

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення конструкції білового пристрою універсальної
протиричної машини моделі 37.31

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Черкас В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ворощук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Вітенько Т.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХ

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 11 » листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

здобувачу вищої освіти

Черкас Віталій Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення конструкції білового пристрою універсальної протирочної машини моделі 37.31

Керівник роботи Ворожук Віктор Ярославович, к.т.н.

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

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

2. Термін подання завершеної роботи 20 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту машини марки А1-ФКЕ для подрібнення м'яса.

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

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Підбір засобів, методів та методик досліджень. 3. Заходи з модернізації протирочної машини марки 37.31. 4. Моделювання і дослідження роботи біла протирочної машини 37.31 під навантаженням.. 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. Перелік посилань.

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

1. Універсальна протирочна машина моделі 37.31 (2фА1)

2. Вузол протирання універсальної протирочної машини моделі 37.31 (1фА1)

3. Вузол приводу універсальної протирочної машини моделі 37.31 (1фА1)

4. Параметри дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 (1фА1)

5. Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н (1фА1)

6. Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н (1фА1)

7. Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н (1фА1)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Підбір засобів, методів та методик досліджень		
5	3. Заходи з модернізації протирочної машини марки 37.31		
6	4. Моделювання і дослідження роботи біла протирочної машини 37.31 під навантаженням.		
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			
12	Графічна частина		
13			
14	Універсальна протирочна машина моделі 37.31		
15	Вузол протирання універсальної протирочної машини моделі 37.31		
16	Вузол приводу універсальної протирочної машини моделі 37.31		
17	Параметри дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31		
18	Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н		
19	Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н		
20	Результати дослідження біла універсальної протирочної машини моделі 37.31 з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Черкас В.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ворожук В.Я.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи освітнього рівня «магістр» – Черкас Віталій Ігорович

Тема кваліфікаційної роботи: Удосконалення конструкції билового пристрою універсальної протирочної машини моделі 37.31.

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

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 78 сторінок (28 рисунків) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

В даній кваліфікаційній роботі вирішуються питання удосконалення конструкції билового пристрою універсальної протирочної машини моделі 37.31.

При цьому виконуються наступні задачі:

кінематичний розрахунок протирочної машини;

технологічний розрахунок протирочної машини;

конструктивний розрахунок протирочної машини;

розрахунок елементів протирочної машини;

вирішення окремих питань щодо експлуатації та технічного обслуговування протирочної машини;

розробка 3d моделі била протирочної машини;

дослідження била протирочної машини при різних значеннях робочого кута;

розробка заходів з охорони праці та дії в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: протирання, било, удосконалення, машина.

Abstract

Vitaliy I. Cherkas. Enhancement of the design of the beater mechanism in the Model 37.31 universal sieving machine.. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2024.

The structure of the qualification work consists of a 78-page explanatory text (28 figures) and a graphic part of 8 A1 sheets.

В даній кваліфікаційній роботі вирішуються питання удосконалення конструкції билowego пристрою універсальної протиrочної машини моделі 37.31.

При цьому виконуються наступні задачі:

кінематичний розрахунок протиrочної машини;

технологічний розрахунок протиrочної машини;

конструктивний розрахунок протиrочної машини;

розрахунок елементів протиrочної машини;

вирішення окремих питань щодо експлуатації та технічного обслуговування протиrочної машини;

розробка 3d моделі била протиrочної машини;

дослідження била протиrочної машини при різних значеннях робочого кута;

розробка заходів з охорони праці та дії в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: протирання, било, удосконалення, машина.

Зміст

Анотація	4
Abstract	5
Зміст	6
Вступ.....	8
1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....	10
1.1 Огляд сучасного обладнання для протирання плодів і овочів	10
1.2. Аналіз та короткий опис протиручної машини марки 37.31	19
1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі.....	20
2. Підбір засобів, методів та методик досліджень	22
2.1. Аналіз програмного забезпечення для дослідження 3D моделей.....	22
2.2. Застосування SolidWorks Simulation для виконання досліджень.....	23
2.3. Використання SolidWorks Simulation для проведення статичних досліджень.....	25
3. Заходи з модернізації протиручної машини марки 37.31	28
3.1 Розробка заходів з модернізації.....	28
3.2. Опис універсальної протиручної машини моделі 37.31.....	28
3.3. Технологічний розрахунок протиручної машини.....	29
3.3. Структурно-кінематичний аналіз протиручного вузла протиручної машини 37.31	31
3.4. Конструктивний розрахунок протиручного вузла.....	33
3.5. Розрахунок клинопасової передачі приводу протиручної машини.....	36
3.6. Розрахунок вала ротора	39
3.7. Підбір підшипників для вала ротора.....	41
3.8. Заходи з монтажу і експлуатації протиручної машини.....	42

4. Моделювання і дослідження роботи біла протирочної машини 37.31	
під навантаженням.	45
4.1 Теоретичні дослідження біла	45
4.2 Аналіз отриманих результатів	58
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	59
5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки.....	59
5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях	64
5.2.1 Оцінка можливої хімічної обстановки консервного заводу	64
5.2.2. Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій.....	67
5.2.2.1. Засоби вибухозахисту герметичних систем	67
5.2.2.2. Пожежний захист виробничих об'єктів	68
Висновки	71
Перелік посилань.....	73
Специфікації	

Вступ

Плодоовочева продукція відіграє надзвичайно важливу роль у харчуванні людини, забезпечуючи організм необхідними вітамінами, мінералами, харчовими волокнами та іншими біологічно активними речовинами. Регулярне споживання овочів і фруктів сприяє зміцненню імунітету, нормалізації травлення, зниженню ризику ряду захворювань. Вони є джерелом антиоксидантів, які захищають клітини від пошкоджень, запобігаючи передчасному старінню та розвитку багатьох хвороб. Різноманітність кольорів та смаків плодів дозволяє збалансувати раціон та зробити харчування не тільки корисним, але й приємним. Саме тому, збалансоване харчування, яке містить достатньо плодоовочевої продукції, є запорукою здоров'я та довголіття.

У процесі переробки плодоовочевої продукції, зокрема для виготовлення соків, пюре, соусів та дитячого харчування, важливе місце займає протирання. Цей технологічний процес дозволяє відокремити м'якоть від шкірки, насіння та інших грубих частин, отримуючи ніжну та однорідну консистенцію продукту. Протирочні машини є ключовим обладнанням на підприємствах харчової промисловості, що займаються переробкою овочів та фруктів. Вони забезпечують ефективне та якісне протирання, зберігаючи при цьому більшість корисних речовин. Від якості роботи протирочної машини залежить не тільки консистенція готового продукту, але й його смакові якості та поживна цінність.

Враховуючи важливість плодоовочевої продукції в раціоні та роль протирання в її переробці, постійне вдосконалення протирочного обладнання є необхідним і є актуальною науково-практичною задачею.

Сучасні протирочні машини повинні бути не тільки ефективними та продуктивними, але й гігієнічними, енергоефективними та безпечними в експлуатації. Впровадження нових технологій, таких як використання більш зносостійких матеріалів, оптимізація конструктивних рішень щодо робочих органів, автоматизація процесів, дозволяє підвищити якість протирання, зменшити втрати продукту та знизити витрати на виробництво.

В роботі виконуються [1] наступні завдання:

кінематичний розрахунок протирочної машини;

технологічний розрахунок протирочної машини;

конструктивний розрахунок протирочної машини;

розрахунок елементів протирочної машини;

вирішення окремих питань щодо експлуатації та технічного обслуговування протирочної машини;

розробка 3d моделі біла протирочної машини;

дослідження біла протирочної машини при різних значеннях робочого кута;

розробка заходів з охорони праці та дії в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є напруження, переміщення і деформації, у білі протирочної машини марки 37.31 при навантаженні.

Предмет дослідження. Протирочна машина машини марки 37.31.

Методи досліджень. Робота включає емпіричні (числові експерименти) і теоретичні (аналітичні та синтезувальні) методи та техніки для проведення досліджень, а також моделювання..

Наукова новизна. Запропоновано 3d модель бил протирочної машини для порівняльного дослідження;

визначено вплив робочого кута на значення напружень, рівня деформацій та коефіцієнт запасу міцності.

Отримані в рооботі результати можна використати при модернізації існуючих та розробленні одиниць обладнання.

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

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

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

1.1 Огляд сучасного обладнання для протирання плодів і овочів

У протибочниках і фінішерах [3-5] ситовий барабан зазвичай нерухомий, а рухаються біла. Процес протирання та фінішної обробки контролюється зміною діаметра робочого сита, кута біла та коефіцієнта розділення .

Існують також протибочні машини без бил, в яких сито рухається, а біла залишаються нерухомими. У протибочних машинах без бил сито виконує складні обертальні та планетарні рухи навколо власної осі.

У безбильних протирачах (рис. 1.1а) з конічними або циліндричними барабанами сировина надходить у живильний пристрій, а звідти надходить у барабан. У барабані маса надходить в рухомі біла, притискається до робочого сита і протирається через збирач напівфабрикатів 4. Відходи з барабана подаються у збірник 5 і виводяться з машини. Біла кріпиться до тримача 6, закріпленого на валу 2.

Обертальний рух валу 2 передається через шків 3. Верх ситового барабана закритий кожухом.

У протибочній машині з обертовим ситовим барабаном (рис. 1.1в) сировина подається на зовнішню поверхню під надлишковим тиском менше 0,1 МПа. Маса через вхідний патрубок 1 проходить у робочу камеру 2 і подається на просіювальний барабан 3, утворюючи на його внутрішній поверхні обертову параболу, близьку до циліндра.

Протертий напівфабрикат під надлишковим тиском надходить у нерухомий патрубок 8 і виводиться з машини. Притиснуті до поверхні грубі частинки і домішки сировини видаляються нерухомим скребком 4 і переміщуються в нижню частину робочої камери 2 по поверхні скребка за рахунок його нахилу. Тут він захоплюється шнеком, подається в нагнітальний патрубок 11 і виводиться з машини через зазор між ним і конусом 10, який притискається до патрубка

пружиною. Просіювальний барабан має порожнистий вал 6, на якому встановлений шків 7 з приводом барабана.

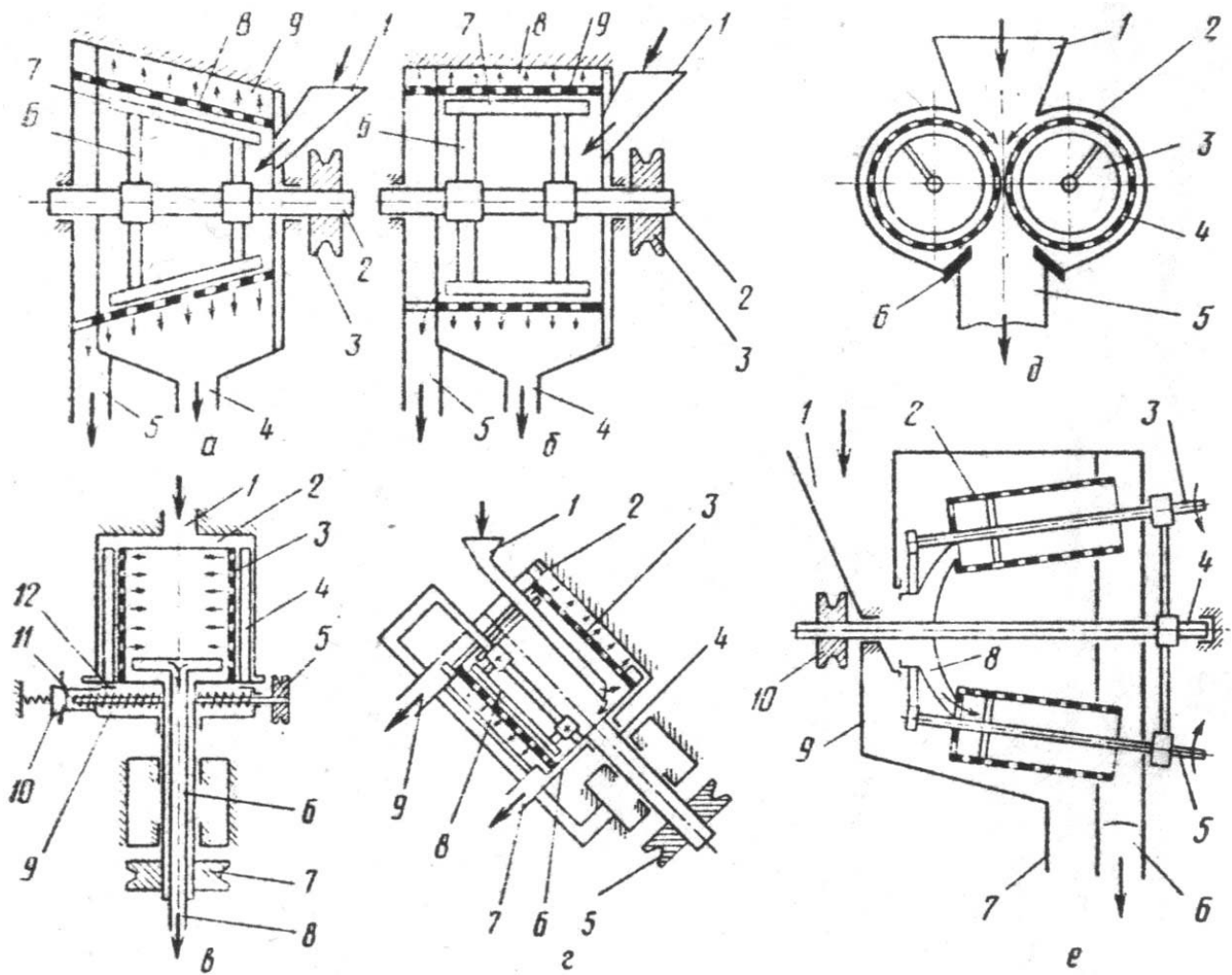


Рис. 1.1. Принципові схеми протирочних машин і фінішерів

До корпусу машини 12 болтами прикріплена основна робоча камера 2. Привід шнека здійснюється окремим приводом через шків 5.

У ротаційно-барабанній протирочній машині (рис. 1.1г) маса надходить у вхідний патрубок 1, а звідти в обертювий барабан 3. Під дією відцентрової сили маса надходить у кожух 2 через отвір робочого решета в ситовому барабані, потрапляє в його нижню частину і через лопатку барабана через насадку 7 видаляється з машини у протертому вигляді. Великі частини і забруднення, що притиснулися до поверхні сита, спочатку видаляються з барабана скребком 8, а

потім лопаткою барабана видаляються через сопло 9. Вал ситового барабана приводиться від шківів 5, а всі частини машини встановлені в корпусі 6.

У протиручній машині без бил (рис. 1.1г) сировина (цілі плоди) з термічною обробкою або без неї спочатку надходить у живильний бункер 1, а потім на поверхню ситового барабана 4, що обертається відносно одна одної. Подрібнений напівфабрикат видаляють з машини шнеком 3, а відходи знімають з поверхні барабана скребком 6 і далі видаляють з машини через лоток 5. Усі деталі машини кріпляться до базового корпусу 2.

У безбилно-протиручній машині (рис. 1.1д), де ситовий барабан обертається навколо власної осі та обертається в площині навколо осі машини, сировинна маса надходить у бункер 1 і переміщується в ситовий барабан 2 через спецрозподільник 5. Подрібнені напівфабрикати накопичуються в збірнику 9 і виводяться з машини через патрубок 7. Грубі частки і домішки видаляються з внутрішньої поверхні барабана і виводяться через випускний отвір 6 за рахунок нахилу барабана щодо осі машини і її складного обертання. Вали 3, 5 ситового барабана приводяться планетарною передачею через шків 10 від головної шестерні, закріпленої на головному валу 4.

Конструкції протиручних машин і фінішерів регулярно вдосконалюються. Найбільш перспективною є схема конструкції очисника з обертовим ситовим барабаном і нерухомим скребком. При високому рівні питомої продуктивності такі машини мають більш м'який режим протируки, завдяки чому отриманий протиручний напівфабрикат має більш дисперсний склад, ніж отриманий на машинах традиційного типу за тих же параметрів процесу. Проте їхня конструкція дуже складна, а їх експлуатація, ремонт і обслуговування складні. Двобарабанна протиручна машина безбилова (Рис. 1д) в основному використовується для приготування картопляного пюре.

Трьохбарабанні преси (Рис. 1.1е), у яких просіювальні барабани обертаються навколо своїх відповідних осей і планетарно обертаються навколо спільної осі, в основному використовуються для пюре кісточкових фруктів. Інша сировина, особливо з волокнистою структурою, забивають отвори робочого сита.

Ситовий барабан. Ситовий барабан є частиною фінішера, яка найчастіше пошкоджується.

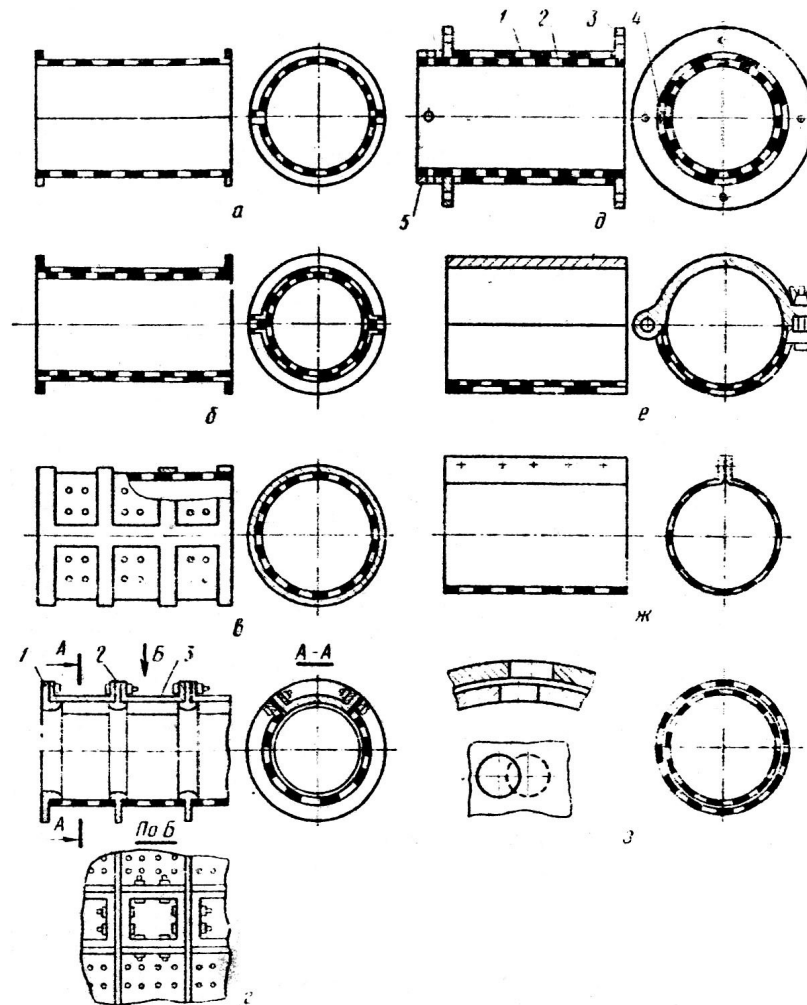


Рис. 1.2. Конструктивні схеми ситових барабанів

У традиційних машинах барабан складається з двох напівциліндрів і виготовлений з нержавіючої сталі.

Барабани виконуть з діаметром отворів 2 мм і більше і товщиною сита 1-2 мм (рис. 1.2а), з товщиною каркаса 2-3 мм (рис. 1.2б), литі. До них відносяться жорсткий каркас (рис. 1.2в) і збірний каркас (рис. 1.2д). Каркас складається з бокових кілець 1, розділювальних 2 і підсилювальних сегментів 3, що з'єднують кожну секцію барабана. Недоліком такого просіювального барабана є те, що наявність усередині сепараторного кільця утруднює рух маси по барабану, знижуючи продуктивність барабана.

