів конструкції.

При створенні моделі важливо використовувати точні дані про розміри і форми конструкції. Ці дані можна отримати з конструкторської документації, експериментів або інших джерел.

Також важливо правильно визначити матеріали, з яких виготовлена конструкція. Для цього можна використовувати дані з довідників або експериментальні дані.

### **2. Задання граничних умов**

Граничні умови - це умови, які визначають поведінку конструкції під впливом навантажень. Граничні умови повинні точно відображати реальні умови, в яких буде працювати конструкція.

При визначенні граничних умов важливо враховувати всі типи навантажень, які будуть діяти на конструкцію. Це включає в себе навантаження від навантаження, навантаження від температури та навантаження від вібрації.

Також важливо правильно визначити напрямки і величини навантажень. Ці дані можна отримати з конструкторської документації, експериментів або інших джерел.

### **3. Вибір методу розрахунку**

SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр методів розрахунку, які мають різні рівні точності. Вибір методу розрахунку залежить від складності конструкції і вимог до точності.

Для простих конструкцій, які піддаються лінійним навантаженням, можна використовувати лінійні статичні розрахунки. Для більш складних конструкцій, які піддаються нелінійним навантаженням, можна використовувати нелінійні статичні розрахунки.

### **4. Задання параметрів розрахунку**

Після вибору методу розрахунку необхідно задати параметри розрахунку. Параметри розрахунку впливають на точність і час виконання розрахунку.

Число елементів. Чим більше елементів, тим точніше буде результат розрахунку. Однак, це також вимагає більше часу для виконання розрахунку.

Метод розв'язання. Різні методи розв'язання мають різні рівні точності і часу виконання розрахунку.

Граничний час розрахунку. Граничний час розрахунку визначає, скільки часу буде витрачено на виконання розрахунку.

### **5. Виконання розрахунку**

Після того, як ви задали всі параметри розрахунку, можна виконати розрахунки.

### **6. Аналіз результатів**

Після виконання розрахунків необхідно проаналізувати результати розрахунків.

SolidWorks Simulation пропонує різні інструменти для аналізу результатів розрахунків. Ви можете використовувати ці інструменти для перегляду деформацій, напруг і інших результатів розрахунків.

Також важливо порівняти результати розрахунків з експериментальними даними за умови наявності останніх. Це допоможе вам оцінити точність розрахунків.

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

#### 3.1. Опис будови і роботи тістомісильної машини SPA 240E/HB

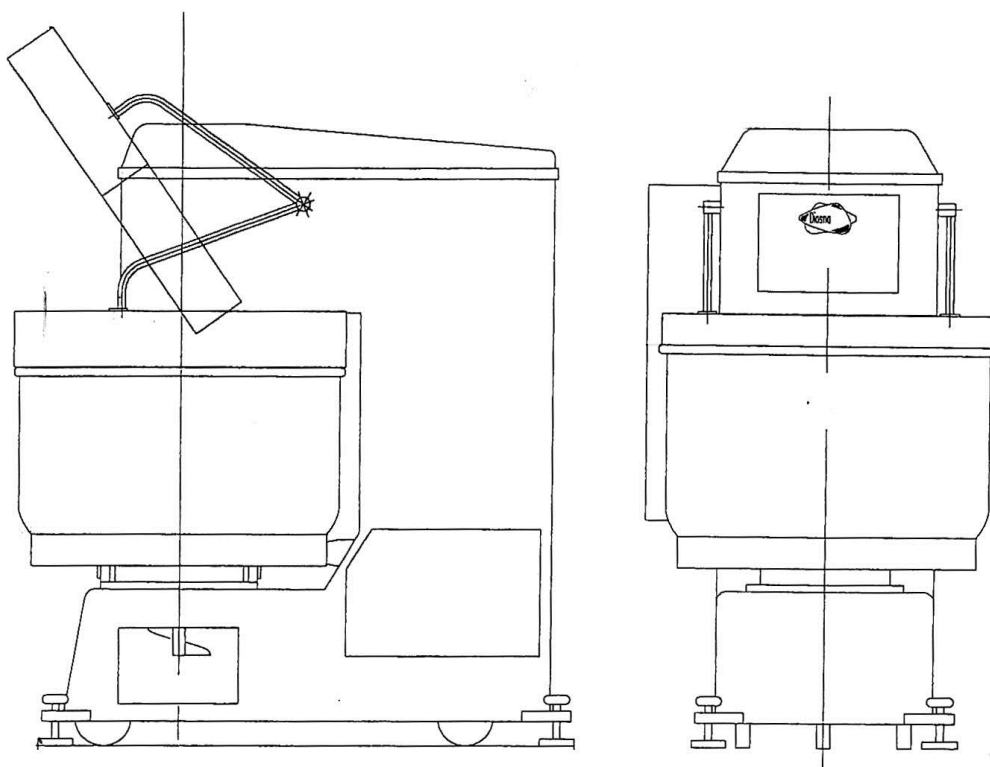


Рис. 3.1. Машина тістомісильна моделі SPA 240E/HB

Машина для змішування тіста моделі SPA 240E/HB має дві частини: основну машину і діжку. Усередині машини є плита з редукторами, корпус з кривошипом для приводу важеля змішувача, і захисний бар'єр.

На платформі машини розташовані наступні компоненти: редуктор для приводу діжки, який через провідний диск передає рух діжки; редуктор для механізму змішування з електродвигуном на фланці. Передача обертання з редуктора на редуктор відбувається через з'єднуючий вал.

Редуктор для механізму змішування переносить рух від електродвигуна на редуктор для приводу діжки та механізму змішування. Він містить корпус із чавуну, шнек та шестерню на валу. Шнек і вал шестерні мають коченеві підшипники. На валу знаходиться шестерня, на яку надівається ланцюг із зубцями для передачі руху на кривошип. Електродвигун, встановлений на

фланці редуктора, має вал, який входить у виріз черв'яка. Щоб уникнути витoku мастила, кінці валу та черв'яка ущільнені каркасними ущільнювачами. Щоб забезпечити редуктор мастилом, передбачений отвір, який закривається затвором.

Редуктор для приводу діжки має корпус із чавуну, шнек і шестерню, яка монтується на валу. Шнек і вал шестерні мають кулькові підшипники.

Рух кривошипа активує важіль змішувача, довший кінець якого, разом з кульковим підшипником, входить у виріз кривошипа. Кривошип змонтований на нерухомому валу за допомогою двох голчастих підшипників.

### 3.2. Розробка заходів з модернізації тістомісильної машини

В процесі модернізації тістомісильної машини встановлюється осуваснений механізм обертання діжі і змінюється конструкція місильного органу, зокрема зміні підлягають геометричні параметри місильної спіралі. Запропоновані вдосконалення дозволять уникнути виникнення застійних зон при замішуванні тіста .

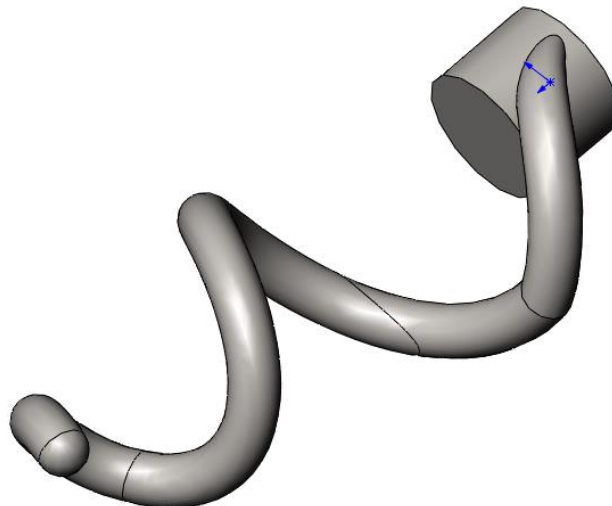


Рис. 3.2. Схема місильного робочого органу



### 3.3. Технологічні розрахунки

Попередньо приймаємо частоту обертання вала електродвигуна:

$$n_{\text{дв}} := 1430 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість обертання вала електродвигуна:

$$\omega_{\text{дв}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} \quad \omega_{\text{дв}} = 149.75 \quad (\text{рад/с})$$

Частота обертання вала підкатної діжі:

$$n_{\text{д}} := 4 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість обертання вала підкатної діжі:

$$\omega_{\text{д}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{д}}}{30} \quad \omega_{\text{д}} = 0.42 \quad (\text{рад/с})$$

Діжа з тістом масою  $m_{\text{д}} := 560$  кг опирається на упорний підшипник із діаметром  $d := 0.165$  (м). Коефіцієнт тертя 0.15.

Необхідний момент на приведення в рух діжі:

$$T_{\text{д}} := 0.15 \cdot m_{\text{д}} \cdot 9.81 \cdot \frac{d}{2} \quad T_{\text{д}} = 67.98 \quad (\text{Н*м})$$

Необхідна потужність:

$$N_{\text{д}} := \frac{T_{\text{д}} \cdot \omega_{\text{д}}}{1000} \quad N_{\text{д}} = 0.028477 \quad (\text{кВт})$$

Частота обертання місильного вала:

$$n_{\text{мв}} := 26 \quad (\text{об/хв})$$

Куова швидкість обертання місильного вала:

$$\omega_{\text{мв}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{мв}}}{30} \quad \omega_{\text{мв}} = 2.72 \quad (\text{рад/с})$$

Необхідну потужність на заміс тіста знайдемо за формулою:

$$N_{\text{мв}} = \frac{M_{\text{мв}} \cdot \omega_{\text{мв}} \cdot K_a}{1000}$$

де  $K_a := 1.1$  - коефіцієнт запасу потужності;

$M_{\text{мв}} = P \cdot R_b$  - момент сили, необхідний на заміс, Нм;

$R_b := 0.107$  (м) - приведений радіус вертикальної осі місильного вала;

$P = p \cdot F$  - сила опору продукту при замісі, Н;

$F := 0.0351$  (м<sup>2</sup>) - площа виміщуючої ділянки місильного вала;

$p := 720000$  (Н/м<sup>2</sup>) - питоме зусилля замісу;

Сила опору продукту при замісі:

$$P := p \cdot F \quad P = 2.53 \times 10^4 \quad (\text{Н})$$

Момент сили, необхідний на заміс:

$$M_{\text{МВ}} := P \cdot R_b \quad M_{\text{МВ}} = 2.7 \times 10^3 \quad (\text{Нм})$$

Необхідна потужність на заміс тіста:

$$N_{\text{МВ}} := \frac{M_{\text{МВ}} \cdot \omega_{\text{МВ}} \cdot K_a}{1000} \quad N_{\text{МВ}} = 8.1 \quad (\text{кВт})$$

Знайдемо необхідну потужність електродвигуна.

Коефіцієнти корисної дії ланок:

$\eta_1 := 0.92$  коефіцієнт корисної дії черв'ячної передачі;

$\eta_2 := 0.96$  коефіцієнт корисної дії пасової передачі;

$\eta_3 := 0.99$  коефіцієнт корисної дії шарикопідшипника;

$\eta_4 := 0.9$  коефіцієнт корисної дії підшипника ковзання;

$\eta_5 := 0.98$  коефіцієнт корисної дії конічної передачі;

Необхідна подужність електродвигуна:

$$N_{\text{ДВ}} := \frac{N_{\text{МВ}}}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3^5 \cdot \eta_4^3 \cdot \eta_5} + \frac{N_{\text{Д}}}{\eta_1^2 \cdot \eta_3^7} \quad N_{\text{ДВ}} = 13.53 \quad (\text{кВт})$$

З урахуванням всього наявного переліку рецептур тіста із запасом потужності астосуємо електродвигун марки А02 314М301 з параметрами:

$$\text{Потужність на валу електродвигуна} \quad N_{\text{ДВ}} := 14 \quad (\text{кВт})$$

### 3.4. Структурний аналіз тістомісильної машини

Основні механічні операції, які виконуються в тістомісильній машині, включають обертання діжі навколо своєї осі та замішування за допомогою складного руху місильного вала.

За своєю дією тістомісильна машина відноситься до обладнання з механічним приводом основних компонентів. Її схема включає електричний двигун, черв'ячні передачі, ланцюгову трансмісію та робочі органи, такі як місильний важіль та діжа.

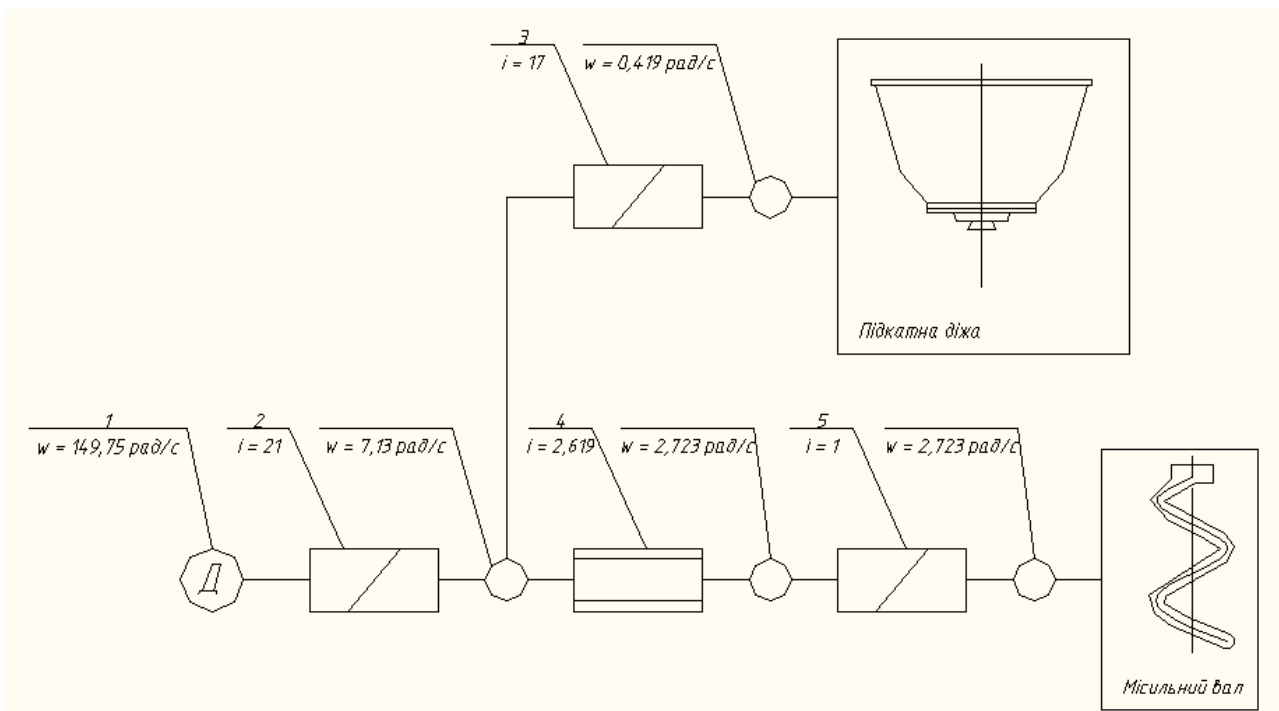


Рис. 3.3. Структурна схема тістомісильної машини.

### 3.5. Кінематичний аналіз тістомісильної машини

Крутний момент від електричного двигуна передається на черв'ячну передачу. З одного боку черв'ячного колеса за допомогою спеціального вала крутний момент передається до черв'ячну передачу приводу діжі. З іншого боку

черв'ячного колеса розміщено ведучу зірочку ланцюгової передачі приводу місильного органу. Ланцюгова передача приводить в рух місильний орган.

