

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вузла подачі сировини машини для просіювання
сипких продуктів марки П2П

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

(шифр і назва спеціальності)

Гавліч Д.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Пилипець О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворошук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Вітенько Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« 17 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гавліч Дмитро Русланович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

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

Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування

1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження 4. Комп'ютерне дослідження лопаті зворушувача-нагнітача. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. 5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

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

Машина для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).

Кінематична схема машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).

Просіювальна головка машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).

Вузол подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).

Постановка завдань на дослідження лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3-5 мм) (1 л.ф.А1).

Дослідження лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм) (1 л.ф.А1).

Дослідження топології і оптимізація конструкції лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм) (1 л.ф.А1).

Результати дослідження напруження, переміщення, деформації і запасу міцності лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3-5 мм) (1 л.ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження		
6	4. Комп'ютерне дослідження лопаті зворушувача-нагнітача		
7	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
8	5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки		
9	5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях		
10	Висновки		
11	Графічна частина		
12	Машина для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).		
13	Кінематична схема машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).		
14	Просіювальна головка машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).		
15	Вузол подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (1 л.ф.А1).		
16	Постановка завдань на дослідження лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3-5 мм) (1 л.ф.А1).		
17	Дослідження лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм) (1 л.ф.А1).		
18	Дослідження топології і оптимізація конструкції лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм) (1 л.ф.А1).		
19	Результати дослідження напруження, переміщення, деформації і запасу міцності лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3-5 мм) (1 л.ф.А1).		

Студент

(підпис)

Гавліч Д.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пилипець О.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Автор кваліфікаційної роботи магістра: Гавліч Дмитро Русланович.

Тема кваліфікаційної роботи магістра: Модернізація вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2023 році

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 78 сторінок (46 рисунків) та графічної частини 8 креслень формату А1.

В кваліфікаційній роботі пропонуються заходи з модернізації вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П з дослідженням лопаті зворушувача-нагнітача на міцність.

Завданнями кваліфікаційної роботи магістра є:

проведення аналізу сучасних конструкційних та технологічних рішень для просіювання дрібнодисперсної сировини;

розробка заходів щодо модернізації вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П;

технологічний розрахунок просіювача;

розрахунок витрат потужності просіювача;

розрахунок пристрою подачі борошна на просіювання;

розрахунок приводу подачі борошна на просіювання.

створення тривимірної моделі з подальшим аналізом конструкції робочого органу вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П;

аналіз отриманих числових результатів;

розробка заходів з охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: просіювач, борошно, лопать, механізм.

Abstract

Havlich D. R. Modernization of the raw material feeding assembly in the machine for screening bulk products, model P2P. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

Measures to upgrade the raw material feeding unit of the P2P bulk sieving machine with a strength test of the agitator-blower blade

The tasks of this graduate work are:

analysis of modern design and technological solutions for screening fine raw materials;

development of measures for the modernisation of the raw material feeding unit of the machine for sieving bulk products of the P2P model;

technological calculation of the sifter;

calculation of the sifter power consumption;

calculation of the flour feeder for sieving;

calculation of the flour feeder for sieving.

creation of a three-dimensional model with subsequent analysis of the design of the working body of the raw material feeding unit of the machine for sieving bulk products of the P2P model;

analysis of the obtained numerical results;

development of measures for labour protection and safety in emergency situations.

Keywords: sifter, flour, blade, mechanism.

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 сучасних конструкції обладнання для просіювання борошна....	10
1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.....	19
2. Методи та методика досліджень	20
2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень	20
2.2. Послідовність етапів виконання досліджень із застосуванням програмного комплексу Solidworks Simulation	22
3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження	24
3.1. Опис будови і роботи просіювача П2П	24
3.2. Заходи з модернізації просіювача	25
3.3. Технологічний розрахунок просіювача	25
3.4. Розрахунок витрат потужності просіювача	28
3.5. Розрахунок пристрою подачі борошна на просіювання.....	30
3.6. Розрахунок приводу подачі борошна на просіювання.....	34
4. Комп'ютерне дослідження лопаті зворушувача-нагнітача	43
4.1. Постановка завдань дослідження.....	43
4.2. Результати комп'ютерного моделювання лопаті зворушувача-нагнітача просіювача.....	44
4.3. Аналіз результатів.....	58
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	64

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки.....	64
5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	67
Висновки.....	74
Перелік посилань	75

Вступ

Кондитерська промисловість відіграє важливу роль у економіці. Цей сектор створює значну кількість робочих місць як у великих, так і у малих підприємствах. Велика кількість людей зайнята на різних етапах виробництва – від вирощування сировини, до виробництва та упаковки продуктів. Це сприяє зниженню безробіття та підтримує стабільність економіки через забезпечення робочих місць та доходів людей.

Також кондитерська промисловість грає важливу роль у торгівлі та експорті. Виробництво солодошів та кондитерських виробів є значним чинником в експортному обсязі багатьох країн. Це сприяє залученню іноземних інвестицій, підвищує привабливість країни на зовнішніх ринках та збільшує економічний обсяг через експорт продукції.

Дослідження і вдосконалення конструкції машини для просіювання сипких продуктів марки П2П, яка відіграє важливу роль на підготовчих етапах виробництва, є актуальним науково-практичним завданням, яке є визначальним для формування напряму досліджень в кваліфікаційній роботі магістра.

У кваліфікаційній роботі виконуються основні завдання:

проведення аналізу сучасних конструкційних та технологічних рішень для просіювання дрібнодисперсної сировини;

розробка заходів щодо модернізації вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки п2п;

технологічний розрахунок просіювача;

розрахунок витрат потужності просіювача;

розрахунок пристрою подачі борошна на просіювання;

розрахунок приводу подачі борошна на просіювання.

створення тривимірної моделі з подальшим аналізом конструкції робочого органу вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П;

аналіз отриманих числових результатів;
розробка заходів з охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є конструктивні параметри нагнітаючої лопаті вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

Предметом дослідження є машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

Методологія досліджень в магістерській роботі включає в себе використання теоретично-експериментальних методів та методик.

Щодо наукової новизни, була створена комп'ютерна тривимірна модель лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П, над якою проведено відповідні дослідження. Було визначено вплив товщини матеріалу лопаті на її роботу під навантаженням, були отримані математичні залежності. Отримані результати мають потенціал застосування для покращення діючих механізмів та розробки нових конструктивних рішень.

Результати, представлені у кваліфікаційній роботі були показані на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (6-7 грудня 2023 року).

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

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

1.1. Огляд сучасних конструкції обладнання для просіювання борошна

Машина МПМ-800 знаходить своє застосування на підприємствах харчової промисловості для процесу просіювання борошна, яке використовується у виробництві хлібобулочних та кондитерських виробів. Ця машина складається з кількох основних компонентів, включаючи чавунну платформу, привід, завантажувальний бункер, трубу з шнеком, просіюючу головку та систему приводу.

Робочий принцип цієї машини полягає в тому, що борошно подається в неї через завантажувальний бункер. Далі воно переміщується по шнеку та потрапляє на просіюючу головку. Завдяки відцентровій силі, борошно рівномірно розсіюється по поверхні сита. Більші комкуваті утворення борошна та феромагнітні домішки залишаються на ситі, тоді як дрібне борошно проходить через сито і накопичується у приймальному бункері.

Приводна система складається з електродвигуна, спеціально призначеного для експлуатації в умовах можливих вибухів, та двох кліноремінних передач. Це забезпечує обертання шнека, розташованого разом із ситом і крильчастим у бункері. У вантажному бункері також встановлена захисна решітка, що запобігає потраплянню чужорідних предметів у борошно. Крильчасте устаткування направляє борошно у вертикальну трубу, яка має підйомний механізм для піднімання мішків із борошном. Усередині цієї вертикальної труби розміщений шнек, який транспортує борошно до просіювальної головки машини.

Механізм просіювання складається з циліндричного корпусу, обладнаного випускним лотком, сита з нерухомими лопатями і вікном для вивантаження. Зверху встановлена кришка, оснащена гумовою ущільнювальною прокладкою і фіксуєчим механізмом на болті. У випускному лотку просіювальної голівки розміщено магнітну пастку для видалення магнітних домішок з борошна. Також там розташований легко знімний рукав із щільної тканини, який утримує борошно

під час його виходу з машини, запобігаючи розсипанню, та спрощує його подачу у тару.

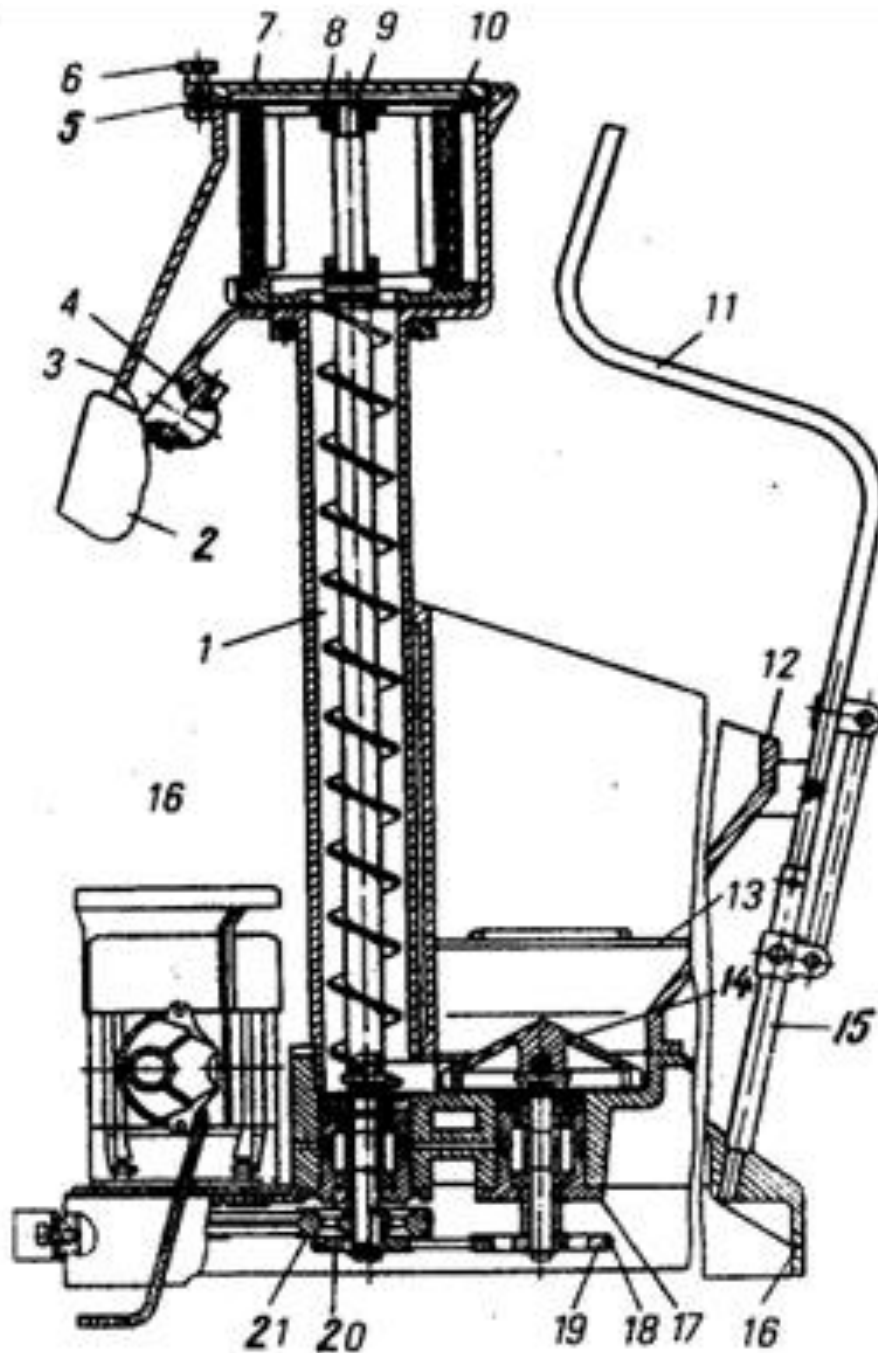


Рис 1.1. Машина для просіювання борошна МПМ-800

1-труба, 2-рукав, 3-корпус, 4-магнітна пастка, 5-відкидний болт, 6-гайка, 7-кришка, 8-опори скребоків, 9-шнек, 10-сито, 11-підйомник, 12-бункер, 13-решітки, 14-крильчатка, 15-хрестовина, 16-платформа, 17-склянка, 18-клиновий ремінь, 19, 20, 21-шківи.

Для запуску машини використовуються магнітний пускач, автоматичний вимикач та кнопки керування. В комплекті до цієї машини входять два сита з отворами розмірами 1,4 та 1,6 мм, які дозволяють класифікувати борошно за його якістю.



Рис. 1.2. Борошнопросіювач МПС-141-1

Принцип функціонування пристрою полягає у тому, що борошно, яке знаходиться у вантажному бункері, подається через крильчатку на шнек у вертикальну трубу. Під впливом центробежної сили борошно розпушується та проходить через сито, розміщене між корпусом та ситом. Далі воно спускається на дно та, завдяки руху лопаток, направляється у випускний лоток. Тим часом, борошно, яке не просіло, залишається на дні сита і видаляється після зупинки роботи машини.

МПС-141-1. Борошнопросіювач призначений для автоматизації процесу виділення борошна від сторонніх предметів, а також для його розпушування та аерації. Застосування цього пристрою в кондитерських цехах, пекарнях різних продуктивностей дозволяє значно підвищити якість виготовлених продуктів і

зменшити витрати праці. Продуктивність становить 2000 кг/год. Розміри складають 2070x1600x650 мм.

Машина для просіювання борошна типу МПМ-800 М.



Рис.1.3. Борошнопросіювач МПМ-800М

Високоєфективна машина для просіювання борошна використовується у сфері громадського харчування, такі як їдальні, млинцеві та пиріжкові підприємства. Вона забезпечує розпушування (аерацію) борошна та відділення сторонніх домішок від нього. Магнітна пастка, що використовується, відсікає можливість потрапляння металевих предметів у борошно. Борошно, що проходить через цей пристрій, надає кондитерським виробам високу якість, повітряність та привабливий зовнішній вигляд.

Технічні характеристики включають: продуктивність до 500 кг/год, мінімальна ємність бункера 40 кг, вид струму і частоту (трифазний змінний 50 Гц), номінальна потужність 1,1 кВт. Розміри сторін сита складають 1,2 x 1,4 мм. Номінальна споживана електроенергія не перевищує 1,0 кВт/год. Сила тяги магнітом пластини з магнітного матеріалу становить не менше 1,5 кгс. Габаритні розміри машини становлять не більше 860x670x1130 мм, а максимальна довжина з опущеним підйомником - 1375 мм. Вага пристрою не перевищує 155 кг.

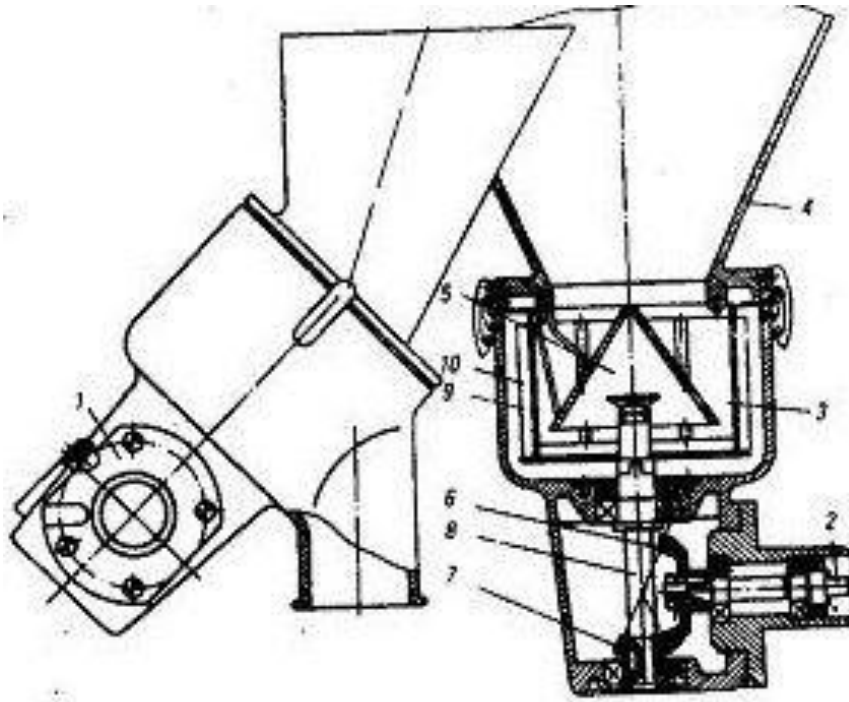


Рис 1.4. Просіювач МС-300

1 - редуктор, 2 - хвостовик, 3 - просіювальний барабан, 4 - бункер, 5 - розсікач, 6, 7 - конічні шестерні, 8 - вал, 9 - сітка, 10 - скребок.

МС-300 є важливим компонентом універсального приводу ПУ-0,6 та включає корпус, конічний редуктор із хвостовиком, просіювальний барабан та бункер із прикріпленим розсікачем. На робочому валу редуктора розміщений барабан з металевою сіткою, у комплекті машини три змінні барабани із різними отворами сита: 1,4 мм, 2,8 мм, 4,0 мм. Під час ввімкнення машини обертання просіювального барабану передається від універсального приводу через конічний редуктор.

У пристрої борошно з завантажувального бункера потрапляє через конічний розсікач у барабан, який обертається, та за допомогою відцентрової сили притискається до сита. Після проходження через осередки сита, борошно виходить через розвантажувальний пристрій у тару. При складанні та встановленні машини на горловину приводу слід обов'язково враховувати правильне розміщення хвостовика конічного редуктора у гнізді редуктора приводу.

МПМВ-300 - це вібраційний малогабаритний просіювач, що складається з корпусу, сита, завантажувального бункера та електродвигуна з дебалансами. Корпус має циліндричну форму з горизонтальною перегородкою, розділяючою його на дві частини. Сито представлене металевим кільцем із сіткою, у комплекті два сита з різними розмірами отворів: 1,2 мм та 1,6 мм. Бункер, що завантажується зверху, закривається кришкою. Корпус, сито та електродвигун знаходяться на пружинній підвісці.

При ввімкненні електродвигуна дебаланси створюють коливання сита в горизонтальній і вертикальній площині, що забезпечує проходження борошна через сито та його подальше рух до розвантажувального пристрою. Просіювач установлюється на виробничому столі і закріплюється двома болтами. Після використання всі його деталі слід очистити та протерти, щоб зберегти його в належному стані.