Барабан ситовий (рис. 1.2г) має жорстку раму 1 і зварне циліндричне робоче решето 2 з армуючими поясами 5. Для запобігання обертанню сита 2 всередині жорсткої рами в жорсткій рамі є паз 4, в який вставляється сито 2 разом із шатуном. Жорстка рама має два фланці 3, один з яких прикріплений до корпусу підшипника. Фланець служить для кріплення приймального ящика для подрібнених напівфабрикатів.

Конструкція ситового барабана, показана на рис. 1.2е,г, зустрічається рідко, і барабан, схематично показаний на малюнку 1.2з, можна використовувати лише для протиличних машин.

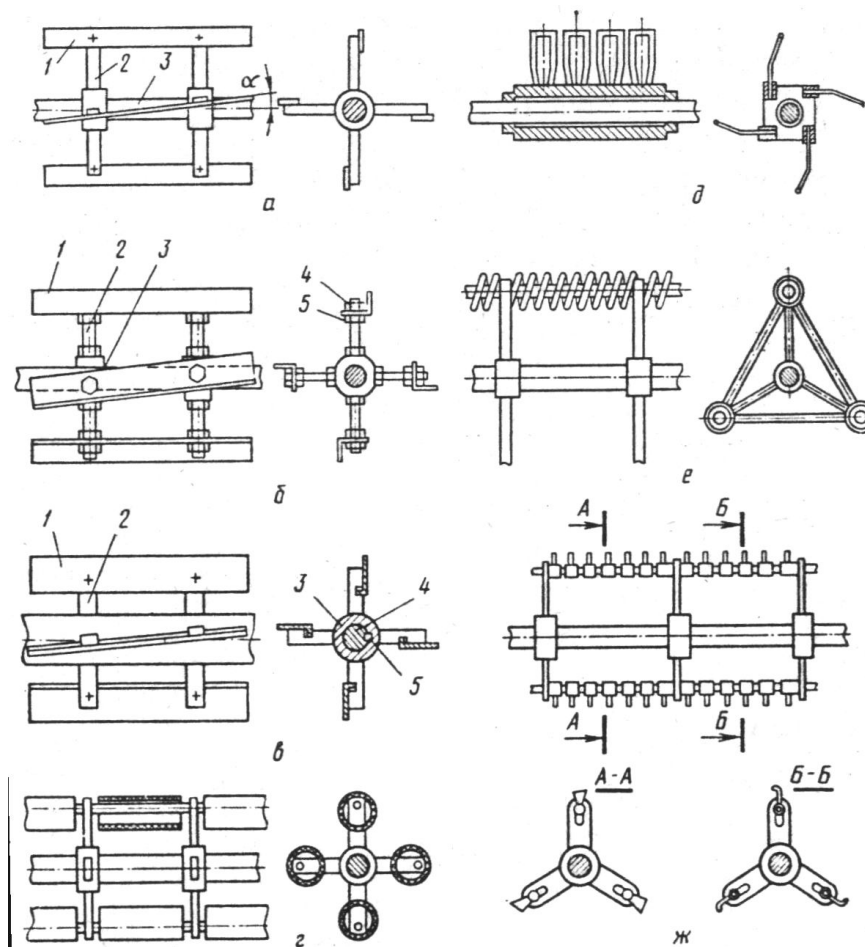


Рис. 1.3 – Конструкції билових пристроїв

Биловий пристрій. Тип билового обладнання відрізняється в залежності від виду сировини, що переробляється. Било класичного типу (рис. 1.3а) складається із плоского штапика 1, закріпленого в обоймі 2, яка кріпиться до валу 3, закріпленого обертанням двох або одного проти валу. Таким чином можна

змінювати кут випередження та регулювати вологість відходів. Також у бил є можливість радіального переміщення. Для подальшого підвищення жорсткості жорсткі біла зроблені товстими та міцними. Якщо вага біла велика, це негативно позначиться на роботі машини і не зможе отримати високий чинник розділення.

У пристрої (рис. 1.3б) з полегшеним билом 1, якій надають жорсткість ребрами, ла кріпляться до тримачів 2, які, в свою чергу, кріпляться до хвостовика валу 3. Радіальне зміщення роликів здійснюється гайками 5 і контргайками 4.

Коли биття дорівнює нулю, площа биття паралельна поверхні сита. Зміна кута випередження змінює зазор: він стає більше в центрі і менше по краях. Це призводить до нерівномірного виходу та нерівномірного витирання грудок.

Пристрій (рис. 1.3в), використовується в консольних протирочних машинах та фінішерах. Він складається з плоского легкого типу бил 1, тримача біла 2 і втулки 3, які вільно прикріплені до валу 4. Обертовий момент передається від вала за допомогою шпонки 5. Ударний пристрій має високу жорсткість і весь зварений з витриванням однакового кута випередження. Після виготовлення підганяють так, щоб зазор між ситом і билом заздалегідь залишався постійним по всій довжині грохота. Фактор розділення може бути покращений у 2-3 рази порівняно з традиційними конструкціями.

Призначення машини для первинного протирання плодів кісточкового типу – відокремити м'якоть і насіння без пошкодження цілісності кісточкових плодів, тому било повинно бути пружним і не завдавати сильного удару по кісточковій сировині (рис 1.3г, д, е).

Биловий пристрій (рис. 1.3д) можна виготовити зі стрижнів з прогумованої тканини у вигляді кільця. У билі пристрої для первинного протирання плодів кісточкового типу (рис. 1.3д) обух виготовлений зі спіральної пружини. Биловий пристрій для первинної протирки кісточкового матеріалу базується на рішенні на основі двох серг. Першим по ходу протирання маси розташовуються серги, що складаються з гільзи і двох пластин, жорстко закріплених в площині, перпендикулярній до осі гільзи - перетин А. Ці серги січуть м'якоть. Далі йдуть

серги, які складається з однієї пластини, паралельної осі гільзи. Ці серги виконують знімання з кісточки м'якоть.

Кількість бил від 2 до 8. Ці била повинні бути рівномірно розміщені.

У всіх конструкціях сучасних проиральних і фінішernih билових пристроїв вал била встановлений на двох опорах, розміщених у кришці з кожного боку ситового барабана.

Завантажувальний пристрій. Ці пристрої використовуються для забезпечення рівномірного навантаження по всіх поверхнях і ідеальної орієнтації маси.

У протирочному пристрої для томатів (рис. 1.4а) маса надходить у бункер 1 на торцевій стінці ситового барабана 2 і продавлюється в барабан шнеком 3 за допомогою тиску на вал 4. За допомогою цього пристрою дуже складно рівномірно зарядити барабан.

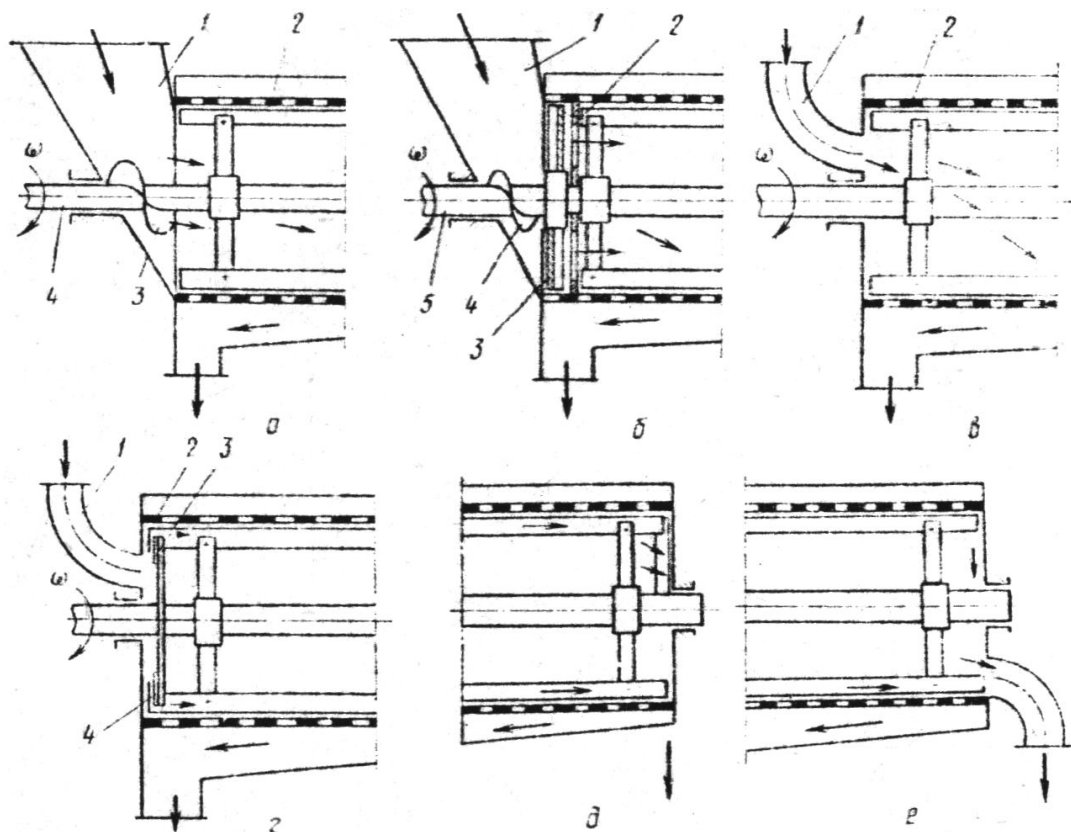


Рис. 1.4. Пристрої для вводу маси в протирочні машини і фінішери та поводження з відходами.

Живильний пристрій, зображений на рис. 1.4б, також виконано у вигляді бункера 1, але на валу 5, крім шнека 4, розташована лопатка 3, яка розкидає масу по зовнішньому колу барабана. Пристрій також забезпечений розподільним розетковим блоком 2 з трьома трикутними отворами для забезпечення рівномірності подачі.

Також масу можна подавати по трубі. Умови щодо рівномірності постачання залишаються без змін.

Пристрій для виведення відходів. У класичному типі конструкції протиірочної машини в торцевій стінці передбачено прямокутний отвір шириною 30-40 мм і 1/4 окружності барабана для викиду відходів із ситового барабана (рис. 1.4д). Відходи вивантажуються, коли барабан стоїть угорі. У решті 3/4 окружності в кінці ситового барабана відходи не вивантажуються, а рухаються круговим рухом, руйнуючи частину баластної тканини, яка потрапила в ситову масу. Водночас це спричинено вібрацією машини. Отвори можуть бути оснащені заслінками для регулювання вологості відходів по всій довжині барабана, що можливо тільки на консольних просіювальних машинах.

Протиірочні машини в основному розробляються у двох- та триступінчастих виконаннях. На лінії виробництва напівфабрикатів і консервів встановлені двоступеневі машини. Перше сито має отвори діаметром 3—5 мм, а друге сито — отвори діаметром 0,8—1 мм.

При виробництві консервів-пюре дитячого харчування встановлюють триступеневі сита з діаметром осередків 3, 1,5, 0,8, 0,4 мм.

У лінії виробництва концентрованих томатних продуктів використовуються триступеневі просівальні машини. Використовують сита з діаметром осередків 3, 1,5, 0,4 і 0,8. Можна використовувати сито першого ступеня з отворами 5-6 мм. Ця машина називається нормалізатором. Продуктивність 20-30 т/год. Встановлена потужність 30-40кВт.

У машині класичного виконання (рис. 1.6а, б) сировинна маса надходить у живильник 1, а потім у ситовий барабан 2. Тут вона вловлюється білами 3, що протискає сировину через робоче сито. Протерті напівфабрикати накопичуються

в збірнику 7 і виводяться з насадки 8 через прямокутний отвір у лоток 6 (рис. 1.6а) або круглу трубу 6 (рис. 1.6б).

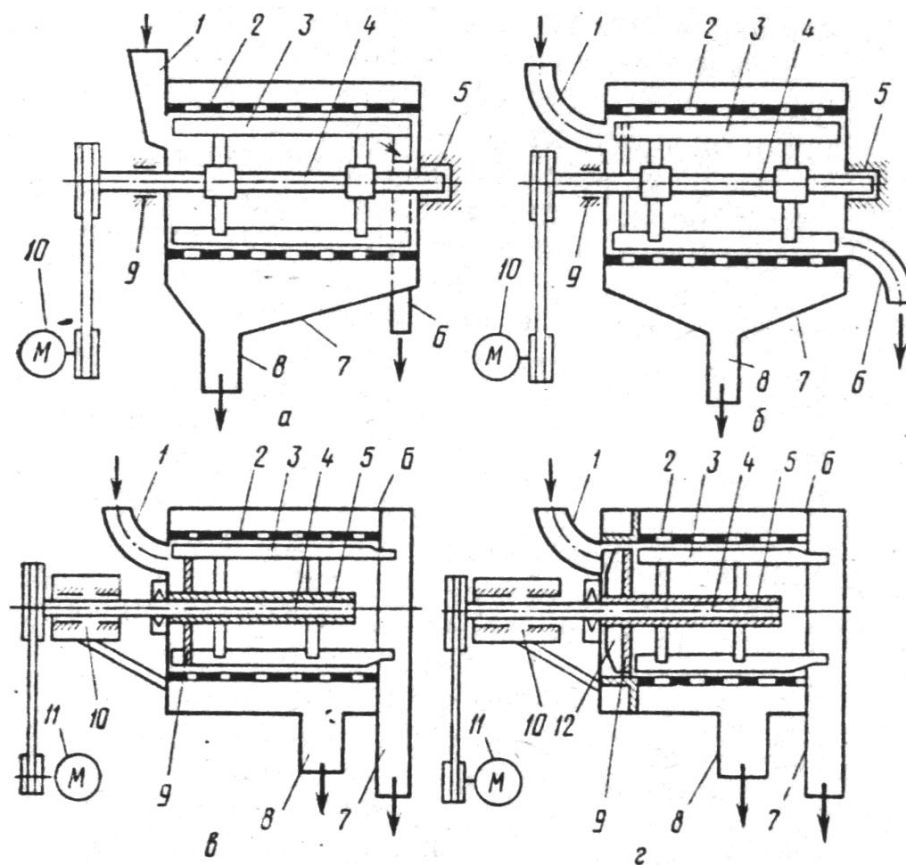


Рис. 1.6. Принципові схеми протирочних машин і фінішерів

Розроблений в ОТІХП консольний очисник і фінішер має жорсткий просіювальний барабан і більший пристрій, швидкознімний збірник протираних напівфабрикатів, характеризується високим коефіцієнтом розділення (300-350). При цьому на вході маси в машину встановлюється відцентровий уловлювач сторонніх тіл. На механічному валу кріпиться диск з радіальними лопатями, форма якого нагадує робоче колесо відцентрового насоса. Ситовий барабан не має отвору в частині кріплення робочого колеса, але має отвір 50 x 60 мм на горизонтальній осі. Сторонні речовини, що потрапляють у машину разом із суспензією, вдаряються об обертові лопаті робочого колеса та притискаються до сліпої поверхні просіювального барабана відцентровою силою. Домішки рухаються вздовж цієї поверхні до отвору і витісняються в отвори під дією

відцентрової сили, де вони осідають у спеціальних кишнях і видаляються під час санітарної обробки машини (кожної зміни).

У машинах консольного типу, де опора вала розміщена із зазором поза зоною протирання, сік не потрапляє на підшипники опори, що дозволяє опорі працювати на повному ресурсі (9000 годин). Машина проста і зручна в експлуатації, ремонті та дезінфекції.

Фінішер конструкції ОТПП (рис. 1.7) складається з рами 1, ємності 2 для збору протертих напівфабрикатів, протирочного пристрою 3, клинопасової передачі 4 і електродвигуна 5.

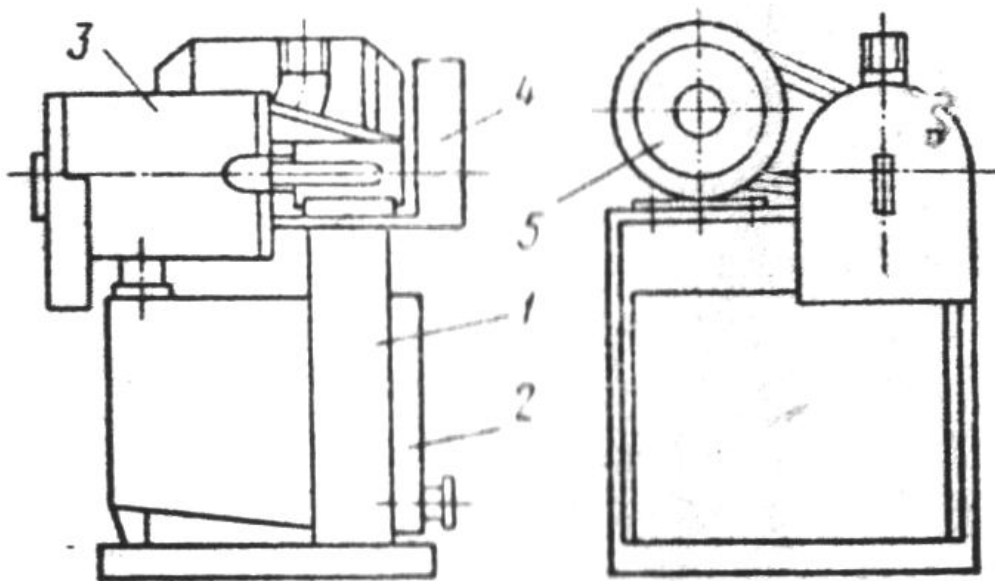


Рис. 1.7. Фінішер конструкції ОТПП

1.2. Аналіз та короткий опис протирочної машини марки 37.31

Машина 37.31 неперервної дії лінійного типу призначена для розділення оброблюваної сировини – плодів фруктів на дві частини – пюре та перетирки.

Технічні характеристики машини 37.31.

Продуктивність по м'яких плодах, т/год	7
по кісточкових плодах, т/год	2
Встановлена потужність, кВт	7,5
Число обертів робочого валу, об/хв	800

	по кісточкових плодах, об/хв	330, 410, 445
	Діаметр ситчаситого барабана, мм	388
	Довжина ситчатого барабана, мм	664
	Кількість бил, шт	4
	Кут випередження бил, °	1,5
	Кут нахилу осі робочого органу для кісточкових, °	5
	Межі регулювання кута випередження бил на ходу, °	±1,5
	Межі регулювання кута нахилу робочого органу для кісточкових, °	3
мм	Межа регулювання зазору між билем і ситом на ходу,	±2,5
	Діаметри отворів у ситах, мм	1,5; 1,2; 0,8
	для кісточкових, мм	5; 3
	Живе січення сітки, %	23...27
	для кісточкових, %	40...41
	Електродвигун	4A132M6Y3 M101
		N=7,5 кВт, n=970
		об/хв
Габарити	довжина	1770
	ширина	770
	висота	1115
Маса, кг		500

1.3. Мета та задачі, які виконуються у кваліфікаційній роботі

Мета роботи [6-10] – покращити конструкцію універсальної протирочної машини моделі 37.31, зокрема билового пристрою, зробивши роботу машини більш ефективною.

Виконуються задачі :

кінематичний розрахунок протирочної машини;
технологічний розрахунок протирочної машини;
конструктивний розрахунок протирочної машини;
розрахунок елементів протирочної машини;
вирішення окремих питань щодо експлуатації та технічного обслуговування протирочної машини;
розробка 3d моделі біла протирочної машини;
дослідження біла протирочної машини при різних значеннях робочого кута;
розробка заходів з охорони праці та дії в надзвичайних ситуаціях.

2. Підбір засобів, методів та методик досліджень

2.1. Аналіз програмного забезпечення для дослідження 3D моделей

Програмне забезпечення для дослідження 3D моделей [11–13] відрізняється набором додаткових опцій і рівнем здатності виконувати розрахунки, симуляції та аналіз, що стосуються поведінки фізичних об'єктів під впливом різних навантажень та умов.