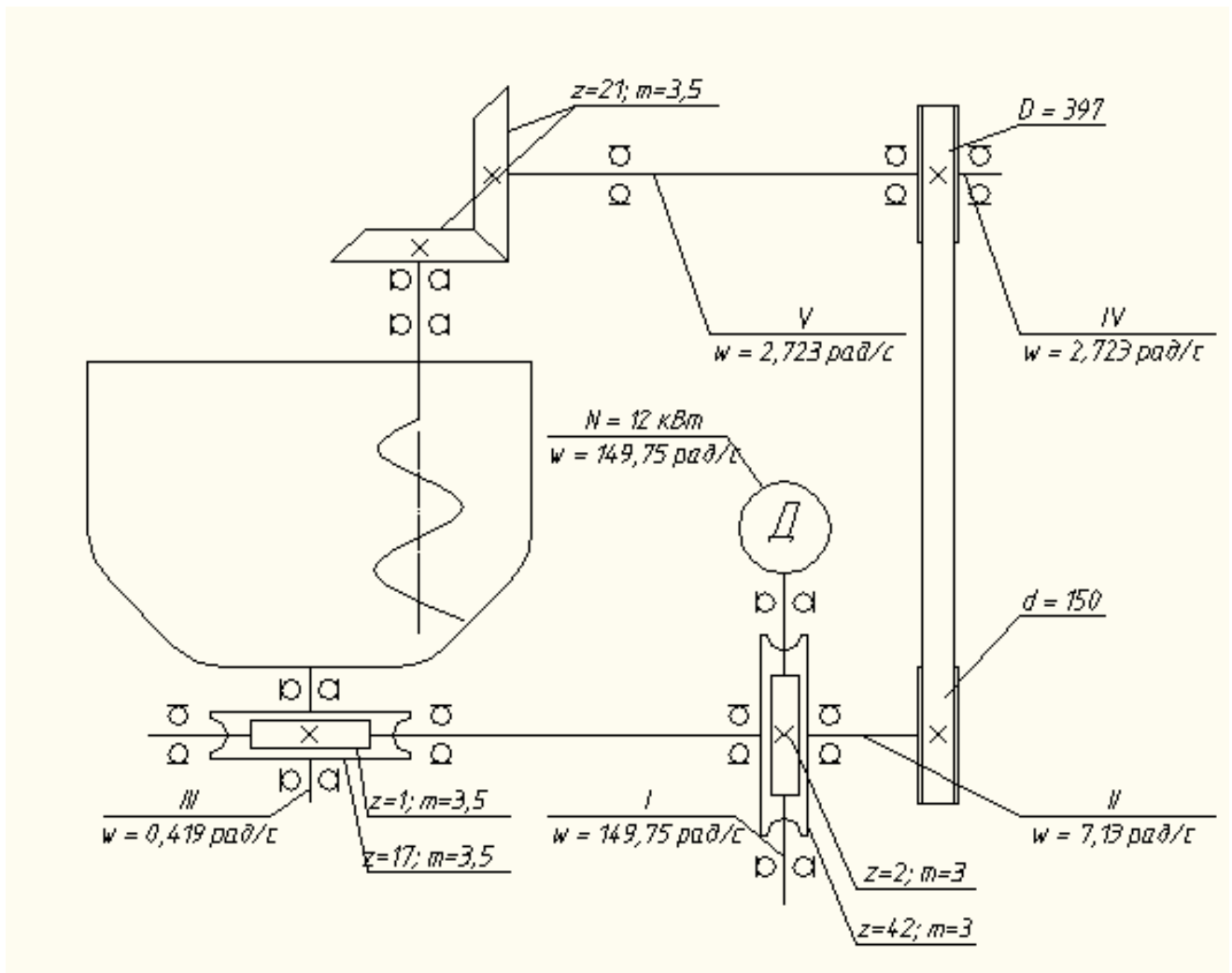


Рис. 3.4.– Кінематична схема тістомісильної машини.

Частота обертання вала електродвигуна:

$$n_{\text{ДВ}} := 1430 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість обертання вала електродвигуна:

$$\omega_{\text{ДВ}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{ДВ}}}{30} \quad \omega_{\text{ДВ}} = 149.75 \quad (\text{рад/с})$$

Розрахуємо елементи кінематичної схеми.

Частота обертання місильного вала:

$$n_{\text{МВ}} = 26 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість обертання місильного вала:

$$\omega_{\text{МВ}} = 2.72 \quad (\text{рад/с})$$

Необхідне передаточне число ланки електродвигун-місильний вал:

$$u_1 := \frac{\omega_{\text{ДВ}}}{\omega_{\text{МВ}}} \quad u_1 = 55$$

Попередньо приймаємо передаточне число черв'ячної передачі

$$u_{\text{чп1}} := 21$$

Число витків черв'яка приймаємо  $z_{\text{чп11}} := 2$

Тоді число витків черв'ячного колеса:

$$z_{\text{чп12}} := z_{\text{чп11}} \cdot u_{\text{чп1}} \quad z_{\text{чп12}} = 42$$

Частота обертання черв'ячного колеса і ведучого шківа:

$$n_{\text{ч3}} := \frac{n_{\text{ДВ}}}{u_{\text{чп1}}} \quad n_{\text{ч3}} = 68.1 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість черв'ячного колеса і ведучого шківа:

$$\omega_{\text{ч3}} := \frac{\pi \cdot n_{\text{ч3}}}{30} \quad \omega_{\text{ч3}} = 7.13 \quad (\text{рад/с})$$

Необхідне передаточне число пасової передачі

$$u_{\text{лп1}} := \frac{\omega_{\text{ч3}}}{\omega_{\text{МВ}}} \quad u_{\text{лп1}} = 2.619$$

Діаметр ведучого шківа приймаємо

$$d_{\text{ВД}} := 150 \quad (\text{мм})$$

Тоді число витків веденої шестерні

$$D_{BH} := d_{вд} \cdot u_{лп1} \quad D_{BH} = 392.8571 \quad (\text{мм})$$

Приймаємо  $D_{BH} := 397 \quad (\text{мм})$

Конічну передачу застосуємо із передаточним числом 1 з кількістю зубів 21 на кожній шестерні.

Частота обертання веденої шестерні відповідає частоті обертання місильного вала.

Необхідне передаточне число ланки електродвигун-підкатна діжа:

$$u_2 := \frac{\omega_{дв}}{\omega_{д}} \quad u_2 = 357.5$$

Передаточне число черв'ячної передачі приводу підкатної діжі:

$$u_{чп2} := \frac{u_2}{u_{чп1}} \quad u_{чп2} = 17.02$$

Число витків черв'яка приймаємо  $z_{чп21} := 2$

Тоді число витків черв'ячного колеса:

$$z_{чп22} := z_{чп21} \cdot u_{чп2} \quad z_{чп22} = 34.05$$

Приймаємо  $z_{чп22} := 34$  Тоді передаточне число:

$$u_{чп2} := \frac{z_{чп22}}{z_{чп21}} \quad u_{чп2} = 17$$

Частота обертання вала підкатної діжі:

$$n_{д} := \frac{n_{дв}}{u_{чп1} \cdot u_{чп2}} \quad n_{д} = 4.01 \quad (\text{об/хв})$$

Кутова швидкість обертання вала підкатної діжі:

$$\omega_{д} := \frac{\pi \cdot n_{д}}{30} \quad \omega_{д} = 0.419 \quad (\text{рад/с})$$

### 3.6. Розрахунок конічної передачі приводу місильного органу

Розрахувати прямозубу конічну передачу за такими даними: потужність на ведучому валу  $P_1 := 8.4$  кВт при його кутовій швидкості  $\omega_1 := 2.72$  рад/с; передаточне число передачі  $u := 1$ ; передача непереверсивна; режим навантаження середній нормальний (СН); можливі короточасні перевантаження до 200 % від номінального; строк служби передачі  $h := 20000$  год.

#### РОЗВ'ЯЗАННЯ

##### 1. Параметри навантаження зубчастої передачі

Номінальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_1 = T_{1H} = T_{1F} = \frac{P_1}{\omega_1}$$
$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 3.088 \times 10^3 \quad (\text{Н}^*\text{М}) \quad T_{1H} := T_1 \quad T_{1F} := T_1$$

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

$$T_{1\max} := 2 \cdot T_1 \quad T_{1\max} = 6.176 \times 10^3 \quad (\text{Н}^*\text{М})$$

Кутова швидкість веденого вала

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{u} \quad \omega_2 = 2.72 \quad (\text{рад/с})$$

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

$$N_{\Sigma 1} := 1800 \cdot \omega_1 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 1} = 3.117 \times 10^7$$

$$N_{\Sigma 2} := 1800 \cdot \omega_2 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 2} = 3.117 \times 10^7$$

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

$$N_{HE1} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{HE1} = 5.61 \times 10^6$$

$$N_{HE2} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{HE2} = 5.61 \times 10^6$$

$$N_{FE1} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{FE1} = 2.182 \times 10^6$$

$$N_{FE2} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{FE2} = 2.182 \times 10^6$$

## 2. Матеріали зубчастих коліс.

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

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

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

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

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

## 3. Допустимі напруження для розрахунку зубчастої передачі.

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

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

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

Базу випробувань для матеріалу шестерні та колеса визначаємо за формулою:

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

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



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

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

$$I\sigma_{IH1} := \sigma_{Hlimb1} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL}}{s_H} \quad I\sigma_{IH1} = 572.727 \quad (\text{МПа})$$

$$I\sigma_{IH2} := \sigma_{Hlimb2} \cdot Z_R \cdot \frac{K_{HL}}{s_H} \quad I\sigma_{IH2} = 509.091 \quad (\text{МПа})$$

Для зубців конічної передачі розрахункове допустиме контактне напруження:

$$I\sigma_{IH} := 0.45 \cdot (I\sigma_{IH1} + I\sigma_{IH2}) \quad I\sigma_{IH} = 486.818 \quad (\text{МПа})$$

б) Допустимі напруження на згин. Границі витривалост ізубців при згині для баз випробувань  $N_{F0} := 4 \cdot 10^6$  [ ]:

$$\sigma_{Flimb1} := 1.8 \cdot H_1 \quad \sigma_{Flimb1} = 504 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{Flimb2} := 1.8 \cdot H_2 \quad \sigma_{Flimb2} = 441 \quad (\text{МПа})$$

Оскільки  $N_{F0} < N_{FE1}$  і  $N_{F0} < N_{FE2}$ , то коефіцієнт довговічності для зубів шестерні та колеса  $K_{FL} := 1$

Допустиме напруження на згин для зубців шестерні та колеса при коефіцієнті  $K_{Fc} := 1$  (нереверсивна передача) та коефіцієнті запасу  $s_F := 2.2$  знаходимо за формулами:

$$I\sigma_{IF1} := \sigma_{Flimb1} \cdot K_{Fc} \cdot \frac{K_{FL}}{s_F} \quad I\sigma_{IF1} = 229.091 \quad (\text{МПа})$$

$$I\sigma_{IF2} := \sigma_{Flimb2} \cdot K_{Fc} \cdot \frac{K_{FL}}{s_F} \quad I\sigma_{IF2} = 200.455 \quad (\text{МПа})$$

Для зубців шестерні та колеса граничне допустиме напруження на згин

[ ]

$$\begin{aligned} \sigma_{F1max} &:= 4.8 \cdot \frac{H_1}{s_F} & \sigma_{F1max} &= 610.909 \text{ (МПа)} \\ \sigma_{F2max} &:= 4.8 \cdot \frac{H_2}{s_F} & \sigma_{F2max} &= 534.545 \text{ (МПа)} \end{aligned}$$

4. Проектний розрахунок передачі. Для проектного розрахунку попередньо беремо коефіцієнт ширини вінця  $K_{be} := 0.27$  і відповідно

$$K_{bd} := K_{be} \cdot \frac{u}{2 - K_{be}} \quad K_{bd} = 0.156$$

За графіками [ ] залежно від  $K_{bd}$  визначаємо коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців

$$K_{H\beta} := 1.06$$

Для сталевих конічних коліс допоміжний коефіцієнт

$$K_d := 1000 \text{ (МПа}^{1/3}\text{)}$$

Мінімальний ділительний діаметр конічного колеса

$$d_{e2min} := K_d \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{1H} \cdot K_{H\beta} \cdot u^2}{K_{be} \cdot (1 - K_{be}) \cdot \sigma_{FH}^2}} \quad d_{e2min} = 412.286 \text{ (мм)}$$

Вибираємо число зубців шестерні  $z_1 := 21$ , а число зубців колеса

$$z_2 := u \cdot z_1 \quad z_2 = 21$$

Приймаємо  $z_2 := 21$ , тоді фактичне передаточне число

$$u := \frac{z_2}{z_1} \quad u = 1$$

Модуль зубців

$$m'_e := \frac{d_{e2min}}{z_2} \quad m'_e = 19.633 \text{ (мм)}$$

Стандартний модуль зубців  $m_e := 20 \text{ мм [ ]}$ .

5. Попередні значення деяких параметрів передачі.

Зовнішні ділительні діаметри шестерні та колеса будуть такі:

$$d_{e1} := m_e \cdot z_1 \quad d_{e1} = 420 \quad (\text{мм})$$

$$d_{e2} := m_e \cdot z_2 \quad d_{e2} = 420 \quad (\text{мм})$$

Зовнішня конусна віддаль:

$$R_e := 0.5 \cdot m_e \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad R_e = 296.985$$

Ширина зубчастих вінців

$$b := K_{be} \cdot R_e \quad b = 80.186 \quad (\text{мм})$$

$$b_1 := b \quad b_1 = 80.186 \quad (\text{мм})$$

$$b_2 := b \quad b_2 = 80.186 \quad (\text{мм})$$

Середня конусна віддаль:

$$R_m := R_e - 0.5 \cdot b \quad R_m = 256.892$$

Середній модуль зубів:

$$m_m := m_e \cdot \frac{R_m}{R_e} \quad m_m = 17.3$$

Ділильні діаметри шестірні та колеса

$$d_{m1} := m_m \cdot z_1 \quad d_{m1} = 363.3$$

$$d_{m2} := m_m \cdot z_2 \quad d_{m2} = 363.3$$

Кути при вершинах ділильних діаметрів шестірні та колеса:

$$\delta_1 := \text{atan}\left(\frac{z_1}{z_2}\right) \quad \delta_1 = 0.785 \quad \frac{\delta_1 \cdot 180}{\pi} = 45$$

$$\delta_2 := \frac{\pi}{2} - \delta_1 \quad \delta_2 = 0.785 \quad \frac{\delta_2 \cdot 180}{\pi} = 45$$

Колова швидкість зубчастих коліс

$$v := 0.5 \cdot \omega_1 \cdot d_{m1} \cdot 10^{-3} \quad v = 0.494 \quad \text{м/с}$$

За даними [ ] вибираємо 7-й ступінь точності ( $n_{ст} := 7$ ) для всіх показників точності зубчастих коліс та передачі.

Еквівалентні числа зубців шестерні та колеса будуть такими:

$$z_{v1} := \frac{z_1 \cdot \sqrt{1 + u^2}}{u} \quad z_{v1} = 29.698$$

$$z_{v2} := z_2 \cdot \sqrt{1 + u^2} \quad z_{v2} = 29.698$$

Коефіцієнт торцевого перекриття зубців:

$$\epsilon_\alpha := 1.88 - 3.2 \cdot \left( \frac{1}{z_{v1}} + \frac{1}{z_{v2}} \right) \quad \epsilon_\alpha = 1.665$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс

$$F_t := \frac{2 \cdot T_1 \cdot 1000}{d_{m1}} \quad F_t = 17001.02 \quad (\text{H})$$

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

6. Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти.