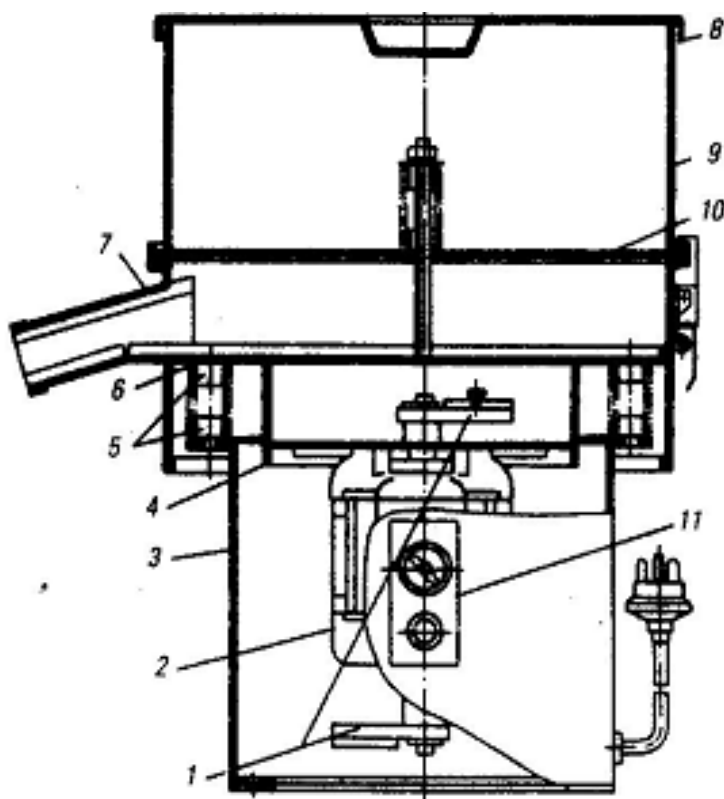


Рис. 1.5. Просіювач малогабаритний вібраційний МПМВ-300

Малогабаритний борошнопросіювач "Воронеж-2" призначений для проведення контрольного просіювання борошна, виключення феродомішок і відноситься до категорії просіювачів із нерухомим ситом. Основним робочим

компонентом цієї машини є нерухомий ситовий барабан, який складається з каркаса та металевої плетеної сітки №2 і встановлений у циліндричному корпусі. У середині корпусу розташований горизонтальний вал з лопатями та шнеком, який має виносні підшипники для установки. Щоб ущільнити вхід вала в корпусі, використовується сальник. Шнек знаходиться у шнековій камері, до якої підключений вхідний патрубок. Магнітний сепаратор кріпиться знизу до просіювальної головки, його конструкція включає чотири постійних магніти у формі дуг. Привід пристрою відбувається за допомогою ремінної передачі від електродвигуна з можливістю регулювання частоти обертання.

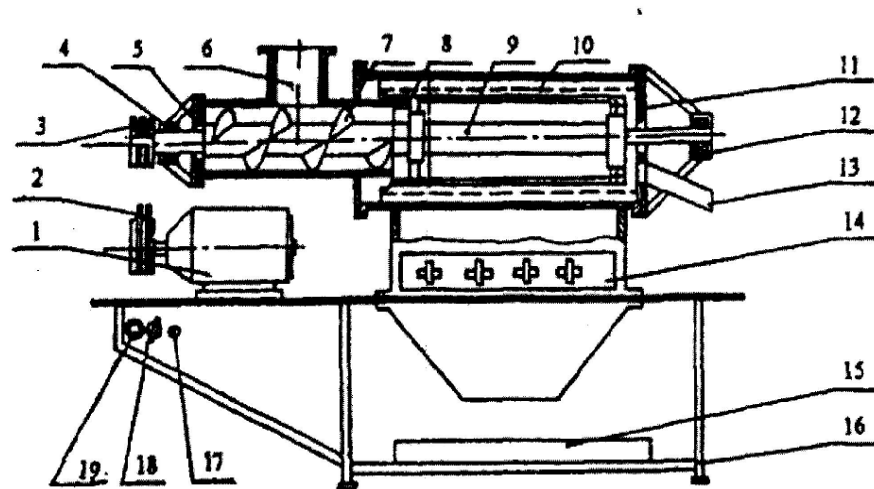


Рис. 1.6. Малогабаритний борошнопросіювач "Воронеж-2"

1 - електродвигун; 2 - ремінь; 3 - шків; 4 - підшипниковий вузол; 5 - сальникове ущільнення; 6 - патрубок вхідний; 7 - шнек; 8 - лопаті; 9 - вал; 10 - ситовий барабан; 11 - корпус; 12 - підшипниковий вузол; 13 - патрубок; 14 - магнітний сепаратор; 15 - ємність приймальна; 16 - станина; 17 - тумблер ПУСК-СТОП; 18 - ручка регулювання; 19 - сигнальна лампа.

Під час роботи борошнопросіювача, сировинний матеріал у вигляді борошна поступово завантажується в приймальний патрубок 6. Далі, за допомогою шнеку 7, він направляється всередину просіювальної головки, де лопатями 8 відбувається протирання борошна через стаціонарне сито 10. Сторонні домішки переміщуються вздовж барабана та видаляються з

борошнопросіювача через патрубок 13. Для більш ефективного просіювання борошна важливо забезпечити належний зазор між лопатями 8 вала та ситовим барабаном 10, який повинен становити в межах 3,0...5,0 мм. Після проходження через магнітний сепаратор 14, де відокремлюються феромагнітні домішки, просіяне борошно потрапляє у приймальну ємність 15.

Таблиця 1.1

Технічна характеристика машин для просіювання борошна

Показники	Машини			
	МПМ-800	МС24-300	Воронеж-2	МПМВ-300
Продуктивність, кг/год	800	300	6000	300
Число змінних барабанів, шт.	2	3	2	2
Розмір сторін комірки сита, мм	1.4 і 1.6	1.4:2.8:4.0		1.2 і 1.6
Електродвигун: потужність, кВт / напруга, В	1.1 220/380	-	1,0	0.18 / 220
Місткість завантажувального бункера, кг	40	5-6		4-6
Габарити, мм				
довжина	820	335	1207	460
ширина	750	415	410	380
висота	1470	450	552	510
Маса, кг, не більше	160	14	24	24,6

1.2. Аналіз та короткий опис об'єкту дослідження.

Вертикальний відцентровий просіювач П-2П є устаткуванням, яке призначене для процесів просіювання, розпушування та аерації борошна з вологістю в межах 12-14%. Крім цього, цей просіювач може видаляти феромагнітні домішки з матеріалу.

Технічна характеристика просіювача борошна марки П2-П:

Продуктивність, кг / год	1250
Ємність приймального бункера, м.куб.	0,12
Частота обертання шнека, об / хв	360
Площа зовнішнього сита, м.кв.	0,14
Підйомна сила магнітного блоку, кг, не менше	40
Встановлена потужність, кВт	1,7
Габаритні розміри, мм	
довжина	1860
ширина	735
висота	1960
маса, кг	450

Борошно вводиться в просіювач через завантажувальний бункер, після чого його транспортує шнек на сито. За допомогою відцентрової сили, борошно рівномірно розсіюється по поверхні сита. Більші частки борошна та феромагнітні домішки залишаються на ситі, тоді як дрібне борошно пройде через сито та потрапить у приймальний бункер.

Переваги використання просіювача П-2П:

Висока пропускна здатність.

Ефективне просіювання матеріалу.

Простота обслуговування.

Просіювач П-2П знаходить широке застосування на підприємствах харчової промисловості для просіювання борошна, яке використовується у виробництві хлібобулочних виробів, кондитерських виробів та інших продуктів.

Цей пристрій обладнаний двома ситами, які можна замінювати в залежності від вимог виробництва. Крім того, просіювач оснащений захисним кожухом, який запобігає потраплянню чужорідних предметів всередину, та має систему очищення сита, що допомагає зберігати високу ефективність просіювання.

1.3. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – дослідження і вдосконалення конструкції машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

Для реалізації заходів з модернізації виконуються наступні завдання:

проведення аналізу сучасних конструкційних та технологічних рішень для просіювання дрібнодисперсної сировини;

розробка заходів щодо модернізації вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки п2п;

технологічний розрахунок просіювача;

розрахунок витрат потужності просіювача;

розрахунок пристрою подачі борошна на просіювання;

розрахунок приводу подачі борошна на просіювання.

створення тривимірної моделі з подальшим аналізом конструкції робочого органу вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П;

аналіз отриманих числових результатів;

розробка заходів з охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є конструктивні параметри нагнітаючої лопаті вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

Предметом дослідження є машини для просіювання сипких продуктів марки П2П.

2. Методи та методика досліджень

2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень

Дослідження в роботі виконано із застосуванням 3D САПР SolidWorks в парі з надбудовою Simulation. SolidWorks Simulation є потужним інструментом для виконання різноманітних аналізів на міцність, що дозволяє інженерам та дослідникам вивчати та оцінювати поведінку конструкцій, деталей або виробів під впливом навантажень.

Цей модуль програмного забезпечення SolidWorks надає можливості для проведення різних видів аналізу на міцність, включаючи статичний, динамічний, термічний аналіз та інші, для визначення поведінки конструкцій в умовах дії різних фізичних навантажень. Серед основних функціональних можливостей SolidWorks Simulation варто виділити наступне.

Статичний аналіз. SolidWorks Simulation дозволяє інженерам виконувати статичний аналіз на міцність, враховуючи внутрішні сили, напруження та деформації, що виникають в конструкції під впливом статичних навантажень. Це дозволяє визначити місця концентрації напружень та передбачити можливі місця руйнування.

Динамічний аналіз. SolidWorks Simulation дозволяє проводити динамічний аналіз, оцінюючи вібрації, коливання та реакцію системи на динамічні навантаження. Це допомагає визначити реакцію конструкції на змінні навантаження в залежності від часу, що є критичним для розуміння її поведінки в реальних умовах експлуатації.

Термічний аналіз. SolidWorks Simulation дозволяє також виконувати термічний аналіз для визначення теплових напружень та розподілу температур у конструкції під впливом теплових навантажень. Це дозволяє інженерам враховувати теплові ефекти при аналізі прочності матеріалів.

Оптимізація дизайну. За допомогою SolidWorks Simulation інженери можуть оптимізувати дизайн конструкцій, змінюючи їх параметри, матеріали та

форми, щоб досягти максимальної міцності та ефективності при мінімізації ваги або матеріалів.

Візуалізація результатів. SolidWorks Simulation надає можливість візуалізувати результати аналізу у вигляді графіків, діаграм, анімацій та інших візуальних форматів. Це допомагає інженерам краще розуміти та інтерпретувати отримані дані.

Слід відмітити, SolidWorks Simulation має ряд сильних сторін, які роблять його цінним інструментом для інженерів, які займаються дослідженнями.

- Точність і надійність. SolidWorks Simulation використовує потужні алгоритми розрахунку, які дозволяють отримати точні і надійні результати. Це важливо для інженерів, які повинні гарантувати, що їхні конструкції будуть безпечними і ефективними.

- Широкий спектр можливостей. SolidWorks Simulation пропонує широкий спектр можливостей для проведення досліджень, включаючи лінійне і нелінійне статичне дослідження, дослідження динаміки, дослідження теплопровідності та інші. Це дозволяє інженерам оцінювати поведінку конструкцій у різних умовах.

- Зручність використання. SolidWorks Simulation має зручний інтерфейс, який дозволяє легко створювати і виконувати дослідження. Це робить його доступним для інженерів з різним рівнем досвіду.

- Інтеграція з іншими програмами. SolidWorks Simulation інтегрується з іншими програмами SolidWorks, що дозволяє використовувати спільні дані і процеси. Це робить його більш ефективним інструментом для інженерних досліджень.

У цілому, SolidWorks Simulation є потужним інструментом, який може допомогти інженерам проводити дослідження більш ефективно і точно.

2.2. Послідовність етапів виконання досліджень із застосуванням програмного комплексу Solidworks Simulation

Проведення статичних досліджень на міцність у SolidWorks Simulation може бути розділено на кілька основних етапів. В загальному порядок виконання таких досліджень має наступний вигляд.

1. Підготовка моделі.

- **Створення моделі.** Спочатку потрібно створити або імпортувати 3D-модель деталі або конструкції, яку ви плануєте досліджувати.
- **Визначення матеріалів та властивостей.** Вказують матеріали і відповідні властивості для моделі. Це важливо для правильного аналізу поведінки матеріалу під навантаженням.

2. Встановлення умов навантаження та обмежень.

- **Визначення навантажень.** Встановлюють типи навантажень (сили, тиск, моменти тощо) та їхні значення, які впливають на модель.
- **Обмеження.** Вказують умови фіксації або обмежень для областей, які не можуть рухатися або мають обмежену свободу руху.

3. Налаштування аналізу.

- **Вибір типу аналізу.** Обирають тип статичного аналізу, наприклад, лінійний або нелінійний, залежно від характеру навантажень та матеріальних властивостей.
- **Налаштування параметрів аналізу.** Встановлюють параметри аналізу, такі як тип рішення, крок часу (якщо потрібно), точність, параметри збіжності тощо.

4. Виконання аналізу.

- **Запуск симуляції.** Запускають аналіз, за результатами якого SolidWorks Simulation проведе обчислення та надасть результати.

5. Аналіз отриманих результатів.

- **Перегляд результатів.** Вивчають отримані дані, такі як розподіл напружень, деформації, фактор безпеки тощо.

- **Оцінка поведінки моделі.** Аналізують отримані результати для визначення місць концентрації напружень, слабких точок та можливих областей руйнування.

6. Модифікація та оптимізація.

- **Внесення змін.** Виправляють дизайн, матеріали або умови навантаження, щоб оптимізувати міцність або ефективність конструкції.

- **Повторний аналіз.** Повторюють процес аналізу після внесення змін для оцінки їхнього впливу на міцність.

7. Документація результатів.

- **Створення звіту.** Генерують звіт або документацію, що містить отримані результати, графіки, таблиці та висновки з проведеного аналізу.

Важливо врахувати специфіку проекту та виконати необхідні налаштування для точного та надійного аналізу конструкцій.

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

3.1. Опис будови і роботи просіювача П2П

Просіювальний пристрій П2П, який зображений на рисунку 3.1, складається з двох циліндричних сит: внутрішнього сита 5 і зовнішнього сита 6. Внутрішнє сито 5 має круглі отвори діаметром 1.5 мм, розташовані по всій циліндричній поверхні і використовується для утримання великих домішок. Зовнішнє сито 6 має отвори лише на з'єднувальній напівциліндричній поверхні, яка закрита щільним кожухом 17. Задня напівциліндрична стінка 16 зовнішнього сита виготовлена з одного металевого листа. Конус 7 закріплений у верхній частині вала 8 вертикального шнека 3, до якого прикріплені шість вертикальних пластин 11 з лопатками 12, що розташовані вздовж гвинтової лінії.

Подача і просіювання продукту здійснюється за допомогою вертикального шнека 3, чий вал приводиться в рух від вала шнека через зубчасту передачу 1.

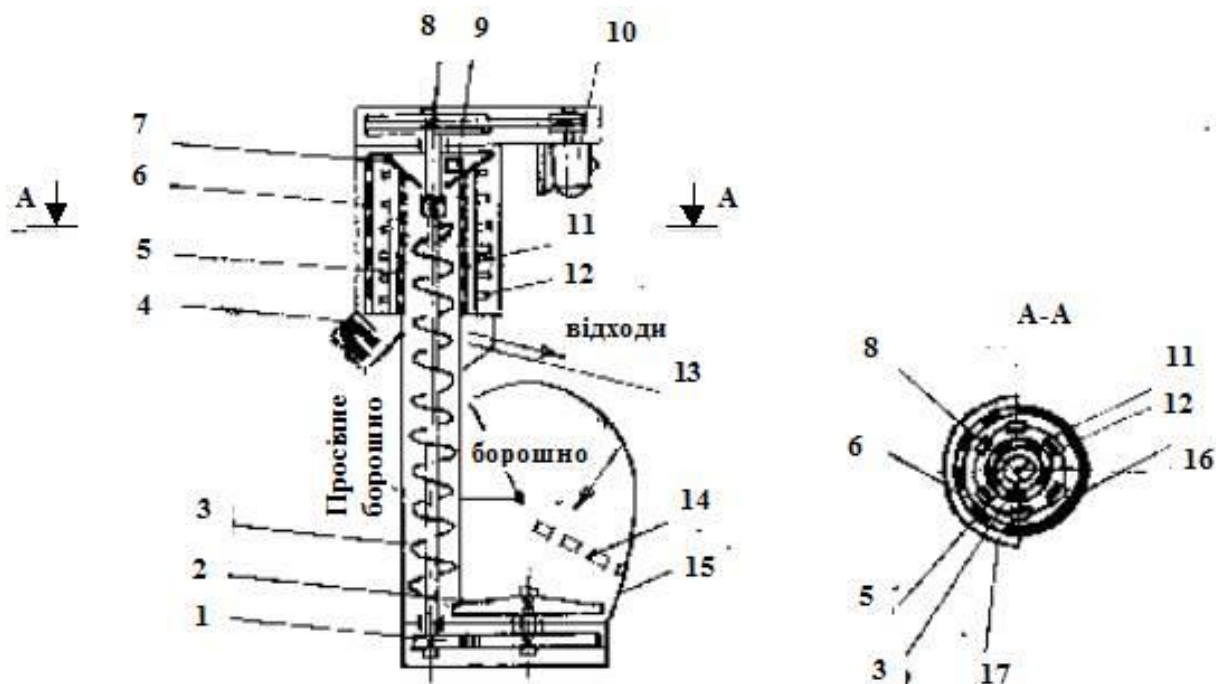


Рис 3.1 – Просіювач П2П.

Продукт, який потрібно просіяти, подається до прийомного бункера 15 через захисну решітку 14. Спіральні лопаті захоплюють і переміщують продукт,

спрямовуючи його до вертикального шнека, що піднімає його вгору та пропускає через внутрішнє сито. Після цього лопатки виконують ще один процес просіювання продукту через зовнішнє сито. Остаточо просіяний матеріал проходить через полюси магнітів 4 для вилучення металомагнітних домішок.

Більші домішки, які не пройшли через внутрішнє сито, виштовхуються шнеком через отвір 9 на поверхню конуса, який направляється в вертикальний канал та потрапляє в збірник 13. Домішки, які застряли у зовнішньому ситі, піднімаються лопатками вгору і виводяться тим же каналом.

Для забезпечення безпечної експлуатації просіювача передбачено електроблокування, яке вимикає живлення електродвигуна при знятті захисної решітки (градки) кожуха 17, забезпечуючи надійність у процесі обслуговування.

3.2. Заходи з модернізації просіювача

В конструкції просіювача одним із найбільш навантажених елементів є система подачі сировини. Лопаті зворушувача-нагнітача з великим запасом міцності часто виготовляють литими, що робить їх уразливими до ударних навантажень. Ремонт і виготовлення нових литих елементів є трудозатратним і дороговартісним завданням, тому доцільно їх виготовити із листового металу із навареним потовщенням у ділянці передачі крутного моменту.