Ключові аспекти аналізу програмного забезпечення з точки зору механіки.

Аналіз міцності (Stress Analysis). Визначення напружень та деформацій в матеріалі під дією зовнішніх сил.

Аналіз деформацій (Strain Analysis). Розрахунок зміни форми об'єкта під навантаженням.

Аналіз стійкості (Buckling Analysis). Визначення критичних навантажень, при яких об'єкт втрачає стійкість.

Аналіз динаміки (Dynamic Analysis). Дослідження поведінки об'єкта під впливом змінних у часі навантажень, вібрацій, ударів.

Тепловий аналіз (Thermal Analysis). Розрахунок розподілу температури в об'єкті та впливу теплових навантажень на його механічні властивості.

Аналіз плинності (Fluid Dynamics). Моделювання руху рідин та газів та їхньої взаємодії з твердими тілами.

Оптимізація форми (Shape Optimization). Автоматичне змінення геометрії об'єкта для досягнення оптимальних характеристик міцності, ваги тощо.

Моделювання композитних матеріалів. Аналіз поведінки матеріалів, що складаються з кількох різних компонентів.

Приклади програмного забезпечення для інженерної механіки.

ANSYS. Потужний пакет програм для чисельного моделювання та інженерного аналізу. Включає модулі для аналізу міцності, динаміки, теплопередачі, гідродинаміки та електромагнетизму. Широко використовується в аерокосмічній, автомобільній, енергетичній та інших галузях.

Abaqus. Програмний продукт для виконання аналізу методом скінченних елементів (МСЕ), яке спеціалізується на вирішенні складних нелінійних задач, таких як пластична деформація, руйнування та контактна взаємодія.

COMSOL Multiphysics. Платформа для моделювання багатofізичних процесів, що дозволяє поєднувати різні види аналізу, наприклад, тепловий та механічний.

SolidWorks Simulation. Інтегрований в SolidWorks модуль для проведення аналізу міцності, динаміки та теплопередачі. Зручний для використання інженерами-конструкторами.

NX Nastran. Програмне забезпечення для МСЕ, яке використовується для аналізу міцності, стійкості, динаміки та інших інженерних задач.

Autodesk Inventor Nastran. Інтегрований в Autodesk Inventor модуль для проведення інженерного аналізу.

OpenFOAM. Безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом для обчислювальної гідродинаміки (CFD).

2.2. Застосування SolidWorks Simulation для виконання досліджень

Однією з найбільших переваг SolidWorks Simulation є ціна, іншою – тісна інтеграція модулів CAD і CAE.

Безпосередня робота з CAD-моделлю. SolidWorks Simulation повністю інтегрований в середовище SolidWorks CAD. Це означає, що аналіз можна проводити безпосередньо на CAD-моделі, без необхідності експорту/імпорту даних в окремі CAE-програми. Це значно спрощує та прискорює процес аналізу, зменшує ризики помилок, пов'язаних з конвертацією даних, та дозволяє швидко вносити зміни в геометрію моделі та одразу ж перевіряти їхній вплив на результати аналізу.

Автоматичне оновлення сітки. При зміні геометрії CAD-моделі, сітка для розрахунку в SolidWorks Simulation може бути автоматично оновлена. Це

економить час та мінімізує можливість виникнення помилок, пов'язаних з ручним створенням сітки.

Асоціативність. Результати аналізу в SolidWorks Simulation асоціативно пов'язані з CAD-моделлю. Це означає, що будь-які зміни в геометрії автоматично відображаються на результатах аналізу, що дозволяє швидко оцінювати вплив змін на характеристики виробу.

Спільне середовище. Інженери-конструктори, які працюють в SolidWorks, можуть легко використовувати SolidWorks Simulation для проведення базових та середнього рівня складності аналізів, не потребуючи спеціальних знань в області CAE. Це сприяє більш ранньому виявленню потенційних проблем в конструкції та оптимізації виробу на етапі проектування.

Комплексне рішення. SolidWorks пропонує комплексне рішення, яке включає CAD та CAE інструменти. Це може бути більш економічно вигідним, ніж придбання окремих програм для CAD та CAE від різних виробників.

Різні рівні ліцензування. SolidWorks Simulation пропонується в різних рівнях ліцензування (Standard, Professional, Premium), що дозволяє вибрати оптимальний набір функцій відповідно до потреб та бюджету компанії. Версія Standard, як правило, включена в базову ліцензію SolidWorks Professional або Premium, що робить її доступною для широкого кола користувачів.

Зниження витрат на розробку. Завдяки тісній інтеграції та можливості проведення аналізу на ранніх етапах проектування, SolidWorks Simulation допомагає знизити витрати на розробку, зменшуючи кількість фізичних прототипів та випробувань. Це також дозволяє скоротити час виходу продукту на ринок.

Навчальні ліцензії. Для навчальних закладів та студентів SolidWorks пропонує спеціальні навчальні ліцензії за значно нижчими цінами, що сприяє популяризації використання CAE-інструментів в інженерній освіті.

Важливо зазначити, що SolidWorks Simulation, хоча й є потужним інструментом для багатьох задач, може мати обмеження в порівнянні з більш спеціалізованими CAE-пакетами, такими як ANSYS або Abaqus, особливо при

вирішенні складних нелінійних задач, задач динаміки з великими деформаціями, аналізу композитних матеріалів або задач гідродинаміки. Однак, для широкого кола інженерних задач, що зустрічаються в машинобудуванні, SolidWorks Simulation є достатньо потужним та зручним інструментом.

SolidWorks Simulation є ефективним інструментом для механічних досліджень завдяки тісній інтеграції з CAD, що забезпечує швидкий та зручний робочий процес, а також завдяки своїй відносно доступній ціні, особливо в контексті комплексного рішення SolidWorks. Він є оптимальним вибором для інженерів-конструкторів, які потребують проведення аналізу на етапі проектування та не потребують вирішення надзвичайно складних CAE-задач. Для більш складних та спеціалізованих задач, можливо, знадобиться використання більш потужних CAE-пакетів.

2.3. Використання SolidWorks Simulation для проведення статичних досліджень

SolidWorks Simulation є зручним інструментом для проведення статичних досліджень, інтегрований безпосередньо в середовище SolidWorks CAD. Це дозволяє інженерам-конструкторам аналізувати [11,16] міцність та жорсткість деталей і збірок безпосередньо в процесі проектування, що значно скорочує час розробки та вартість прототипування.

Статичне дослідження в SolidWorks Simulation дозволяє визначити реакцію конструкції на постійні навантаження. Можна розрахувати наступні параметри.

Переміщення. Зміщення точок конструкції під дією навантаження.

Напруження. Внутрішні сили, що виникають в матеріалі під дією навантаження.

Деформації. Зміна форми та розмірів конструкції під дією навантаження.

Реакції опор. Сили, що виникають в місцях кріплення конструкції.

Запас міцності. Коефіцієнт, що показує, наскільки фактичні напруження нижчі за допустимі.

Етапи проведення статичного дослідження в SolidWorks Simulation.

Створення дослідження. У SolidWorks відкривається вкладка Simulation і створюється нове статичне дослідження.

Задання матеріалу. Для кожної деталі вказується матеріал з бібліотеки SolidWorks або створюється власний матеріал з заданими властивостями (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, границя текучості тощо).

Задання кріплень (граничних умов). Визначаються місця фіксації конструкції, тобто ті поверхні, які не можуть переміщатися. Існують різні типи кріплень.

Фіксована геометрія. Повна фіксація всіх ступенів вільності.

Шарнір. Дозволяє обертання навколо осі, але забороняє лінійні переміщення.

Ролик. Забороняє переміщення в одному напрямку.

Задання навантажень. Визначаються зовнішні сили, що діють на конструкцію. Існують різні типи навантажень.

Сила. Задається величина та напрямок сили, прикладеної до поверхні, ребра або точки.

Тиск. Задається величина тиску, що діє на поверхню.

Крутний момент. Задається величина та напрямок крутного моменту, прикладеного до поверхні або ребра.

Гравітація. Враховується дія сили тяжіння.

Температура. Задається температура, що впливає на теплові деформації.

Створення сітки. Конструкція розбивається на скінченні елементи (сітку). Розмір та тип елементів впливають на точність результатів. SolidWorks Simulation пропонує різні типи сіток (твердотільна, оболочкова, балочна) та методи їх створення (автоматичне, ручне).

Запуск розрахунку. SolidWorks Simulation розраховує напруження, деформації та переміщення в кожній точці конструкції.

Аналіз результатів. Результати відображаються у вигляді кольорових діаграм, графіків та числових значень. Можна переглянути розподіл напружень, деформацій, переміщень, запас міцності та інші параметри.

Типи статичних досліджень в SolidWorks Simulation.

Лінійний статичний аналіз. Застосовується для малих деформацій та лінійної залежності між навантаженням та деформацією.

Нелінійний статичний аналіз. Застосовується для великих деформацій, нелінійної залежності між навантаженням та деформацією, а також для аналізу контактних задач.

Переваги використання SolidWorks Simulation для статичних досліджень.

Інтеграція з CAD. Зручний та швидкий робочий процес.

Широкий функціонал. Можливість аналізу різних типів навантажень та кріплень.

Автоматичне створення сітки. Спрощує процес підготовки моделі до розрахунку.

Візуалізація результатів. Зручний перегляд та аналіз результатів у вигляді діаграм та графіків.

Оптимізація конструкції. Можливість оптимізації геометрії для досягнення заданих характеристик.

Застосування статичних досліджень в SolidWorks Simulation.

Визначення міцності та жорсткості деталей та збірок.

Перевірка конструкцій на відповідність вимогам міцності.

Оптимізація форми та розмірів деталей для зменшення ваги та витрат матеріалів.

Аналіз напружено-деформованого стану конструкцій під різними навантаженнями.

Виявлення слабких місць в конструкції.

SolidWorks Simulation є потужним та зручним інструментом для проведення статичних досліджень, який дозволяє інженерам-конструкторам швидко та ефективно аналізувати свої проекти та забезпечувати їхню надійність та безпеку.

3. Заходи з модернізації протиручної машини марки 37.31

3.1 Розробка заходів з модернізації

Машина 37.31 неперервної дії лінійного типу призначена для розділення оброблюваної сировини – плодів фруктів на дві частини – пюре та перетирки.

Основним діючим фактором в протиручній машині є створення такого силового впливу на оброблюваний продукт, при якому він, притискаючись до перфорованої циліндричної ситчастої поверхні, втрачає рідинну фазу, яка проходить через отвори в ситі. Тверда фаза (відходи) залишається всередині сита і виводиться з машини.

Силовa дія створюється ротором (биловим пристроєм) з робочими органами – билами, які захоплюють продукт і здійснюють обертальний рух з ним. Таким чином, на силовий вплив на продукт здійснюється відцентровою силою, величина якої в десятки разів (біля 100) більша від ваги оброблюваної частинки.

Для протиручних машин важливим є забезпечення максимального виходу рідинної фази. Одним із шляхів, яким це можна забезпечити, є встановлення ситових барабанів сучасної конструкції, а також вдосконалення конструкції бил.

3.2. Опис універсальної протиручної машини моделі 37.31

Машина для протирання сировини 37.31 складається з корпусу, всередині якого розміщений нерухомий ситчастий барабан, привідного валу, встановленого на станині. Корпус обладнаний завантажувальним бункером і бункером для збирання протертої маси і лотком для виділення відходів. Ситчастий барабан виконаний в формі циліндричного сита з перфорованої листової корозійностійкої сталі, яке розташоване в жорсткому каркасі з полосової сталі і закрито зверху з'ємним кожухом, що не допускає розбризкування продукту. Вал приводиться в дію від електродвигуна через клинопасову передачу.

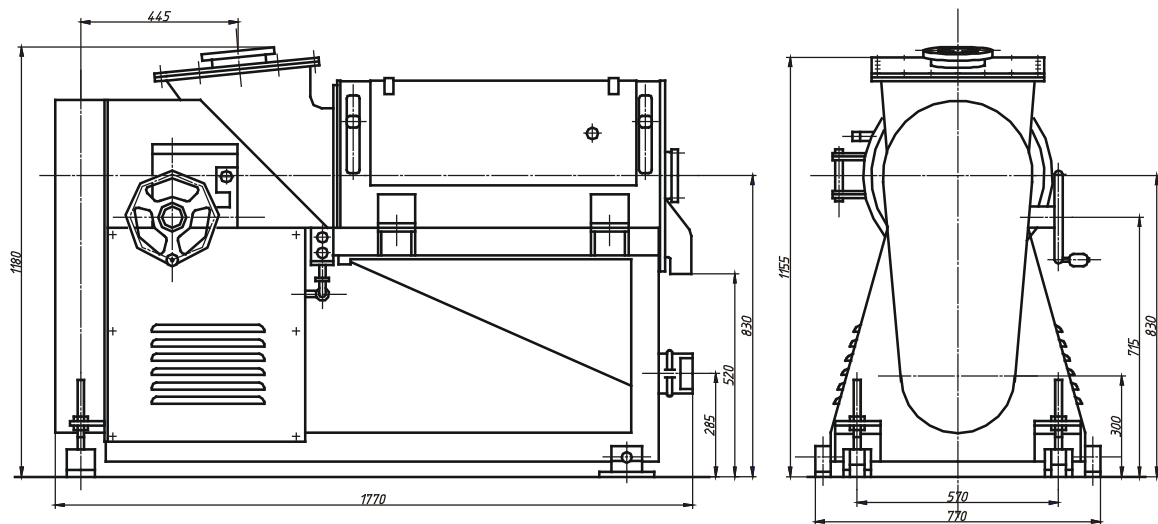


Рис. 3.1. Протирочна машина 37.31

На приводному валі розташований шнек, що подає продукт від бункера завантаження всередину сітчастого барабана. При цьому продукт проходить через лопаті, які подрібнюють його, а потім протирається через сітку двома білами і через бункер поступає в бак накопичення.

Всі деталі, дотикаються до сировини, виготовлені з міді, корозійностійкої сталі і бронзи. При експлуатації машин для притирання слідкують за справністю сітчастого барабану, щільним приляганням до нього лопатей для протирання.

3.3. Технологічний розрахунок протирочної машини

Розрахуємо потужність на привід протирочної машини

$\eta := 0.9$	к.к.д передаточних механізмів.
$d := 0.0015$	м - діаметр отворів сита
$q := 335$	Н/м - питомий опір різанню.
$f := 0.36$	коефіцієнт тертя продукту до поверхні робочих органів

$\varepsilon := 0.27$	коефіцієнт живого перерізу сита
$R := 0.192$	м максимальна відстань від осі обертання до межі робочої ділянки протиральних лопатей
$r := 0.125$	м мінімальна відстань від осі обертання до межі робочої ділянки протиральних лопатей
$\phi := 0.275$	коефіцієнт використання робочої площі - проекції лопаті на сито
$\psi := 0.3$	коефіцієнт відношення ширини лопаті до її довжини
$z := 4$	кількість протиральних лопатей
$k := 0.75$	коефіцієнт проковзування матеріалу по ситі
$n := 800$	об/хв - частота обертання лопатей
$\alpha = 0.079641$	рад - кут нахилу лопаті до поверхні сита

Потужність, необхідна для розрізання продукту краями отворів

$$N1 := \frac{R^2 - r^2}{15} \cdot \frac{R}{d} \cdot \pi \cdot q \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot \phi \cdot z \cdot n \cdot (1 - k) \cdot \sin(\alpha) \quad N1 = 270.418 \quad (\text{Вт})$$

Потужність, необхідна для подолання сил тертя до поверхні сита і протиральної лопатки

$$N23 := \frac{R^2 - r^2}{15} \cdot \frac{R}{d} \cdot \pi \cdot q \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot \phi \cdot z \cdot n \cdot f \cdot \cos N23 = 4879.091 \quad (\text{Вт})$$

$$N0 := \frac{N1 + N23}{1000 \cdot \eta} \quad N0 = 5.722 \quad (\text{кВт})$$

3.3. Структурно-кінематичний аналіз протирочного вузла протирочної машини 37.31

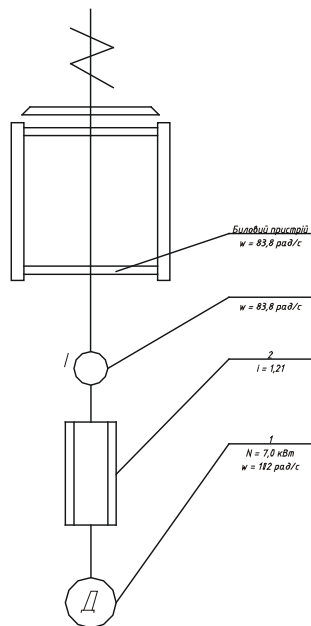


Рис. 3.2. Структурна схема вузла протирочного барабана протирочної машини марки 37.31.

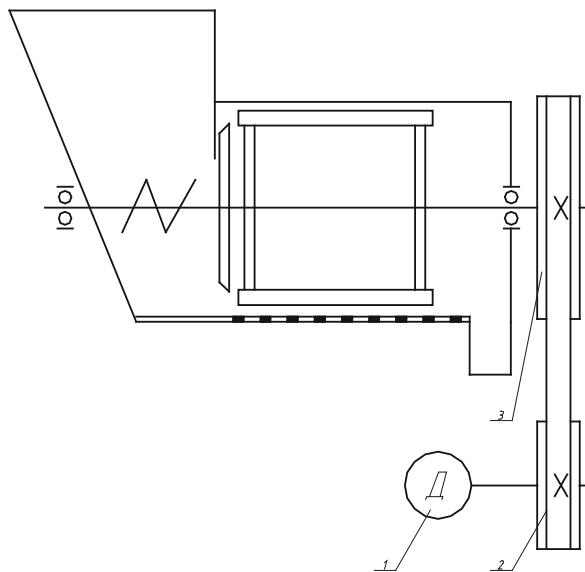


Рис. 3.3. Кінематична схема протирочної машини марки 37.31.

Основна механічна робота, яку виконує протирочний вузол, полягає у відділенні рідкої фази від твердої фази в плодах. За принципом роботи ця машина є пристроєм з механічним приводом. Робочий орган (біловий барабан)

закріплений на валу і здійснює обертовий рух. Схема включає електродвигун, пасову передачу і робочий орган (протирочний барабан) [17-20]

Попереднє значення кутової швидкості електродвигуна $\omega_{\text{дв}} := 102 \text{ рад/с}$

Відповідно частота обертання вала електродвигуна:

$$n_{\text{дв}} := \omega_{\text{дв}} \cdot \frac{30}{\pi} n_{\text{дв}} = 974 \text{ об/хв}$$

Необхідна частота обертання ротора: $n_{\text{р}} := 13.333$ $n_{\text{р}} = 13.333 \text{ об/с}$

Відповідно кутова швидкість обертання $\omega_{\text{р}} := 2 \cdot \pi \cdot n_{\text{р}}$ $\omega_{\text{р}} = 83.774 \text{ рад/с}$

Число обертів ротора за хвилину $n_{\text{рх}} := n_{\text{р}} \cdot 60$ $n_{\text{рх}} = 800 \text{ об/хв}$

Розрахуємо попередньо передаточне число пасової передачі.