Коефіцієнт, який враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс  $Z_M := 275$  (МПа<sup>1/2</sup>)

Коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців  $Z_H := 1.77$

Коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній.

$$Z_\epsilon := \sqrt{\frac{4 - \epsilon_\alpha}{3}} \quad Z_\epsilon = 0.882$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями [ ]

$$K_{H\alpha} := 1$$

$$K_{H\beta} = 1.06$$

Коефіцієнт динамічного навантаження  $K_{Hv} := 1.20$

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ht} := \frac{F_{Ht}}{0.85 \cdot b} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} \quad w_{Ht} = 317.282 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове контактне напруження

$$\sigma_H := Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\epsilon \cdot \sqrt{\frac{w_{Ht} \cdot \sqrt{1+u^2}}{d_{m1} \cdot u}} \quad \sigma_H = 477.29 \quad (\text{МПа})$$

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

7. Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну міцність

$$\sigma_{Hmax} := \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{1max}}{T_{1H}}} \quad \sigma_{Hmax} = 674.99 \quad (\text{МПа})$$

Напруження менші від допустимих. Контактна міцність забезпечується.

8. Розрахунок зубців на втому при згині

Розрахункові коефіцієнти будуть такими.

Коефіцієнти форми зубців:

$$Y_{F1} := 4.04 \quad Y_{F2} := 3.62$$

Коефіцієнт перекриття зубців  $Y_\epsilon := 1$

Коефіцієнт нахилу зубців для прямозубої передачі  $Y_\beta := 1$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями:  $K_{F\alpha} := 1$

Коефіцієнт нерівності навантаження по ширині зубчастих вінців [ ]

$$K_{F\beta} := 1.12$$

Коефіцієнт динамічного навантаження  $K_{Fv} := 1.45$

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ft} := \frac{F_{Ft}}{0.85 \cdot b} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \quad w_{Ft} = 405.083 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове напруження згину у зубцях шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} := Y_{F1} \cdot Y_\epsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{w_{Ft}}{m_m} \quad \sigma_{F1} = 94.597 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2} := Y_{F2} \cdot Y_\epsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{w_{Ft}}{m_m} \quad \sigma_{F2} = 84.763 \quad (\text{МПа})$$

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

9. Розрахунок зубців на міцність при згині. Під максимальним навантаженням:

$$\sigma_{F1max} := \sigma_{F1} \cdot \frac{T_{1max}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F1max} = 189.195 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2max} := \sigma_{F2} \cdot \frac{T_{1max}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F2max} = 169.526 \quad (\text{МПа})$$

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

10. Розрахунок параметрів зубчастої передачі.

Розміри елементів зубців:

зовнішня висота головки зубця

$$h_{ae} := m_e \quad h_{ae} = 20 \quad (\text{мм})$$

зовнішня висота ніжки зубця

$$h_{fe} := 1.2 \cdot m_e \quad h_{fe} = 24 \quad (\text{мм})$$

зовнішня висота зубця

$$h_e := 2.2 \cdot m_e \quad h_e = 44 \quad (\text{мм})$$

радіальний зазор

$$c := 0.2 \cdot m_e \quad c = 4 \quad (\text{мм})$$

кут профілю зубців  $\alpha := 20 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \alpha = 0.349 \quad (\text{рад})$

Розміри вінців зубчастих коліс:

Кути при вершинах ділільних конусів:

$$\delta_1 = 0.785 \quad (\text{рад}) \quad \delta_2 = 0.785 \quad (\text{рад})$$

зовнішні ділільні діаметри  $d_{e1} = 420 \quad (\text{мм}) \quad d_{e2} = 420 \quad (\text{мм})$

зовнішні діаметри вершин зубців

$$d_{ae1} := d_{e1} + 2 \cdot m_e \cdot \cos(\delta_1) \quad d_{ae1} = 448.284 \quad (\text{мм})$$

$$d_{ae2} := d_{e2} + 2 \cdot m_e \cdot \cos(\delta_2) \quad d_{ae2} = 448.284 \quad (\text{мм})$$

зовнішні діаметри впадин

$$d_{fe1} := d_{e1} - 2.4 \cdot m_e \cdot \cos(\delta_1) \quad d_{fe1} = 386.059 \quad (\text{мм})$$

$$d_{fe2} := d_{e2} - 2.4 \cdot m_e \cdot \cos(\delta_2) \quad d_{fe2} = 386.059 \quad (\text{мм})$$

За попередніми розрахунками маємо:  $R_e = 296.985 \quad (\text{мм})$

$$R_m = 256.892 \quad (\text{мм}) \quad m_m = 17.3 \quad (\text{мм}) \quad d_{m1} = 363.3 \quad (\text{мм})$$

$$d_{m2} = 363.3 \quad (\text{мм})$$

Кути головки та ніжки зубців:

$$\theta_a := \text{atan}\left(\frac{h_{ae}}{R_e}\right) \quad \theta_a = 0.067 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\theta_a \cdot 180}{\pi} = 3.853 \quad ^\circ$$

$$\theta_f := \text{atan}\left(\frac{h_{fe}}{R_e}\right) \quad \theta_f = 0.081 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\theta_f \cdot 180}{\pi} = 4.62 \quad ^\circ$$

Кути конуса вершин шестірні та колеса:

$$\delta_{a1} := \delta_1 + \theta_a \quad \delta_{a1} = 0.853 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\delta_{a1} \cdot 180}{\pi} = 48.853 \quad ^\circ$$

$$\delta_{a2} := \delta_2 + \theta_a \quad \delta_{a2} = 0.853 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\delta_{a2} \cdot 180}{\pi} = 48.853 \quad ^\circ$$

Кути конуса впадин:

$$\delta_{f1} := \delta_1 - \theta_f \quad \delta_{f1} = 0.705 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\delta_{f1} \cdot 180}{\pi} = 40.38 \quad ^\circ$$

$$\delta_{f2} := \delta_2 - \theta_f \quad \delta_{f2} = 0.705 \quad (\text{рад}) \quad \frac{\delta_{f2} \cdot 180}{\pi} = 40.38 \quad ^\circ$$

### 11. Розрахунок сил у зачепленні зубців передачі.

$$\text{Колова сила } F_t = 1.7 \times 10^4 \quad (\text{Н})$$

Радіальна сила на шестірні дорівнює осьовій силі на колесі:

$$F_{r1} := F_t \cdot \tan(\alpha) \cdot \cos(\delta_1) \quad F_{r1} = 4.375 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

$$F_{a2} := F_{r1} \quad F_{a2} = 4.375 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

Осьова сила на шестірні дорівнює радіальній силі на колесі:

$$F_{a1} := F_t \cdot \tan(\alpha) \cdot \cos(\delta_2) \quad F_{a1} = 4.375 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

$$F_{r2} := F_{a1} \quad F_{r2} = 4.375 \times 10^3 \quad (\text{Н})$$

## 3.7. Заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування тістомісильної машини SPA 240E/НВ

### 3.7.1. Особливості монтажу тістомісильної машини SPA 240E/НВ

Машина для замішування тіста, яка підлягає для монтажу, зазвичай доставляється за допомогою автомобілів або залізничних вагонів. Її розгружають у склади або під навіси, а потім, переміщаючи усередині будівлі, встановлюють на відмітку монтажу (фундамент). При цьому обладнання доводиться переміщати по горизонтальних, нахилених і вертикальних площинах. При невеликому обсязі багато робіт з такелажу виконуються вручну. Залежно від виду робіт, розмірів і ваги монтованого обладнання, роботи з такелажем, пов'язані з його переміщенням по горизонтальних, нахилених і вертикальних площинах, складають від 50 до 80% обсягу всіх монтажних робіт. Перед початком робіт з такелажу необхідно визначити кількість одиниць, вагу та розміри обладнання, яке транспортується, і підібрати за основними параметрами (вантажопідйомність, висота підйому та інші) відповідні підйомно-транспортні машини і механізми, опорні конструкції та монтажне обладнання.



Перед підйомом машини проводиться його стропування, тобто підвішування до гака підйомно-транспортного механізму. Застосовують універсальний строп, яким обв'язують вантаж, захищаючи строп від ушкодження гострими кутами вантажу за допомогою сталевих або дерев'яних прокладок. Строп кріплять за найнадійніші частини машини - фланці та електродвигуна. Довжина віток стропа повинна бути такою, щоб кут між віткою і вертикаллю не перевищував  $60^\circ$ , а між вітками стропа -  $90^\circ$ . Вантажний гак розташовують приблизно над центром тяжіння вантажу. Під час стропування тістомісильної машини важливо захищати стропи від непередбаченого зісковзування вздовж вантажу у випадку порушення його рівноваги; не можна перехрещувати гілки стропа. Для спрощення процесу стропування на ящику упаковки обладнання часто вказують розташування центру тяжіння (Ц.Т.) вантажу і напрям віток стропа. Під час підйому вантажу проводять його пробний підйом на висоту 300-500 мм для перевірки правильності закріплення гаків і петель стропа, рівноваги вантажу та однаковості натягу віток стропа. Рівномірність натягу перевіряють під час пробного підйому, натискаючи рукою на середину кожної вітки стропа (однаково натягнуті вітки мають однаковий опір). Підйом має бути безперервним, плавним і рівномірним. Для запобігання гойдання та обертання вантажу до нього кріплять розтяжки з тонкого сталевого троса або пенькового (капронового) каната, нижній кінець яких утримують вручну. Розстропування вантажу проводять лише після його надійної установки і закріплення на фундаменті.

### 3.7.2. Вивірка і центрування тістомісильної машини SPA 240E/HB

Установка тістомісильної машини на фундамент включає наступні кроки та операції: розміщення опорних елементів; попереднє розміщення машини на опорних елементах; перевірка вирівнювання машини в плані щодо висоти та горизонтальності (вертикальності); заповнення прогалини "обладнання -

фундамент"; закріплення обладнання затягуванням фундаментних болтів з використанням визначеної сили.

Необхідна точність розміщення обладнання щодо висоти і горизонтальності може бути досягнута за допомогою методу безвирівнюваного монтажу, коли опорні елементи розташовані у межах встановлених допусків, без додаткових коригувальних дій.

Під час перевірки вирівнювання обладнання в плані коригування виконують за допомогою кранів-вантажопідімачів, домкратів та спеціальних пристроїв у рамках встановлених проміжків між стінами отворів базової частини обладнання і втулками для попередньо встановлених фундаментних болтів або в межах відстані між колодцями під закріплювальні, при заливці фундаменту обладнання. Рівень та горизонтальність обладнання регулюються за допомогою опорних елементів різноманітних конструкцій.

Під час монтажу та технічного обслуговування тістомісильної машини застосовують різноманітні матеріали та інструменти, такі як: стрічкова мірка, рівень, домкрат, кільцевий ключ, ручний інструмент для слюсарно-монтажних робіт.

### 3.7.3. Особливості експлуатації тістомісильної машини SPA 240E/HB

Обслуговувальний персонал має складати 1 людину.

Технічне утримання машини, що перебуває на зберіганні, включає проведення консервації. Для забезпечення цього, машину необхідно зберігати в сухому та закритому приміщенні. Крім того, рекомендується періодично, проте не рідше, ніж кожні 5 місяців, перевіряти стан консервації та оновлювати її за необхідності.

Перед включенням у роботу машини, важливо провести перевірку функціональності її вузлів без наповнення вмісту. Це можна зробити, натискаючи кнопку "Пуск", а потім зупиняючи машину за допомогою кнопки

"Стоп". Після цього потрібно опустити щитки для наповнення, знову натиснути кнопку "Пуск" і перевірити, як машина працює у робочому режимі.

#### 4. Дослідження місильного робочого органу тістомісильної машини

##### SPA 240E/НВ

#### 4.1. Постановка завдань дослідження робочого органу тістомісильної машини

##### SPA 240E/НВ з використанням SolidWorks

Дослідження місильних органів дослідження робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ з використанням SolidWorks зробимо для 5 варіантів діаметра стартової частини витка: 500 мм, 525 мм, 550 мм, 575 мм, і 600 мм.

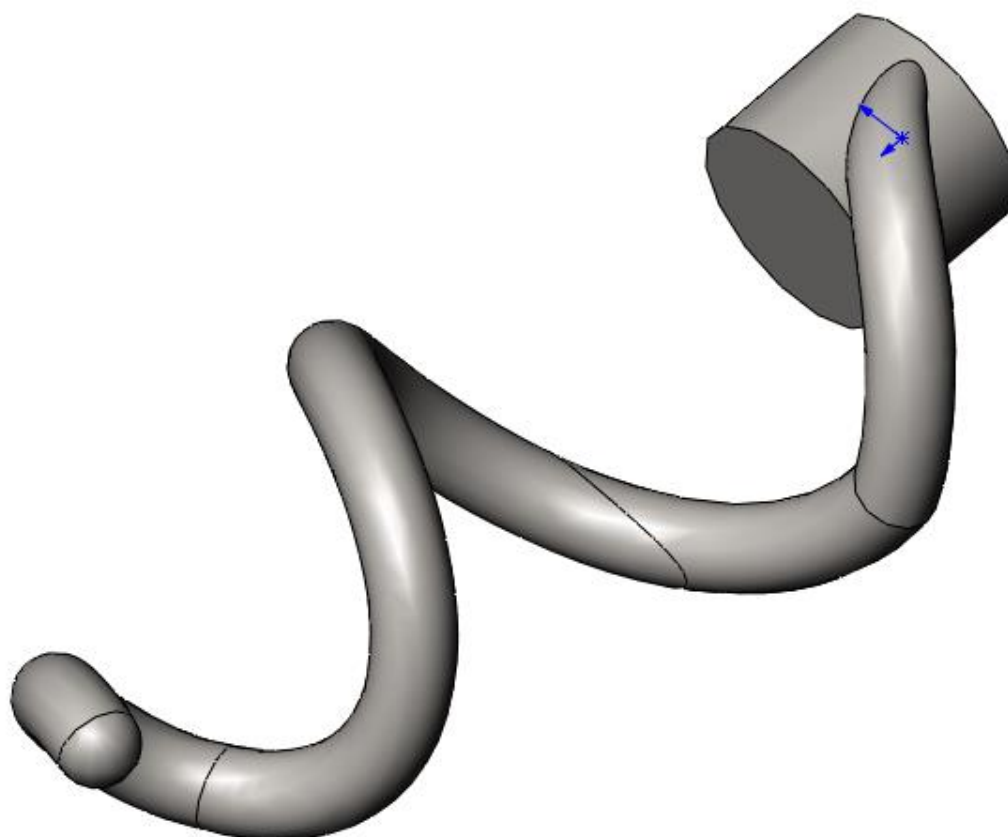


Рис. 4.1. Конструктивна схема спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ.

#### 4.2. Результати моделювання спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ під навантаженням.

Спрощена розрахункова схема спірального робочого органу представлена на рис. 4.2. На схемі вказано кріплення і навантаження. На рис. 4.3. представлено сітку (на базі кривизни). На рис.4.4 – рис.4.23 представлено результати числових досліджень.