3.3. Технологічний розрахунок просіювача

Встановлення теоретичної продуктивності борошнопросіювача в кілограмах на секунду Q_T :

$$Q_T = F f_0 v_0 \rho E \frac{a}{D}, \quad (1)$$

де F – загальна площа робочої поверхні ситового елемента m^2 ;

$f_0 = 48,5\%$ площа живого перерізу виготовленого із капрону поверхні сита;

v_0 – швидкість проходження просіюваного продукту ситом, м/с;

ρ – значення насипної щільності продукту (борошна), $кг/м^3$
($\rho = 540 - 610 кг/м^3$);

E – коефіцієнт величини задіяної площі ситового елемента ($E=0,2...0,45$);

a – значення довжини отвору у ситовому елементі (дугою кола), м;

D – значення діаметра циліндричного ситового елемента, м.

У машині П2П сито циліндричної форми, тому шукана площа поверхні ситового елемента $F, м^2$:

$$F = pDL, (2)$$

де L – значення довжини ситового елемента, м.

$$F = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,42 = 0,395$$

Швидкість руху просіюваного продукту ситовим елементом v_0 (м/с) буде рівним:

$$v_0 = 0,5\omega DK_{np}, (3)$$

де ω – величина кутової швидкості обертового руху ротора просіювального елемента, $с^{-1}$;

K_{np} – значення коефіцієнту ковзання ситом продукту ($K_{np} \approx 0,65...0,85$).

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, (4)$$

де n – кількість обертів ротора за хвилину, об/хв;

$$n = n_{\partialв} \frac{d_{ш}}{D_{ш}} \cdot (1 - \varepsilon), (5)$$

де $d_{ш}$ і $D_{ш}$ – значення діаметрів ведучого та веденого шківів просіювача, м;

$n_{\partialв}$ – число обертів вала електричного двигуна, об/хв;

ε – значення коефіцієнту проковзування пасової передачі ($\varepsilon \approx 0,025...0,035$).

$$n = 1420 \cdot \frac{0,125}{0,332} \cdot (1 - 0,03) = 520 \text{ об/хв}$$

Згідно залежності (4) кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot 520}{30} = 55 \text{ c}^{-1}$$

Швидкість руху просіюваного продукту крізь ситовий елемент v_0 (м/с) буде рівною (3):

$$v_0 = 0,5 \cdot 55 \cdot 0,3 \cdot 0,7 = 5,8 \text{ м/с}$$

Теоретична продуктивність просіювача згідно формули (1) буде:

$$Q_T = 0,395 \cdot 48,5 \cdot 5,8 \cdot 600 \cdot 0,4 \cdot \frac{0,000165}{0,3} = 14,7 \text{ кг/с}$$

Реальна продуктивність просіювача П2П Q_Φ , кг/с, визначається із залежності:

$$Q_T = \frac{m}{\tau_\Phi}, \quad (6)$$

де m – сумарна маса просіюваного борошна, що подається до робочої камери, кг;

τ_Φ – час, затрачений на просіювання, с.

Для визначення маси дози муки, яка вводиться в борошнопросіювач, спочатку виміряємо об'єм робочої камери. Цей об'єм визначається як об'єм циліндричної частини за допомогою формули:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (7)$$

де r – значення радіуса ситового елемента, м;

h – значення висоти ситового елемента.

$$V = \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,42 = 0,0297 \text{ м}^3$$

Після цього, використовуючи значення щільності борошна та об'єму робочої камери, ми зможемо розрахувати масу борошна, яка потрапляє в робочу камеру за допомогою формули:

$$m = \rho \cdot V, (8)$$

де ρ – значення насипної щільності продукту (борошна), $\text{кг}/\text{м}^3$
($\rho = 540 - 610 \text{ кг}/\text{м}^3$);

V – значення об'єму робочої камери.

$$m = 600 \cdot 0,0297 = 17,82 \text{ кг}$$

Визначимо тривалість просіювання борошна, враховуючи реальну продуктивність борошнопросіювача, що становить 0,374 кг на секунду. Ми складемо пропорцію: якщо 0,374 кг просівається за 1 секунду, то 17,82 кг буде просіватися за X секунд. Отже, $X = 47,6$ секунди.

Тепер для визначення фактичної продуктивності борошнопросіювача і розсіва за допомогою формули (6).

$$Q_T = \frac{17,82}{47,6} = 0,374 \text{ кг}/\text{с}.$$

Порівнюючи теоретичну та фактичну продуктивність, можна припустити, що розбіжності виникли через можливе збільшення об'єму робочої камери, що призвело до збільшеної продуктивності. Якщо мета полягає у зменшенні продуктивності, можна підвищити передавальне число шляхом збільшення діаметрів шківів або зниження обертів електродвигуна. Це призведе до зменшення обертів робочого органу та можливо до досягнення більш прийнятних результатів.

Проте, для застосування на великих хлібопекарських підприємствах, хлібозаводах, кондитерських підприємствах або навіть на невеликих млинах, можна і не знижувати продуктивність застосовуючи цей борошнопросіювач.

3.4. Розрахунок витрат потужності просіювача

Теоретичну витрату потужності знайдемо за формулою:

$$N_m = N_1 + N_2 + N_3 + N_4,$$

де N_1 – витрачається на переміщення борошна за допомогою шнека,
Вт;

N_2 - витрачається на прискорення руху борошна, Вт;

N_3 – необхідна для обертання лопатей, Вт;

$$N_1 = Q_\phi \cdot \omega_0 L_p,$$

де ω_0 – величина коефіцієнту опору ($\omega_0 = 1,2$);

L_p – значення довжини шнека у машині П2П, м.

$$N_1 = 1000 \cdot 0,374 \cdot 1,2 \cdot 1,7 = 762 \text{ Вт}$$

$$N_2 = 3 \cdot Q_\phi \cdot \omega^2 \cdot D^2,$$

$$N_2 = 3 \cdot 0,374 \cdot 55^2 \cdot 0,3^2 = 305,5 \text{ Вт}$$

$$N_3 = 531 \text{ Вт}$$

$$N_4 = 0,5 \cdot G_\delta \cdot g \cdot \mu \cdot \omega \cdot d_\delta,$$

де G_δ – значення маси ротора, кг ($G_\delta = 36$ кг);

μ – значення коефіцієнту тертя борошна до матеріалу сита ($\mu = 0,45 \dots 0,85$);

d_δ – значення діаметра цапфи вала, м ($d_\delta = 0,040$ м).

$$N_4 = 0,5 \cdot 36 \cdot 0,8 \cdot 0,04 \cdot 9,81 \cdot 55 = 310,8 \text{ Вт}$$

Зараз визначимо теоретичну потужність, яка необхідна для приведення в рух ротора борошнопросіювача та розсіва.

$$N_m = 762 + 305,5 + 531 + 310,8 = 1909 \text{ Вт}$$

Значення потужності для приводу машини П2П N_e , (Вт):

$$N_e = K_3 \frac{N_m}{\eta},$$

де K_3 – значення коефіцієнту запасу потужності ($K_3 = 1,2$);

η – ККД пасової передачі просіювача П2П ($\eta \approx 0,97$).

Тоді

$$N_e = 1,2 \frac{1909}{0,97} = 2360 \text{ Вт}$$

3.5. Розрахунок пристрою подачі борошна на просіювання

Тип пристрою: скребковий з наступними параметрами:

зовнішній радіус вала: $r := 0.058$ (м)

зовнішній радіус скребка: $\underline{R} := 0.290$ (м)

коефіцієнт $t := \frac{R}{2}$ (м)

кількість лопатей: 2

частота обертання скребка $n := \frac{45}{60}$ $n = 0.75$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.015$

ширина основи витка $b := 0.055$

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

Середня висота скребка:

$$\underline{L} := \frac{(0.055 + 0.015)}{2} \quad L = 0.035 \quad (\text{м})$$

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному січенні:

$$\alpha_n := \arcsin\left(\frac{b - a}{R - r}\right) \quad \alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 9.928$$

Визначимо момент інерції січення скребка відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

$$\phi_1 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{a}{t} \quad \phi_1 \cdot \frac{180}{\pi} = 37.241$$

$$\phi_2 := 2 \cdot \pi \cdot \frac{b}{t} \quad \phi_2 \cdot \frac{180}{\pi} = 136.552$$

Момент інерції січення осі відносно осі z:

$$J_{1z} := \frac{\pi}{4} \cdot (r^4) \quad J_{1z} = 8.888 \times 10^{-6} \quad (\text{м}^4)$$

Розрахункові лінійні коефіцієнти:

$$x_1 := 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1) \quad x_1 = 0.351 \quad (\text{м})$$

$$x_2 := 2 \cdot r \cdot \sin(\phi_2) \quad x_2 = 0.08 \quad (\text{м})$$

Подальший розрахунок проводиться для максимального лінійного коефіцієнта

$$\underline{H} := x_1 \quad H = 0.351 \quad (\text{м})$$

Площа поперечного січення витка скребка:

$$F_{\Gamma} := (R \cdot \sin(\phi_1) + r \cdot \sin(\phi_2)) \cdot (R - r) \quad F_{\Gamma} = 0.05 \quad (\text{м})$$

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

$$J_{2z} := \frac{F_{\Gamma}^2 \cdot (R - r \cdot \cos(\phi_2))}{12 \cdot H} \quad J_{2z} = 1.969 \times 10^{-4} \quad (\text{м}^3)$$

Координата центра мас скребка:

$$Y_{\text{ЦМ}} := \frac{1}{3} \cdot (R - r) \cdot \frac{r \cdot \sin(\phi_2) + 2 \cdot R \cdot \sin(\phi_1)}{r \cdot \sin(\phi_2) + R \cdot \sin(\phi_1)} + r \quad Y_{\text{ЦМ}} = 0.198 \quad (\text{м})$$

Момент інерції січення шнека відносно осі z

$$J_z := J_{1z} + (J_{2z} + F_{\Gamma} \cdot Y_{\text{ЦМ}}^2) \quad J_z = 2.172 \times 10^{-3} \quad (\text{м}^4)$$

Припускаємо, що перпендикулярні до осі навантаження взаємнокомпенсуються.

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

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

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

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

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

$b(x)$ - кут підйому скребка:

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

$p(x)$ - питомі зусилля в матеріалі:

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

де $l_3 := \frac{L}{4} \qquad l_3 = 8.75 \times 10^{-3}$

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

$p_{max} := 0.011 \cdot 10^6$ (Па) - нормативний тиск в матеріалі

$p'(x)$ - тиск над скребком:

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

Позначим $\Delta p = p - p'$:

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

Проведем необхідні підстановки і проінтегруємо вираз. Після інтегрування отримаємо:

Геометрична силова складова:

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

$$HS = 5.458 \times 10^{-3} \quad (\text{м}^2)$$

$$S_{\text{скр}} := \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{t} \cdot \left(2 \cdot f \cdot \frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} \cdot p_0 \cdot L + \frac{p_{\text{max}} - p_0}{L} \cdot HS \right) \quad S = 276.596 \quad (\text{Н})$$

Напруження стиску від дії основних сил визначаються за формулою:

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

де F - площа поперечного січення вала скребка:

$$F_{\text{скр}} := \pi \cdot r^2 \quad F = 0.011 \quad (\text{м}^2)$$

$$\sigma := \frac{S}{F} \quad \sigma = 2.617 \times 10^4 \quad (\text{Па})$$

Дотичні напруження визначаються з залежності: $\tau = \frac{M}{W}$

$$M := 0.02 \cdot p_{\text{max}} \cdot \pi \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot (R^3 - r^3) \quad M = 2.502 \quad (\text{Н*м})$$

$$W_{\text{скр}} := \frac{\pi \cdot r^4}{2} \quad W = 1.778 \times 10^{-5} \quad (\text{м}^3)$$

$$\tau := \frac{M}{W} \quad \tau = 1.407 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{\text{екв}} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2} \quad \sigma_{\text{екв}} = 2.827 \times 10^5 \quad (\text{Па})$$

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість скребка:

$$\omega := 2\pi \cdot n \quad \omega = 4.712 \quad \text{рад/с}$$

Необхідна потужність :

$$N_{\text{скр}} := \frac{M}{\omega} \quad N = 0.531 \quad (\text{кВт})$$

3.6. Розрахунок приводу подачі борошна на просіювання

Розрахунок приводу зводиться до визначення необхідних геометричних розмірів зубчастої передачі.

Потужність, яка передається: $P_1 := N = 0.531$ кВт при його кутовій швидкості

$\omega_1 := 29.52$ рад/с; передаточне число передачі $u := 6.263$; передача

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

Параметри навантаження зубчастої передачі

Номінальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_1 := \frac{P_1 \cdot 1000}{\omega_1} \quad T_1 = 17.983 \quad (\text{Н*і}) \quad T_{1H} := T_1 \quad T_{1F} := T_1$$

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

$$T_{1\max} := 2 \cdot T_1 \quad T_{1\max} = 35.966 \quad (\text{Н*м})$$

Кутова швидкість веденого вала

$$\omega_2 := \frac{\omega_1}{u} \quad \omega_2 = 4.713 \quad (\text{рад/с})$$

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

$$N_{\Sigma 1} := 1800 \cdot \omega_1 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 1} = 3.383 \times 10^8$$

$$N_{\Sigma 2} := 1800 \cdot \omega_2 \cdot \frac{h}{\pi} \quad N_{\Sigma 2} = 5.401 \times 10^7$$

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

$$N_{HE1} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{HE1} = 6.089 \times 10^7$$

$$N_{HE2} := K_{HE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{HE2} = 9.722 \times 10^6$$

$$N_{FE1} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 1} \quad N_{FE1} = 2.368 \times 10^7$$

$$N_{FE2} := K_{FE} \cdot N_{\Sigma 2} \quad N_{FE2} = 3.781 \times 10^6$$

Матеріали зубчастих коліс.

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

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

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

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

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

Допустимі напруження для розрахунку зубчастої передачі.

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

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

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

Базу випробувань для матеріалу шестерні та колеса визначаємо за формулою:

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

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

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

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

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

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

Для зубців передачі розрахункове допустиме контактне напруження:

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

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

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

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

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

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

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

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

Для зубців шестерні та колеса граничне допустиме напруження на згин []

$$I\sigma_{IF1max} := 4.8 \cdot \frac{H_1}{s_F} \quad I\sigma_{IF1max} = 610.909 \quad (\text{МПа})$$

$$I\sigma_{IF2max} := 4.8 \cdot \frac{H_2}{s_F} \quad I\sigma_{IF2max} = 534.545 \quad (\text{МПа})$$

Проектний розрахунок передачі. Для проектного розрахунку попередньо беремо коефіцієнт ширини вінця $\psi_{ba} := 0.50$ і відповідно $\psi_{bd} := 0.5 \cdot \psi_{ba} \cdot (u + 1)$ $\psi_{bd} = 1.816$

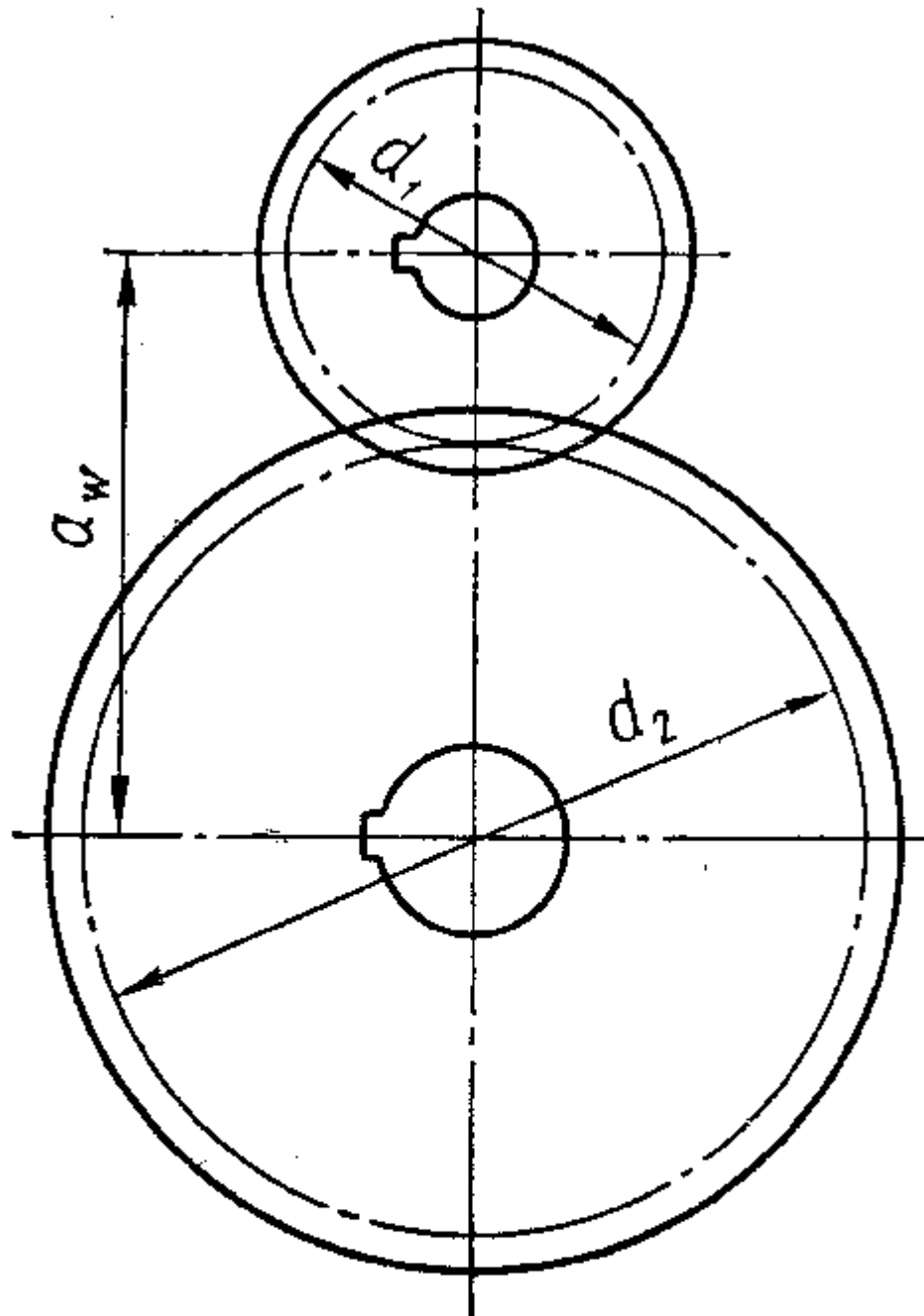


Рисунок 3.2. Розрахункова схема передачі.

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

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

$$a_{wmin} := K_a \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{(T_{1H} \cdot K_{H\beta})}{u \cdot \psi_{ba} \cdot I_{\sigma} I_H^2}} \quad a_{wmin} = 64.085 \text{ (мм)}$$

вибираємо фактичну міжосьову віддаль $a_w := 345 \text{ (мм)}$

Число зубців шестерні $z_1 := 19$, а число зубців колеса $z_2 := u \cdot z_1$

$z_2 = 118.997$. Вибираємо $z_2 := 119$, тоді фактичне передаточне

$$\text{число } u := \frac{z_2}{z_1} \quad u = 6.263$$

Модуль зубців

$$m'_n := 2 \cdot a_w \cdot \frac{1}{z_1 + z_2} \quad m'_n = 5 \text{ (мм)}$$

Стандартний модуль зубців $m_n := 5 \text{ мм []}$.