Передаточне число передачі $u := \frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{р}}}$ $u = 1.218$

Потужність, витрачена на подрібнення $N_{\text{подр}} := 5.756 \text{ кВт}$

Розрахуємо необхідну потужність двигуна з умови:

к.к.д. підшипника кочення: $\eta_{\text{підш}} := 0.99$

к.к.д. пасової передачі: $\eta_{\text{п}} := 0.8$

$$N_{\text{дв}} := \frac{N_{\text{подр}}}{\eta_{\text{підш}}^2 \cdot \eta_{\text{п}}} \quad N_{\text{дв}} = 7.341 \text{ кВт}$$

З врахуванням стартового запасу потужності приймаємо характеристики електродвигуна:

потужність: $N_{\text{дв}} := 7.5 \text{ кВт}$

частота обертання: $n_{\text{дв}} = 974 \text{ об/хв}$

3.4. Конструктивний розрахунок протирочного вузла

Конструктивний розрахунок протирочного вузла характеризує його продуктивність. Визначають діаметр протирального сита і інші параметри робочих органів.

$$\alpha := 4 \cdot \frac{\pi}{180} \quad \text{кут нахилу лопаті до поверхні сита}$$

$$\beta := 0.1 \quad \text{коефіцієнт продуктивності по подукту}$$

$$k := 0.75 \quad \text{коефіцієнт проковзування матеріалу по сити}$$

$$\phi := 0.275 \quad \text{коефіцієнт використання робочої площі - проекції лопаті на сито}$$

$$\rho_H := 780 \quad \text{кг/м}^3 \text{ - насипна маса продукту}$$

$$\psi := 0.3 \quad \text{коефіцієнт відношення ширини лопаті до її довжини}$$

$$n := 800 \quad \text{об/хв - частота обертання лопатей}$$

$$z := 4 \quad \text{кількість протиральних лопатей}$$

$$\varepsilon := 0.27 \quad \text{коефіцієнт живого перерізу сита}$$

$$R := 0.192 \quad \text{максимальна відстань від осі обертання до межі робочої ділянки протиральних лопатей}$$

$$r := 0.125 \quad \text{м мінімальна відстань від осі обертання до межі робочої ділянки протиральних лопатей}$$

$$Q := 60 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot R \cdot z \cdot n \cdot \psi \cdot \varepsilon \cdot \rho_H \cdot \phi \cdot \frac{1-k}{\beta} \cdot \sin(\alpha) \quad Q = 7452.865 \quad \text{кг/ГОД}$$

Поставим мету забезпечити продуктивність протирочної машини на рівні

$$Q := 8500 \quad \text{кг/ГОД}$$

Уточнене значення кута нахилу лопаті до поверхні сита:

$$\alpha := \arcsin \left[\frac{Q}{60 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2) \cdot R \cdot z \cdot n \cdot \psi \cdot \varepsilon \cdot \rho_H \cdot \phi \cdot \frac{1-k}{\beta}} \right] \quad \alpha = 0.08 \quad (\text{рад})$$

$$\text{Переведем в градуси:} \quad \alpha \cdot \frac{180}{\pi} = 4.563 \quad (\text{град})$$

Кутова швидкість бил (рівна лінійній швидкості бил) v_k :

D - внутрішній діаметр циліндричного сита. Можна прийняти

$$D := 2 \cdot (R + 0.002) \quad D = 0.388 \quad (\text{м})$$

$$\omega := \frac{\pi \cdot n}{30} \quad \omega = 83.776 \quad (\text{рад/с})$$

$$v_k := \frac{D \cdot \omega}{2} \quad v_k = 16.253 \quad (\text{м/с})$$

Швидкість руху продукту вздовж била:

$$v_1 := v_k \cdot \sin(\alpha) \quad v_1 = 1.293 \quad (\text{м/с})$$

Швидкість руху продукту перпендикулярно до била:

$$v_2 := v_k \cdot \cos(\alpha) \quad v_2 = 16.201 \quad (\text{м/с})$$

Довжину била приймаємо попередньо

$$L := 0.664 \quad (\text{м})$$

Попередня середня тривалість перебування продукту в протирочній машині (в с) з врахуванням виходу відходів:

$$\tau := \frac{L}{v_k \cdot \sin(\alpha)} \quad \tau = 0.514 \quad (\text{с})$$

Приймаємо $\tau := 0.450 \quad (\text{с})$

$$\text{Тоді : } L := \tau \cdot v_k \cdot \sin(\alpha) \quad L = 0.582 \quad (\text{м})$$

Розрахуємо потужність на привід протирочної машини

$$\eta := 0.9 \quad \text{к.к.д передаточних механізмів.}$$

$$d := 0.0015 \quad \text{м - діаметр отворів сита}$$

$$q := 335 \quad \text{Н/м - питомий опір різанню.}$$

$f := 0.36$ коефіцієнт тертя продукту до поверхні робочих органів

Потужність, необхідна для розрізання продукту краями отворів

$$N1 := \frac{R^2 - r^2}{15} \cdot \frac{R}{d} \cdot \pi \cdot q \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot \phi \cdot z \cdot n \cdot (1 - k) \cdot \sin(\alpha) \quad N1 = 270.418 \quad (\text{Вт})$$

Потужність, необхідна для подолання сил тертя до поверхні сита і протиральної лопатки

$$N23 := \frac{R^2 - r^2}{15} \cdot \frac{R}{d} \cdot \pi \cdot q \cdot \varepsilon \cdot \psi \cdot \phi \cdot z \cdot n \cdot f \cdot \cos N23 = 4879.091 \quad (\text{Вт})$$

$$N0 := \frac{N1 + N23}{1000 \cdot \eta} \quad N0 = 5.722 \quad (\text{кВт})$$

3.5. Розрахунок клинопасової передачі приводу протиручної машини

Постановка задачі. Розрахувати горизонтальну клинопасову передачу від електродвигуна до білового вала протиручної машини за такими даними:

потужність, яку передає передача $P_1 := 7.5$ (кВт) при кутовій

швидкості ведучого шківів $\omega_1 := 102$ (рад/с); кутова швидкість веденого

вала $\omega_2 := 83.8$ (рад/с); передача працює в одну зміну при постійному навантаженні.

Передаточне число передачі

$$u := \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad u = 1.217$$

На ведучому шківі обертовий момент:

$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 73.529 \quad (\text{Н*м})$$

Відповідно до рекомендацій [] будемо орієнтуватись на клинові паси нормального перерізу В. Для таких пасів за [] маємо площу поперечного

перерізу $A := 230$ (мм²), базову довжину $l_0 := 1800$ (мм) і

назначимо розрахунковий діаметр меншого шківів $d_1 := 215$ (мм)

Діаметр веденого шківів

$$d_2 := u \cdot d_1 \quad d_2 = 261.695 \quad (\text{мм})$$

За стандартом беремо розрахунковий діаметр веденого шківів рівним

$$d_2 := 260 \quad (\text{мм})$$

Фактичне передаточне число передачі:

$$u := \frac{d_2}{d_1} \quad u = 1.209$$

Швидкість пасів

$$v := \omega_1 \cdot \frac{d_1 \cdot 0.001}{2} \quad v = 10.965 \quad (\text{м/с})$$

Орієнтовно беремо міжосьову віддачу:

$$a' := 1.5 \cdot \frac{(d_1 + d_2)}{2} \quad a' = 356.25 \quad (\text{мм})$$

Потрібна довжина паса:

$$l' := 2 \cdot a' + \pi \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'} \quad l' = 1460.049 \quad (\text{мм})$$

За стандартом вибираємо розрахункову довжину паса $l := 1800 \quad (\text{мм})$

Дійсна міжосьова відстань, яка відповідає довжині паса:

$$a := \frac{\left[2 \cdot l - \pi(d_1 + d_2) + \sqrt{\left[2 \cdot l - \pi(d_1 + d_2) \right]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2} \right]}{8}$$

$$a = 526.455 \quad (\text{мм})$$

Оцінка довговічності паса за числом його пробігів

$$i := \frac{v}{l} \quad i = 6.092 \times 10^{-3} \quad (\text{с}^{-1})$$

що менше від $[i] = 12 \quad (\text{с}^{-1})$

Кут обхвату меншого шківa

$$\alpha_1 := 180 - 57 \cdot \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad \alpha_1 = 175.128 \quad ^\circ$$

Допустиму потужність $[P]$ для даного перерізу паса Б визначаємо за []. Для

з [] вибираємо $P_0 := 6.95 \quad (\text{кВт})$

Коефіцієнт

$$C_{\alpha} := 1 - 0.003 \cdot (180 - \alpha_1) \quad C_{\alpha} = 0.985$$

$$C_1 := \sqrt[6]{\frac{l}{l_0}} \quad C_1 = 1$$

Коефіцієнт $C_p := 1$, а коефіцієнт $C_z := 0.95$ при орієнтовному

$$z := 2$$

$$lPI := P_0 \cdot C_{\alpha} \cdot C_1 \cdot C_p \cdot C_z \quad lPI = 6.506 \quad (\text{кВт})$$

Необхідне число пасів, що працюють паралельно на шківaх передачі:

$$z := \frac{P_1}{lPI} \quad z = 1.153$$

Приймаємо $z := 2$

Силу попереднього натягу віток комплекту клинових пасів визначаємо за формулою:

$$F_0 := \frac{0.85 \cdot P_1 \cdot 1000 \cdot C_1}{v \cdot C_{\alpha} \cdot C_p} \quad F_0 = 590.019 \quad (H)$$

Тоді навантаження на вали пасової передачі:

$$R := 2 \cdot F_0 \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1 \cdot \pi}{2 \cdot 180}\right) \quad R = 1178.972 \quad (H)$$

3.6. Розрахунок вала ротора

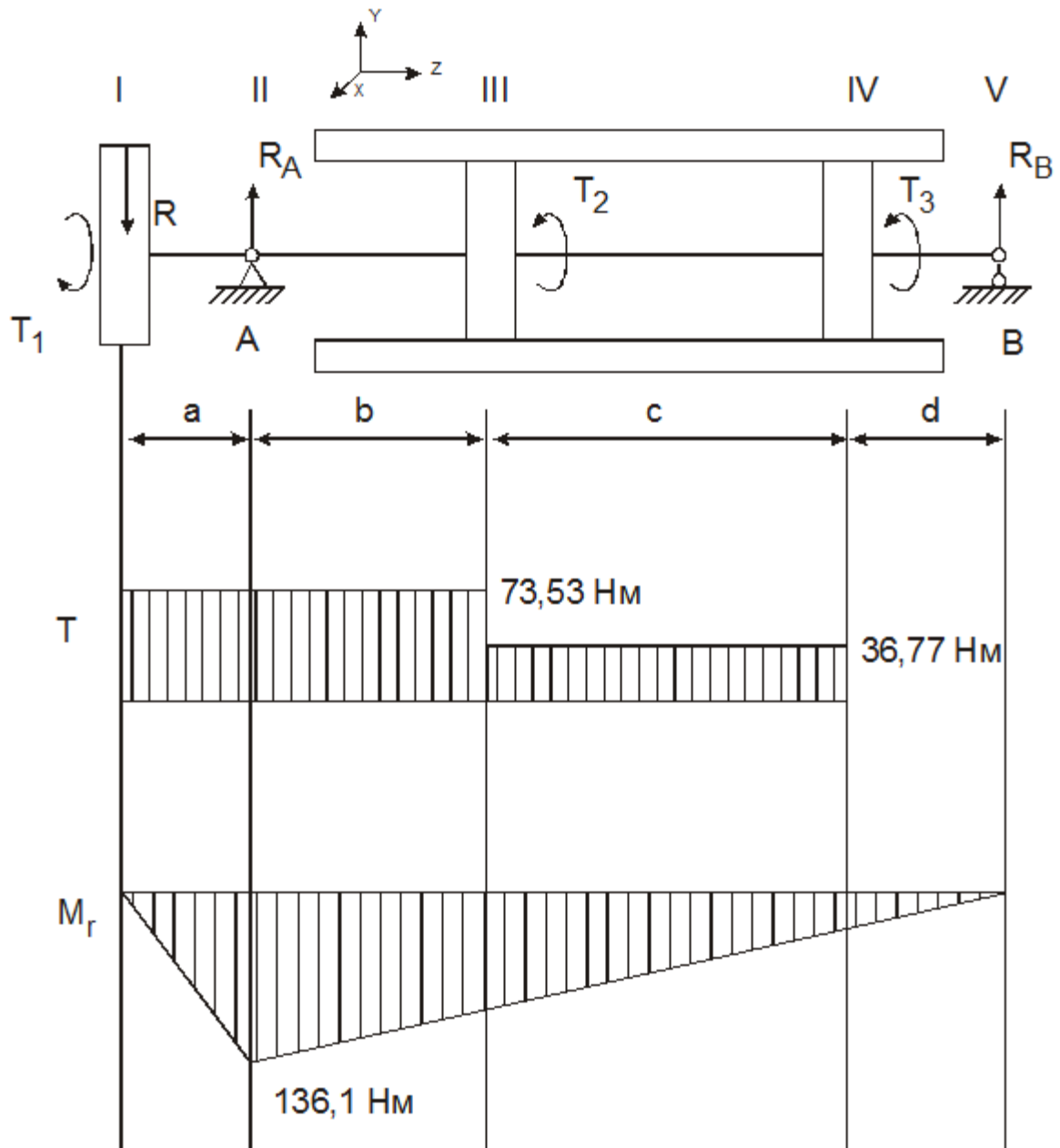


Рис. 3.4. Епюра навантажень на валу ротора.

Значення геометричних параметрів вала: $a := 0.120 \text{ (м)}$

$b := 0.235 \text{ (м)}$

$c := 0.490 \text{ (м)}$

$d := 0.610 \text{ (м)}$

Визначимо реакції в опорах:

$$R_A := \frac{R \cdot a}{b + c + d}$$

$$R_A = 101.95 \text{ (Н)}$$

$$R_B := R \cdot \left(1 + \frac{a}{b + c + d} \right) \quad R_B = 1236.12 \quad (\text{H})$$

Моменти:

$$M_{rI} := 0 \quad M_{rI} = 0 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

$$M_{rII} := R \cdot a \quad M_{rII} = 136.1 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

Для проектування валів вибираємо нормалізовану сталь 45, для якої

$$\sigma_T := 363 \quad (\text{МПа}) \quad i \quad \sigma_B := 598$$

Діаметр вала з умови міцності на кручення попередньо визначимо для небезпечного перерізу колесами. Оскільки в цих перерізах діють одночасно і згинний, і крутний моменти, то діаметр цих перерізів знайдемо за заниженим допустимим напруженням

$$\tau_{\text{доп}} := 30 \quad (\text{МПа})$$

За [] мінімальний діаметр вала:

$$d_K := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot \tau_{\text{доп}}}} \quad d_K = 23.197 \quad (\text{мм})$$

$$\text{Беремо з конструктивних міркувань:} \quad d_K := 40 \quad (\text{мм})$$

Результуючий максимальний згинний момент:

$$M_{\text{max}} := M_{rII} \quad M_{\text{max}} = 136.1 \quad (\text{H}^*\text{м})$$

$$\sigma_{зг} := 32 \cdot \frac{M_{\text{max}}}{\pi \cdot d_K^3} \quad \sigma_{зг} = 0.022 \quad (\text{МПа})$$

$$\tau := 16 \cdot \frac{T_1 \cdot 10^3}{\pi \cdot d_K^3} \quad \tau = 5.851 \quad (\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_E := \sqrt{\sigma_{зг}^2 + \tau^2} \quad \sigma_E = 5.851 \quad (\text{МПа})$$

Максимальне еквівалентне напруження при короткотермінових перевантаженнях 150%:

$$\sigma_{E_{\max}} := \sigma_E \cdot 2.5 \qquad \sigma_{E_{\max}} = 14.628 \quad (\text{МПа})$$

Допустиме еквівалентне напруження:

$$\sigma_{E_{\text{доп}}} := 0.8 \cdot \sigma_T \qquad \sigma_{E_{\text{доп}}} = 290.4 \quad (\text{МПа})$$

Умова статичної міцності виконується, оскільки $\sigma_{E_{\max}} < \sigma_{E_{\text{доп}}}$

3.7. Підбір підшипників для вала ротора

Горизонтальні складові реакції в опорах суттєво менші від вертикальних.

Реакції в опорах: $R_A = 101.948 \quad (\text{Н})$

$$R_B = 1236.117 \quad (\text{Н})$$

Кутова швидкість вала: $\omega_2 = 83.8 \quad (\text{рад/с})$

Потрібна довговічність підшипників $L_h := 22000$ год при 90% надійності.

Типовий режим навантаження - СН. Короткочасні перевантаження до 150%.
Робоча температура підшипників до 50С.

Для типового режиму навантаження СН (середній нормальний) коефіцієнт інтенсивності

$$K_E := 0.57$$

Підберемо для опор А і В підшипники. Оскільки схема навантаження симетрична, то виберем два однакових підшипники. Відповідно до розрахованого навантаження виберемо підшипник №1308.

базова статична вантажність: $C_0 := 29500 \quad (\text{Н})$

динамічна вантажність $C_r := 12900 \quad (\text{Н})$

Коефіцієнт обертового руху (обертається внутрішнє кільце підшипника)

$$v := 1$$

Коефіцієнт безпеки при 150% короточасних перевантаженнях $K_\delta := 1.5$

Температурний коефіцієнт умов роботи опори (для діапазону 0...100 C)

$$K_t := 1$$

$$\text{Радіальне зусилля } R_T := R_D \quad R_T = 1236.117 \quad (\text{Н})$$

Еквівалентне навантаження на підшипник:

$$R := v \cdot R_T \cdot K_\delta \cdot K_t \quad R = 1854.175 \quad (\text{Н})$$

З урахуванням режиму навантаження протягом терміну служби

$$R_E := R \cdot K_E \quad R_E = 1056.88 \quad (\text{Н})$$

Розрахуємо довговічність підшипників.

Для 90%-ної надійності коефіцієнт $a_1 := 1$ а для звичайних умов експлуатації

серійних кулькових підшипників коефіцієнт $a_{23} := 0.8$

При показнику степеня для радіальних підшипників $p := 3$

розрахункова довговічність:

$$L_{\text{під}} := a_1 \cdot a_{23} \cdot \left(\frac{C_r}{R_E} \right)^p \quad L_{\text{під}} = 1454.73 \quad \text{млн.об}$$

Розрахункова довговічність підшипника

$$L_h := 1745 \cdot \frac{L_{\text{під}}}{\omega_2} \quad L_h = 30292.402 \quad \text{год}$$

3.8. Заходи з монтажу і експлуатації протирочної машини

Заходи з експлуатації [21-25] двобилової протирочної машини спрямовані на забезпечення її ефективної та безпечної роботи, отримання якісного продукту та уникненню виходу з ладу. Їх можна поділити на кілька категорій.

Підготовка до роботи. Перевірка стану машини. Перед початком роботи необхідно візуально перевірити машину на наявність пошкоджень, надійність

кріплення всіх елементів, стан бил та сит. Звернути увагу на цілісність корпусу та захисних кожухів, надійність кріплення електродвигуна та приводних елементів.

Била не повинні бути зношеними, деформованими або мати тріщини. Сита не повинні бути пошкодженими, деформованими або мати забиті отвори.

Санітарна обробка машини. Регулярно проводити миття і дезінфекцію всіх частин машини, що контактують з продуктом.

Необхідно переконатися у справності електропроводки, заземлення та наявності захисних кожухів, перевірити наявність та справність захисного занулення (заземлення).

Сита вибирати та встановлювати з відповідним діаметром отворів залежно від типу продукту та бажаної консистенції.

Регулювання зазору між білами та ситом. Зазор повинен бути встановлений відповідно до інструкції з експлуатації та типу продукту. Занадто малий зазор може призвести до перевантаження машини та пошкодження сит, а занадто великий – до недостатнього протирання. Зазор регулюється за допомогою спеціальних регулювальних гвинтів або механізмів.

Перевірка на холостому ходу. Перед завантаженням продукту запустити машину на холостому ходу, щоб переконатися у відсутності ненормальних шумів, вібрацій та інших несправностей. Звернути увагу на рівномірність обертання бил та відсутність сторонніх звуків.

Під час роботи завантажувати продукт у машину поступово, рівномірно розподіляючи його в бункері. Уникати перевантаження машини, оскільки це може призвести до її поломки або зниження якості протирання.

Необхідно регулярно контролювати якість протирання та консистенцію отриманого продукту. За необхідності коригувати зазор між білами та ситом або змінювати сита. Під час роботи слідкувати за рівнем шуму та вібрації. У разі виявлення ненормальних явищ (стукіт, вібрація, підвищений шум) негайно зупинити машину та з'ясувати причину. Не допускати потрапляння в машину сторонніх предметів (металевих, кам'яних тощо), які можуть пошкодити бичі або

сита. Дотримуватися рекомендованих режимів роботи (швидкість обертання бив, продуктивність) згідно з інструкцією з експлуатації.