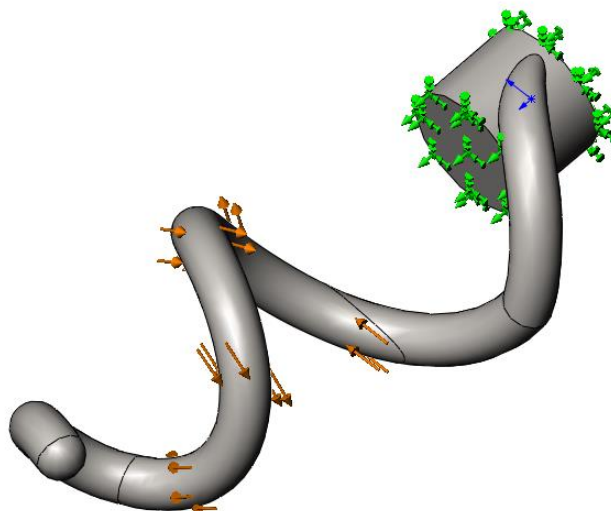


Рис. 4.2. Розрахункова схема спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ

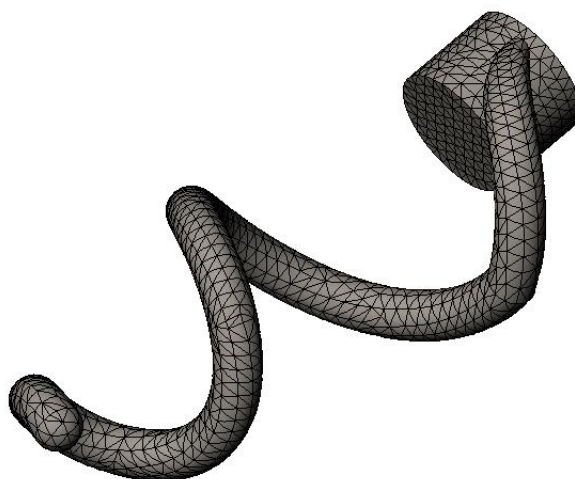


Рис. 4.3. Розрахункова сітка спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ на основі кривизни.

Имя модели: Мисильный орган  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элора: Статический узловое напряжение Напряжение1  
Шкала деформации: 208716

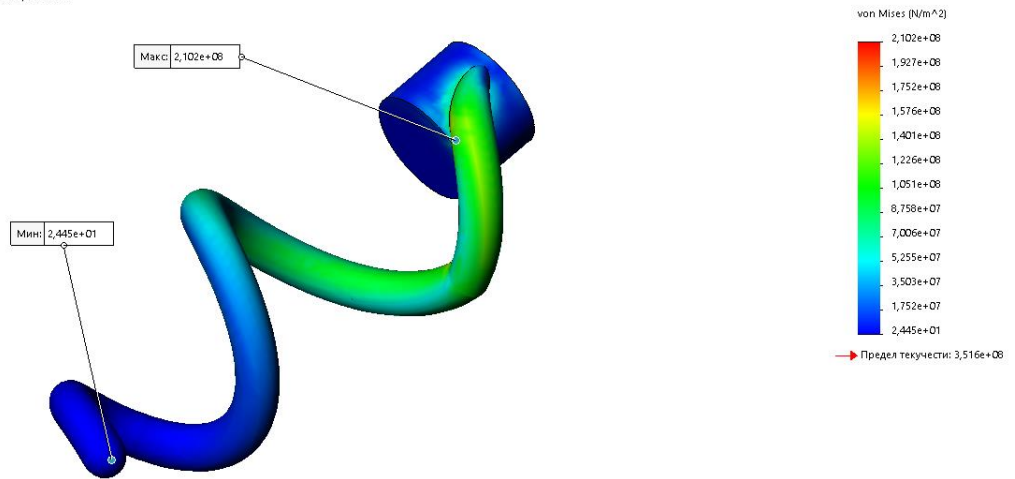


Рис. 4.4. Напряжения за фон Мизесом спиралевидного рабочего органа  
тїстомїсильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 600  
мм.

Имя модели: Мисильный орган  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1  
Шкала деформации: 208716

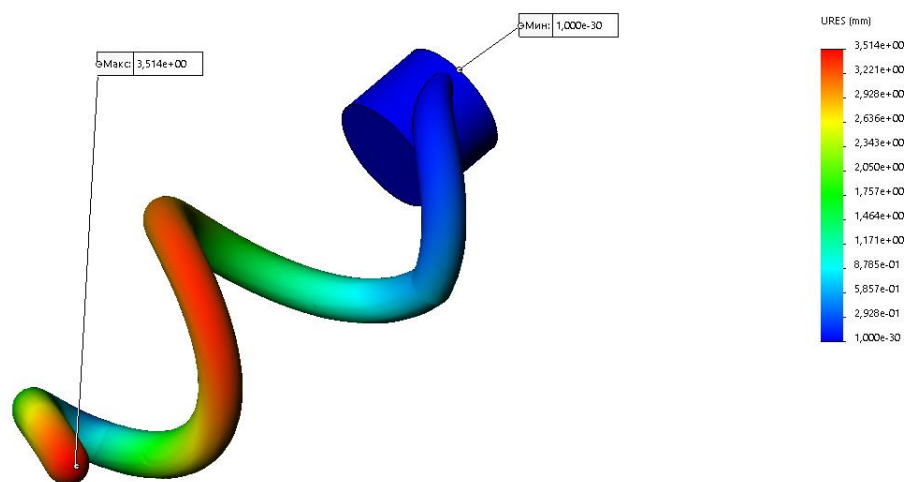


Рис 4.5. Статичне переміщення спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 600 мм.

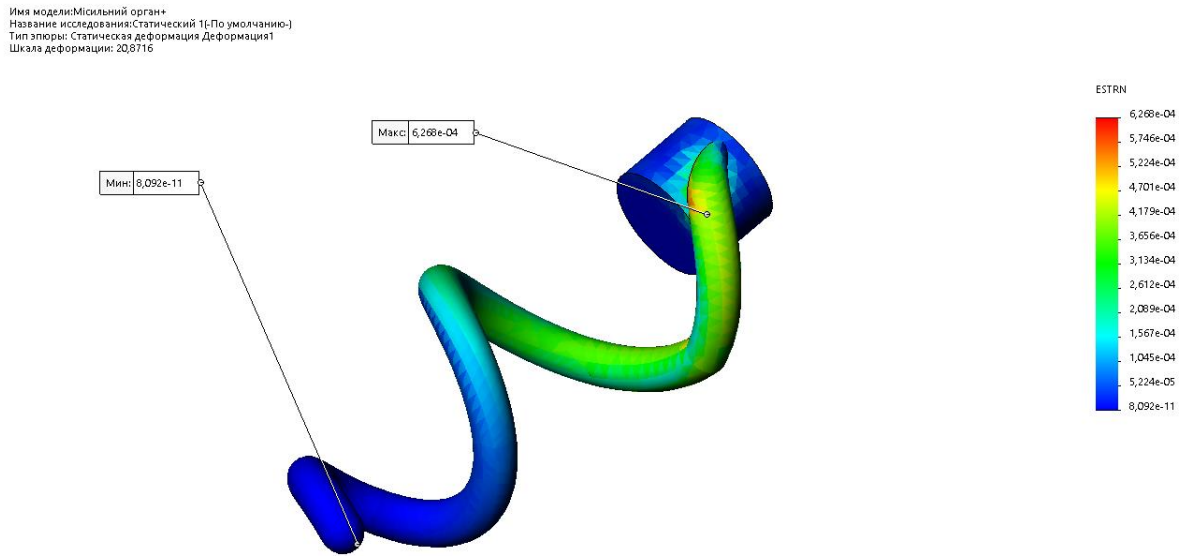


Рис 4.6. Статична деформація спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 600 мм.

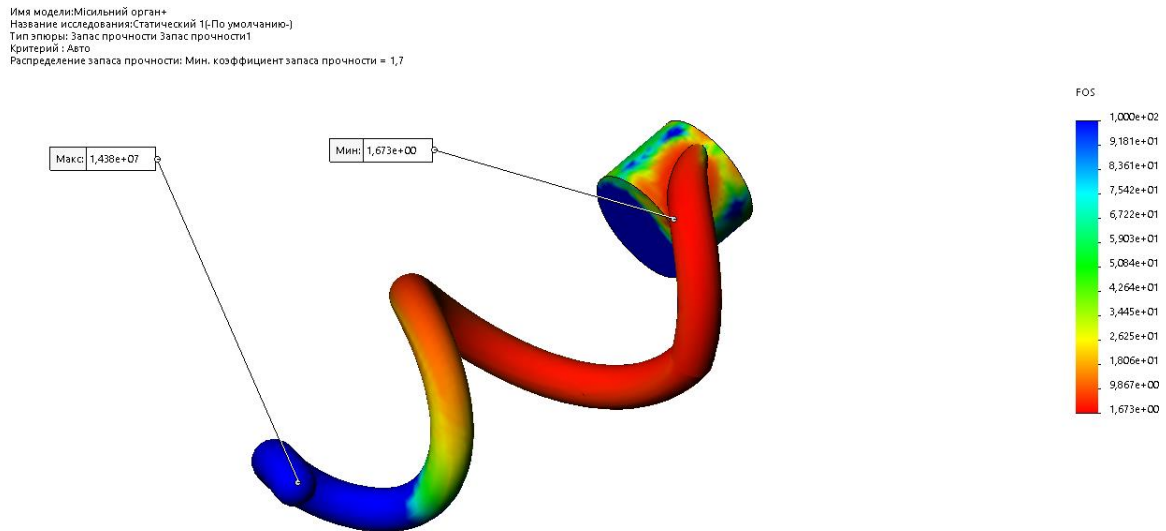


Рис. 4.7. Запас міцності (FOS) спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 600 мм.





Имя модели: Мисильный орган 575+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элтора: Статическое узловое напряжение Напряжение1  
Шкала деформации: 20,5142

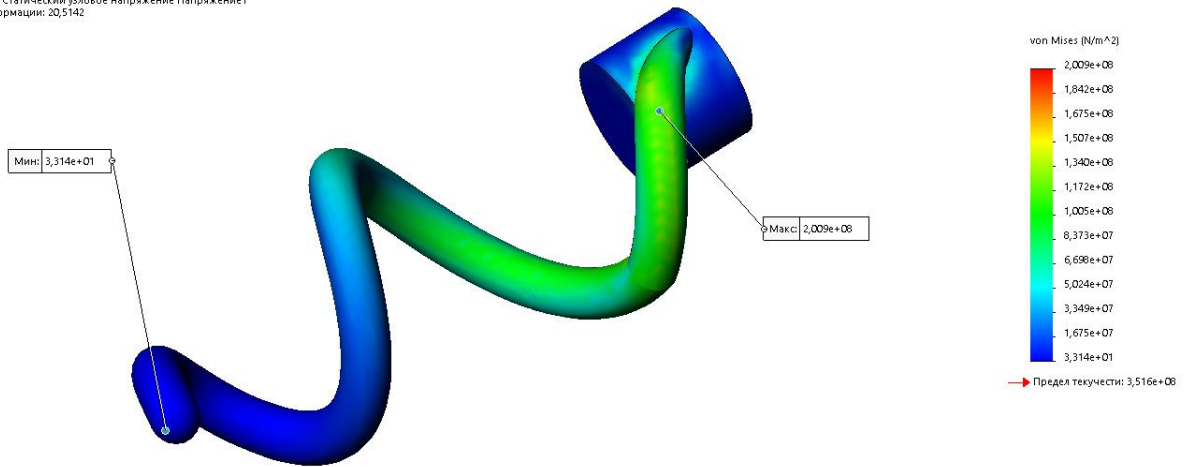


Рис. 4.8. Напряжения за фон Мизесом спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 575 ММ.

Имя модели: Мисильный орган 575+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элтора: Статическое перемещение Перемещение1  
Шкала деформации: 20,5142

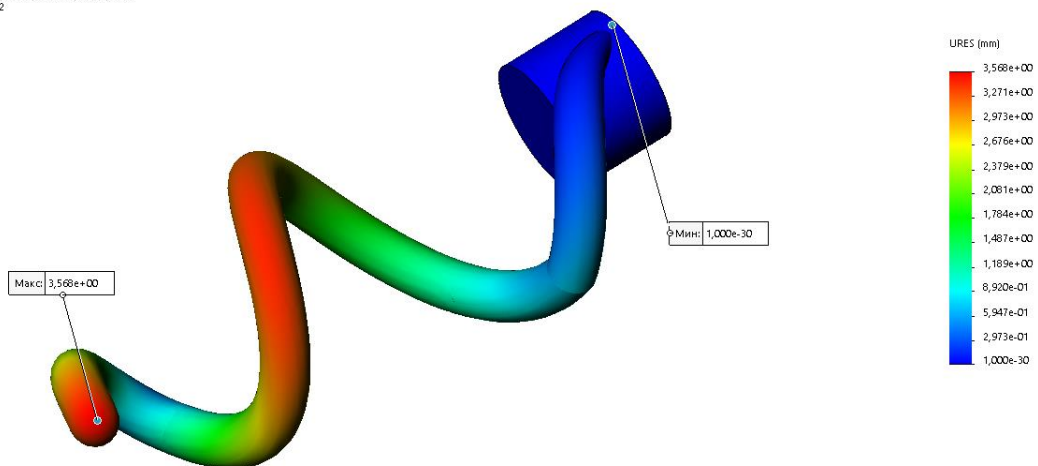


Рис 4.9. Статичне переміщення спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 575 мм.

Имя модели: Мисильный орган575+  
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)  
Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1  
Шкала деформации: 20,5142

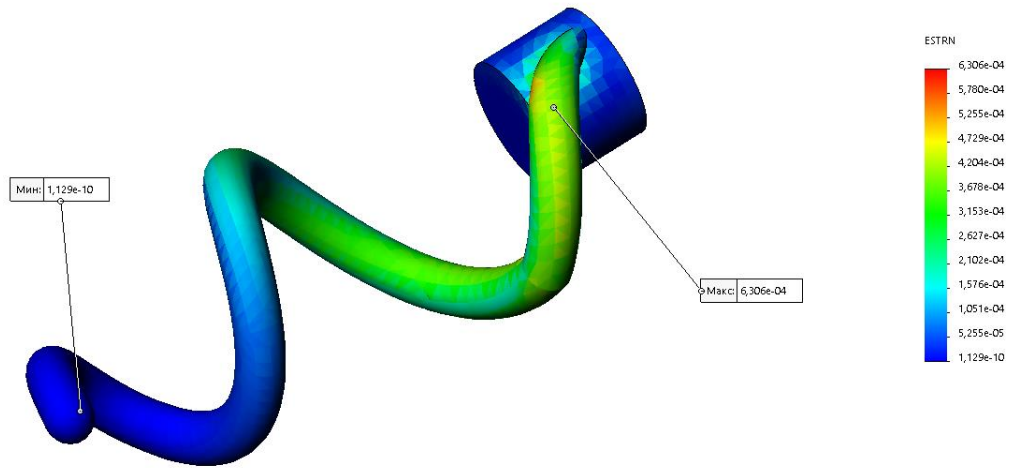


Рис 4.10. Статична деформація спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 575 мм.