Попередні значення деяких параметрів передачі.

Ділильні діаметри шестерні та колеса будуть такі:

$$d_1 := m_n \cdot z_1 \quad d_1 = 95 \text{ (мм)}$$

$$d_2 := m_n \cdot z_2 \quad d_2 = 595 \text{ (мм)}$$

Ширина зубчастих вінців

$$b_2 := 1.4 \cdot \psi_{ba} \cdot a_{wmin} \quad b_2 = 44.86 \text{ (мм)}$$

$$b_1 := b_2 + 2 \quad b_1 = 46.86 \text{ (мм)}$$

Колова швидкість зубчастих коліс

$$v := 0.5 \cdot \omega_1 \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \quad v = 1.402 \text{ м/с}$$

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

Коефіцієнт торцевого перекриття:

$$\epsilon_\alpha := \left[1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \quad \epsilon_\alpha = 1.685$$

Коефіцієнт осьового перекриття зубів

$$\epsilon_\beta := b_2 \cdot \frac{1}{\pi \cdot m_n} \quad \epsilon_\beta = 2.856$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс

$$F_t := \frac{2 \cdot T_1 \cdot 1000}{d_1} \quad F_t = 378.584 \quad (\text{Н})$$

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

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому

Для розрахунку попередньо визначимо такі коефіцієнти.

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

Коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців $Z_H := 1.27$

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

$$Z_\varepsilon := \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} \quad Z_\varepsilon = 0.77$$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями []

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

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

Коефіцієнт динамічного навантаження $K_{Hv} := 1.03$

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ht} := \frac{F_{Ht}}{b_2} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} \quad w_{Ht} = 9.766 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове контактне напруження

$$\sigma_H := Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{w_{Ht}}{d_1} \cdot \frac{u+1}{u}} \quad \sigma_H = 73.311 \quad (\text{МПа})$$

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

Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну міцність

$$\sigma_{Hmax} := \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{1max}}{T_{1H}}} \quad \sigma_{Hmax} = 103.677 \quad (\text{МПа})$$

Напруження менші від допустимих. Контактна міцність забезпечується.

Розрахунок зубців на втому при згині

Розрахункові коефіцієнти будуть такими.

Коефіцієнти форми зубців:

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

Коефіцієнт перекриття зубців $Y_\varepsilon := 1$

Коефіцієнт, який враховує розподіл навантаження між зубцями:

$$K_{F\alpha} := \frac{[4 + (\varepsilon_{\alpha} - 1) \cdot (n_{ст} - 5)]}{4 \cdot \varepsilon_{\alpha}} \quad K_{F\alpha} = 0.898$$

Коефіцієнт нерівності навантаження по ширині зубчастих вінців []

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

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

Питома розрахункова колова сила

$$w_{Ft} := \frac{F_{Ft}}{b_2} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \quad w_{Ft} = 8.757 \quad (\text{Н/мм})$$

Розрахункове напруження згину у зубцях шестерні та колеса:

$$\sigma_{F1} := Y_{F1} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot \frac{w_{Ft}}{m_n} \quad \sigma_{F1} = 6.83 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2} := Y_{F2} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot \frac{w_{Ft}}{m_n} \quad \sigma_{F2} = 6.305 \quad (\text{МПа})$$

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

Розрахунок зубців на міцність при максимальним навантаженням.

За формулою:

$$\sigma_{F1max} := \sigma_{F1} \cdot \frac{T_{1max}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F1max} = 13.661 \quad (\text{МПа})$$

$$\sigma_{F2max} := \sigma_{F2} \cdot \frac{T_{1max}}{T_{1F}} \quad \sigma_{F2max} = 12.61 \quad (\text{МПа})$$

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

Розрахунок параметрів зубчастої передачі.

Розміри елементів зубців:

$$\text{висота головки зубця} \quad h_a := m_n \quad h_a = 5 \quad (\text{мм})$$

$$\text{висота ніжки} \quad h_f := 1.25 \cdot m_n \quad h_f = 6.25 \quad (\text{мм})$$

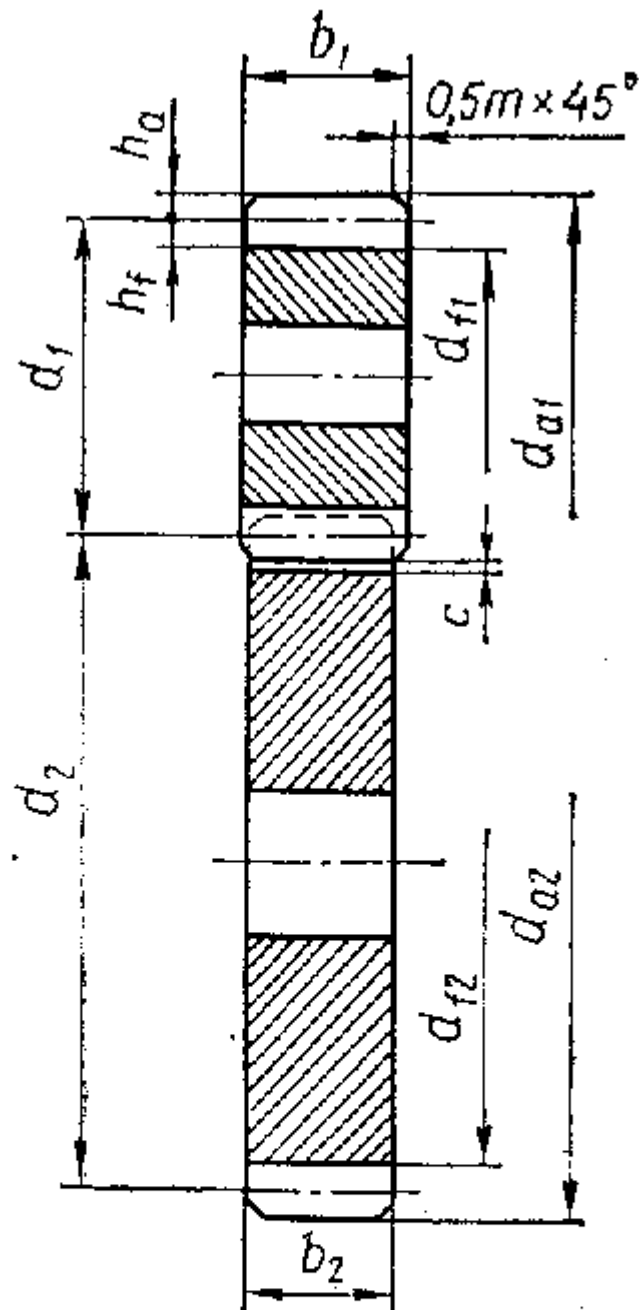


Рисунок 3.3- Схема передачі приводу подяючого вала.

висота зубця $h := 2.25 \cdot m_n$ $h = 11.25$ (мм)

радіальний зазор $c := 0.25 \cdot m_n$ $c = 1.25$ (мм)

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

Розміри вінців зубчастих коліс:

ділительні діаметри $d_1 = 95$ (мм) $d_2 = 595$ (мм)
Діаметри вершин зубців

$$d_{a1} := d_1 + 2 \cdot m_n \quad d_{a1} = 105 \quad (\text{мм})$$

$$d_{a2} := d_2 + 2 \cdot m_n \quad d_{a2} = 605 \quad (\text{мм})$$

Діаметри впадин

$$d_{f1} := d_1 - 2.5 \cdot m_n \quad d_{f1} = 82.5 \quad (\text{мм})$$

$$d_{f2} := d_2 - 2.5 \cdot m_n \quad d_{f2} = 582.5 \quad (\text{мм})$$

Міжосьова віддаль передачі

$$a_w := 0.5 \cdot m_n \cdot (z_1 + z_2) \quad a_w = 345 \quad (\text{мм})$$

Розрахунок сил у зачепленні зубців передачі.

Колова сила $F_t = 378.584$ (Н)

Радіальна сила: $F_r := F_t \cdot \tan(\alpha_n)$ $F_r = 137.793$ (Н)

4. Комп'ютерне дослідження лопаті зворушувача-нагнітача

4.1. Постановка завдань дослідження

Дослідження лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П з використанням програми SolidWorks виконаємо для 5 варіантів товщини робочого матеріалу: 0,003 м; 0,0035 м; 0,004 м; 0,0045 м; 0,005 м.

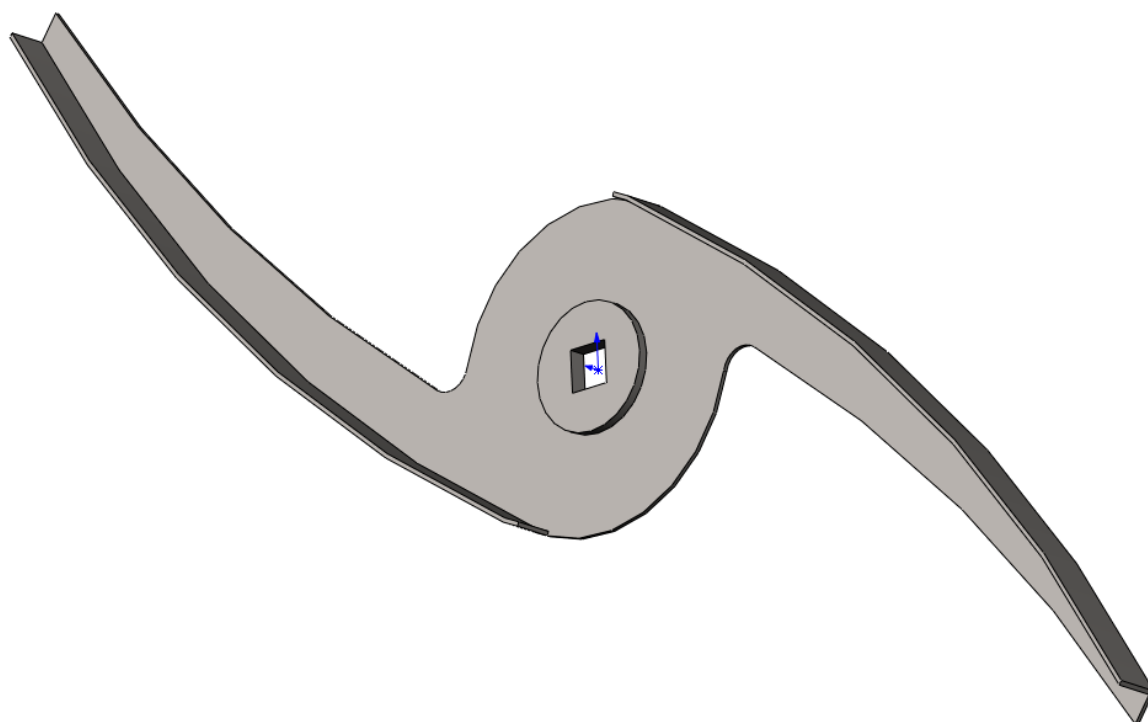


Рис. 4.1. Конструктивна схема лопаті зворушувача-нагнітача.

В якості основного матеріалу ми застосуємо сталь 40X13.

Тип моделі:	Лінійний
	Пружний
	Ізотропний
Межа текучості:	3,51571e+08 Н/м ²

Межа міцності при розтягу:	4,20507e+08 Н/м ²
Модуль пружності:	2e+11 Н/м ²
Коефіцієнт Пуассона:	0,29
Масова густина:	7 900 кг/м ³
Модуль зсуву:	7,7e+10 Н/м ²
Коефіцієнт теплового розширення:	1,5e-05 /К

Дослідження виконаєм за таких умов:

Тип аналізу	Статичний
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використовуване розбиття:	Сітка на основі кривизни
Точки Якобіана	4 Точки
Епюра якості сітки	Висока
Тепловий ефект:	Вмк
Термічний параметр	Ігнорувати теплові навантаження
Температура при нульовій напрузі	298 Kelvin
Тип вирішуючої програми	FFEPlus
Несумісні параметри зв'язку	Авто
Великі переміщення	Вимк
Обчислити сили вільних тіл	Вмк
Тертя	Вимк
Використовувати адаптивний метод:	Вимк

4.2. Результати комп'ютерного моделювання лопаті зворушувача-нагнітача просіювача

Схема розрахунків лопаті зворушувача-нагнітача зображена у спрощеному вигляді на рис. 4.2. Вона включає в себе кріплення та прикладені силові навантаження. Рис. 4.3 відображає сітку, яка сформована на основі кривизни. Рис. 4.4 ... 4.28 відображають отримані результати чисельних експериментальних досліджень.

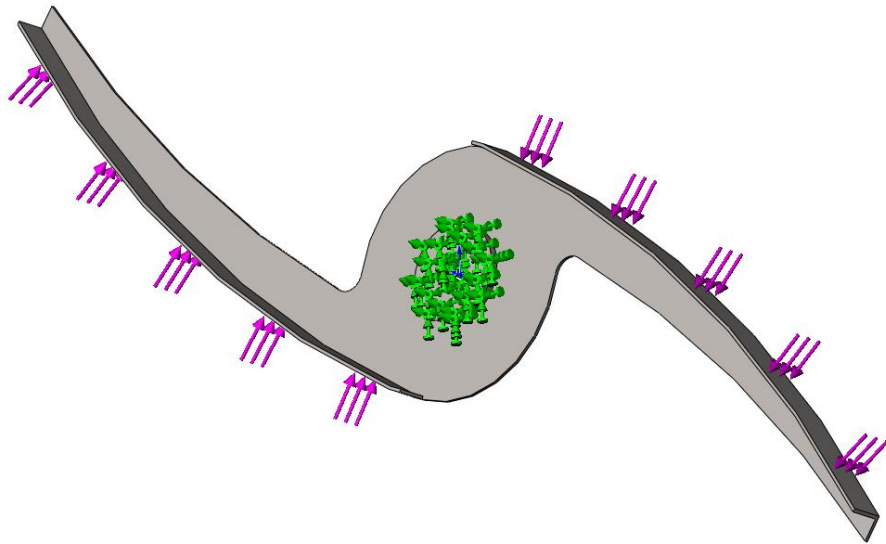


Рис. 4.2. Розрахункова схема лопаті зворушувача-нагнітача

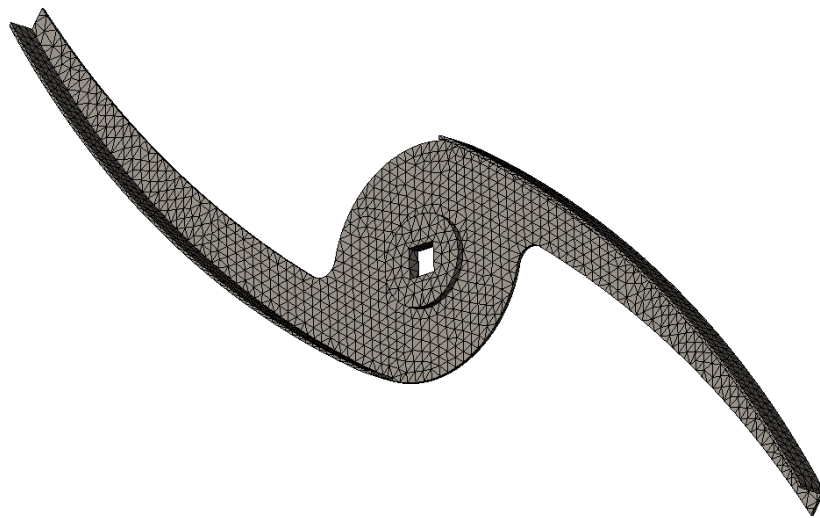


Рис. 4.3. Розрахункова сітка лопаті зворушувача-нагнітача на основі кривизни.

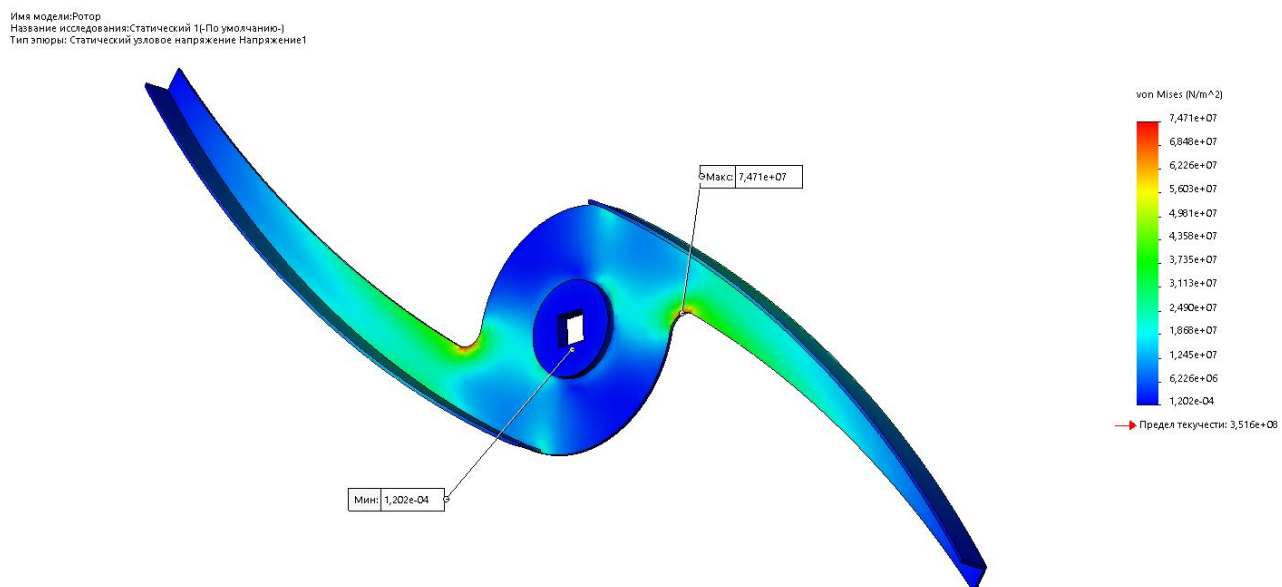


Рис. 4.4. Напряжения за фон Мизесом лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