Після закінчення роботи вимкнути машину від електромережі. Переконайтесь у повній зупинці рухомих частин перед початком очищення.

Очищення машини. Ретельно очистити всі частини машини від залишків продукту. Особливу увагу слід приділити очищенню бил та сит. Використовуйте щітки, скребки та інші інструменти, що не пошкоджують поверхню деталей.

Регулярно змащувати рухомі частини машини згідно з інструкцією з експлуатації. Використовуйте мастила, рекомендовані виробником. Своєчасно замінювати зношені деталі (била, сита, підшипники, приводні ремені тощо).

Регулярно перевіряти стан сит на наявність пошкоджень (розривів, деформацій). Замінювати пошкоджені сита. Перевіряти натяг та стан приводних ременів. За необхідності регулювати натяг або замінювати зношені ремені.

Періодичні технічні огляди. Проводити періодичні технічні огляди машини з залученням кваліфікованого персоналу.

Забороняється працювати на несправній машині або з несправними захисними пристроями. Працівники повинні використовувати необхідні ЗІЗ (рукавиці, спецодяг, захисні окуляри, головні убори). Категорично забороняється проводити ремонтні роботи, очищення або змащування машини під час її роботи.

Дотримання правил експлуатації. Необхідно суворо дотримуватися інструкції з експлуатації машини та правил охорони праці.

Персонал, що працює з машиною, повинен пройти навчання та інструктаж з охорони праці та правил безпечної експлуатації.

Дотримання цих заходів забезпечить тривалу та безпечну роботу протиірочної машини, а також отримання якісного продукту.

4. Моделювання і дослідження роботи біла протирочної машини 37.31 під навантаженням.

4.1 Теоретичні дослідження біла

Біло протирочної машини являє собою деталь у формі кутника з вирізами і отворами для забезпечення монтажу і надійної роботи. Побудову 3D моделі [13,26] біла здійснювали з застосуванням команди Boss-Extrude для ескізу з його боковим профілем. Для формування отворів і вирізів застосовано команду Cut-Extrude для ескізів на бокових поверхнях. Модель біла представлена на рис. 4.1.

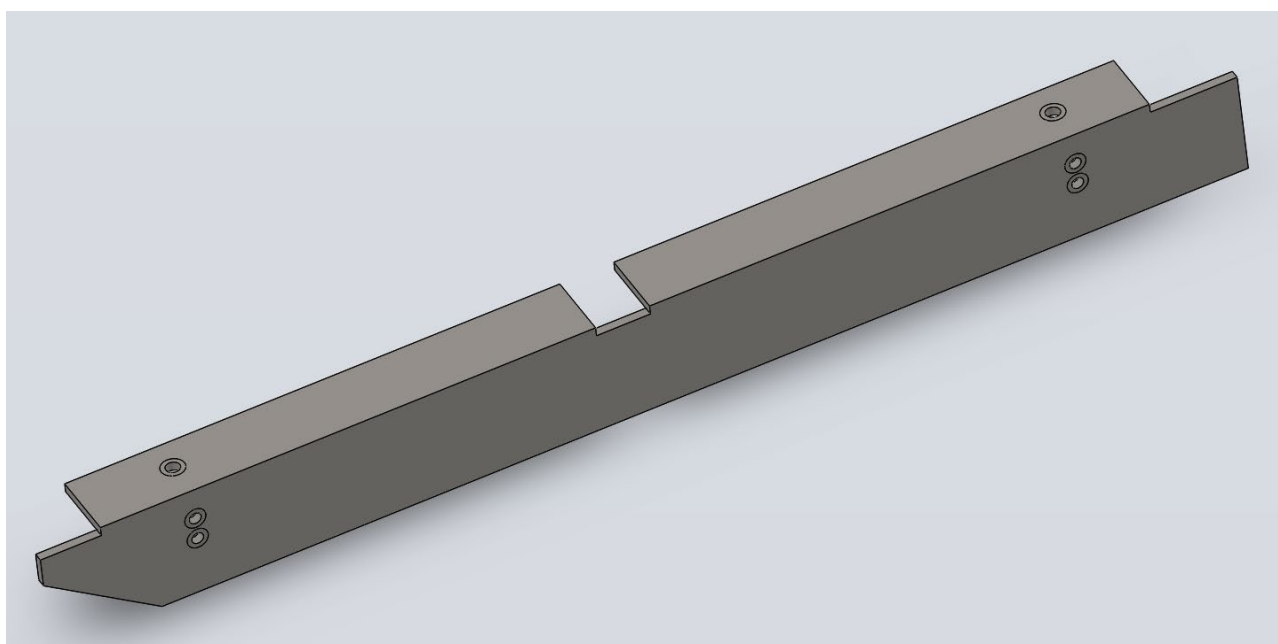


Рис. 4.1. Модель біла

Для біла застосуємо сталь AISI 420 (DIN 1.4021) [27], що на даний момент є актуальним вибором для деталей машин харчової промисловості, завдяки поєднанню міцності, корозійної стійкості та зносостійкості.

Високий вміст хрому (~13%) забезпечує стійкість до корозії у вологому середовищі та при контакті з фруктовими кислотами. Це важливо, оскільки яблука та кісточкові плоди виділяють кислоти, які можуть прискорити корозію менш стійких сталей. Після термічної обробки сталь досягає твердості до 50 HRC,

що робить її придатною для роботи з абразивними частинками, такими як кісточки фруктів. AISI 420 має достатню зносостійкість для роботи в умовах постійного тертя та ударів, які виникають під час протирання фруктів.

Ця сталь не виділяє шкідливих речовин, легко очищується та полірується до дзеркального блиску, що мінімізує налипання сировини. Сталь добре піддається механічній обробці, що дозволяє виготовляти складні за формою деталі, такі як била. У порівнянні з більш дорогими нержавіючими сталями, такими як AISI 440C, AISI 420 є бюджетнішим варіантом із достатніми характеристиками для роботи на лініях фруктів і овочів.

Таблиця 4.1

Характеристики сталі AISI 420 (DIN 1.4021):

Властивість	Значення
Хімічний склад (%):	
- Вуглець (C)	0.16-0.25
- Хром (Cr)	12.00-14.00
- Марганець (Mn)	≤ 1.00
- Кремній (Si)	≤ 1.00
- Фосфор (P)	≤ 0.04
- Сірка (S)	≤ 0.03
Густина	$\sim 7.7 \text{ г/см}^3$
Модуль пружності	$\sim 200 \text{ ГПа}$
Межа міцності на розрив	$\sim 700\text{-}850 \text{ МПа}$
Твердість після термообробки	до 50 HRC
Клас корозійної стійкості	Середній (стійкість до помірно агресивних середовищ, включаючи фруктові кислоти)
Температура гартування	980-1050°C (охолодження в маслі)
Температура відпуску	150-250°C (для досягнення оптимальної твердості)

Розрахуємо силу, яка діє на била. Для розрахунку сили, яку долає система, що обертається, можна скористатися формулою, що пов'язує потужність, момент сили та кутову швидкість:

$$P = M \cdot \omega$$

де P – потужність (Вт);

M – момент сили (Н·м);

ω – кутова швидкість (рад/с);

Нам потрібно знайти момент сили (M), тому перетворимо формулу:

$$M = P / \omega.$$

Підставимо відомі з розділу 3 значення:

$$P = 2 \text{ кВт} = 2000 \text{ Вт};$$

$$\omega = 84 \text{ рад/с};$$

$$M = 2000 \text{ Вт} / 84 \text{ рад/с} \approx 23.81 \text{ Н·м}.$$

Тепер, коли ми знаємо момент сили, ми можемо розрахувати силу (F), що діє на радіусі (r), використовуючи формулу:

$$M = F \cdot r$$

де F – сила (Н);

r – радіус (м).

Перетворимо формулу для знаходження сили:

$$F = M / r.$$

Підставимо відомі значення:

$$M \approx 23.81 \text{ Н·м};$$

$$r = 192 \text{ мм} = 0.192 \text{ м};$$

$$F = 23.81 \text{ Н·м} / 0.192 \text{ м} \approx 124.01 \text{ Н}.$$

Таким чином, приймаємо для розрахунків значення сили, яка діє на била, 124.01 Н.

Використовуючи інструмент Mass properties знайдемо масові характеристики била.

Mass properties of Било

Configuration: Default

Coordinate system: -- default --

Density = 0.01 grams per cubic millimeter

Mass = 1036.49 grams

Volume = 134609.71 cubic millimeters

Surface area = 74386.22 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X = 252.57

Y = 33.66

Z = 6.86

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the center of mass.

Ix = (1.00, 0.01, 0.00) Px = 298200.95

Iy = (-0.01, 0.93, 0.37) Py = 20141180.50

Iz = (0.00, -0.37, 0.93) Pz = 20354772.77

Moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

Lxx = 299073.13 Lxy = 125129.84 Lxz = 40611.00

Lyx = 125129.84 Lyy = 20169651.11 Lyz = 73696.68

Lzx = 40611.00 Lzy = 73696.68 Lzz = 20325429.98

Moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the output coordinate system.

lxx = 1522071.79 lxy = 8936547.23 lxz = 1835986.23

lyx = 8936547.23 lyy = 86338219.41 lyz = 312956.27

lzx = 1835986.23 lzy = 312956.27 lzz = 87619496.00

Поставимо задачу дослідити било в процесі роботи, коли воно розміщене під кутом 15° , 30° і 45° . При фіксації застосовані зв'язки Fixed і Roller/Slider. Схема фіксації представлена на рис. 4.2. Величина прикладеного зусилля на билі складає 124 Н. Схема дії сили представлена на рис. 4.3.

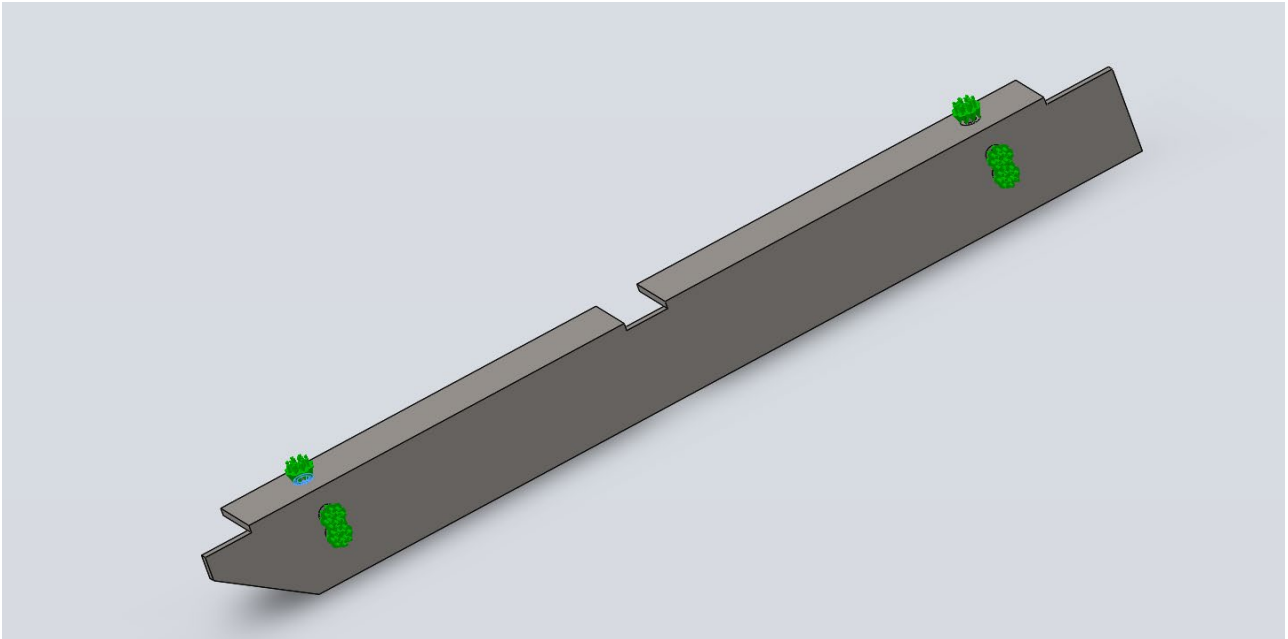


Рис. 4.2. Схема фіксації била.

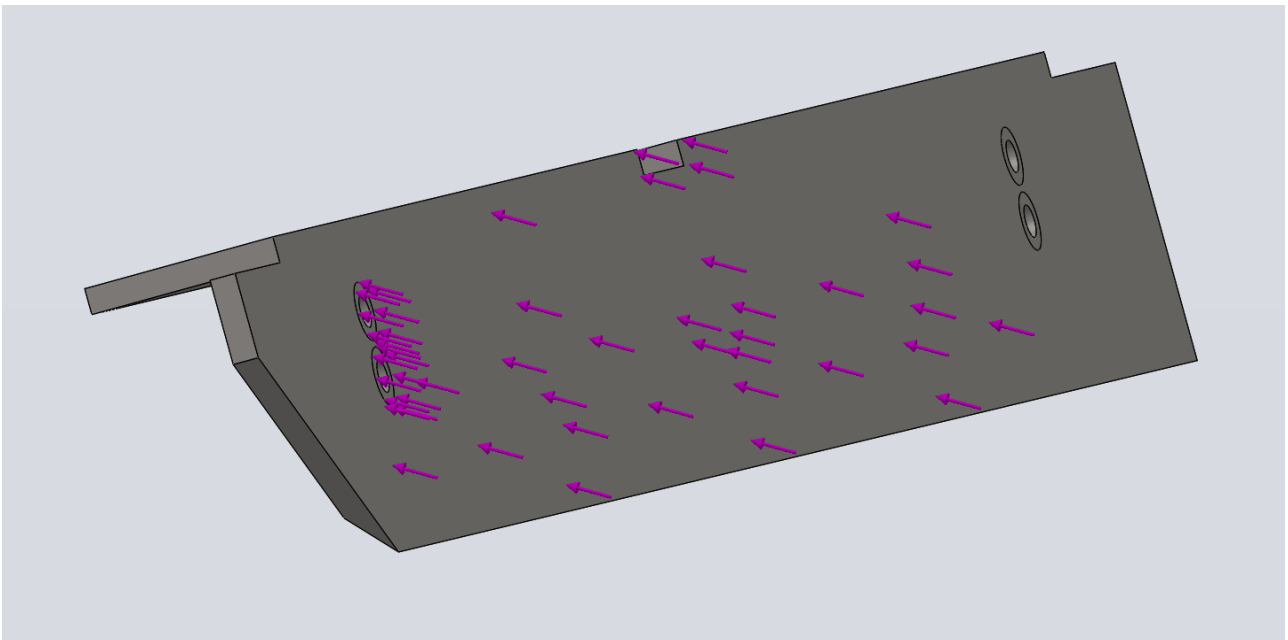


Рис. 4.3. Схема діючої сили.

Розрахункову сітку побудуємо стандартну, середньої щільності (рис. 4.4, 4.5).

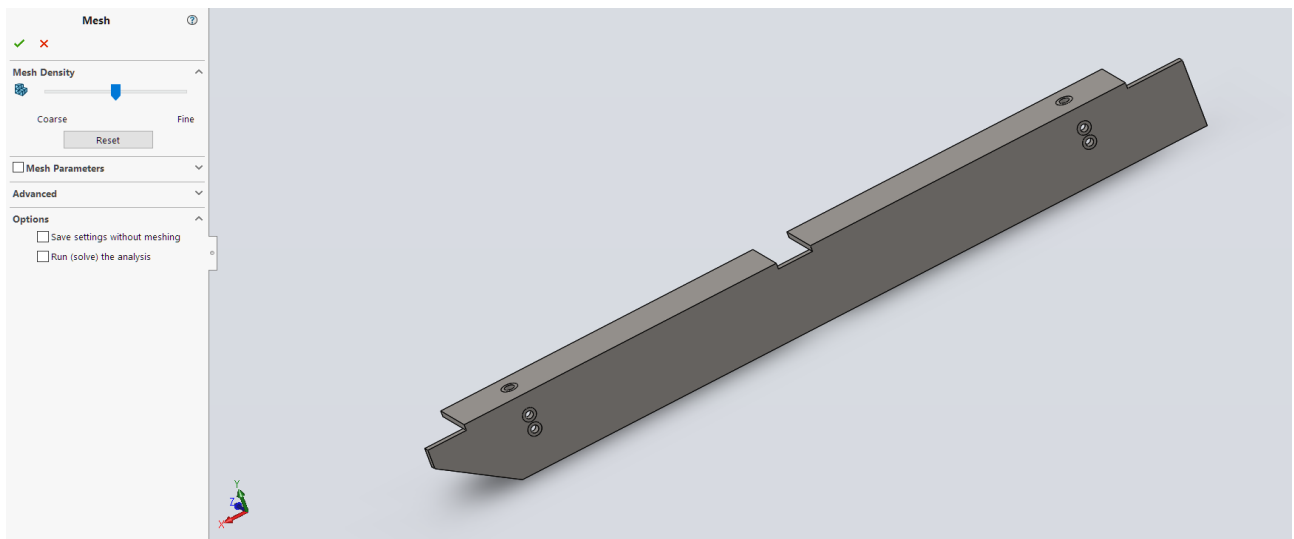


Рис. 4.4. Побудова розрахункової сітки середньої щільності.

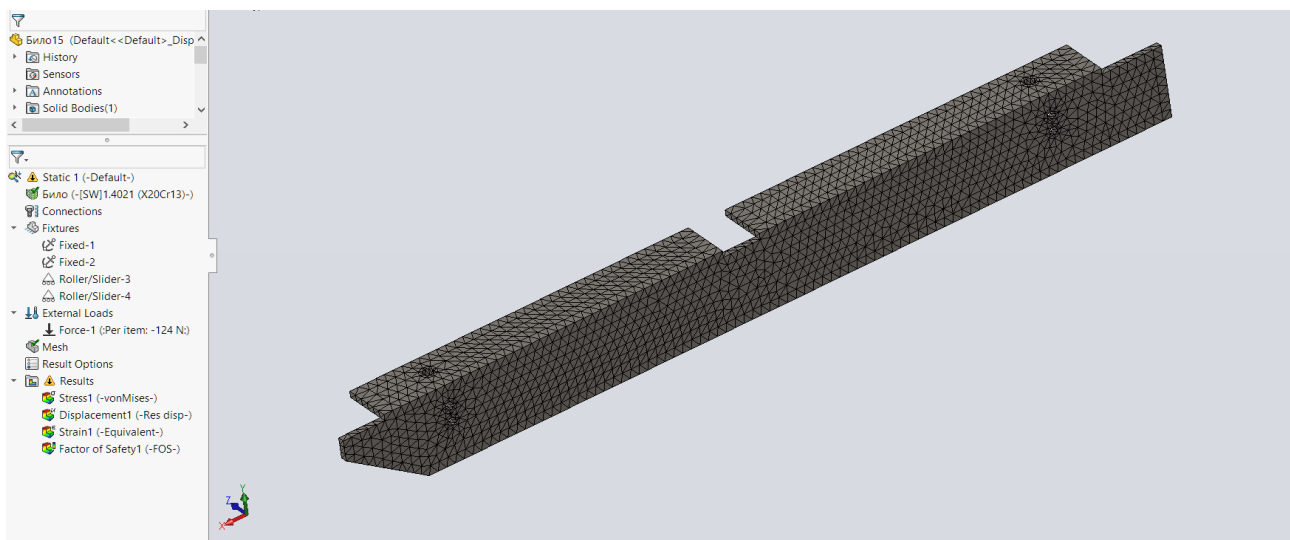


Рис. 4.5. Розрахункова сітка.

Виконаємо моделювання бил протирочної машини для трьох варіантів кута кріплення. Першим проаналізуємо випадок з кріпленням била під кутом 15° (рис. 4.6-рис. 4.9).