Имя модели: Мисильный орган575+  
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)  
Тип эпоры: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,7

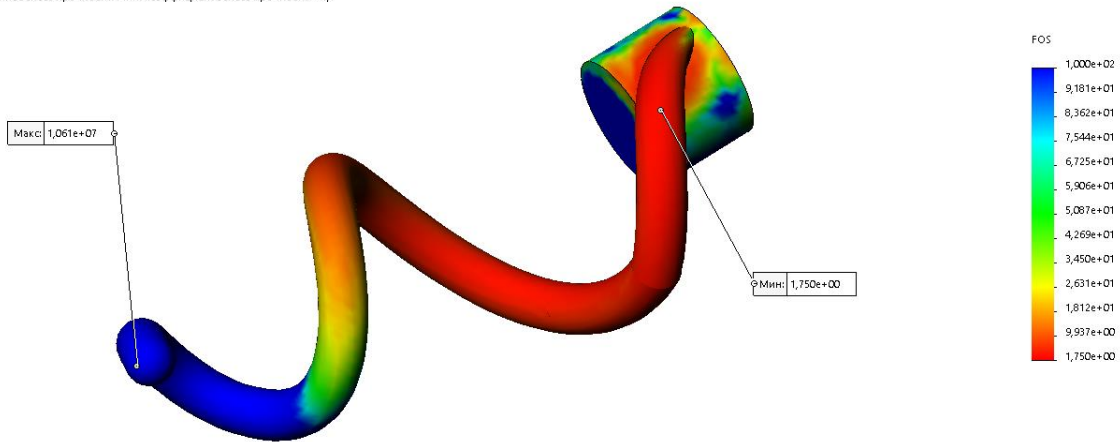


Рис. 4.11. Запас міцності (FOS) спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 575 мм.

Имя модели: Мисильный орган55+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элора: Статический узловое напряжение Напряжение1  
Шкала деформации: 20,1387

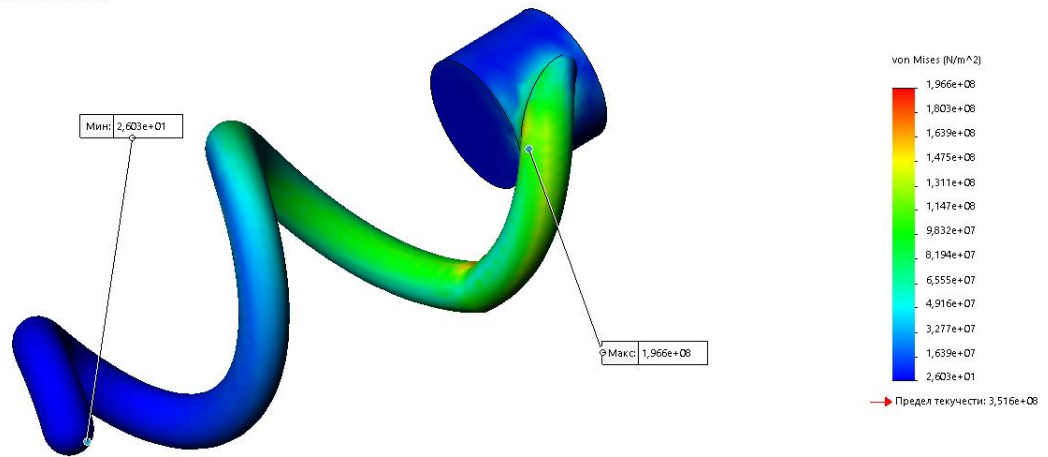


Рис. 4.12. Напряжения за фон Мизесом спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 550 мм.

Имя модели: Мисильный орган55+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элора: Статическое перемещение Перемещение1  
Шкала деформации: 20,1387

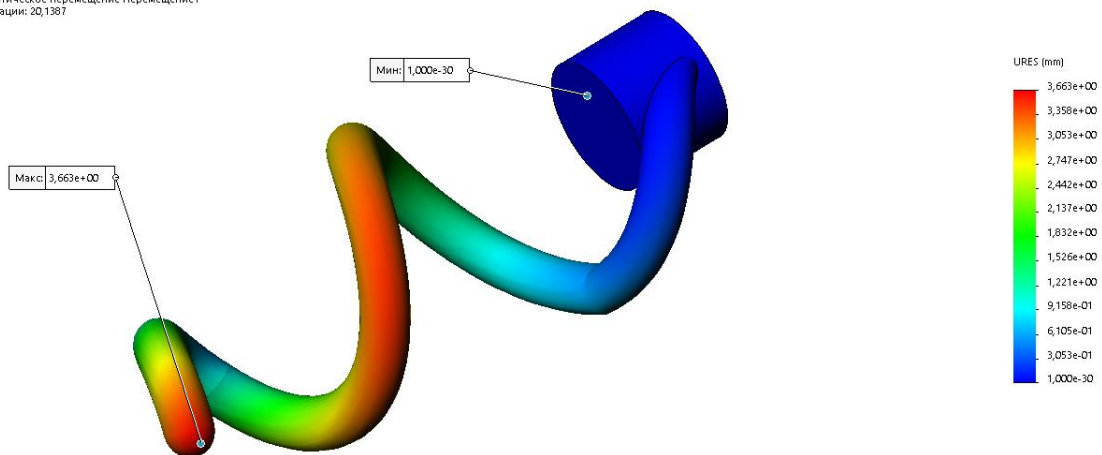


Рис 4.13. Статичне переміщення спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 550 мм.

Имя модели: Місильний орган55+  
Название исследования: Статический 1-(По умолчанию)  
Тип элора: Статическая Деформация Деформация1  
Шкала деформации: 20,1387

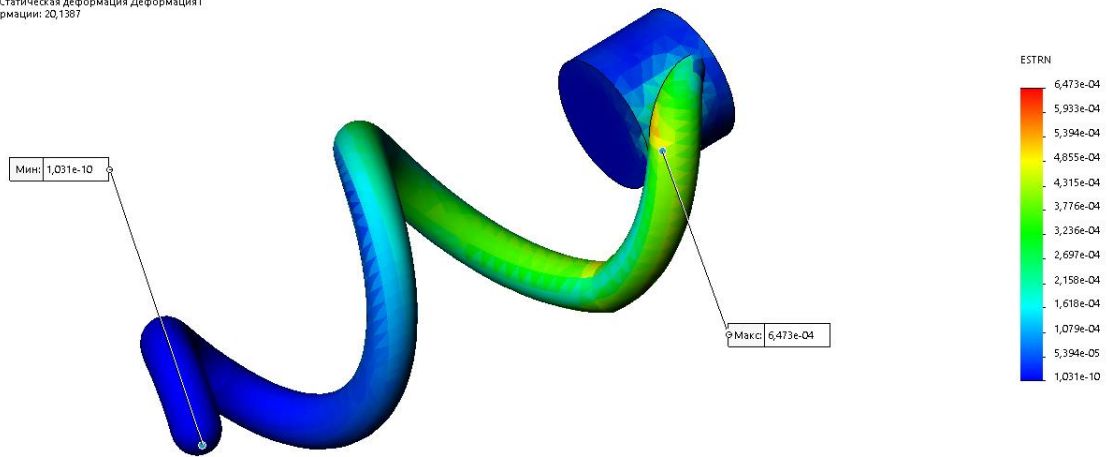


Рис 4.14. Статична деформація спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 550 мм.

Имя модели: Місильний орган55+  
Название исследования: Статический 1-(По умолчанию)  
Тип элора: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,8

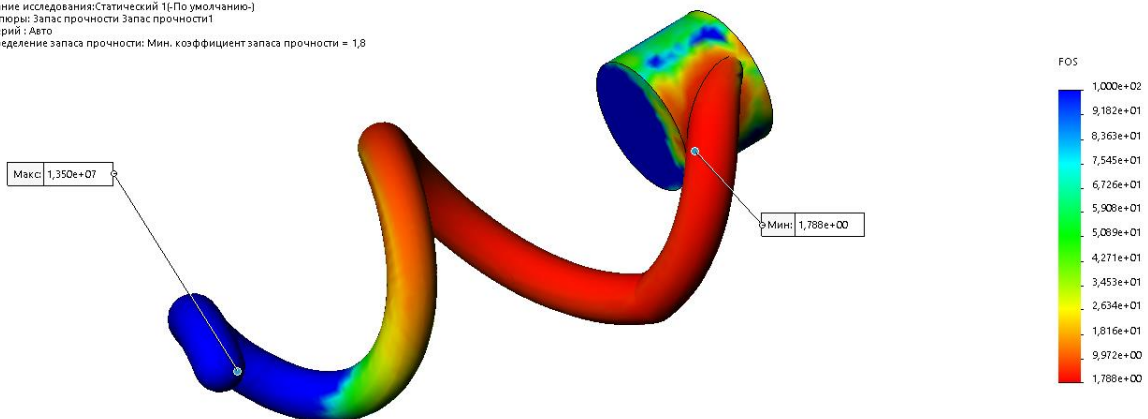


Рис. 4.15. Запас міцності (FOS) спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 550 мм.

Имя модели: Мисильный орган525+  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию)-  
Тип элэры: Статическое узловое напряжение Напряжение1  
Шкала деформации: 19,7306

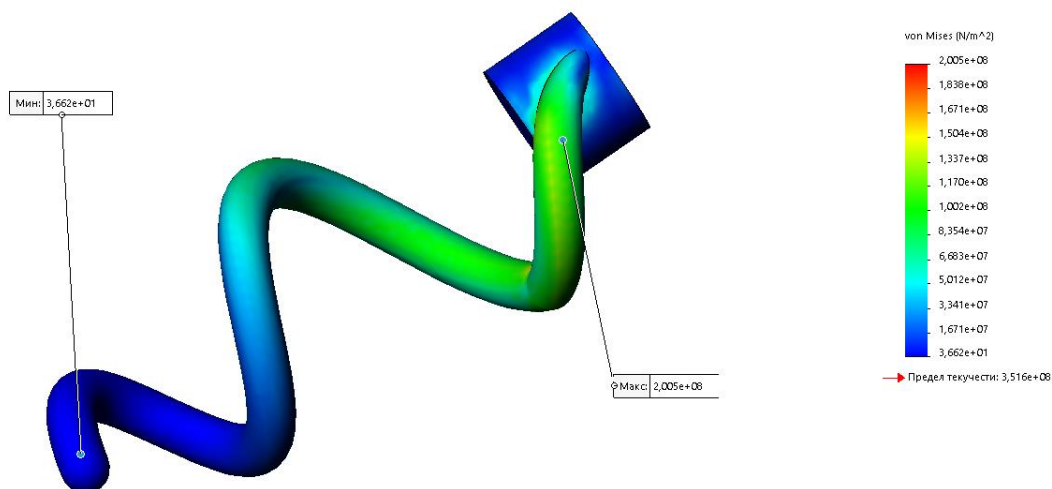


Рис. 4.16. Напряжения за фон Мизесом спиралевидного рабочего органа  
тїстомїсильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 525  
мм.

Имя модели: Мисильный орган525+  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию)-  
Тип элэры: Статическое перемещение Перемещение1  
Шкала деформации: 19,7306

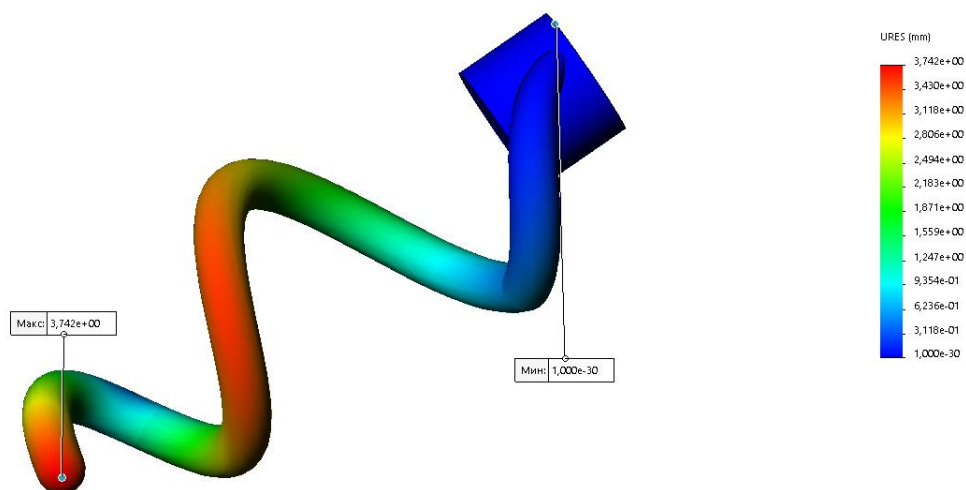


Рис 4.17. Статичне перемїщення спиралевидного рабочего органа тїстомїсильної  
машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 525 мм.

Имя модели: Мисильный орган525+  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элора: Статическая деформация Деформация1  
Шкала деформации: 19,7306

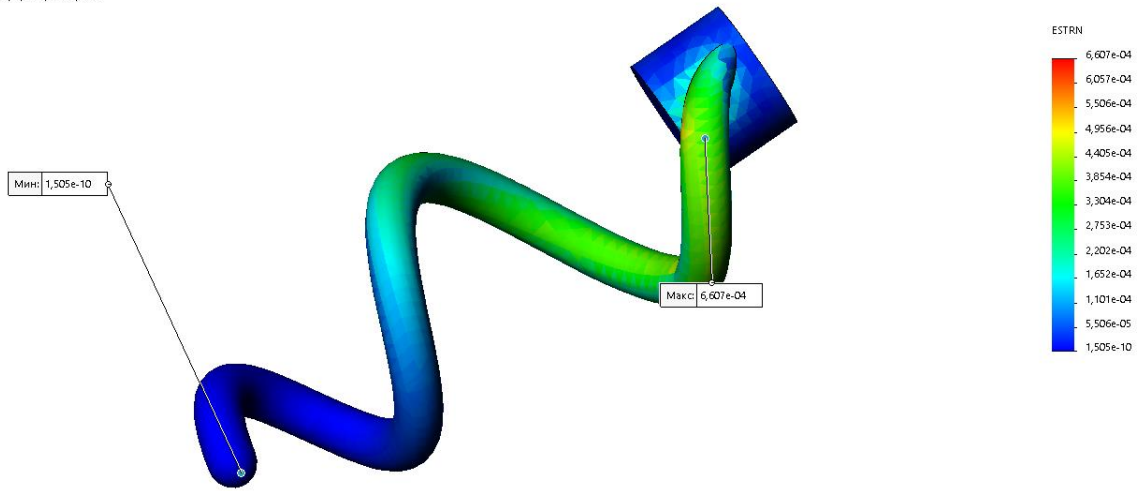


Рис 4. 18. Статична деформація спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 525 мм.

Имя модели: Мисильный орган525+  
Название исследования: Статический 1[-По умолчанию-]  
Тип элора: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий: Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,8

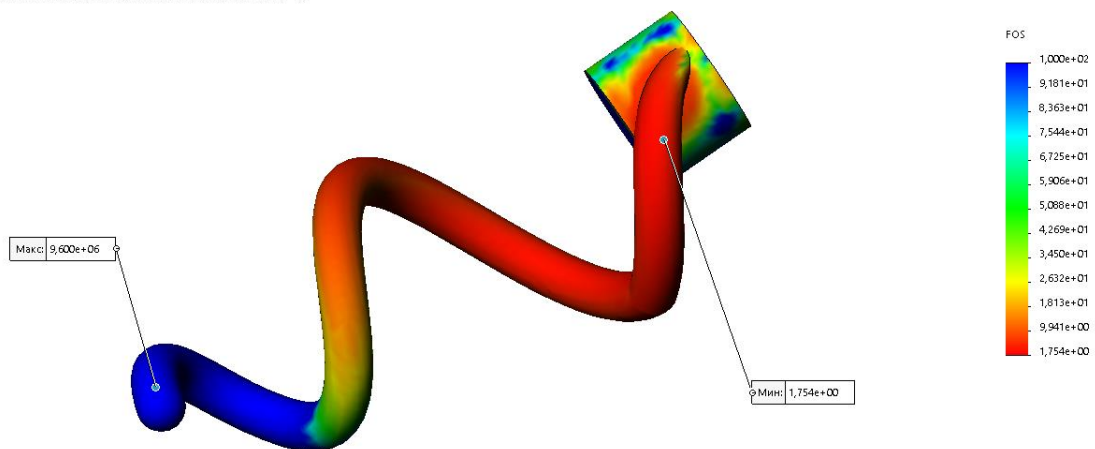


Рис. 4.19. Запас міцності (FOS) спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 525 мм.