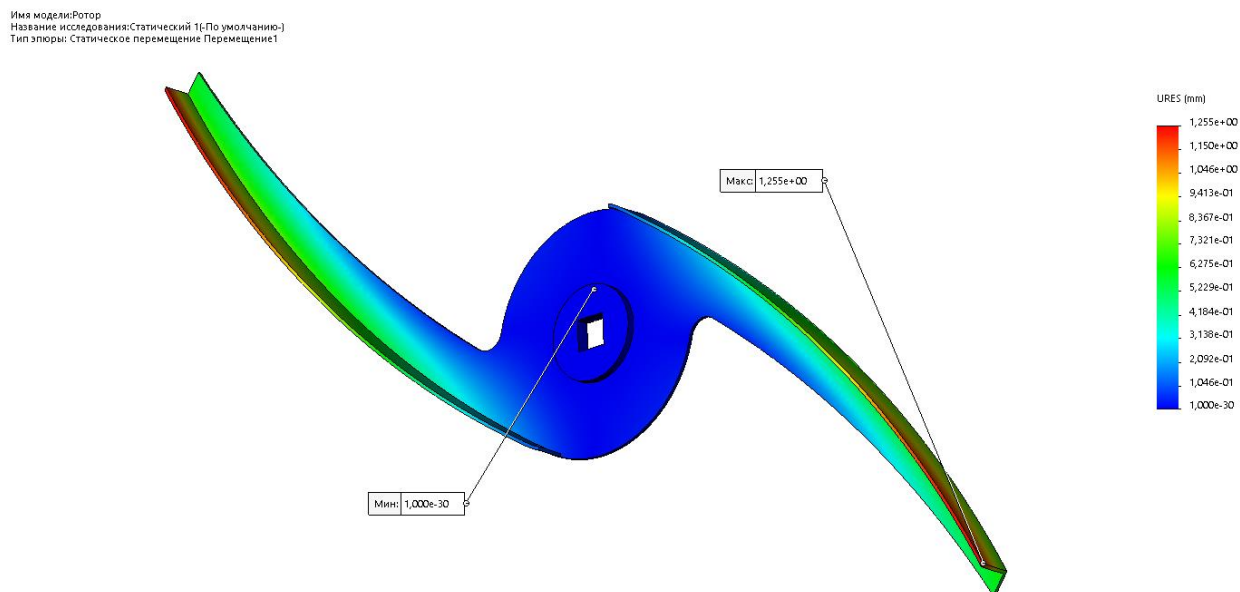


Рис 4.5. Статичне переміщення лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1

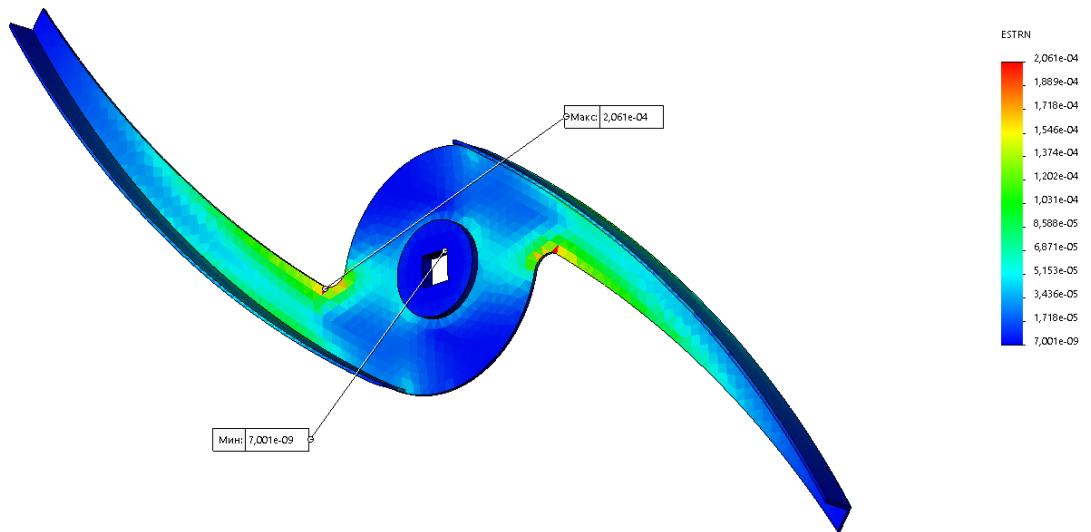


Рис 4.6. Статична деформація лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип эпоры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 4,7

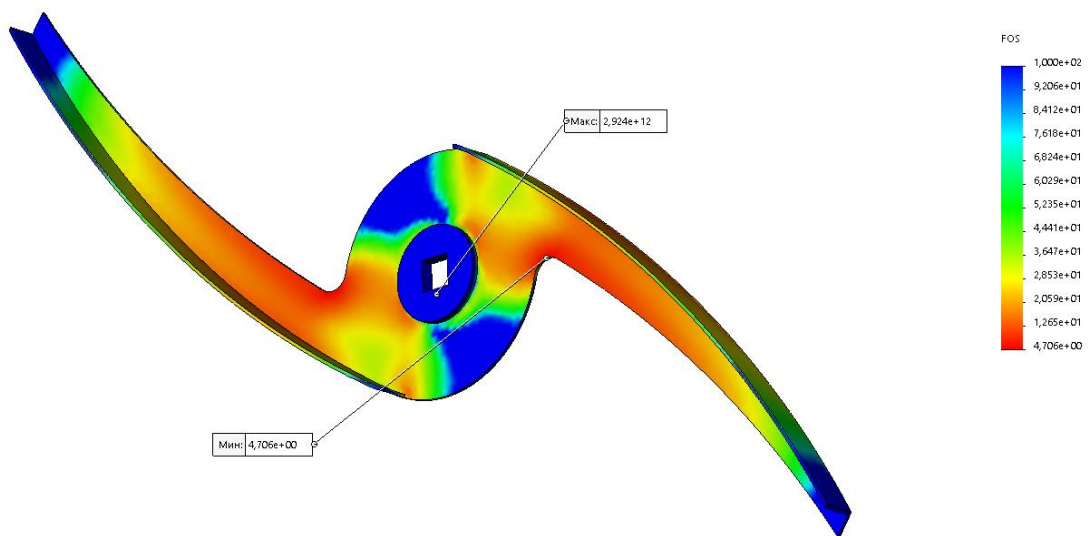


Рис. 4.7. Запас міцності (FOS) лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм)..

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип эпоры: Статический узловое напряжение Напряжение1

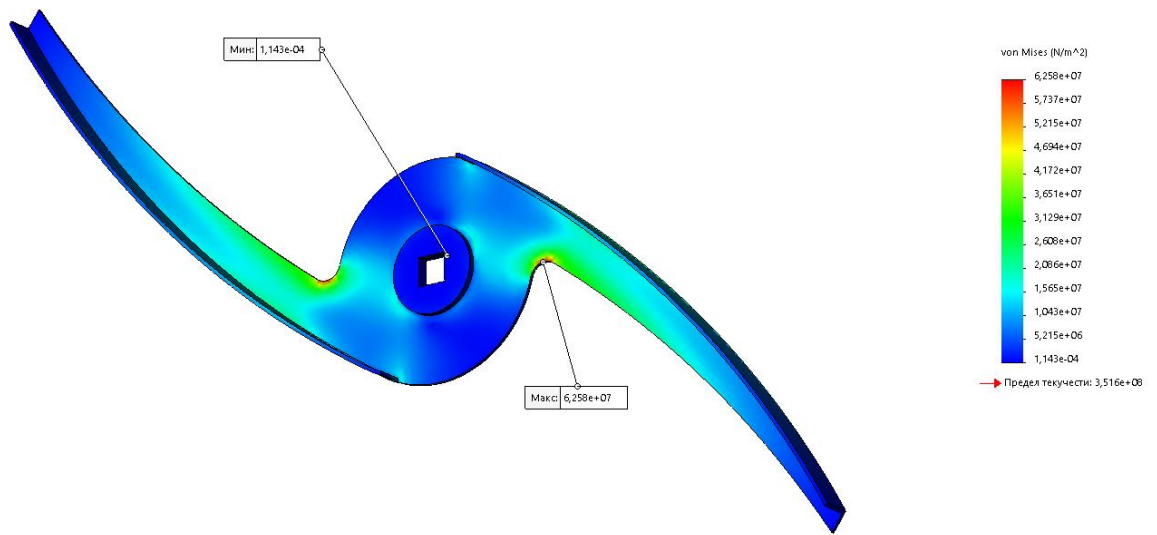


Рис. 4.8. Напряжения за фон Мизесом лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1

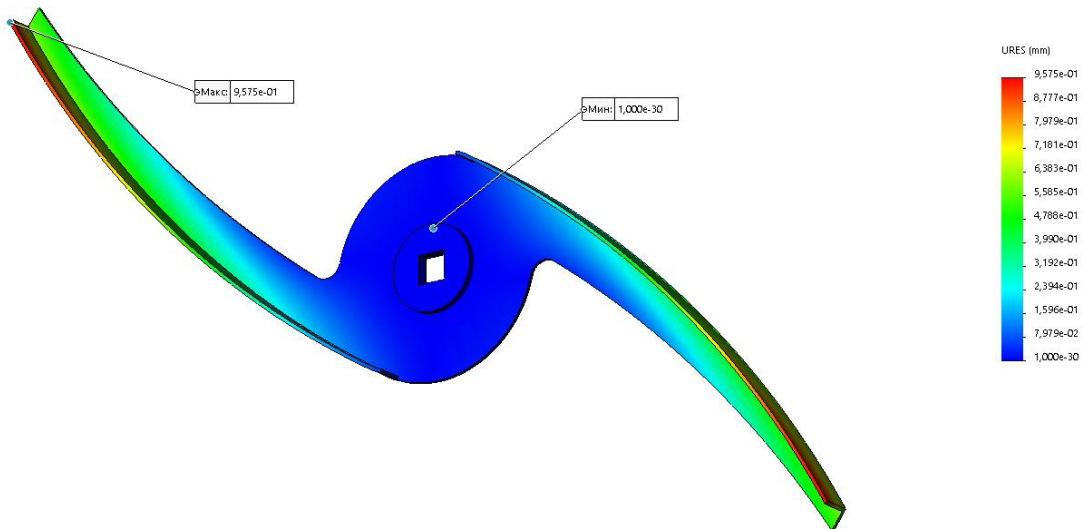


Рис 4.9. Статичне переміщення лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэуры: Статическая деформация Деформация1

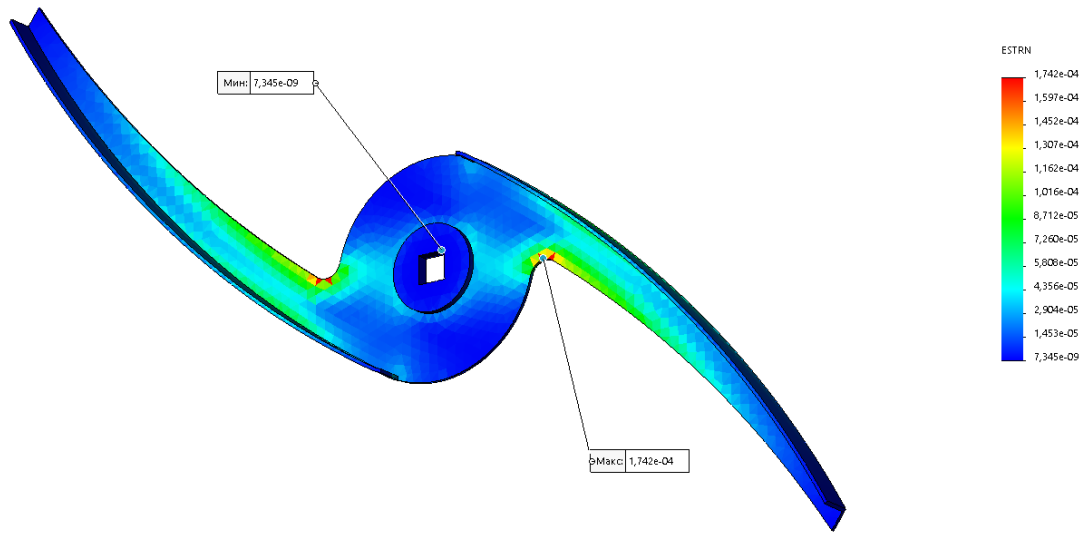


Рис 4.10. Статична деформація лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элэуры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 5,6

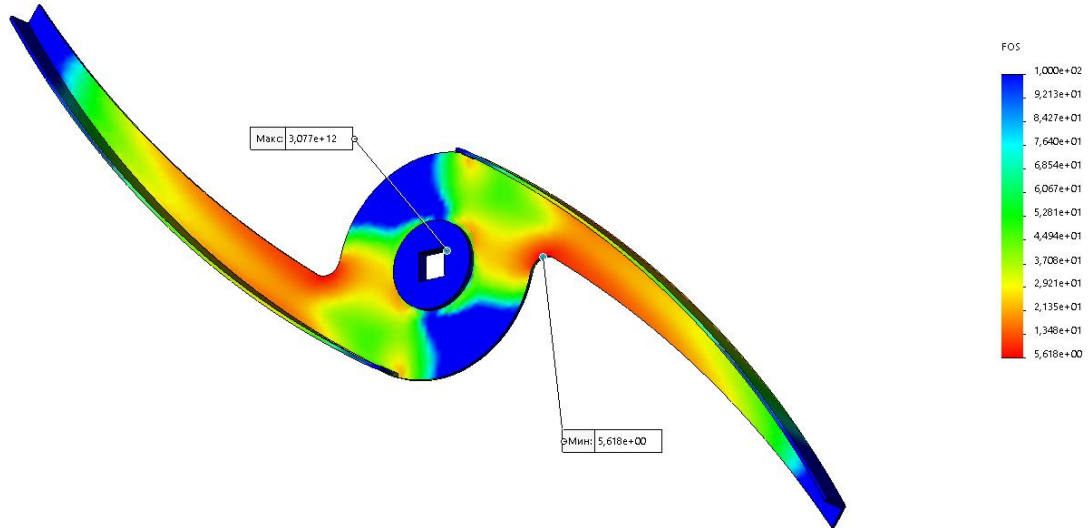


Рис. 4.11. Запас міцності (FOS) лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3,5 мм)..

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1-[По умолчанию]
Тип эпоры: Статический узловое напряжение Напряжение1

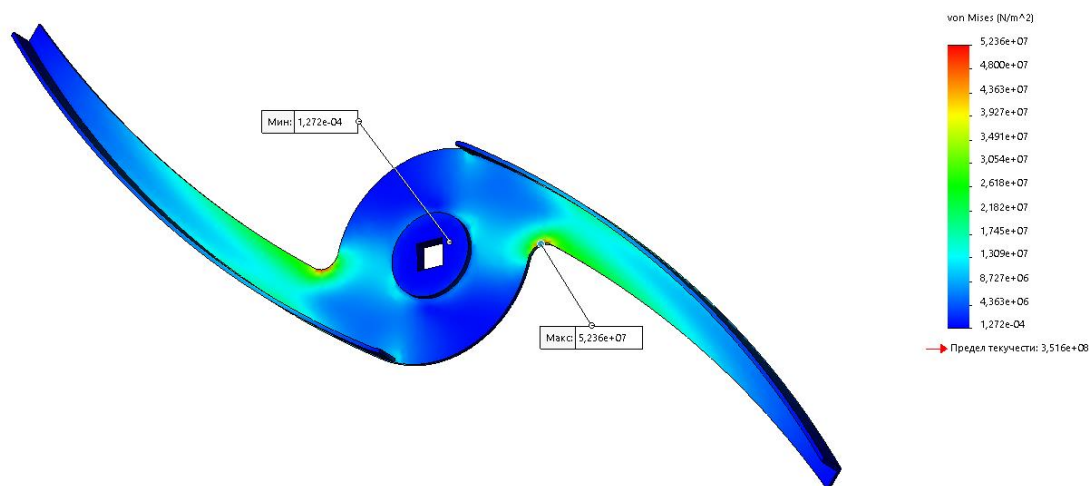


Рис. 4.12. Напряжения за фон Мизесом лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1-[По умолчанию]
Тип эпоры: Статическое перемещение Перемещение1

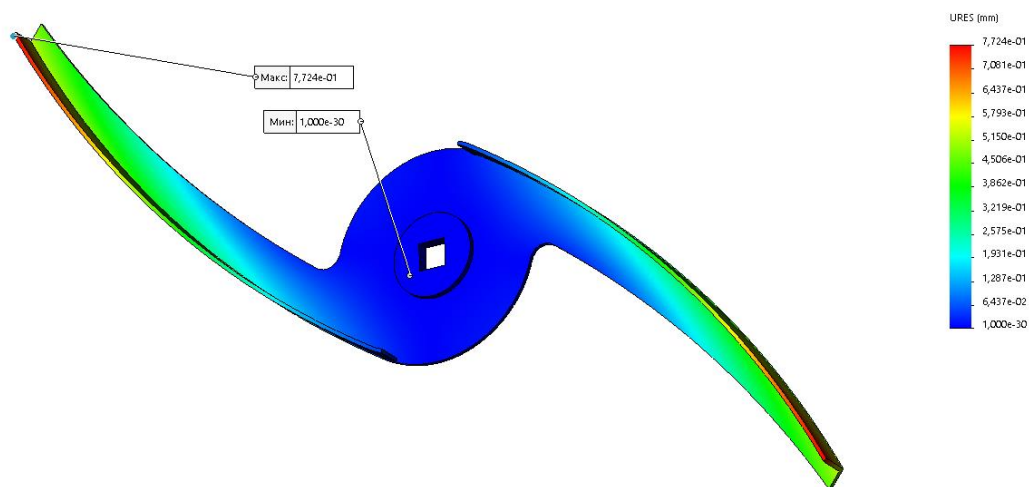


Рис 4.13. Статичне переміщення лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4 мм).

Имя модели:Ротор
Название исследования:Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэри: Статическая деформация Деформация1

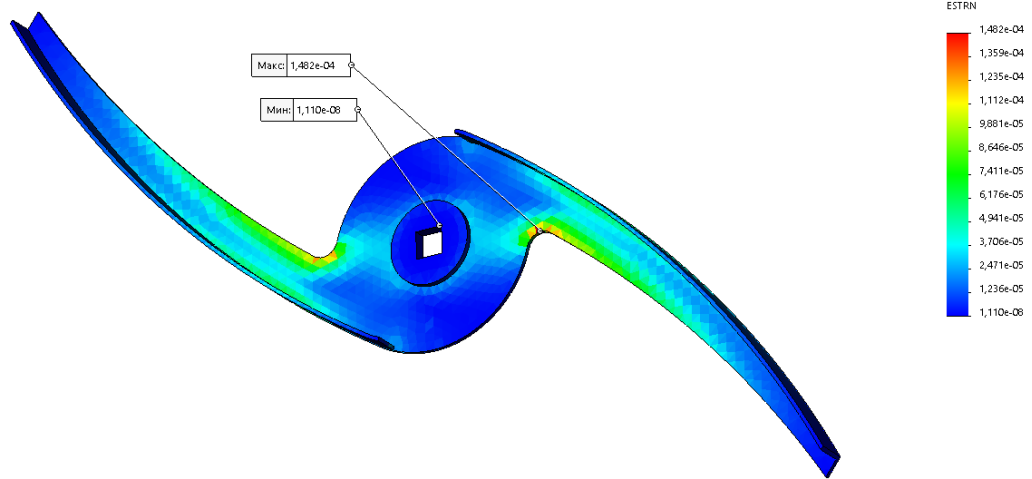


Рис 4.14. Статична деформація лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4 мм).