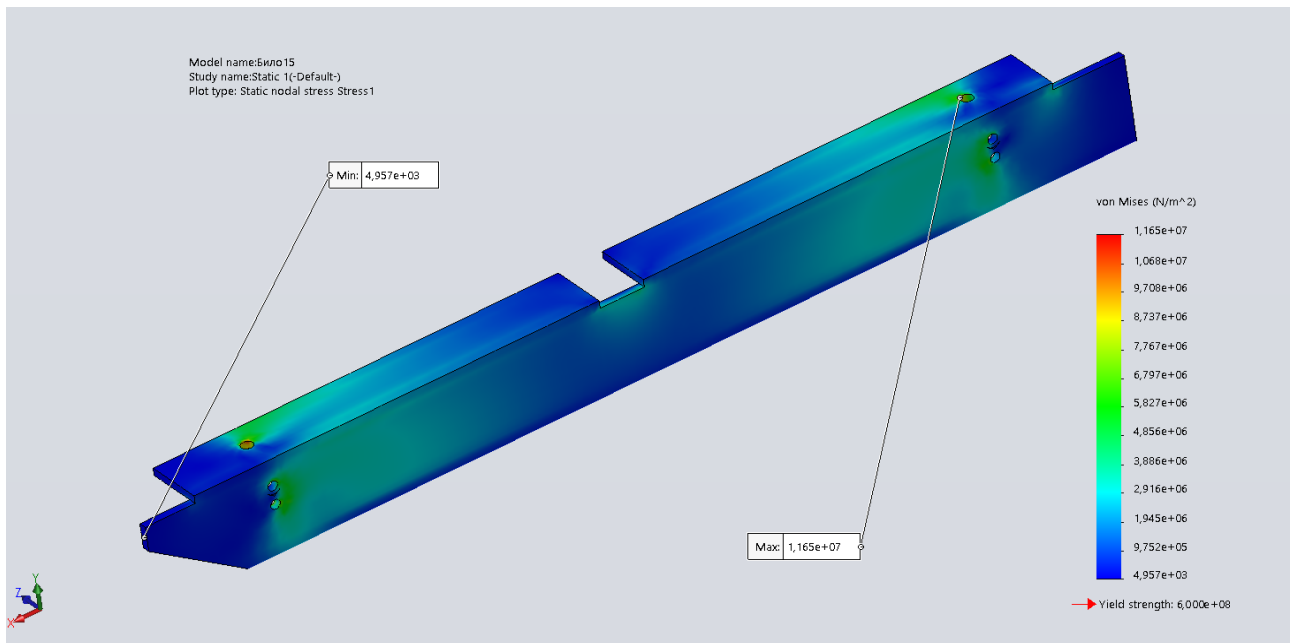


Рис. 4.6. Епюра напружень за фон Мізесом для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н.

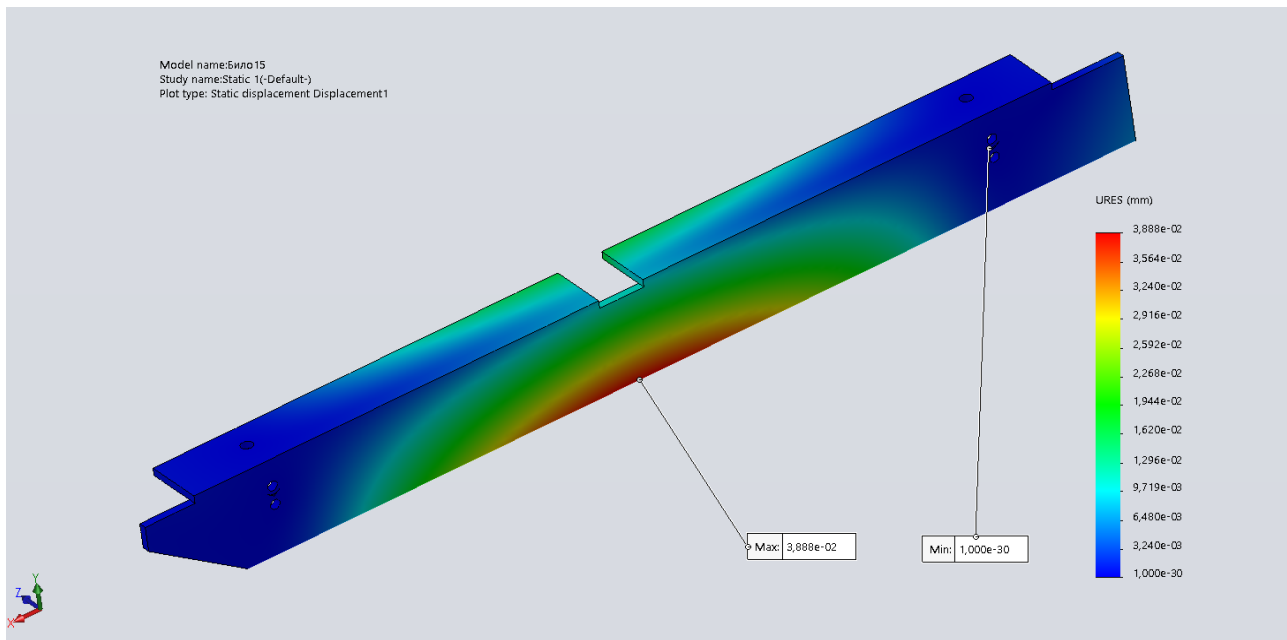


Рис. 4.7. Статичне переміщення для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н.

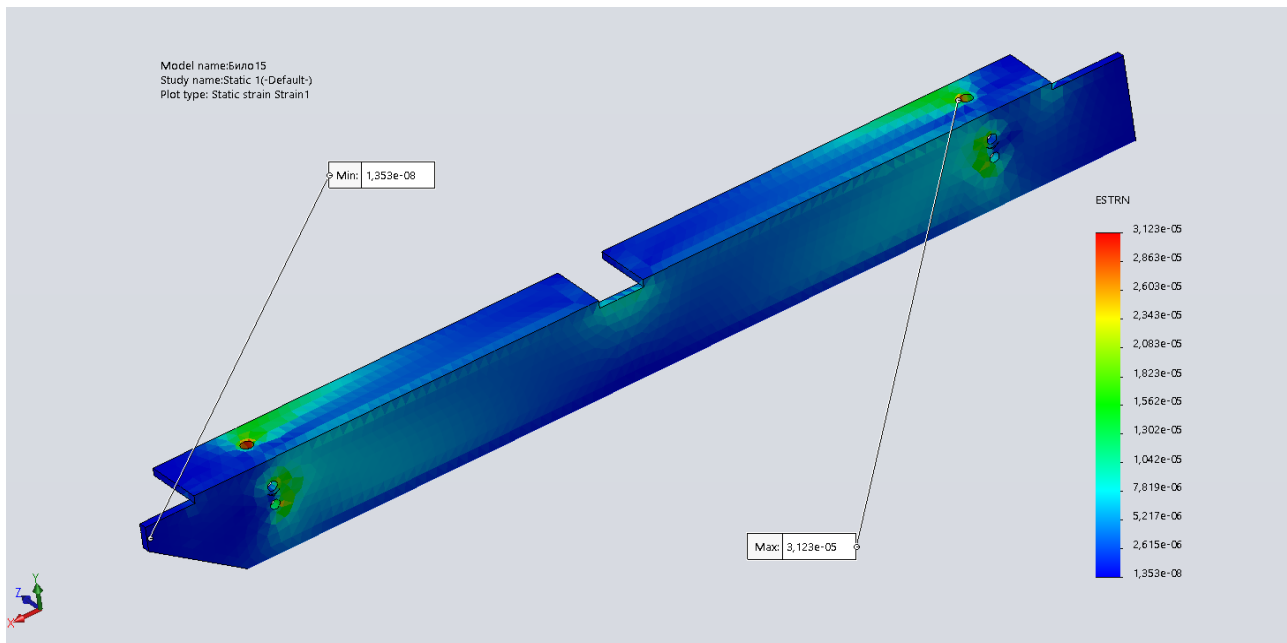


Рис. 4.8. Статична деформація для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н.

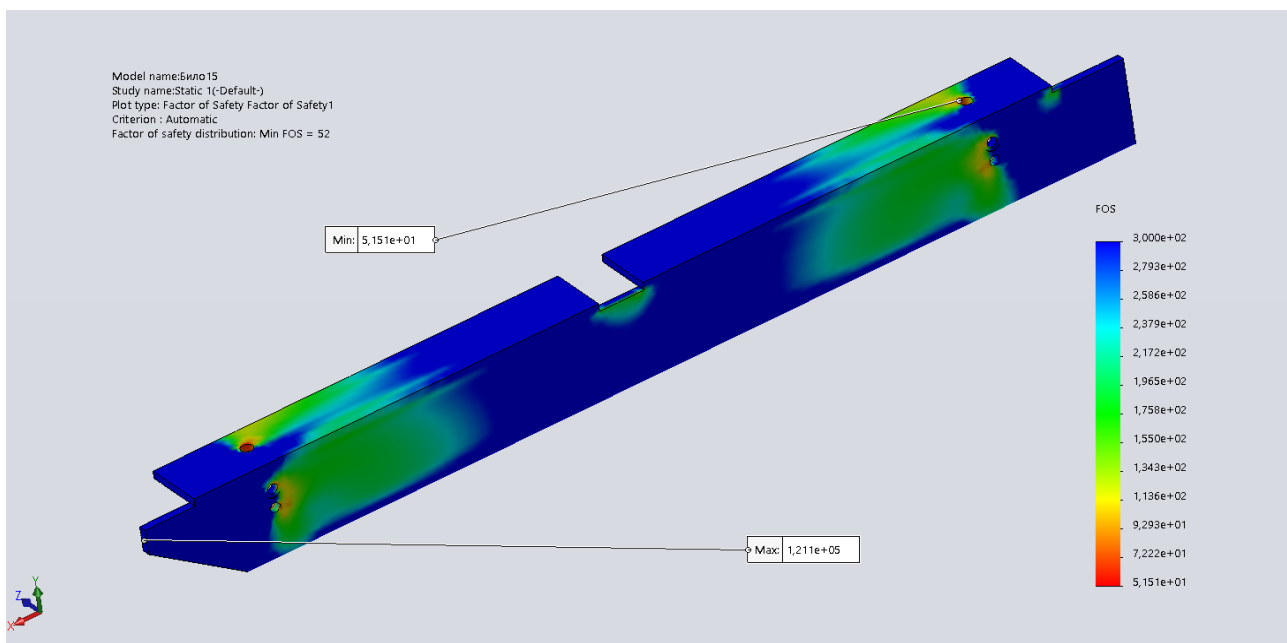


Рис. 4.9. Коефіцієнт запасу міцності для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н.

Зведемо в таблицю 4.1 екстримальні значення досліджених величин.

Таблиця 4.1

Результати дослідження біла протирочної машини з кріпленням під кутом 15° при навантаженні 124 Н

Параметр	Мінімум	Максимум
Напруження за фон Мізесом, Н/м^2	4956.57373047	11648129
Статичне переміщення, м	0	0.0388771147
Статична деформація	1.3527071e-08	3.12343655e-05
Коефіцієнт запасу міцності	51.51041794	121051.359375

Другим проаналізуємо випадок з кріпленням біла під кутом 35° (рис. 4.10-рис. 4.13). Схема навантаження біла протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н аналогічна.

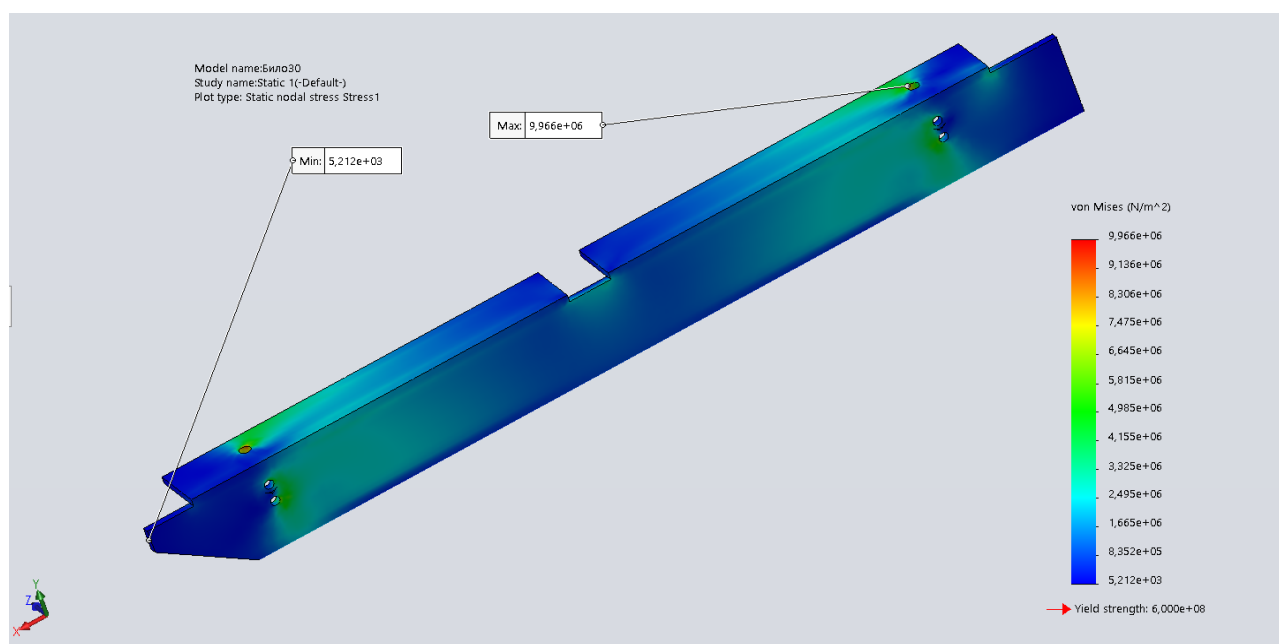


Рис. 4.10. Епюра напружень за фон Мізесом для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

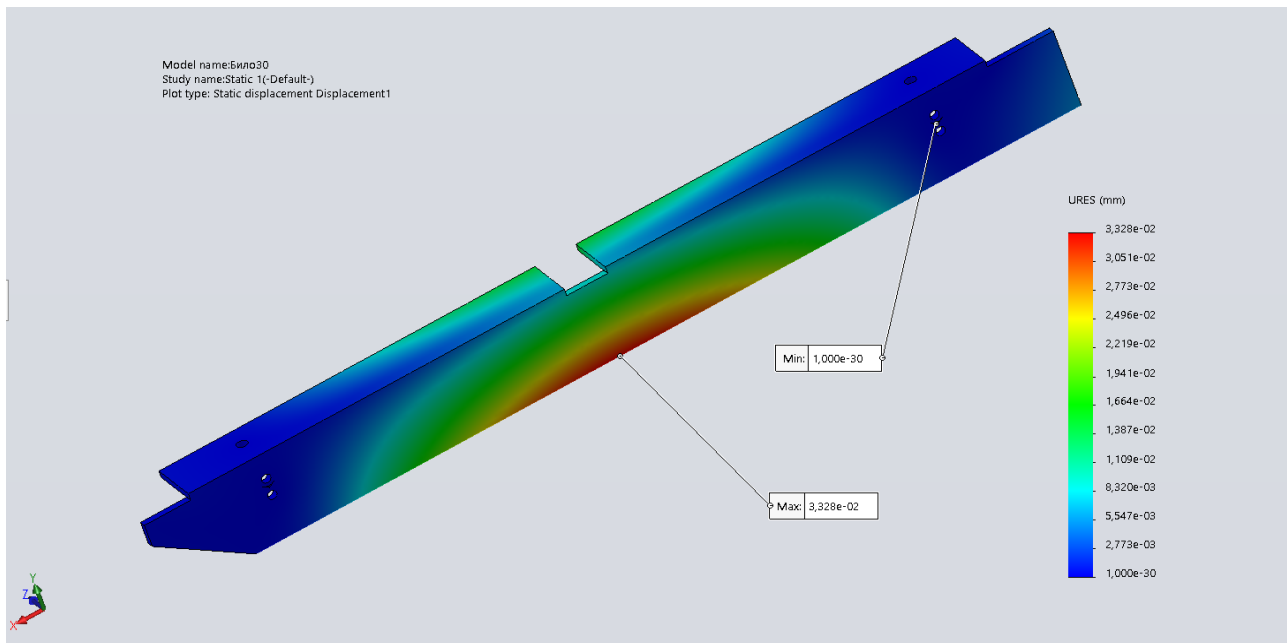


Рис. 4.11. Статичне переміщення для била протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

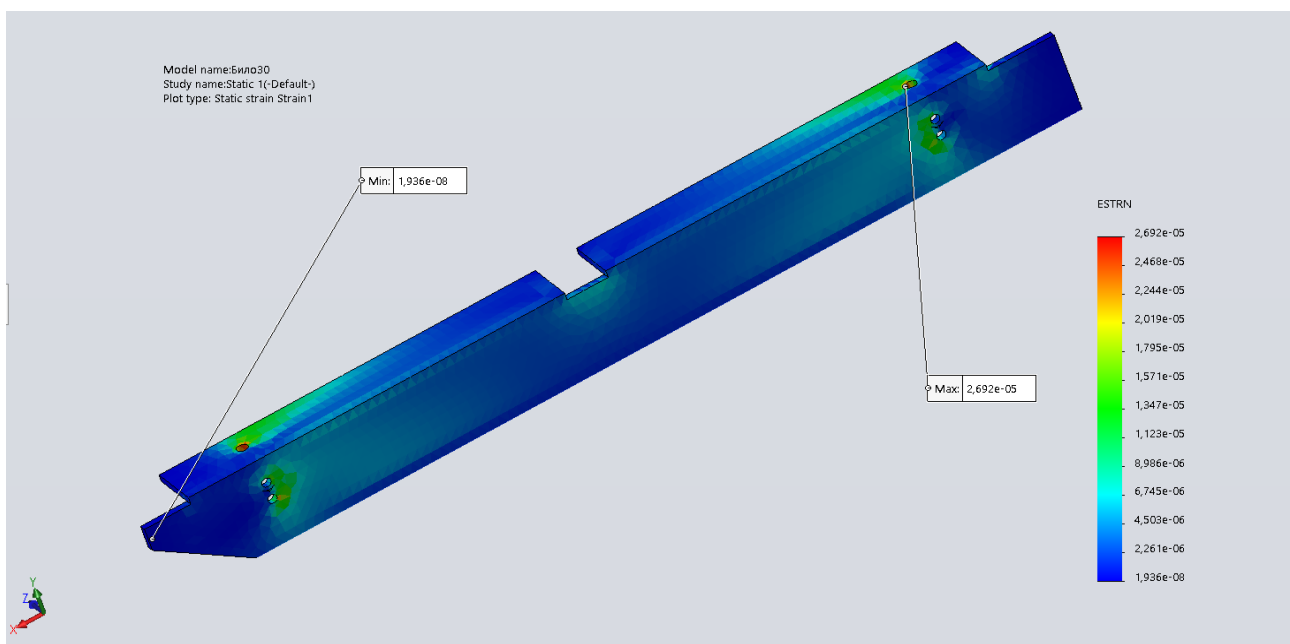


Рис. 4.12. Статична деформація для била протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

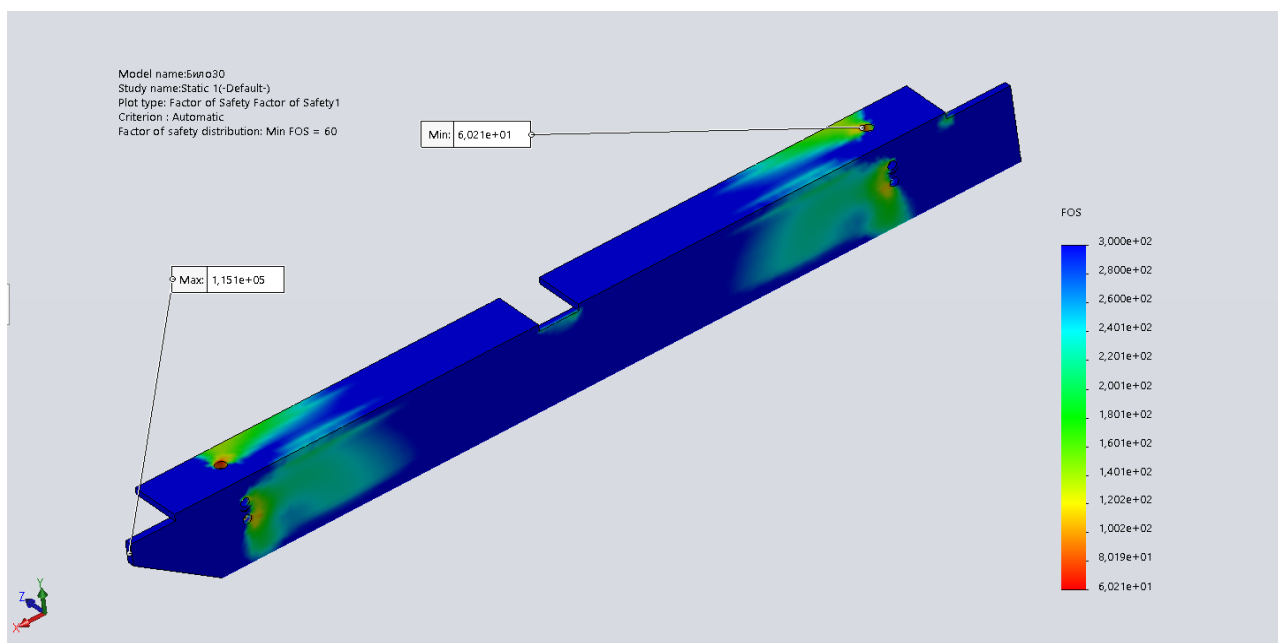


Рис. 4.13. Коефіцієнт запасу міцності для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

Зведемо в таблицю 4.2 екстримальні значення досліджених величин для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

Таблиця 4.2

Результати дослідження для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 30° при навантаженні 124 Н.