Имя модели: Мисильный орган50+  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
Тип элюры: Статический узловое напряжение Напряжение1  
Шкала деформации: 19,2981

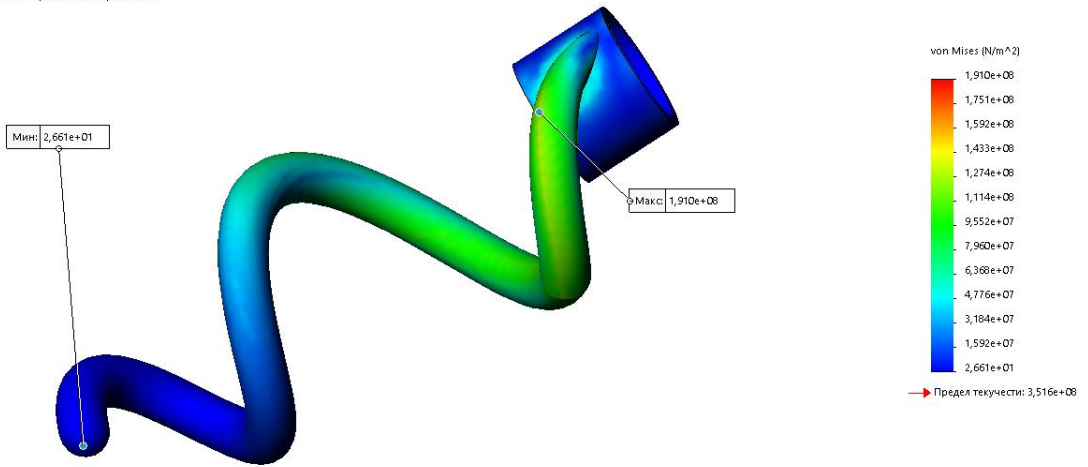


Рис. 4.20. Напряжения за фон Мизесом спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 500 мм.

Имя модели: Мисильный орган50+  
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
Тип элюры: Статическое перемещение Перемещение1  
Шкала деформации: 19,2981

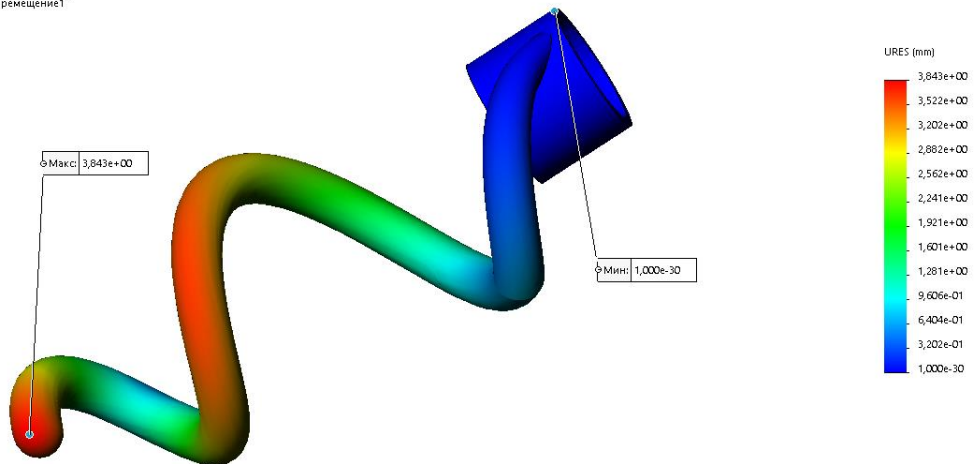


Рис 4.21. Статичне переміщення спиралевидного рабочего органа тистомисильной машины SPA 240E/НВ при диаметре стартовой части витка 500 мм.

Имя модели: Мисильный орган50+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элюры: Статическая деформация Деформация1  
Шкала деформации: 19,281

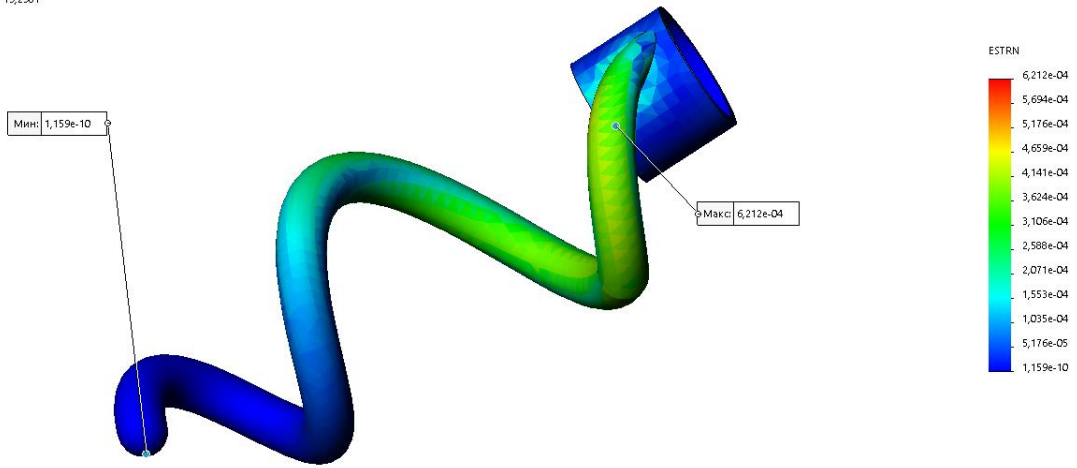


Рис 4. 22. Статична деформація спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 500 мм.

Имя модели: Мисильный орган50+  
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)  
Тип элюры: Запас прочности Запас прочности1  
Критерий : Авто  
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,8

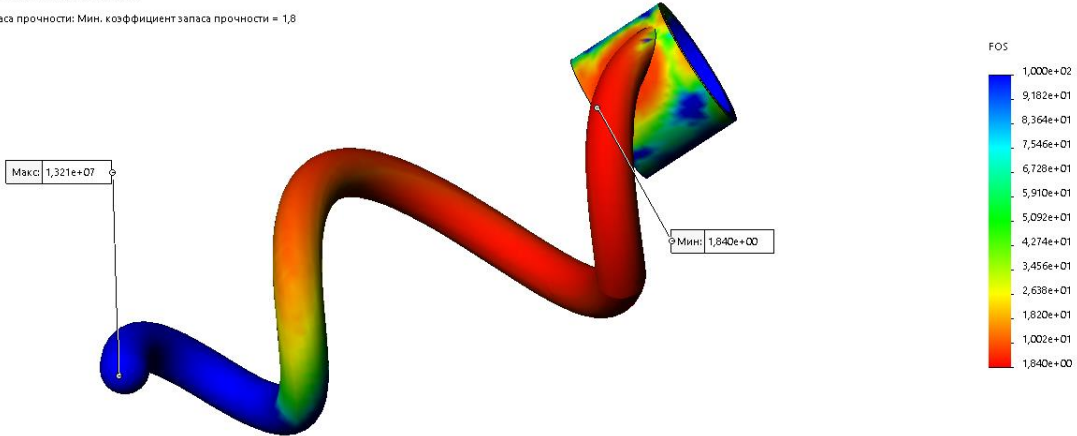


Рис. 4.23. Запас міцності (FOS) спіралевидного робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при діаметрі стартової частини витка 500 мм.



### 4.3. Аналіз результатів

Під час визначення завдань для вивчення було враховано ряд конструктивних параметрів для робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ. Зокрема, аналізувалися різні діаметри стартової частини валка: 500 мм, 525 мм, 550 мм, 575 мм та 600 мм.

Отримані результати під час обчислень були систематизовані та представлені у вигляді таблиці 4.1. Крім того, ці дані відобразилися на графіках 4.24 – 4.29, які візуалізують вміст таблиці.

Таблиця 4.1.

Результати аналізу спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних діаметрах стартової частини витка

| Діаметр<br>стартової<br>частини витка | Маса, кг | Об'єм, м <sup>3</sup> | Напруження,<br>Н/м <sup>2</sup> | Максимальне<br>переміщення<br>URES, мм | Максимальна<br>деформація<br>ESTRN | Мінімальний<br>запас міцності |
|---------------------------------------|----------|-----------------------|---------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------|
| 500                                   | 11,5822  | 0,001466              | 1,91E+08                        | 3,84E+00                               | 6,82E-04                           | 1,84E+00                      |
| 525                                   | 11,6     | 0,001469              | 1,92E+08                        | 3,74E+00                               | 6,61E-04                           | 1,81E+00                      |
| 550                                   | 11,6176  | 0,001471              | 1,97E+08                        | 3,66E+00                               | 6,47E-04                           | 1,79E+00                      |
| 575                                   | 11,6315  | 0,001472              | 2,01E+08                        | 3,57E+00                               | 6,31E-04                           | 1,75E+00                      |
| 600                                   | 11,6487  | 0,001475              | 2,10E+08                        | 3,51E+00                               | 6,27E-04                           | 1,67E+00                      |

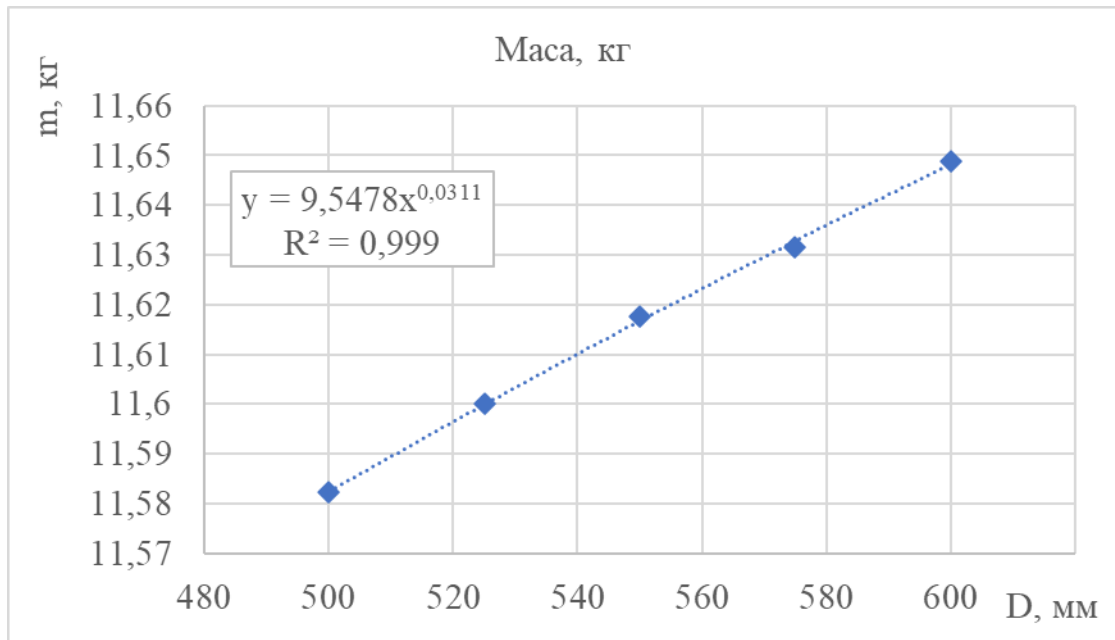


Рис. 4.29. Маса спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

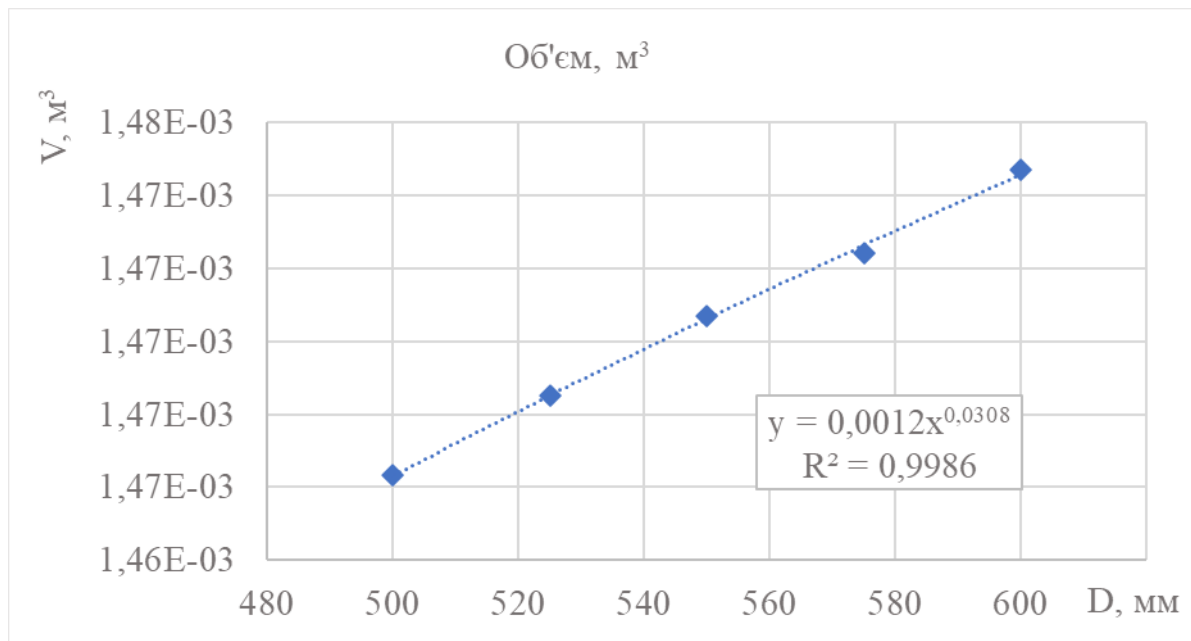


Рис. 4.30. Об'єм спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

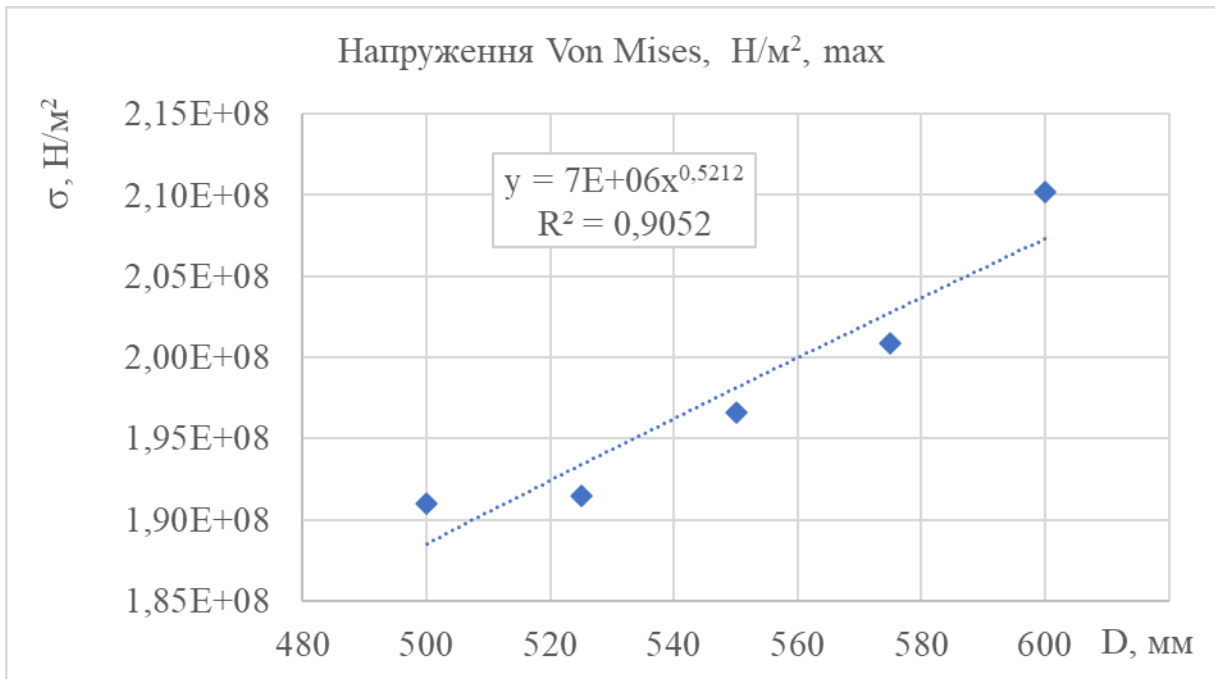


Рис. 4.31. Максимальні напруження спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