Имя модели:Ротор
Название исследования:Статический 1[-По умолчанию-]
Тип элэри: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 6,7

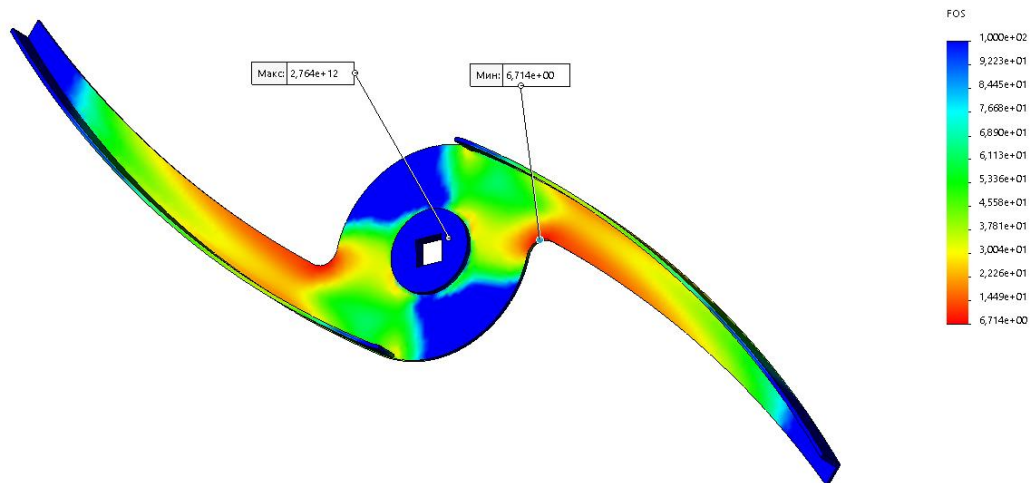


Рис. 4.15. Запас міцності (FOS) лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4 мм)..

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип элюры: Статический узловое напряжение Напряжение1

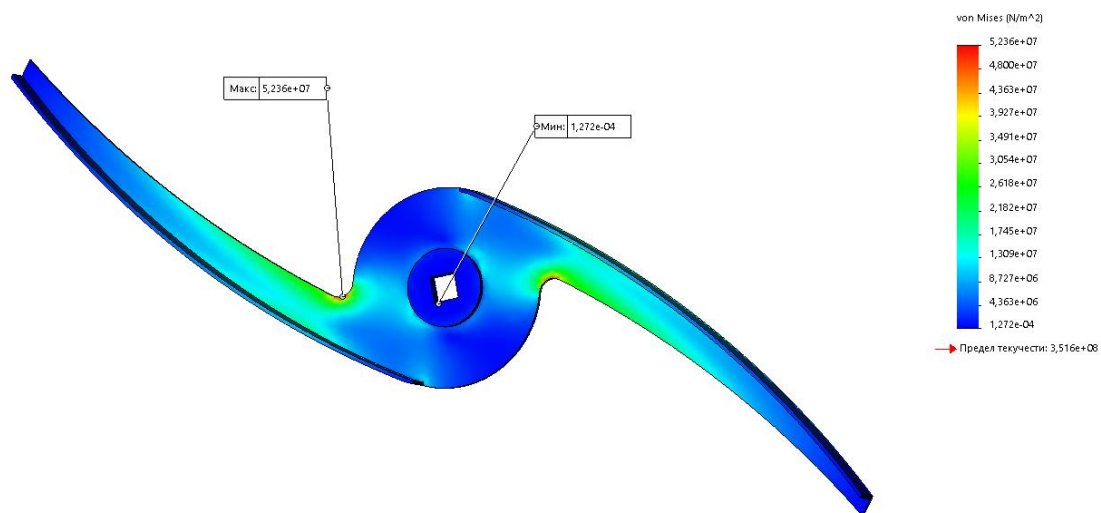


Рис. 4.16. Напряжения за фон Мизесом лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)
Тип элюры: Статическое перемещение Перемещение1

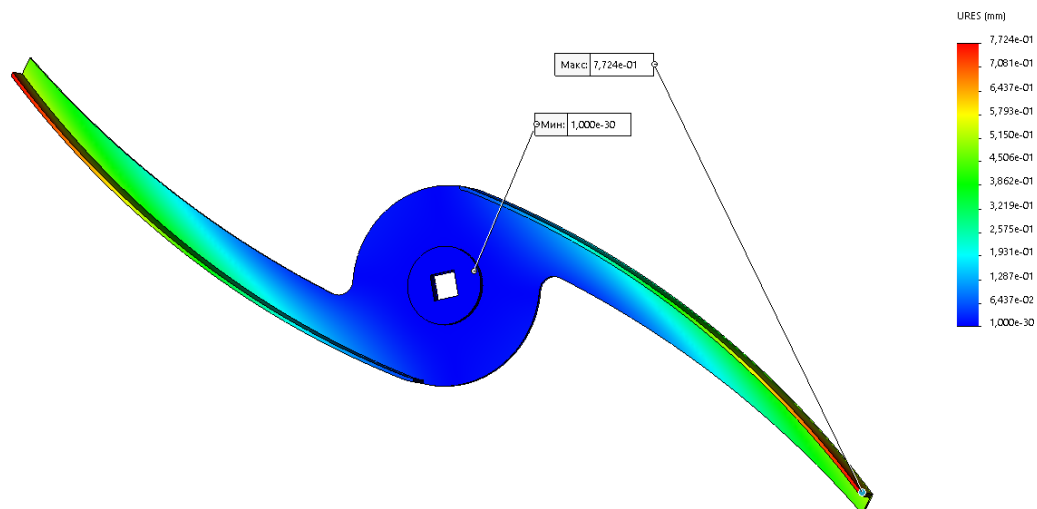


Рис 4.17. Статичне переміщення лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элюры: Статическая деформация Деформация1

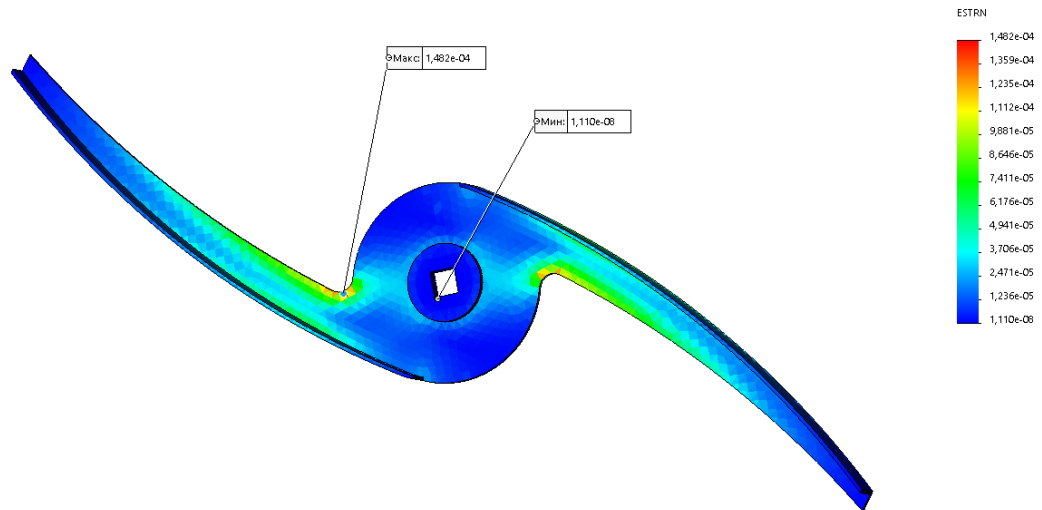


Рис 4. 18. Статична деформація лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4,5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элюры: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: Авто
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 6,7

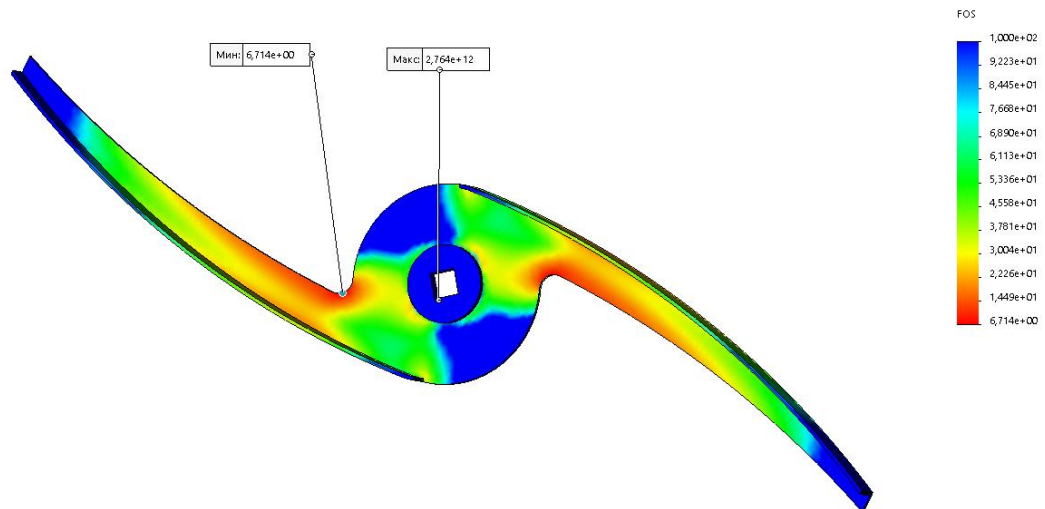


Рис. 4.12. Запас міцності (FOS) лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 4,5 мм)..

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)
Тип элэпур: Статический узловое напряжение Напряжение1

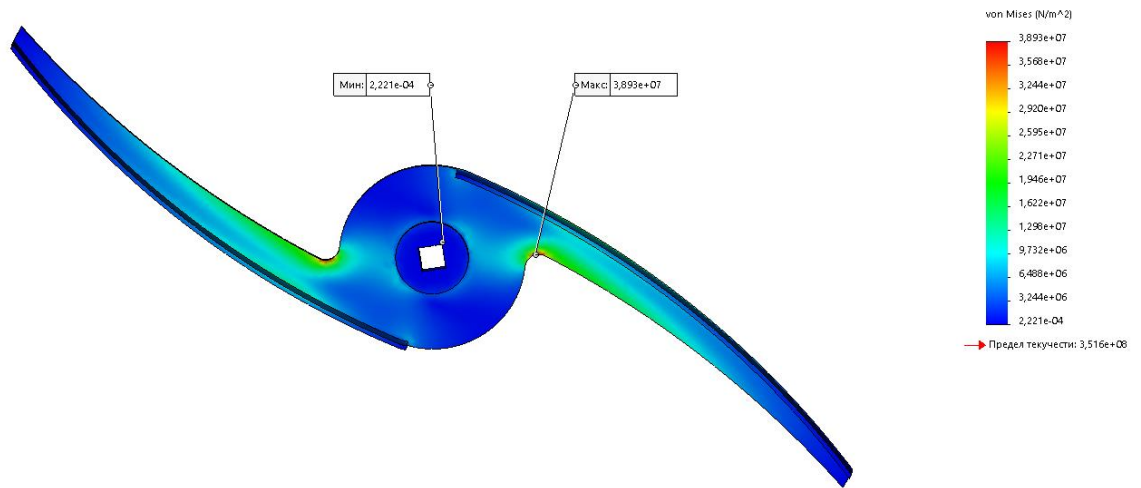


Рис. 4.20. Напряжения за фон Мизесом лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)
Тип элэпур: Статическое перемещение Перемещение1

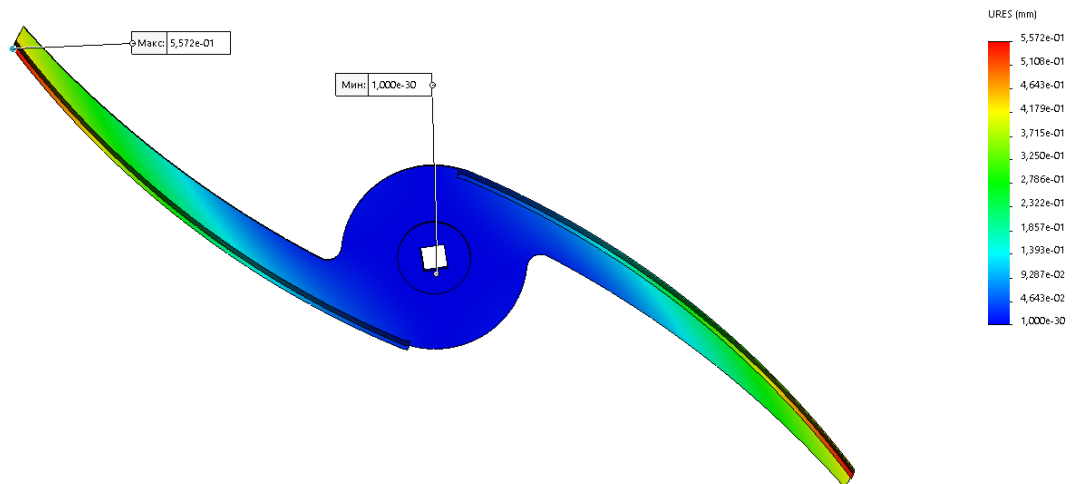


Рис 4.21. Статичне переміщення лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элора: Статическая деформация Деформация1

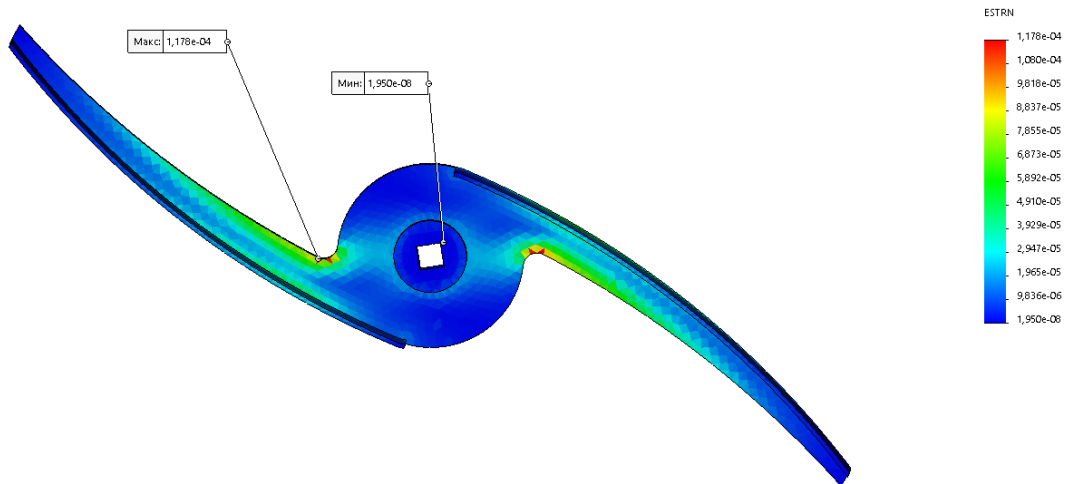


Рис 4.22. Статична деформація лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 5 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
Тип элора: Запас прочности Запас прочности1
Критерий: FOS
Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 9

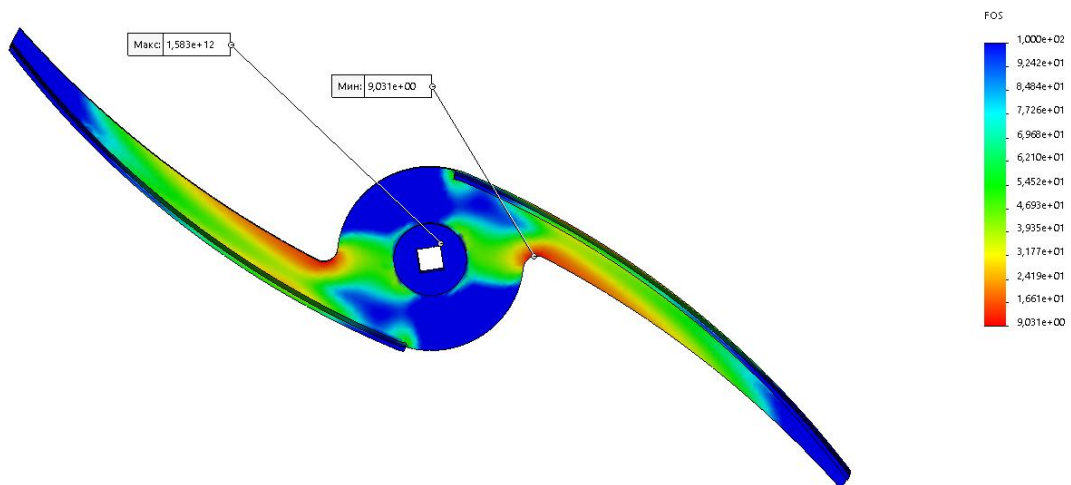


Рис. 4.23. Запас міцності (FOS) лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 5 мм)..