Параметр	Мінімум	Максимум
Напруження за фон Мізесом, Н/м^2	5211.87646484	9965572
Статичне переміщення, м	0	0.0332799964
Статична деформація	$1.93606446\text{e-}08$	$2.69201246\text{e-}05$
Коефіцієнт запасу міцності	60.20728302	115121.6875

Третім проаналізуємо випадок з кріпленням біла під кутом 45° (рис. 4.14-рис. 4.17). Схема навантаження для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н аналогічна до двох попередніх випадків.

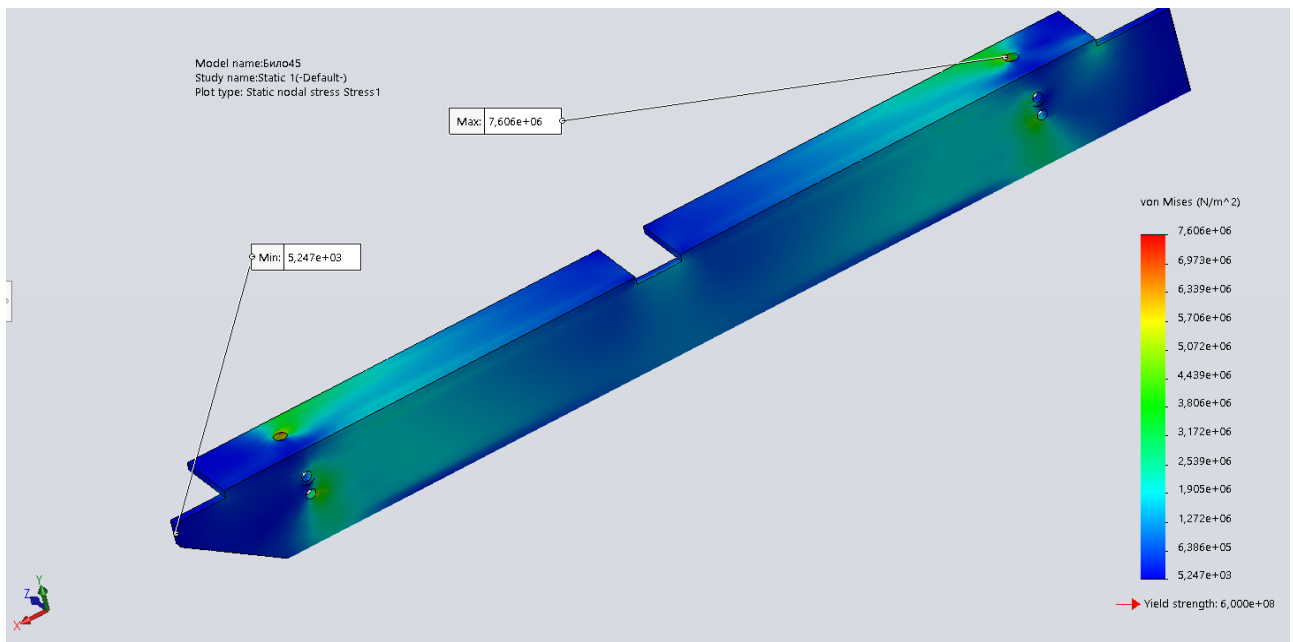


Рис. 4.14. Епюра напружень за фон Мізесом для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

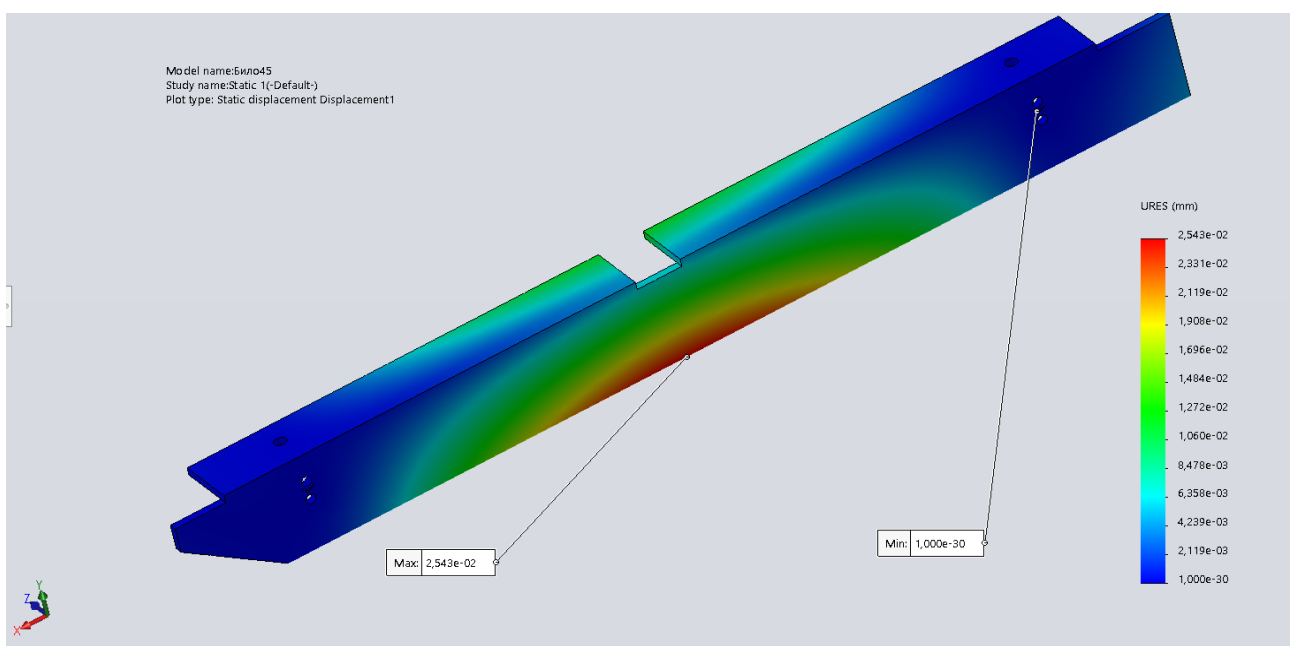


Рис. 4.15. Статичне переміщення для біла протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

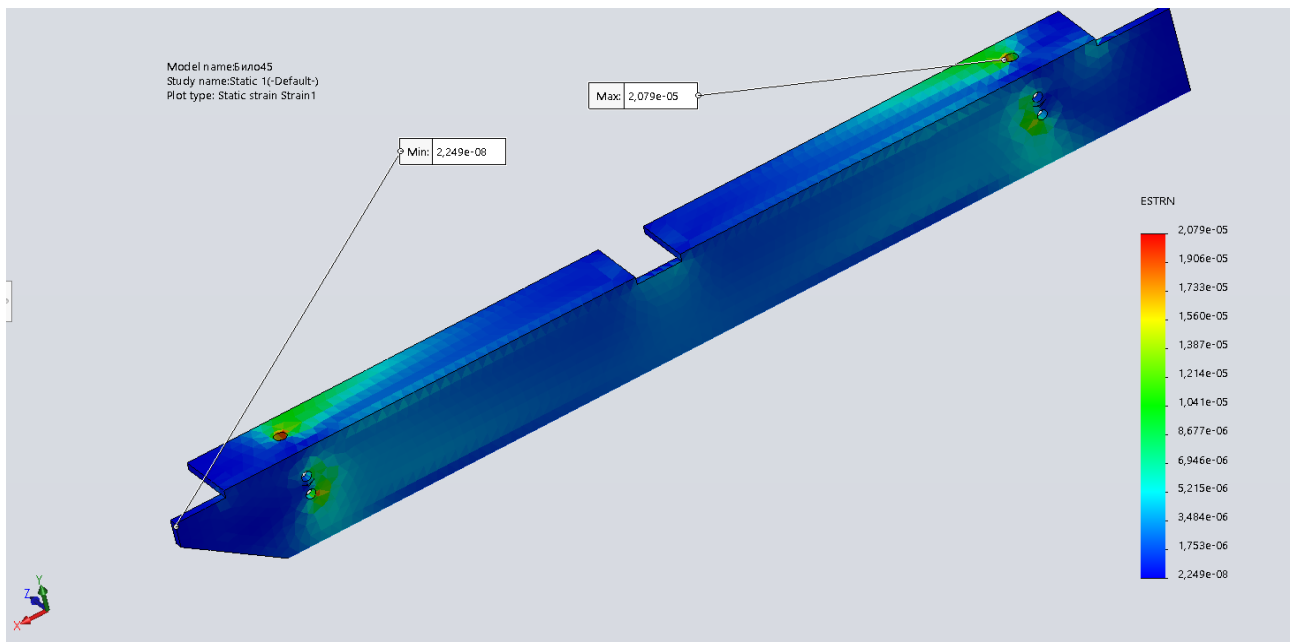


Рис. 4.16. Статична деформація для била протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

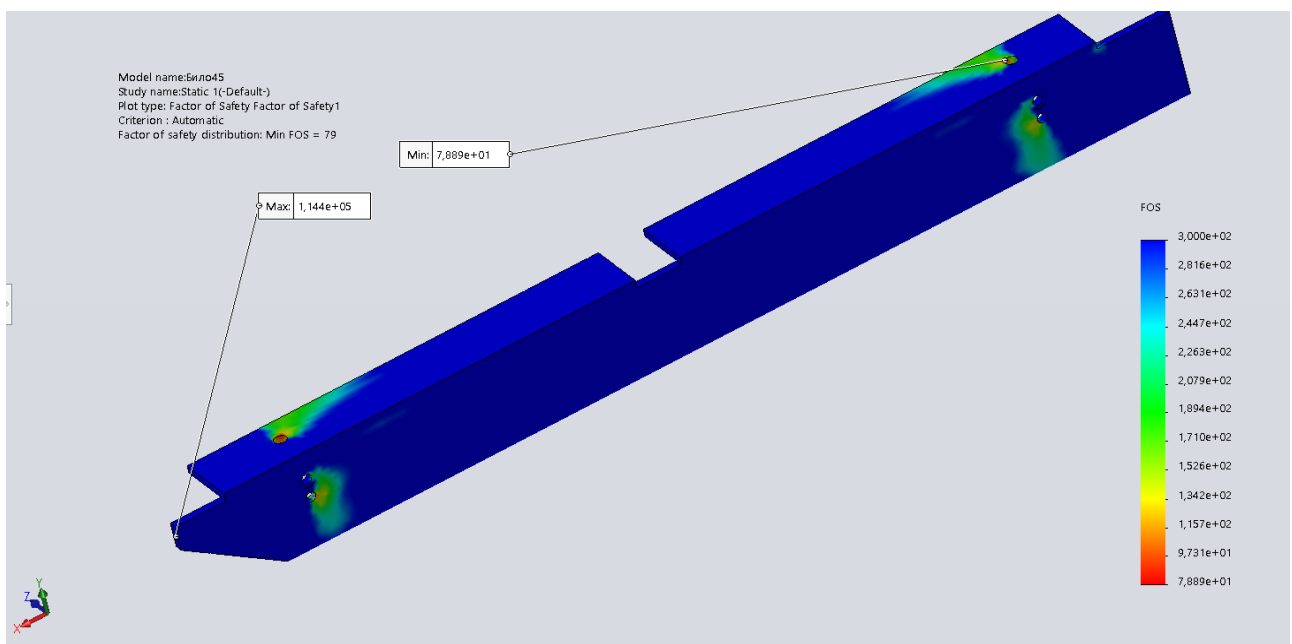


Рис. 4.17. Коефіцієнт запасу міцності для била протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

Зведемо в таблицю 4.3 граничні параметри досліджених величин для била протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

Таблиця 4.3

Результати дослідження для била протирочної машини з кріпленням під кутом 45° при навантаженні 124 Н.

Параметр	Мінімум	Максимум
Напруження за фон Мізесом, Н/м ²	5246.63916016	7605897
Статичне переміщення, м	0	0.0254336726
Статична деформація	2.2490088e-08	2.07922621e-05
Коефіцієнт запасу міцності	78.8861618	114358.921875

4.2 Аналіз отриманих результатів

Для досліджуваного била вибрано сталь AISI 420 (DIN 1.4021), що на даний момент є актуальним вибором для деталей машин харчової промисловості, завдяки поєднанню міцності, корозійної стійкості та зносостійкості.

Особливістю конструктивного виконання кріплення била є використання схеми із двох опор із доволі значною віддаллю між ними. При такій схемі найбільший прогин буде посередині. Конструктивна схема на базі кутника досить добре справляється із такими завданнями. Зокрема, максимальний прогин для схем з кріпленням бил під кутом 15° , 30° та 45° відповідно буде складати 0.0388 мм, 0.0333 мм та 0.0254 мм, що співмірно з похибкою вимірювання і не повинно призвести до пропусків матеріалу в процесі протирання. Перебуваючий у прямій залежності від напруження, коефіцієнт запасу міцності FOS для перелічених вище випадків відповідно складає 51.51, 60.21 та 78.89, вказуючи на те, що доцільно розглянути виконання бил із тоншого матеріалу або дешевшої сталі з нижчими механічними характеристиками. Таким чином, всі три варіанти виконання кріплення била показали себе надійними міцними. Проте конструктивна схема із кріпленням бил під кутом 45° має переваги над іншими за рахунок кращим результатам сприймання навантаження.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

Цех виробництва фруктових соків відноситься до об'єктів з підвищеним рівнем небезпеки для робітників та обслуговуючого персоналу [28,29].

Перебіг технологічного процесу виробництва фруктових соків в ньому забезпечують: інспекційний транспортер, дробарка, насоси, екстрактор, протирочна машина, теплообмінне обладнання, а також гідравлічні та електричні комунікації. Умови роботи в цеху є складними: висока вологість та концентрація в повітрі парів різного роду хімічних речовин, які застосовуються при митті тари.

Особливість формування технологічного процесу та експлуатації обладнання відділення обумовлює наступні типи небезпечних факторів для обслуговуючого персоналу: електричний, механічний, тепловий, хімічний. Обслуговуючий персонал в обов'язковому порядку повинен бути забезпечений гумовим захисним взуттям і рукавицями для захисту від теплових та хімічних опіків. У випадку попадання на шкіру хімічно активних речовин слід в негайному порядку промити шкіру спочатку прохолодною водою, а потім слабким розчином оцтової кислоти.

Всі двигуни, насоси і корпус машини повинні бути заземленими. Всі електричні з'єднання повинні бути добре заізовані. Небезпечні ділянки слід закрити захисними загорожами.

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.

При експлуатації транспортерів слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення захисних бортиків біля полотна та захисних кожухів на елементах приводу.

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

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

Протирочні машини можна віднести до машин малого рівня небезпеки. Вони не працюють при великих надлишкових тисках чи високих температурах. Робочі органи закриті ззовні кожухами.

Джерелом живлення приводу є мережа промислового струму наругою 380 В, тому при його експлуатації слід звернути увагу на основні правила техніки безпеки при роботі з електрообладнанням.

Робочі елементи машини конструкційно розміщуються в закритому просторі тому явної небезпеки не становлять. Проте даний вид обладнання може працювати при порівняно великих рівнях вібрації і шуму. Дані машини приводяться в рух електричними двигунами, і повинні відповідати ПУЕ, бути надійно заземленими, так як під час роботи на них можуть накопичуватися значні заряди статичної електрики. Передачі приводу повинні бути закриті захисними кожухами. Повинні використовуватись також запобіжні пристрої для безпеки при ремонті чи оглядах.

Для зниження ступеня ураження електричним струмом передбачено окремий вимикач. На протязі всього терміну експлуатації маслоутворювача необхідно слідкувати за станом ізоляції на струмоведучих елементах мережі та використовуваного заземлення. Останнє діє можливість уникнути ураження електричним струмом при торканні корпусу неізовльованих частин маслоутворювача. Вибір заземлення вибирається згідно з ДСТУ 7237:2011. Розбирання проводиться тільки після повної зупинки барабана. Знімати біловий

пристрій рекомендується один раз в тиждень, оскільки залишати його тривалий час не слід, зважаючи на можливий наліт корозії на монтуючій поверхні. Після знімання ротора частини, які не мають дотику з продуктом, треба досуха витерти і змазати консервуючим мастилом. При несправному насосі працювати не дозволяється.

При експлуатації теплообмінного обладнання суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію або кожухи, які б забезпечували відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь. Для деяких випадків допускається застосування тканинних рукавиць (ДСТУ EN 420:2017).

Основними вимогами, які слід забезпечити в цехах з надмірним рівнем вологості і випарів є забезпечення достатнього рівня вентиляції і якісне освітлення. Оптимальні і допустимі температури, відносна вологість і швидкість руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень з врахуванням надлишків наявного тепла, важливості виконуваної роботи і сезонів року. Температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні відповідати нормам СНіП. При кондиціонуванні виробничих приміщень повинні дотримуватися оптимальні параметри мікрокліматичних умов.

Норми проектування ДБН В.2.5-28:2018 повинні дотримуватися при проектуванні освітлення приміщень знову споруджуваних і реконструйованих будинків і споруджень різного призначення, місць провадження робіт поза будинками, площадок промислових підприємств і зовнішнього висвітлення.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам ДБН В.2.5-28. У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше 1:10. Коефіцієнт природного освітлення (КПО) повинний бути передбачений з урахуванням

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

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

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

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

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов'язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). 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.

Розрахуємо освітлення в цеху.