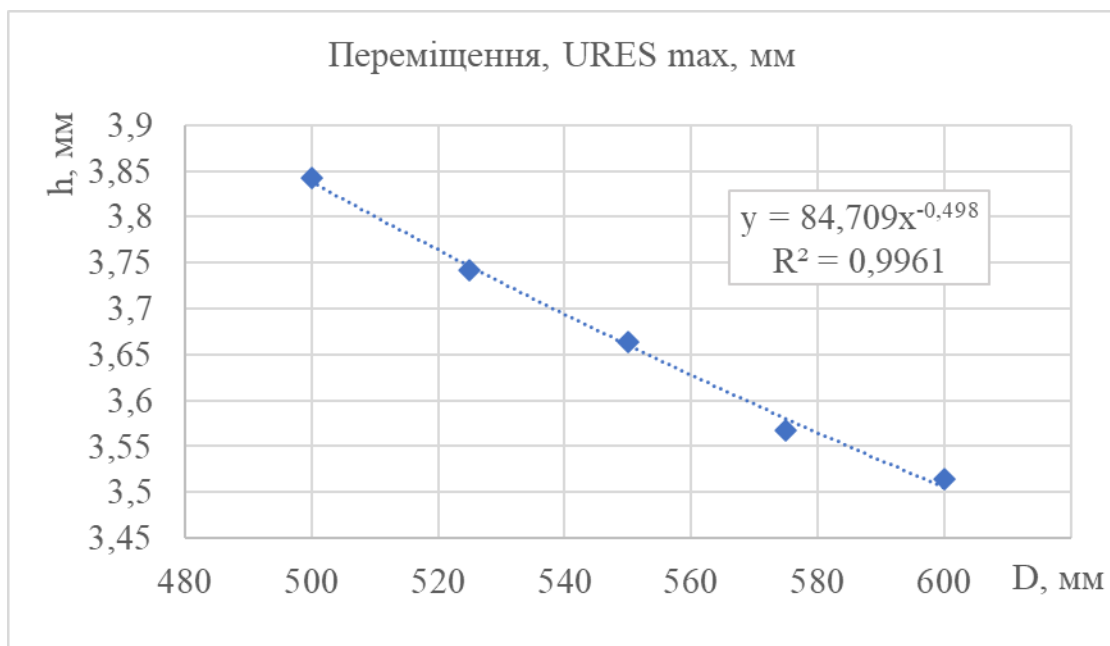


Рис. 4.32. Максимальні переміщення спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

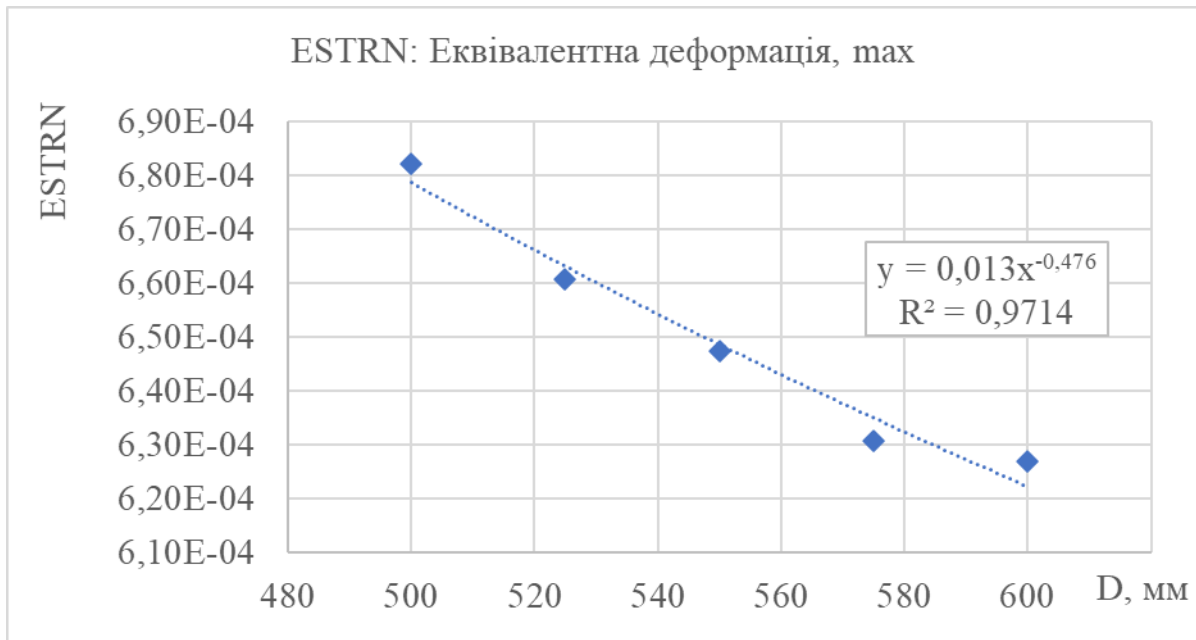


Рис. 4.33. Максимальні деформації спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

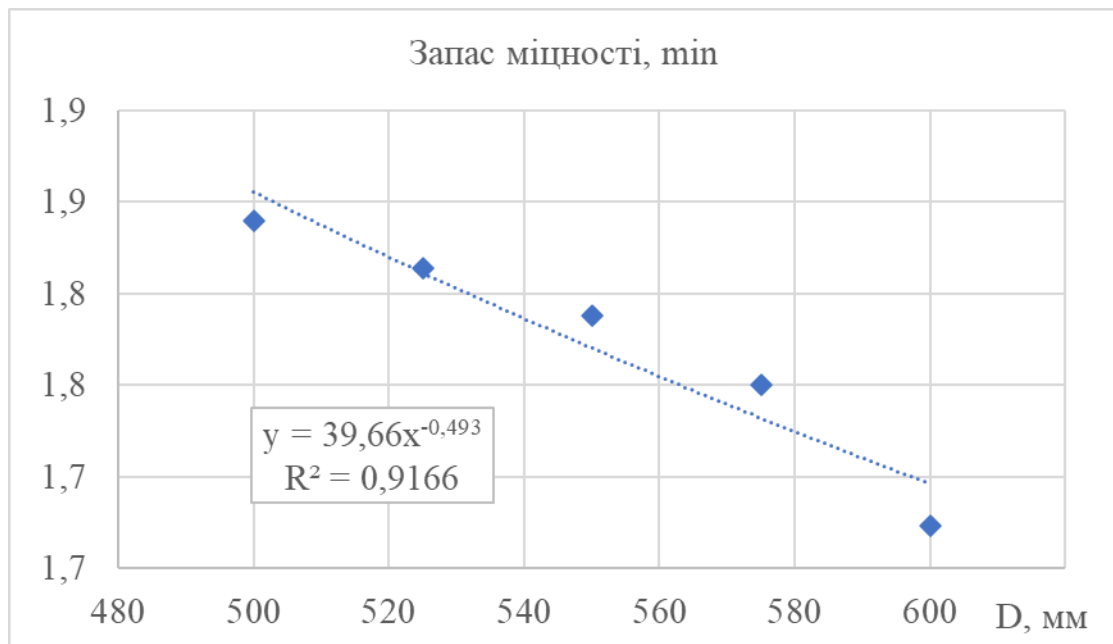


Рис. 4.34. Мінімальний запас міцності спірального робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ при різних значеннях діаметрів стартової частини витка.

Шляхом використання електронних таблиць було виявлено взаємозв'язки між параметрами, які потребують уважного аналізу. Більшість залежностей було

виражено у зручній формі для подальшої обробки, використовуючи степеневі вирази.

Залежність маси робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ  $m$  від діаметру стартової частини витка:

$$m = 9,5478x^{0,0311}$$

$$R^2 = 0,999$$

Залежність об'єму робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ  $V$  від діаметру стартової частини витка:

$$V = 0,0012x^{0,0308}$$

$$R^2 = 0,9986$$

Залежність максимальних напружень  $\sigma$  робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ від діаметру стартової частини витка:

$$\sigma = 7E+06x^{0,5212}$$

$$R^2 = 0,9052$$

Залежність максимального переміщення  $URES$  робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ від діаметру стартової частини витка:

$$URES = 84,709x^{-0,498}$$

$$R^2 = 0,9961$$

Залежність максимальних деформації робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ  $ESTRN$  від діаметру стартової частини витка:

$$ESTRN = 0,013x^{-0,476}$$

$$R^2 = 0,9714$$

Залежність мінімального запасу міцності  $FOS$  робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ від діаметру стартової частини витка:

$$FOS = 39,66x^{-0,493}$$

$$R^2 = 0,9166$$

Таким чином, було виявлено, що найбільш оптимальним буде діаметр стартової частини витка 500 мм.

## 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

Організація робіт по охороні праці на харчових підприємствах, та рішення проблем, пов'язаних з забезпеченням безпечних умов праці, ліквідацією травматизму і професійних захворювань, профілактикою отруєнь, шкідливої дії на працюючих факторів виробничого оточення, пожежної безпеки, неможливі без знань основ охорони праці. На виробництві керівництво роботою по охороні праці і організація цієї роботи здійснює керівник підприємства.

. 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".

До основних видів технологічного обладнання потокової лінії виробництва черневих сортів хліба на хлібо заводі ВАТ «Тернопільхлібпром»: просіювач, насоси для води та інших харчових рідин, місильна машина, ділильна машина, заокруглювальна машина, закаточна машина, вкладач, шафа розстійна, транспотери, піч для готових виробів.

Основним фактором небезпеки при використанні просіювачів є велика імовірність виникнення нештатних ситуацій внаслідок накопичення значного

заряду статичної електрики, а також загоряння і вибуху дрібного пилу борошна в повітрі. Тому просіювач слід в обов'язковому порядку заземлити і забезпечити достатню вентиляцію для відведення повітря і завислих частинок. Елементи приводу просіювача закрито кожухами.

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

Технологічні місткості 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 обслуговуючого персоналу. Рекомендується встановлення захисних огорож.

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

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

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових передбачається якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети.

Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищезазначених чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення.

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

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

Місильна машина являє собою корито із місильним органом для якого застосовано електричний привід. Для безпечної експлуатації необхідно забезпечити заземлення машини, а всі рухомі елементи закрити кожухами.

Ділильна машина, заокруглювальна машина, закаточна машина, вкладач, шафа розстійна являють собою складні системи із електричною та механічною частинами. Для забезпечення безпечної експлуатації слід передбачити заземлення його електричної частини, а також закрити вільний доступ до елементів приводу та робочих елементів за допомогою кожухів. Також для підстраховки на підлозі слід встановити дерев'яну підставку для обслуговуючого персоналу. Наявність кількох рухомих елементів обумовлює виникнення вібрації, тому слід також передбачити впровадження віброізоляції.

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об'єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об'єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов'язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

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

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

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

## 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

При аваріях у першу чергу вирішуються завдання щодо термінового захисту населення, запобігання розвитку чи зменшення впливу НС і завдання з підготовки та виконання рятувальних та інших невідкладних робіт. З цією метою виконуються:

сповіщення населення про небезпеку чи загрозу небезпеки;

евакуація людей та тварин із небезпечних зон, використання засобів профілактики захворювань, травматизму, надання медичної та іншої допомоги;

локалізація аварій, зупинка чи зміна технологічного процесу, попередження і гасіння пожеж;

приведення в готовність органів управління, сил і засобів для рятувальних робіт, ведення розвідки в осередках ураження, оцінка ситуації, що склалася.

Рятувальні та інші невідкладні роботи починаються одразу ж у міру готовності сил та засобів для їх проведення, ведуться безперервно з необхідною заміною рятувальників і ліквідаторів при дотриманні техніки безпеки та заходів перестороги.

Сутність рятувальних та інших невідкладних робіт — це усунення безпосередньої загрози життю та здоров'ю людей, відновлення життєзабезпечення населення, запобігання або значне зменшення матеріальних збитків. Рятувальні та інші невідкладні роботи включають також усунення пошкоджень, які заважають проведенню рятувальних робіт, створення умов для наступного проведення відновлювальних робіт. РІНР поділяють на рятувальні роботи і невідкладні роботи.

До *рятувальних робіт* відносяться:

розвідка маршруту руху сил, визначення обсягу та ступеня руйнувань, розмірів зон зараження, швидкості і напрямку розповсюдження зараженої хмари чи пожежі;

локалізація та гасіння пожеж на маршруті руху сил та ділянках робіт;

визначення об'єктів і населених пунктів, яким безпосередньо загрожує небезпека;

визначення потрібного угруповання сил і засобів запобігання і локалізації небезпеки;

пошук уражених та звільнення їх з-під завалів, пошкоджених та палаючих будинків, із загазованих та задимлених приміщень;

розкриття завалених, захисних споруд та рятування з них людей;

надання потерпілим першої допомоги та евакуація їх (при необхідності) у лікувальні заклади;

вивіз або вивід населення із небезпечних місць у безпечні райони;

організація комендантської служби, охорона матеріальних цінностей і громадського порядку;

відновлення життєздатності населених пунктів і об'єктів;

пошук, розпізнавання і поховання загиблих;

санітарна обробка уражених;

знезараження одягу, взуття, засобів індивідуального захисту, територій, споруд, а також техніки;

соціально-психологічна реабілітація населення.

До *невідкладних робіт* відносяться:

прокладання колонних шляхів та улаштування проїздів (проходів) у завалах та на зараженій території;

локалізація аварій на водопровідних, енергетичних, газових і технологічних мережах;

ремонт та тимчасове відновлення роботи комунально-енергетичних систем і мереж зв'язку для забезпечення рятувальних робіт;

зміцнення або руйнування конструкцій, які загрожують обвалом і безпечному веденню робіт;

Рятувальні та інші невідкладні роботи здійснюються у три етапи. На *першому етапі* вирішуються завдання:

щодо екстреного захисту населення;

з запобігання розвитку чи зменшення впливу наслідків;

з підготовки до виконання РІНР.