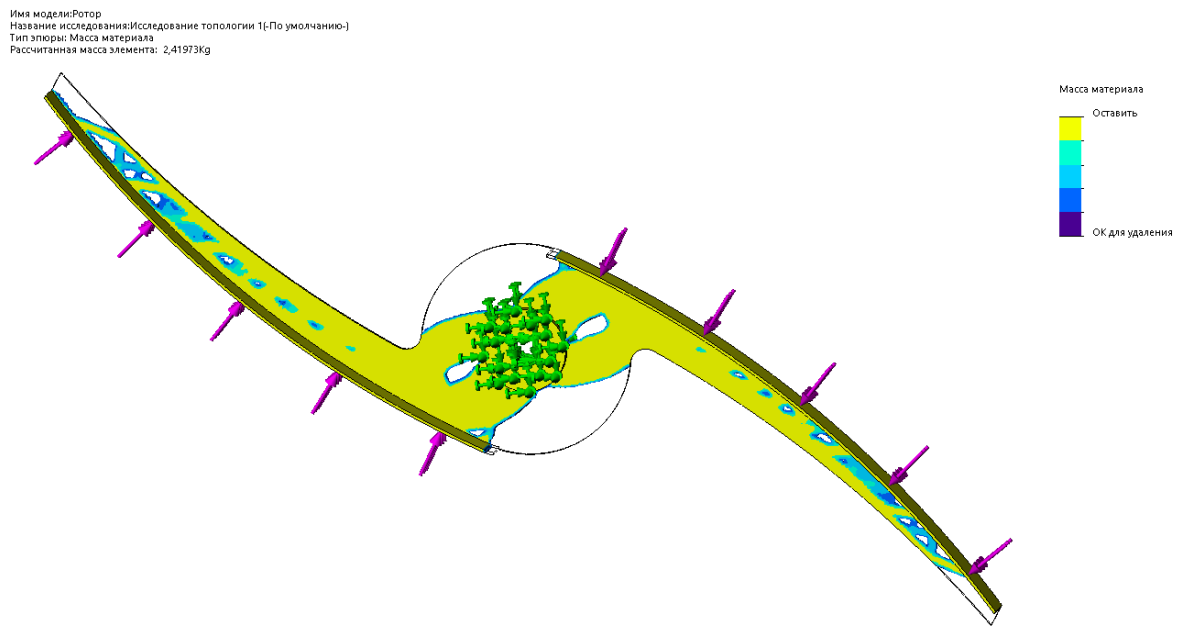


Рис. 4.24. Дослідження толології лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

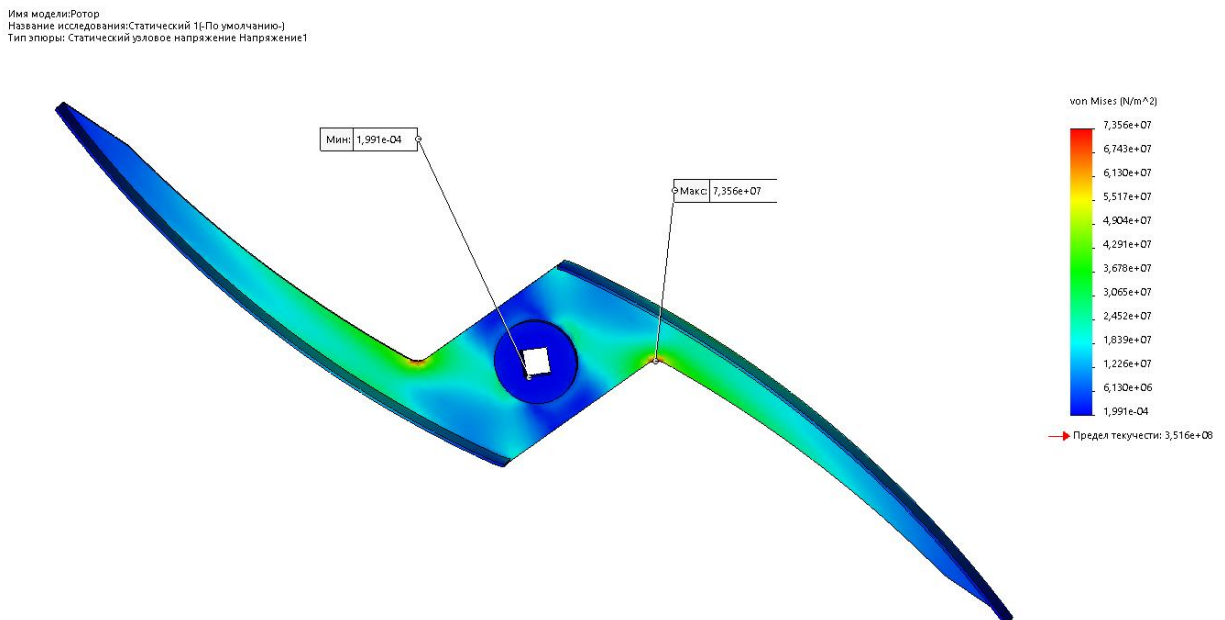


Рис. 4.25. Напруження за фон Мізесом вдосконаленої лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)
Тип элэпы: Статическое перемещение Перемещение1

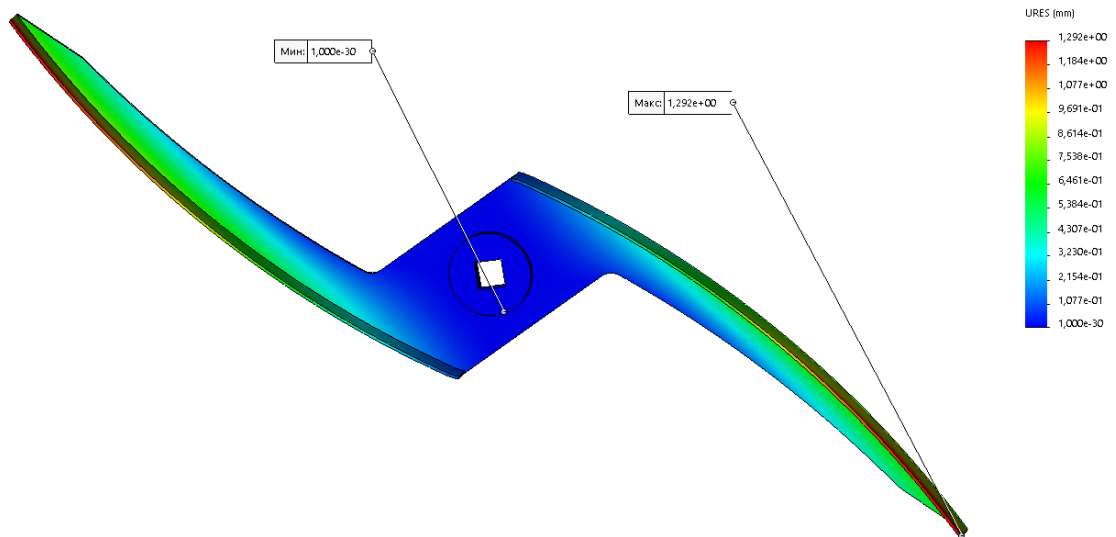


Рис 4.26. Статичне переміщення вдосконаленої лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

Имя модели: Ротор
Название исследования: Статический 1 (-По умолчанию-)
Тип элэпы: Статическая деформация Деформация1

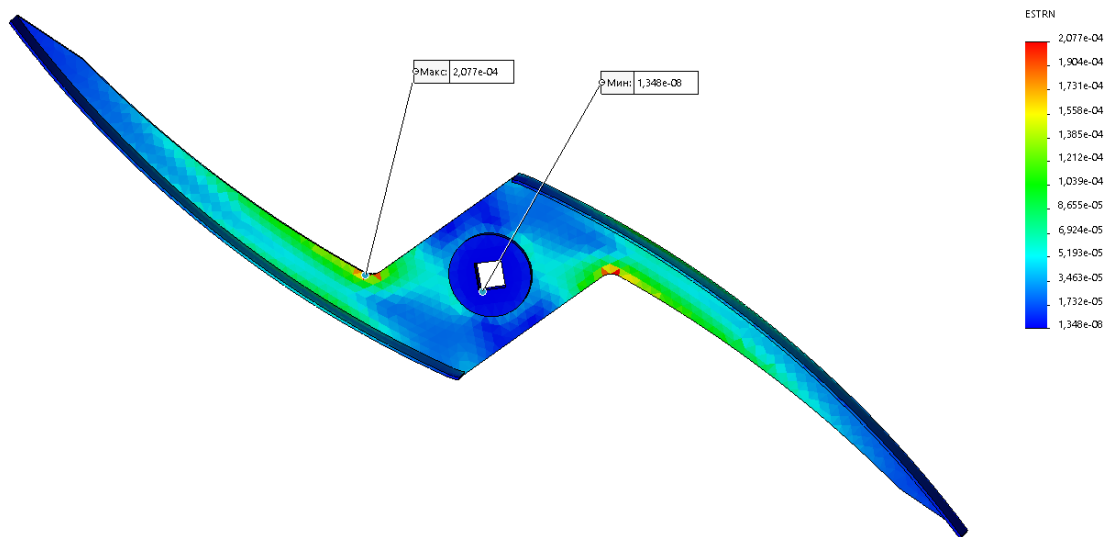


Рис 4.27. Статична деформація вдосконаленої лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм).

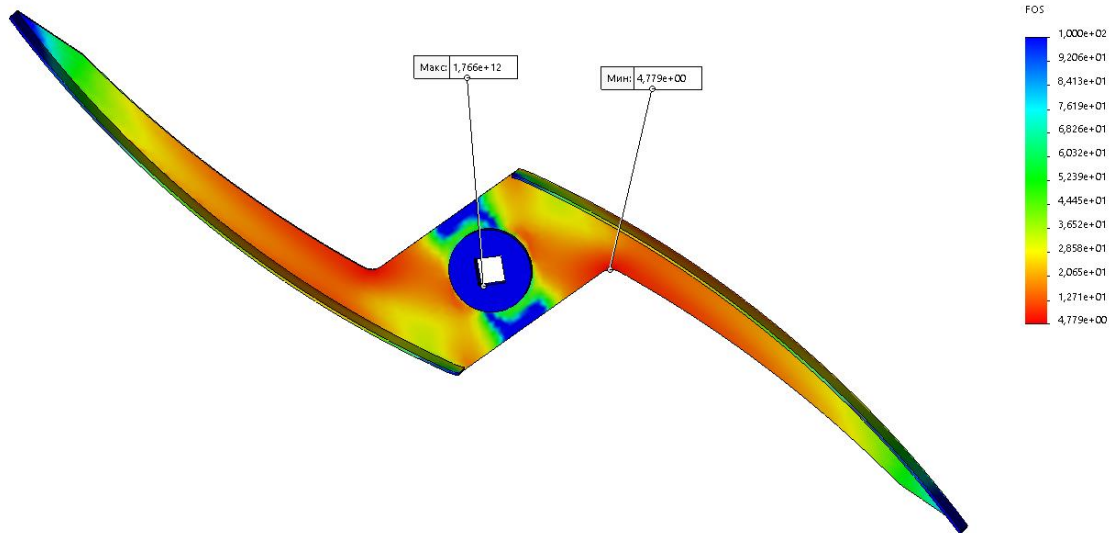


Рис. 4.28. Запас міцності (FOS) вдосконаленої лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П (товщина 3 мм)..

4.3. Аналіз результатів

У процесі формування завдань для дослідження було задіяно набір конструктивні параметрів лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П, а саме:

товщина матеріалу 0,003 м; 0,0035 м; 0,004 м; 0,0045 м; 0,005; м.

Для лопаті зворушувача-нагнітача запропоновано використати сталь 40Х13.

Отримані результати обчислень систематизовано та представлено у вигляді таблиці 4.1, а також на графіках 4.29 – 4.34, які побудовані відповідно до цієї таблиці.

Таблиця 4.1.

Результати числових досліджень для лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П під навантаженням при різних значеннях її товщини

Товщина лопаті	Маса, кг	об'єм, м ³	Von Mises max, N/m ²	URES max, mm	ESTRN, max	Запас міцності, min
3	3,31785	0,00042	7,47E+07	1,26E+00	2,06E-04	4,71E+00
3,5	3,77723	0,000478	6,26E+07	9,58E-01	1,74E-04	5,62E+00
4	4,23657	0,000536	5,24E+07	7,72E-01	1,48E-04	6,71E+00
4,5	4,69589	0,000594	5,24E+07	7,72E-01	1,48E-04	6,71E+00
5	5,15517	0,000653	3,89E+07	5,57E-01	1,18E-04	9,03E+00

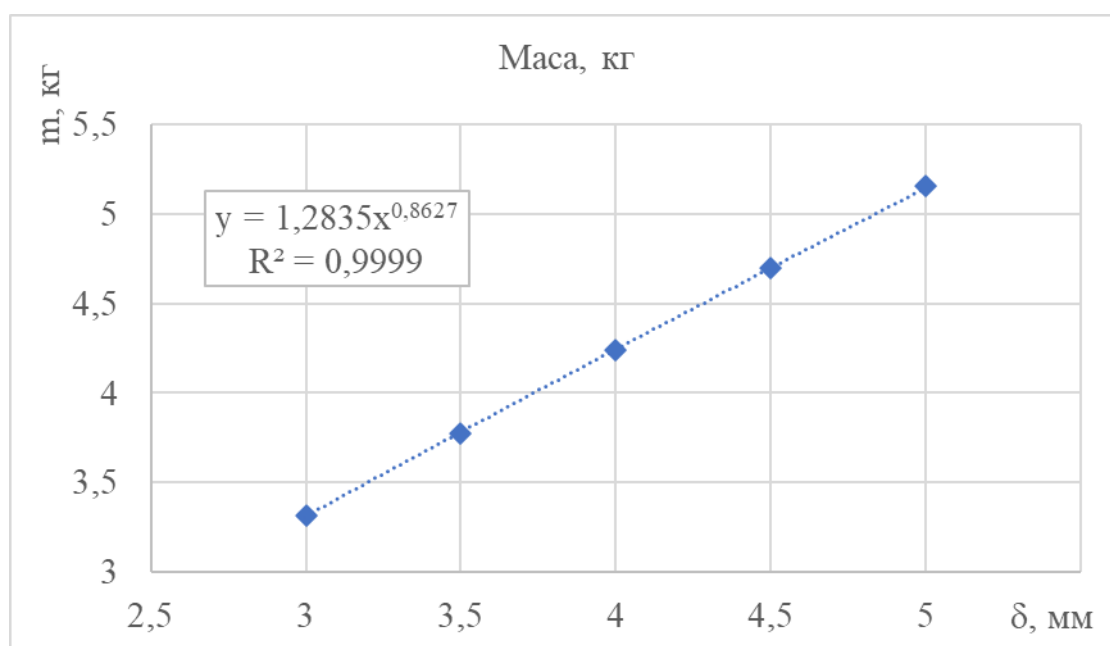


Рис. 4.29. Маса лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

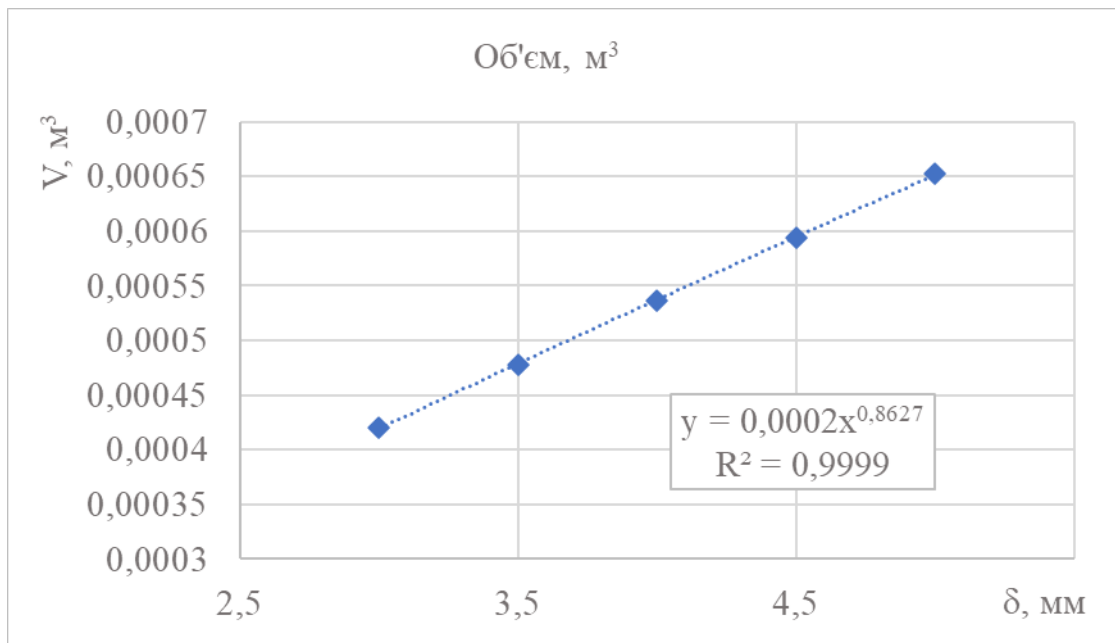


Рис. 4.30. Об'єм лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

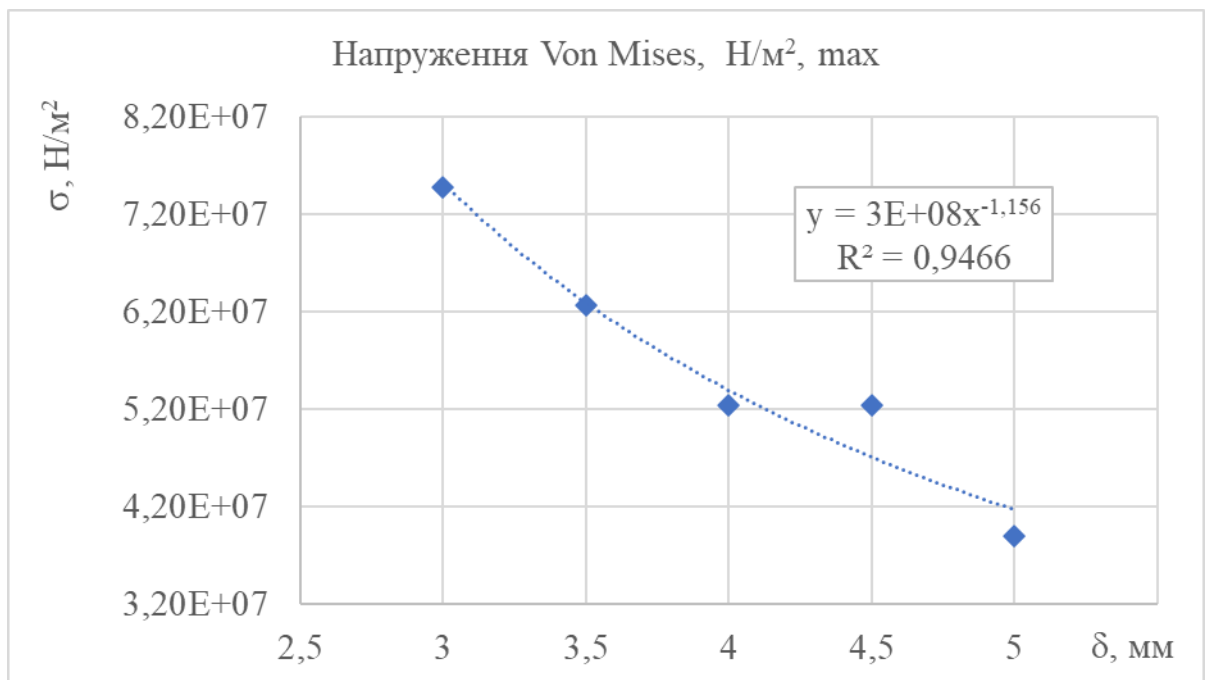


Рис. 4.31. Максимальні напруження лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

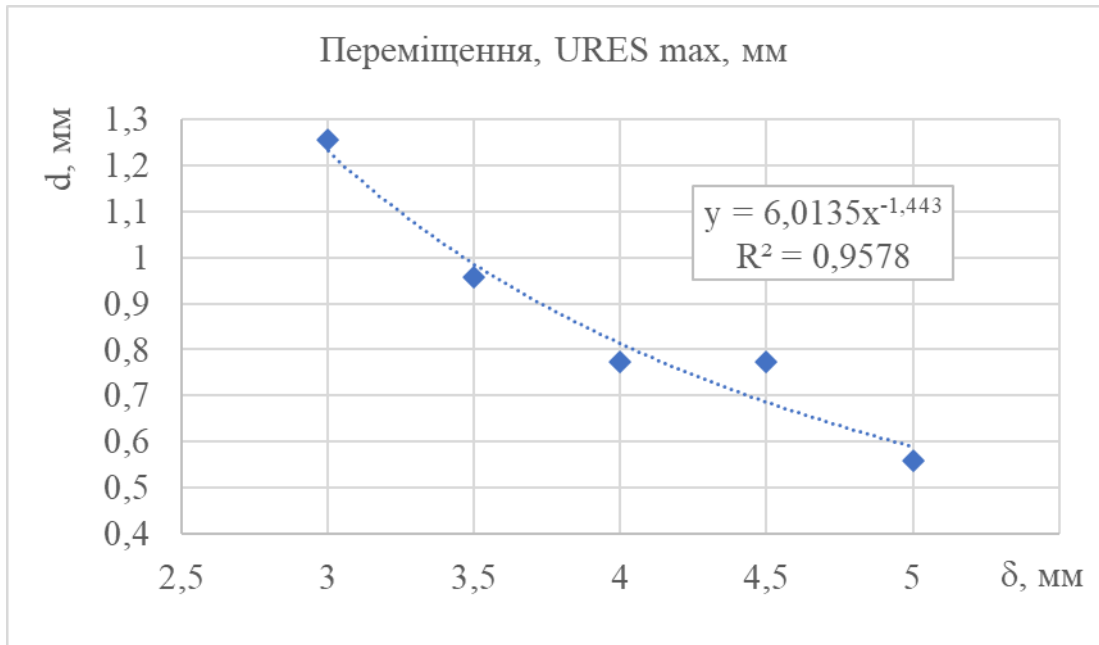


Рис. 4.32. Максимальні переміщення лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