Вибираємо висоту підвісу світильників: $H_p := 4.3 \text{ (м)}$

Визначаємо найвигіднішу відстань між світильниками із співвідношення

$$L = l_0 \cdot H_p \quad [\quad]$$

$$\frac{L}{H_p} = 1.2$$

$$L := 1.2 \cdot H_p \quad L = 5.16 \quad (\text{м})$$

Вибираємо симетричне розміщення світильників

Число рядів світильників визначаємо за формулою

$$m = \frac{a}{L}$$

де a - ширина дільниці $a := 12 \quad (\text{м})$

$$m := \frac{a}{L} \quad m = 2.326$$

Приймаємо $m := 2$

Знаходимо відстань від стін до світильників

$$l_c = (0.25 \dots 0.3) \cdot L \quad l_c := 0.275 \cdot L \quad l_c = 1.419 \quad (\text{м})$$

Розрахуємо відстань між рядами світильників

$$l_a := \frac{a - 2 \cdot l_c}{m - 1} \quad l_a = 9.162 \quad (\text{м})$$

Визначаємо відстань між світильниками в ряді

$$l_B := \frac{L^2}{l_a} \quad l_B = 2.906 \quad (\text{м})$$

Визначаємо число світильників в ряду за формулою:

$$n = \frac{b - 2 \cdot l_c}{l_B} + 1$$

де b - довжина дільниці $b := 24 \quad (\text{м})$

$$n := \frac{b - 2 \cdot l_c}{l_B} + 1 \quad n = 8.282$$

Приймаємо $n := 9$

Уточнена відстань між світильниками в ряду

$$l_B := \frac{b - 2 \cdot l_c}{n - 1} \quad l_B = 2.645 \quad (\text{м})$$

Загальна кількість світильників $d := m \cdot n \quad d = 18$

5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

5.2.1 Оцінка можливої хімічної обстановки консервного заводу

Цивільна оборона України організується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони [31]. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, заздалегідь, з врахуванням особливостей кожного району. Цивільна оборона організується за територіально-виробничим принципом. Надзвичайні ситуації (НС) на території України поділяються на:

- НС техногенного;
- НС природного;
- НС соціально-політичного;
- НС воєнного характеру.

У більшості випадків техногенні аварії пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє простір речовини чи енергії. Мимовільне вивільнення енергії приводить до промислових вибухів, а речовини - до вибухів, пожежам і хімічному забрудненню навколишнього середовища.

Вибух - процес швидкого некерованого фізичного чи хімічного перетворення системи, що супроводжується переходом її потенційної енергії в механічну роботу. Механічна робота, чинена при вибуху, обусловлена швидким

розширенням газів чи пари. Причиною вибухового процесу можуть лежати як фізичні так і хімічні перетворення.

Фізичний вибух найчастіше зв'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії стиснутих газів із замкнутих обсягів машин і апаратів, сила вибуху стиснутого чи зрідженого газу залежить від внутрішнього тиску цього резервуара.

Параметрами, по яких визначають потужність вибуху, є енергія вибуху і швидкість її виділення. Енергія вибуху визначається фізико-хімічними перетвореннями, що протікають при різних типах вибухів.

У виробничих умовах можливі наступні основні види вибухів: вільний повітряний, наземний, вибух у безпосередній близькості від об'єкта, а також вибух усередині об'єкта (виробничого спорудження).

Суттєву небезпеку становлять пожежі.

Під пожежею розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Причиною виникнення пожеж на промислових об'єктах можна розділити на двох груп. Перша - це порушення протипожежного режиму чи необережне поводження з вогнем, друга - порушення пожежної безпеки при проектуванні і будівництві будинків. Пожежі можуть виникнути при вибуху в чи приміщеннях виробничих апаратах при витоках і аварійних викидах пожежовибухонебезпечних середовищ в обсяги виробничих приміщень.

Пожежа є хімічною реакцією між горючими речовинами і киснем повітря (чи іншим видом окисного середовища). Для того щоб виникла пожежа необхідно три компоненти: пальне, кисень і первісне джерело теплоти з енергією, достатньої для початку реакції горіння.

Утворення полум'я пов'язано з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих речовин, що супроводжується виникненням полум'я, припускає їхній попередній перехід у газоподібну фазу.

При пожежах існує кілька різних небезпечних факторів. Перший з них - це підвищені температури в зоні горіння. Вони можуть привести до теплових опіків

поверхні шкіри і внутрішніх органів людей, а також викликати втрату несучої здатності будівельних конструкцій будинків і споруджень. Другим фактором є надходження в повітря робочої зони значної кількості шкідливих продуктів згоряння, у більшості випадків, що приводить до гострих отруєнь людей.

На багатьох підприємства для технологічних цілей застосовують шкідливі, у тому числі сильнодіючі отруйні речовини (СДОР). Так, наприклад, часто застосовуються хлор і аміак. Широко застосовуються також луги, кислоти й інші агресивні і сильнодіючі речовини. При аварійних розгерметизаціях ємкостей, устаткування, зі змістом токсичних чи речовин їхнім перевезенням, пов'язані з підвищеним ризиком небезпек, тому що при виході на рудію цих речовин приводить до перевищення гранично припустимої концентрації, що може викликати людські жертви.

У залежності від термодинамічного стану рідини при збереженні в ємності, можливо три варіанти протікання процесу при розгерметизації ємності:

- при великих перегрівках рідина може цілком переходити в зважений і пароподібний стан з утворенням токсичних, шкідливих і пожежовибухонебезпечних сумішей;

- при низьких енергетичних параметрах рідини відбувається спокійний її пролив на тверду поверхню, а випар здійснюється шляхом тепловіддачі від твердої поверхні;

- проміжний режим, коли в початковий момент відбувається різке скипання рідини з утворенням мілкодисперсної фракції, а потім настає режим вільного випару з відносно низьким швидкостями.

Ряд речовин у промислових умовах зберігається і використовується при низьких температурах (криогенних температурах) у рідкому стані. Найбільше часто зустрічаються: рідкий кисень і азот, рідкий водень, гелій і т.д. Ці речовини в загальноприйнятому розумінні не можна назвати отруйними чи токсичними, але надходження їхній в атмосферу у великій кількості може викликати витиснення з її кисню, що також створить визначених розмірів небезпечну зону. Крім того деякі з цих речовин є чи окислювачами пожежовибухонебезпечними речовинами,

низькі температури цих речовин можуть привести до додаткових небезпечних факторів, таким як потенційна небезпека опіків поверхні тіла і внутрішніх органів у людей, а також до втрати несучої здатності силових елементів будинків, машин і механізмів за рахунок холодоломкості.

5.2.2. Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій

5.2.2.1. Засоби вибухозахисту герметичних систем

Будь-яке устаткування підвищеного тиску повинне бути укомплектовано системами вибухозахисту, що припускають:

- застосування устаткування, розрахованого на тиск вибуху;
- застосування гідрозатворів, вогнезагороджувачів, інертних чи парових завіс;
- захист апаратів від руйнування при вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання й інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промисловій санітарії і пожежній безпеці і т.п.

Трубопроводи. Для того щоб зовнішній вигляд трубопроводу вказував на властивості середовища, що транспортується, уведене їх пізнавальне (сигнальне) фарбування (ДСТУ 1402-69). Наприклад: вода - зелений, повітря - синій, луку - фіолетові і т.д.

Для позначення виду небезпеки речовини, що транспортується по трубопроводу, на його поверхню додатково наносять сигнальні кільця. Їхнє число визначається ступенем небезпеки. Кільця передбачені: червоного кольору - для вибухонебезпечних; зеленого кольору - для безпечних і нейтральних речовин;

жовтого кольору - для токсичних речовин, а також глибокого вакууму, високого тиску.

Усі трубопроводи після монтажу і періодично в процесі експлуатації піддаються гідравлічним іспитам на міцність при спробному тиску на 25% перевищуючому робоче, але не менш 0,2 Мпа.

Запобіжні пристрої. Кожна судина чи ємність повинна додатково бути постачений пристроєм від підвищення тиску вище припустимого. Як запобіжні пристрої застосовуються:

1) запобіжні мембрани - гранична простота їхньої конструкції характеризує їх як самі надійні з всіх існуючих засобів вибухозахисту, крім того вони практично не мають обмежень по пропускній здатності. Хоча в них є свої істотні недоліки, що після спрацьовування устаткування, що захищається, залишається відкритим, що приводить до зупинки устаткування і викиду в атмосферу вмісту апарата;

2) вибухові клапани - використання їх на технологічному устаткуванні дає можливість усунення негативних наслідків, тому що після спрацьовування і скидання необхідної кількості газу через вибуховий клапан його отвір знову закривається, забезпечуючи тим самим тривалість роботи устаткування. До їхнього недоліку варто віднести велику інерційність у порівнянні з мембранами, значну складність конструкції, а також недостатню герметичність;

3) пружинні запобіжні клапани є самими розповсюдженими в даний час засобом захисту технологічного устаткування від вибуху. Однак і вони мають ряд істотних недоліків, в основному через велику інерційність як вантажних, так і пружинних конструкцій клапанів.

5.2.2.2. Пожежний захист виробничих об'єктів

Автоматична пожежна сигналізація є важливою мірою запобігання великих пожеж, тому що час між виникнення пожежі і приїзду пожежної бригади проходить значно багато, що в більшості випадків приводить до повного

охоплення полум'ям приміщення. Основна задача автоматичної пожежної сигналізації - виявлення початкової стадії пожежі, передача повідомлення про місце і час его виникнення і при необхідності включення автоматичних систем пожежегасіння і димовидалення.

Функціонально автоматична пожежна сигналізація складається з приймально-контрольної станції, що через сигнальні лінії з'єднана з пожежними сповіщувачами. Задача сигнальних сповіщувачів є перетворення різних проявів пожежі в електричні сигнали.

Швидкість спрацьовування автоматичної пожежної сигналізації в основному визначається швидкістю спрацьовування первинних сповіщувачів. В даний час найбільш часто використовуються теплові, димові, світлові і звукові пожежні сповіщувачі.

Запобігання розвитку пожежі залежить не тільки від швидкості его виявлення, але і від вибору засобів і способів пожежегасіння.

Вибір засобів і способів пожежегасіння. Для придушення процесу горіння можна знижувати вміст пального компонента, окислювача (кисню повітря), знижувати температуру чи процесу збільшити енергію активації реакції горіння. Відповідно до цього в даний час при гасінні пожеж використовують один з наступних основних способів:

- ізоляцію вогнища горіння від чи повітря зниження шляхом розведення повітря непальними газами, концентрації кисню в повітрі до значення, при якому не може відбуватися процес горіння;
- охолодження вогнища горіння нижче визначених температур (температур самозапалювання, запалення і спалахи пальних речовин і матеріалів);
- інтенсивне інгібування (гальмування) швидкість хімічної реакції окислювання;
- механічний зрив полум'я в результаті впливу на нього сильного струменя чи газу рідини;
- створення умов вогнезагородження, при яких полум'я змушене поширюватися через вузькі канали.

Для реалізації перерахованих способів гасіння пожеж використовують різні вогнегасячі речовини. До них відносяться в першу чергу вода найдешевший і доступний матеріал, пісок, пожежні щити з устаткуванням, вогнегасники є одним з найбільш ефективних первинних засобів пожежегасіння, інертні розріджувачі застосовуються для об'ємного гасіння, останнім часом для гасіння пожеж усе більш широко застосовують вогнегасячі порошки.

Багато хто вогнегасячі речовини, застосовувані в автоматичних системах пожежегасіння, ушкоджують технологічні установки. Тому вибір типу вогнегасячої речовини повинний визначатися не тільки швидкістю і якістю гасіння пожежі, але і необхідністю забезпечити мінімальне сумарне ушкодження, що може бути заподіяно будинку й устаткуванню.

Висновки. Для уникнення і мінімізації важких наслідків надзвичайних ситуацій надзвичайно важливим є забезпечення заходів з інженерного захисту від можливих негативних чинників.

Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішується питання удосконалення конструкції билового пристрою універсальної протирочної машини моделі 37.31. Машина 37.31 неперервної дії лінійного типу призначена для розділення оброблюваної сировини – плодів фруктів на дві частини – пюре та перетирки.

Основним діючим фактором в протирочній машині є створення такого силового впливу на оброблюваний продукт, при якому він, притискаючись до перфорованої циліндричної ситчастої поверхні, втрачає рідинну фазу, яка проходить через отвори в ситі. У кваліфікаційній роботі замінено билувий пристрій на рішення з профілем кутника. Виконано задачі:

- зроблено кінематичний розрахунок протирочної машини;

- зроблено технологічний розрахунок протирочної машини;

- зроблено конструктивний розрахунок протирочної машини;

- зроблено розрахунок елементів протирочної машини;

- виконано вирішення окремих питань щодо експлуатації та технічного обслуговування протирочної машини;;

- розроблено 3d моделі била протирочної машини;

- досліджено била протирочної машини при різних значеннях робочого кута;

- розроблено заходи з охорони праці та дії в надзвичайних ситуаціях.

Для досліджуваного била вибрано сталь AISI 420 (DIN 1.4021), що на даний момент є актуальним вибором для деталей машин харчової промисловості, завдяки поєднанню міцності, корозійної стійкості та зносостійкості.

Особливістю конструктивного виконання кріплення била є використання схеми із двох опор із доволі значною віддаллю між ними. При такій схемі найбільший прогин буде посередині. Конструктивна схема на базі кутника досить добре справляється із такими завданнями. Зокрема, максимальний прогин для схем з кріпленням бил під кутом 15° , 30° та 45° відповідно буде складати 0.0388 мм, 0.0333 мм та 0.0254 мм, що співмірно з похибкою вимірювання і не

повинно призвести до пропусків матеріалу в процесі протирання. Перебуваючий у прямій залежності від напруження, коефіцієнт запасу міцності FOS для перелічених вище випадків відповідно складає 51.51, 60.21 та 78.89, вказуючи на те, що доцільно розглянути виконання бил із тоншого матеріалу або дешевшої сталі з нижчими механічними характеристиками. Таким чином, всі три варіанти виконання кріплення біла показали себе надійними міцними. Проте конструктивна схема із кріпленням бил під кутом 45° має переваги над іншими за рахунок кращим результатам сприймання навантаження.

Перелік посилань

1. Крупа В.В. та ін. Кваліфікаційна робота магістра: структура, вимоги до виконання та захист: методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія» для здобувачів усіх форм здобуття освіти. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 66 с.
2. Черкас В. Застосування IoT у переробній промисловості // Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 2024. С. 289.
3. Шинкарик М.М., Ворощук В.Я. Технологічне обладнання консервної промисловості: навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 284 с.
4. Гладушняк О.К. Технологічне обладнання консервних заводів: підручник. Херсон: Грінь Д.С., 2015. 348 с.
5. Дацишин О.В. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції: навчальний посібник. Київ: Вища освіта, 2003. 289 с.
6. Баран Р., Ворощук В. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». НУХТ, 2023. Т. 2. С. 20.
7. 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. / ред. Дейниченко Г.В. ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

8. Єріна А.М., Захожий В.Б., Єрін Д.Л. Методологія наукових досліджень. Київ: Центр навч. літ., 2004. 270 с.
9. Железняк І.О., Косенко В.В.; ред. Косенко В.В. Основи наукових досліджень. Суми: СумДПУ ім. А.С. Макаренка, 2014. 284 с.
10. Білуха М.Т. Методологія наукових досліджень. Київ: АБУ, 2002. 480 с.
11. Ворошук В.Я., Вітенько Т.М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks: навчальний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 164 с.
12. Planchard D.C. Engineering Graphics with SolidWorks 2021. New York: SDC Publication, 2021. 586 p.
13. Keska P. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings. CADvantage, 2021. 1586 p.
14. Petrova R. V. Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. CRC Press, 2015. 348 p.
15. Weber M., Verma G. SolidWorks Simulation 2017 Black Book. CAD/CAM/CAE Works, 2016. 362 p.
16. Паска М.З. та ін. Інноваційний інженіринг: навчально-методичний посібник. Львів: ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, 2016. 82 с.
17. Бойко В.С. та ін. Конструкції і розрахунки машин та апаратів переробних виробництв: підручник. Київ: ПрофКнига, 2021. 320 с.
18. Закалов О.В., Бортник А.І. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2005. 105 с.
19. Мирончук В.Г. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2004. 228 с.
20. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машин. Харків: Основа, 1991. 275 с.

- 21.Ялпачик В.Ф. та ін. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2014. 235 с.
- 22.Рурський П.В. та ін. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв. Харків, 2001. 230 с.
- 23.IT-Enterprise. Product Lifecycle Management, PLM. IT-Enterprise – your one-stop platform for digital transformation.
- 24.Шабрацький В.І. Експлуатація і обслуговування механізмів і машин: навчальний посібник. Рубіжне: ІХТ СНУ ім. Володимира Даля, 2010. 243 с.
- 25.Смолій О., Ворощук В. Застосування PLM-систем в процесі експлуатації обладнання // Матеріали 89-ї Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». НУХТ, 2023. Т. 2. С. 36.
- 26.Lombard M. Mastering SolidWorks. Sybex, 2019. 1219 p.
- 27.Пчелінцев В.О., Дегула А.І. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: навчальний посібник. Суми: СумДУ, 2012. 247 с.
- 28.Ткачук К.Н. та ін. Основи охорони праці: підручник. 2-ге вид., виправлене і доповнене. Київ: Основа, 2006. 448 с.
- 29.Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 280 с.
- 30.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 156 с.
- 31.Русаловський А.В., Вендичанський В.Н.; ред. Запорожець О.І. Цивільний захист: навчальний посібник. Київ: АМУ, 2008. 250 с.

Дотаток

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



*Студентське наукове
товариство*



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

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"

25-26 квітня 2024 р.

(збірник тез конференції)

Тернопіль 2024

УДК 621.9:004.23

Черкас В. – ст. гр. МОм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ У ПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Науковий керівник: к.т.н. В. Ворощук

Cherkas V.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University

APPLICATION OF IOT IN THE PROCESSING INDUSTRY

Supervisor: V. Voroshchuk

Ключові слова: інтернет речей, управління, переробна промисловість

Keywords: Internet of Things, management, processing industry

Інтернет речей (IoT) - це концепція, за якою об'єкти оточуючого середовища, обладнані спеціальними датчиками, програмним забезпеченням та іншими технологіями, можуть збирати та обмінюватися даними через Інтернет. Основна ідея IoT полягає в тому, що завдяки підключенню до Інтернету об'єктів навколишнього середовища, можливе збільшення їхньої "розумності" і ефективності.

Принцип роботи IoT полягає в тому, що об'єкти збирають дані за допомогою вбудованих датчиків, які пересилають ці дані через мережу Інтернет на сервери для подальшого аналізу та використання. Інтернет речей (IoT) в переробній промисловості відкриває безліч можливостей для підвищення продуктивності, зменшення витрат та вдосконалення якості продукції. До найважливіших функціональних можливостей можна віднести наступне.

Моніторинг та діагностика обладнання. Системи IoT можуть використовуватися для постійного моніторингу стану обладнання, виявлення потенційних проблем та прогнозування несправностей. Це дозволяє здійснювати планове технічне обслуговування та уникати аварійних ситуацій, що зменшує витрати на ремонт та простої виробництва.

Оптимізація виробничих процесів. IoT дозволяє збирати велику кількість даних про виробничі процеси, аналізувати їх та використовувати для оптимізації виробничих процесів. Наприклад, можливе автоматичне регулювання параметрів обробки для досягнення оптимальних результатів.

Управління запасами та логістикою. Системи IoT дозволяють в реальному часі відстежувати рух сировини та готової продукції, управляти запасами та оптимізувати логістичні процеси. Це дозволяє знижувати витрати на складське утримання та збільшувати ефективність поставок.

Підвищення якості продукції. IoT дозволяє відстежувати параметри якості продукції в реальному часі та вживати заходів для покращення якості. Наприклад, можливе автоматичне коригування параметрів виробництва для уникнення дефектів.

Енергоефективність. Системи IoT дозволяють виявляти та усувати енергозатратність у виробничих процесах, що дозволяє зменшити споживання енергії та знизити витрати на електроенергію.

Загалом, застосування IoT у переробній промисловості дозволяє підвищити ефективність виробництва, знизити витрати та покращити якість продукції, що робить її більш конкурентоздатною на ринку.

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