Основними заходами щодо екстреного захисту населення є:

оповіщення про небезпеку;

використання засобів захисту;

додержання режимів поведінки;

евакуація з небезпечних у безпечні райони;

здійснення санітарно-гігієнічної, протиепідемічної профілактики і надання медичної допомоги;

локалізація аварій;

зупинка чи зміна технологічного процесу виробництва;

попередження (запобігання) і гасіння пожеж

На *другому етапі* проводяться:

пошук потерпілих;

витягання потерпілих з-під завалів, з палаючих будинків, пошкоджених транспортних засобів;

евакуація людей із зони лиха. аварії, осередку ураження;

надання медичної допомоги;

санітарна обробка людей;

знезараження одягу, майна, техніки, території;

проведення інших невідкладних робіт, що сприяють і забезпечують здійснення рятувальних робіт.

Для ліквідації наслідків хімічного зараження та проведення рятувальних робіт у першу чергу залучаються санітарні дружини, зведені загони (команди, групи), команди (групи) знезараження, формування механізації. Спочатку в осередок вводяться санітарні дружини, формування радіаційного і хімічного захисту, охорони громадського порядку та ін.

Особовий склад формувань забезпечується засобами індивідуального захисту, антидотами, індивідуальними протихімічними пакетами та підготовляються до порядку дій в осередку ураження.

В осередку хімічного ураження, перш за все, надається допомога потерпілим (ураженим), проводиться відбір за складністю поранення та організовується евакуація в медичні установи. Осередок ураження оточується - здійснюється знезараження місцевості, транспорту, споруд, а також санітарна обробка особового складу формувань і населення. В першу чергу, надягаються протигази на уражених, їм надається перша медична допомога, вводяться антидоти.

Формування знезараження дегазують проїзд та переходи, територію, споруди, техніку, чим забезпечують дії інших формувань, а також виведення населення із осередку хімічного ураження.

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

## Висновки

У кваліфікаційній роботі магістра запропоновано конструкцію робочого органу тістомісильної машини SPA 240E/НВ, а саме діаметр його стартового витка, який не занурений в тісто, але є найбільш навантаженим. Дослідження для набору значень діаметра стартової частини витка (500 мм, 525 мм, 550 мм, 575 мм, і 600 мм) було виконано з використанням SolidWorks.

В результаті обчислень було встановлено, що для найкраще з точки зору міцності працюватиме робочий орган з діаметром стартової частини витка 500 мм. Отримані математичні залежності подано у розділі 4 і показують високу достовірність, оскільки коефіцієнт детермінації  $R^2$  становить від 0,9 до 1,0.

Отримані в результаті дослідження дані про місильний робочий орган можна ефективно використовувати при аналізі конструкцій поточних робочих органів тістомісильних машин на виробництві, а також для розробки нових конструктивних рішень для змішування.

Крім того, у роботі були розроблені заходи щодо охорони праці та забезпечення безпеки життєдіяльності. Запропоновані технічні рішення мають наукове обґрунтування і виглядають перспективними для впровадження.



## Перелік посилань

1. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. –Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 406 с.
2. Тримбашевський М. А. Аналіз конструктивних рішень для замішування тіста / М. А.Тримбашевський, Т. П. Друк // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С.281.
3. Полтарак М.И. и др. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной промышленности. Справочник. – К.: Урожай, 1989.– 200с.
4. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв/ О.Т. Лисовенко, О.А. Руденко – Грицюк, І.М. Литовченко та ін.. К.: Наукова думка. 2000. – 283 с.
5. Петько В.Ф., Гапонюк О.І, Петько Є.В., Ульяницький А.В. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв . підручник./За редакцією доктора технічних наук, професора О.І. Гапонюка — К.: Центр учбової літератури, 2007.— 432 с.
6. Інноваційний інженірінг : навч.–метод. посіб./ Паска М.З., ДрачукУ.Р., Ромашко І.С., Галух Б.І., Басараб І.М. – Львів: ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького, 2016.– 82с.
7. Ворошук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжинірінг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
8. Ростислав Баран, Віктор Ворошук. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірінгу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023. Ч.2. С.20.
9. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.-304с.

10. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машин. - Харків. Основа, 1991.- 275с.
11. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.– К.: Вища школа, 1993.– 556с.
12. Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. : [тези доп.] / під заг. ред. Г. В. Дейниченко. – Харків : ХДУХТ, 2019. – 272 с. С.108-109.
13. Dassault Systemes. Theoretical Manual SolidWorks Simulation. Dassault Systemes, 2015. – 114 p.
14. Kurowski P.M. Engineering Analysis with Solidworks Simulation 2018. USA: SDC Publications, 2018. – 597 p.
15. Petrova R.V. Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. CRC Press, 2015. – 348 p.
16. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 280 с.
17. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
18. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник/Львів, 2010. – 384 с.
19. Гончарук В.Є., Качан С.І., Орел С.М., Пуцило В.І., «Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях». Навчальний посібник, Видавництво НУ «Львівська політехніка». Львів, 2004 р. –136с.

# Дотаток А

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

## **АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Збірник**  
тез доповідей

**ХІІ Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
6-7 грудня 2023 року



**УКРАЇНА**  
**ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 12. | <b>М. А. Тримбашевський, Т. П. Друк</b><br>АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА   | 281 |
| 13. | <b>М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч</b><br>ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БОРОШНА В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА   | 283 |
| 14. | <b>М. І. Шпікула</b><br>ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ<br>ФРЕЗЕРУВАННЯ МОРОЗИВА   | 284 |
| 15. | <b>Р. В. Береговий, Н. М. Кость, М. М. Череватий, О. І. Бакалець</b><br>МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ БІЛКІВ МОЛОКА  | 285 |
| 16. | <b>М. А. Стадницький, В. І. Кравець</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГОМОГЕНІЗАТОРА КЛАПАННОГО<br>ТИПУ  | 286 |
| 17. | <b>Р. Г. Погайдак; В. І. Кравець; О. І. Кравець</b><br>ЗМІНА РОЗМІРІВ ЧАСТОК КАЗЕЇНУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО СУШННЯ В<br>УСТАНОВЦІ ІЗ ПСЕВДО ЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ | 287 |
| 18. | <b>С. І. Саварин, В. І. Саварин, Р. М. Варениця</b><br>ПІДХОДИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ МАШИН   | 288 |
| 19. | <b>А. В. Деркач</b><br>ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА В ХАРЧОВІЙ ГАЛУЗІ  | 289 |
| 20. | <b>В. О. Пасгушенчин, Л. А. Сторож</b><br>ВИКОРИСТАННЯ ТОПІНАМБУРА В ТЕХНОЛОГІЇ СИРКОВИХ<br>ВИРОБІВ   | 290 |
| 21. | <b>М. Д. Кухтин, М. В. Кухтин</b><br>МОНІТОРИНГ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ РЕЧОВИН У ЗАМОРОЖЕНІЙ<br>РИБІ ІМПОРТОВАНОЇ В УКРАЇНУ                              | 291 |
| 22. | <b>Р. І. Журбик, К. Є. Дацишин</b><br>РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТОНІЗУЮЧОГО МОЛОКОВІСНОГО<br>ФЕРМЕНТОВАНОГО НАПОЮ                                      | 292 |
| 23. | <b>А. І. Журбик, К. Є. Дацишин</b><br>ВПЛИВ РІЗНИХ РЕАГЕНТІВ НА ВИХІД МОЛОЧНО-РОСЛИННОГО<br>СИРУ ПРИ ТЕРМОКИСЛОТНОМУ СПОСОБІ ЙОГО ОТРИМАННЯ         | 293 |
| 24. | <b>О. А. Цибіна, Л. А. Сторож</b><br>ПАЖИТНИК ЯК СМАКО-АРОМАТИЧНА ДОБАВКА ДЛЯ РОЗСІЛЬНИХ<br>СИРІВ   | 294 |
| 25. | <b>Є. І. Кучерявий, А-І. М Голояд</b><br>ІТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ В<br>ПІДГРІВАЧІ СОЛОДУ                                       | 295 |
| 26. | <b>В. В. Корницький</b><br>ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ   | 297 |
| 27. | <b>Р. І. Мацєга, С. С. Наконечний, Н. М. Зварич</b><br>СУЧАСНІ ВИМОГИ ДО ХЛІБОПЕКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ  | 299 |
| 28. | <b>П. М. Чорний, Я. В. Фриз, Н. М. Зварич</b><br>ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОСФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА<br>ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ                              | 300 |
| 29. | <b>А. Т. Лялик, Л. І. Божик</b><br>ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ У<br>ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ                              | 301 |
| 30. | <b>О. С. Покотило, Д. Я. Далєвська, В. М. Далєвський</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РЯЖАНКИ В<br>ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ                 | 302 |

УДК 664.7

**М. А. Тримбашевський; Т. П. Друк**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## **АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА**

**М. А. Trymbashevskiy; T. P. Druk**

### **ANALYSIS OF DESIGN SOLUTIONS FOR DOUGH MIXING**

Розвиток хлібопекарської промисловості у світі свідчить, що сьогодні пріоритет мають технології, що забезпечують максимальне збереження у готовому продукті смакових і харчових властивостей первинної сировини. Особливо це стосується хлібобулочних виробів, термічна обробка яких призводить до значних втрат смакових, харчових властивостей. Тому сучасні тенденції тістоприготування повинні базуватися на оптимізації наукових досліджень з подальшим оперативним впровадженням їх результатів у промисловості. Ефективну роль у виконанні цих досліджень все більше відіграють багатофункціональні можливості машин, що відбуваються в різних зонах робочих камер (змішування, гомогенізація, диспергування, багатократність течії та ін. ).

В даний час в хлібопекарській промисловості розвинених країн використовуємося велика кількість різноманітних тістомісильних машин. Тістомісильні машини займають одне з провідних місць в технологічній лінії при виготовленні хлібобулочних виробів. Якість замісу опари та тіста суттєво впливає на якість готових виробів. Основними етапами технологічного процесу замішування тіста є підготовка вихідних компонентів, їх дозування, перемішування. Однорідність тіста є основною вимогою якості, адже від того, наскільки рівномірно окремі компоненти будуть розподілені в основному об'ємі, залежать характеристики одержаного готового продукту. Саме тому тістомісильна машина є найбільш відповідальним обладнанням технологічного ланцюга з виготовлення хлібобулочних виробів.

На сучасному етапі розвитку хлібопекарської промисловості для виробництва хлібобулочних виробів використовуються тістомісильні машини різних конструкцій. Найбільш поширеними є машини циклічної та безперервної дії. Причому, частіш за все зустрічаються періодичні (циклічні) тістомісильні машини з горизонтальним та вертикальним привідним валом. Вони характеризуються гнучкістю при роботі із компонентами різного складу, а циклічність процесу замішування дозволяє готувати їх в об'ємі, що дорівнює одному замісу. Для вивчення та удосконалення різного класу тістомісильних машин необхідно знати їх структуру та функціональне призначення окремих конструктивних елементів. При сучасній різноманітності тістомісильних машин, що використовується в хлібопекарській промисловості, їх можна класифікувати за загальними ознаками:

- характером (способом) дії на компоненти, що обробляються;
- структурою робочого циклу;
- ступенем механізації та автоматизації;
- принципом взаємозв'язку у виробничому потоці;
- функціональною ознакою.

У сучасних машинах робочий орган має постійну і незмінну геометричну форму, певне місце і просторову орієнтацію в ємкості. За класичною схемою побудовані, наприклад, тістомісильні машини А2-ХТБ, ІС-120, ДК, І8-ХТА, А2-ХТТ, машини європейських виробників і багато інших. При таких схемах можна регулювати тільки число обертів її робочого органу. У відомих вітчизняних тістомісильних машинах число обертів в основному не регулюється. Таким чином, практично відсутня можливість впливати на якість перемішування. Такі тістомісильні машини конструктивно є складними в управлінні та обслуговуванні. До такого класу тістомісильних машин відносяться «Твіді», ІМК-150, «Таглавіні» (Італія), «Глімек» (Швеція), «Діосна» (Німеччина).

Машини з одним робочим органом по своїй конструкції є простими. В них виконавчі механізми характеризуються умовами роботи місильного робочого органу. Робочий орган знаходиться у безпосередньому контакті з компонентами, які замішуються продовж всього циклу. Тому вони працюють у постійно змінних умовах. До такого класу машин можна віднести вище згадані та ІС-120, ЕСІ-140/80, ДК, А2-ХТБ і багато інших.

Відомі також тістомісильні машини безперервної і періодичної роботи, робочі органи яких знаходяться в контакті з компонентами, що замішуються, лише на протязі частини циклу руху (робоче переміщення). Інший час робочі органи знаходяться в неробочому положенні (холосте переміщення). До такого класу машин можна віднести ТММ-1М, Т1-ХТ2А, фірми «Луїзель» (Франція), «Діосна» (Німеччина). Тістомісильні машини приводять в рух робочі органи, головним чином, індивідуальними електродвигунами.

Необхідність зменшувати витрати енергії на заміс обумовлює відмову деяких виробників тістомісильного обладнання від обертання діжі. Щоб забезпечити при цьому якісний заміс, необхідно за допомогою робочого органу забезпечити достатню циркуляцію тіста.

Проблема узгодження робочих режимів обладнання для замішування з параметрами сировини та іншими складовими рецептури, вирішується різними винахідниками по-різному.

Необхідно передбачити, щоб робочі органи машини виконували таку механічну дію на компоненти, яка буде спрямована на створення умов для різних процесів та операцій, зв'язаних певною послідовністю. Така машина забезпечить прискорення процесів, економію праці та виробничих площ, зменшення втрат, зниження використання енергії та зменшення експлуатаційних витрат.

Аналіз існуючого обладнання та технологій показує, що в провідних фірмах-виробниках тістомісильної техніки для хлібопекарської галузі в даний час існує стійка тенденція до створення комп'ютерно-керованих технологічних машин та інтегральних технологій. Однак слід підкреслити, що робочі органи існуючих машин мають постійну і незмінну геометричну форму. Регулюється в таких машинах лише число обертів привідного валу. Цілком очевидно, що такі технічні рішення нічого принципово нового не дають, але серйозно ускладнюють кінематику машини, її обслуговування та управління.

Проте природні обмеження, що пов'язані з швидкостями протікання в тісті фізико-хімічних, біохімічних та інших процесів – є серйозною перешкодою для подальшого розвитку цього напрямку.

Аналіз якості хлібобулочних виробів підтверджує, що багато технологічних процесів замішування вже досягли або наблизилися до своїх граничних параметрів. Спроба подальшого їх прискорення за рахунок інтенсифікації роботи машин шляхом підвищення робочих параметрів може привести до суттєвого погіршення якості готових виробів.

З короткого аналізу особливостей і стану сучасного обладнання і способів процесу замішування випливає, що проблема пошуку нових напрямків у харчовому машинобудуванні і способів замішування, які вирішили б частково або повністю перераховані проблеми, як і раніше надзвичайно актуальна.

#### **Література**

1. Кравченко Р. Оцінка надійності обладнання харчової промисловості / Кравченко Р., Фік М., Ворошук В. Я. // Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання", 28-29 квітня 2022 р. — Т. : ТНТУ, 2022. — С. 94. — (Механічна інженерія).