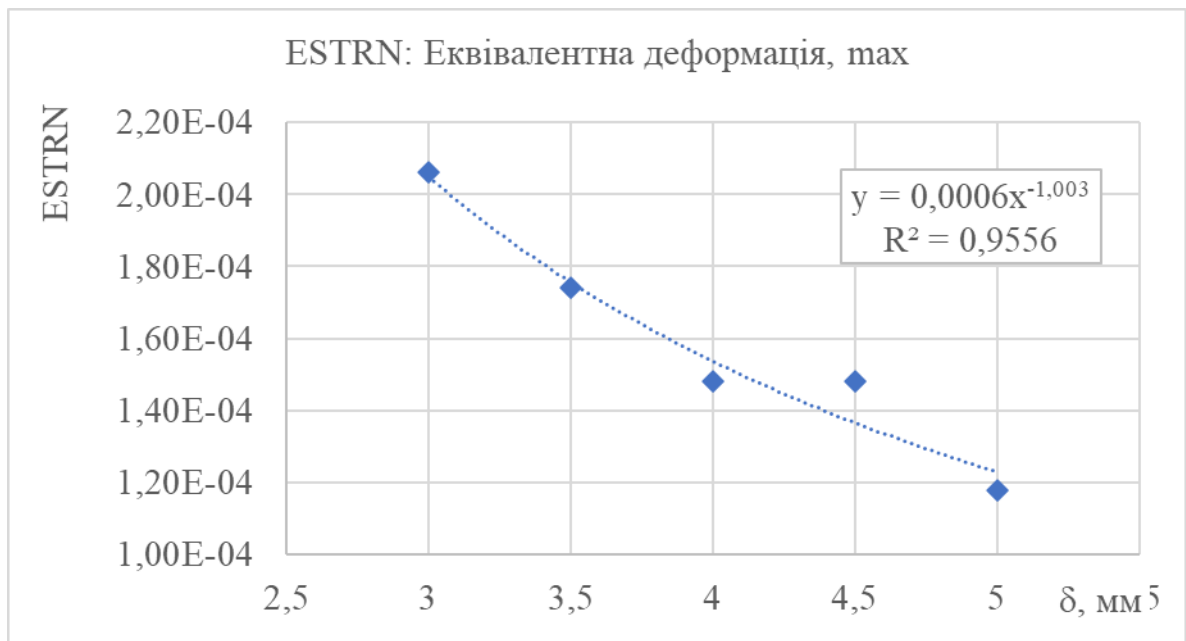


Рис. 4.33. Максимальні деформації лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

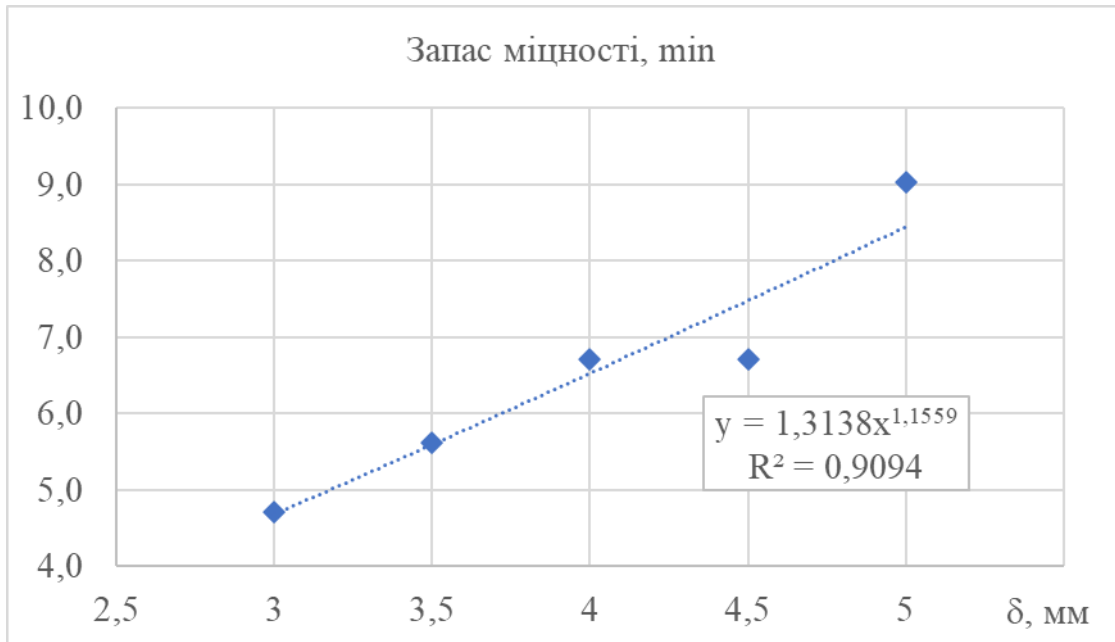


Рис. 4.34. Мінімальний запас міцності лопаті зворушувача-нагнітача в залежності від її товщини.

З використанням електронних таблиць було отримано послідовність зв'язків між параметрами, які підлягають дослідженню. Для більшості рівнянь була обрана зручна у використанні форма у вигляді степеневих виразів.

Залежність маси лопаті зворушувача-нагнітача m від її товщини:

$$m = 1,2835 \delta^{0,8627}$$

$$R^2 = 0,9999$$

Залежність об'єму лопаті зворушувача-нагнітача V від її товщини:

$$V = 0,0002 \delta^{0,8627}$$

$$R^2 = 0,9999$$

Залежність максимальних напружень σ лопаті зворушувача-нагнітача від її товщини:

$$\sigma = 3E+08 \delta^{-1,156}$$

$$R^2 = 0,9466$$

Залежність максимального переміщення $URES$ лопаті зворушувача-нагнітача від її товщини:

$$URES = 6,0135 \delta^{-1,443}$$

$$R^2 = 0,9578$$

Залежність максимальних деформації лопаті зворушувача-нагнітача *ESTRN* від її товщини:

$$ESTRN = 0,0006 \delta^{-1,003}$$

$$R^2 = 0,9556$$

Залежність мінімального запасу міцності *H* лопаті зворушувача-нагнітача від її товщини:

$$H = 1,3138 \delta^{1,1559}$$

$$R^2 = 0,9094$$

Встановлено, що оптимальною з точки зору досліджуваних параметрів є товщина лопаті зворушувача-нагнітача 3 мм.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5.1. Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки

В цеху виробництва печива у технологічному процесі приймають участь: просіювач, насоси для води та інших харчових рідин, місильна машина, формувачна машина, транспотери, піч для готових виробів, глазурувальна машина.

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

При експлуатації печі суттєву небезпеку становлять ситуації, пов'язані з тепловими опіками. Стандартами передбачається максимально допустима температура поверхонь, які є вільні для дотику, не більша від 50°C. З метою забезпечення нормальних умов праці пропонується застосовувати теплоізоляцію, яка б забезпечувала відсутність вільних умов дотику до нагрітих поверхонь.

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

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

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової

продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

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

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

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

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

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з тяжкими 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 розміщенні стрічкових, роликкових та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0,7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до

60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

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

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини. Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха. Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемагляду для контакту з харчовими продуктами.

5.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

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

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

Надійний захист робітників і службовців є важливим фактором підвищення стійкості роботи любого об'єкту народного господарства. З цією метою будуються захисні споруди: сховища для захисту найбільшої працюючої зміни підприємства і протирадіаційного укриття в за місцевій зоні для віддихаючої зміни і членів їх сімей. На ділянках з безперервним виробничим процесом будуються індивідуальні сховища з дистанційним керуванням технологічним процесом. Проводяться підготовчі заходи по розосередженню і евакуації в за місцеву зону виробничого персоналу і членів їх сімей; накопиченні, збереженні і підтримуванні засобів індивідуального захисту.

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

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

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

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

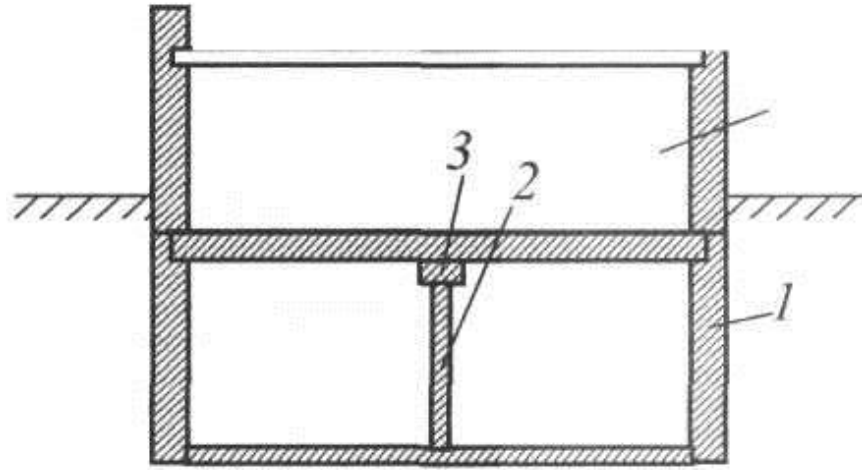


Рис. 5.2 - Підсилення підвальних приміщень:
1 - підвал; 2 - стійка; 3 - балка; 4 - перший поверх

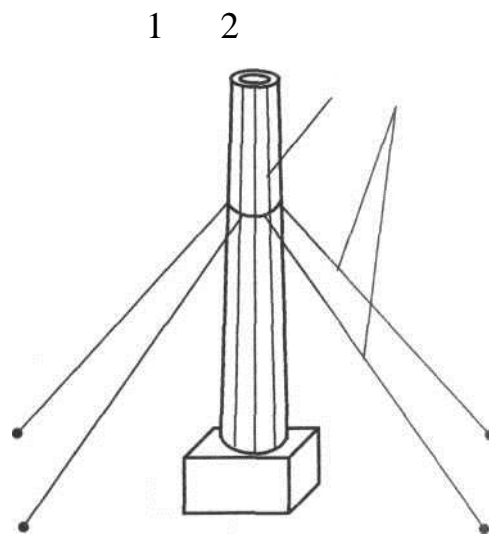


Рис. 5.3 - Укріплення високих споруд:
1 - труба; 2 - відтяжки колони.

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

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

Від стійкості будівель і споруд залежить, як правило, стійкість всього об'єкта. Підвищення їх стійкості досягається встановленням каркасів, рам,

підкосів, контрфорсів, проміжних опор для зменшення зазорів несучих конструкцій (рис. 5.2).

Невисокі споруди для підвищення їх міцності частково обсыпаються землею (рис. 5.3).

Високі споруди для підвищення їх міцності (труби, вишки, башти) закріплюються відтягненнями, розрахованими на дію швидкісного напор у ударної хвилі (рис. 5.4). Захист ємностей з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) і легкозаймистими рідинами здійснюється шляхом їх обвалування - утворення земляного валу навколо ємності, розрахованого на утримання повного об'єму рідини.

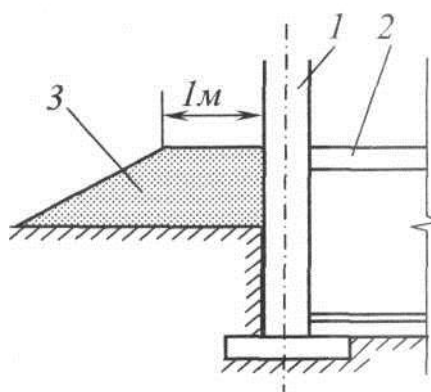


Рис. 5.4 - Обсыпання землею напівпідвальних приміщень:

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

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

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

негорючі обмежувальні конструкції, руйнування яких не вплине на цілісність обладнання.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Додатково проводяться слідуєчі заходи. Максимально зменшуються запаси вибухонебезпечних, вогнебезпечних і сильнодіючих речовин безпосередньо на території об'єкта; наднормативні резерви вивозяться на безпечну відстань. На трубопроводах потрібно встановлювати автоматичні відмикаючі пристрої і клапани-відмикачі, що перекривають ділянки, що вийшли з ладу. Для цілей дегазації на хімічних підприємствах з СДОР необхідно мати резерв різних дегазаційних речовин (лугів, водного розчину аміаку, сірчаного натрію і ін.).

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

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

Надійність матеріально-технічного забезпечення забезпечується встановленням стійких зв'язків з підприємствами-постачальниками; завчасної підготовки складів для зберігання готової продукції; переходу на місцеві джерела

сировини і палива; будівництвом за межами великих міст філіалів підприємств; створенням на об'єктах запасів сировини, палива, обладнання матеріалів і комплектуючих деталей; організацією забезпечення запасами в межах об'єднання, галузі.

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

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

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

Висновки

У кваліфікаційній роботі магістра вирішується науково-технічна задача дослідження впливу товщини лопаті зворушувача-нагнітача машини для просіювання сипких продуктів марки П2П на її параметри міцності.

Модернізація конструкції існуючого вузла подачі сировини машини для просіювання сипких продуктів марки П2П полягає у заміні литої конструкції лопаті зворушувача-нагнітача на виготовлену з листового металу товщиною 3 мм із навареним потовщенням у ділянці передачі крутного моменту.

У процесі формування завдань для дослідження було задіяно ряд конструктивних параметрів товщини листового металу, а саме: 0,003 м; 0,0035 м; 0,004 м; 0,0045 м; 0,005 м.

Для лопаті зворушувача-нагнітача запропоновано використати сталь 40Х13.

На основі проведених досліджень виявлено, що товщина лопаті зворушувача-нагнітача має вплив на рівень напруження за фон Мізесом, статичні переміщення, залишкові деформації, а також на запас міцності (FOS).

Встановлено, що оптимальною з точки зору досліджуваних параметрів є поєднання ширини товщина листового матеріалу для лопаті зворушувача-нагнітача 3 мм.

У заключному розділі магістерської роботи розглядаються аспекти охорони праці та заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях. Запропоновані науково-технічні рішення, які висвітлені у цій роботі, виявляються актуальними та доцільними.

Перелік посилань

1. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв. –Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 406 с.
2. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв / Поперечний А.М., Черевко О.І., Гаркуша В.Б.,Кирпиченко Н.В.-К.:ЦУЛ,2007.-304с.
3. Верхівкер Я.Г. Технологічний інжиніринг підприємств харчової галузі : навч. посіб. / Я.Г. Верхівкер, О.С. Бессараб, ТІ. Нікітчина ; за ред. Я.Г. Верхівкера; Одес. нац. акад. харч, технологій, І Іац. ун–т харч, технологій – Одеса : Освіта України, 2017. – 144 с.
4. Гвоздев О.В. Машины та обладнання хлібопекарського виробництва: Підручник / О.В. Гвоздев, Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Олексієнко. – К.: Вища освіта, 2010. – 307 с
5. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв/ О.Т. Лисовенко, О.А. Руденко – Грицюк, І.М. Литовченко та ін.. К.: Наукова думка. 2000. – 283 с.
6. Полтарак М.И. и др. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной промышленности. Справочник. – К.: Урожай, 1989.– 200с.
7. Петько В.Ф., Гапонюк О.І, Петько Є.В., Уляницький А.В. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв . підручник./За редакцією доктора технічних наук, професора О.І. Гапонюка — К.: Центр учбової літератури, 2007.— 432 с.
8. Маракін М. С. Формування якості борошна в процесі виробництва / М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ТНТУ, 2023. — С.283.
9. Ворощук В.Я. Інноваційні методи отримання знань інженерними кадрами : Міжнародна науково-методична конференція до 50-річчя кафедри устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, 23–24 травня 2019 р, С. 38-39.

10. Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності : третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. : [тези доп.] / під заг. ред. . Г. В. Дейниченко. – Харків : ХДУХТ, 2019. – 272 с. С.108-109.
11. Ворощук В.Я., Вітенько Т.М. «Інжиниринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.
12. Ростислав Баран, Віктор Ворощук. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023. Ч.2. С.20.
13. Олександр Смолій, Віктор Ворощук. Застосування PLM-систем в процесі експлуатації обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3-7 квітня 2023 р. К., НУХТ, 2023 р. Ч.2. С. 36.
14. Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Розрахунки і проектування деталей машини. - Харків. Основа, 1991.- 275с.
15. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.– К.: Вища школа, 1993.– 556с.
16. Keska Pawel. SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings. CADvantage, 2021. – 1586 p.
17. Dassault Systemes. Theoretical Manual SolidWorks Simulation. Dassault Systemes, 2015. – 114 p.
18. Kurowski P.M. Engineering Analysis with Solidworks Simulation 2018. USA: SDC Publications, 2018. – 597 p.
19. SolidWorks 2010: Расширенное моделирование деталей. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.– 2009.– 333 с.

20. Основи охорони праці : підручник. 2-ге видання /К.Н.Ткачук, М.О.Халімовський, В.В. Зацарний та ін. К.: Основа, 2006. 448 с
21. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
22. Губський А.І., Цивільна оборона. – К.: Міністерство освіти, 1995. – 216 с.
23. Суло С.Т., Заплатинський В.М., Харамда Г.М. Цивільний захист: Навч. посібник/ За ред. проф. М.О. Біляковича. – К.: Арістей, 2007. – 386 с.

Додаток А

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

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник
тез доповідей

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



**УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2023**

УДК 664.7

М. С. Маракін, Д. Р. Гавліч

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ БОРОШНА В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА

M. S. Marakin, D. R. Havlich

FORMATION OF FLOUR QUALITY IN THE PRODUCTION PROCESS

Формування якості борошна в процесі виробництва є складним та багаторівневим процесом, який включає ряд кроків та управлінських заходів для досягнення бажаних характеристик продукту. Основні аспекти формування якості борошна включають:

- Підготовка сировини: якість борошна значно залежить від якості вихідного сировини, а саме зерна пшениці. Вибір відповідного сорту пшениці, його вологовмісту, клейкості та інших характеристик є ключовим для успішного формування якості. Також такі фактори, як удобрення, обробка, умови зберігання та обробка після збору можуть впливати на якість борошна.

- Помел та підготовка борошна: процес помелу включає дертьовий та розмельний етапи. Дертьовий етап забезпечує зняття оболонки та отримання крупки, а розмельний етап відповідає за здрібнення крупки до бажаного розміру. Під час цих етапів формується текстура та розмір часток борошна. Принципи руйнування зерна визначаються конкретним типом обладнання та його параметрами (швидкість, тиск, конструкція робочих елементів). Важливо враховувати, що правильний вибір подрібнюючої машини залежить від конкретного завдання, типу зерна та очікуваних характеристик продукту.

- Регулювання якості за допомогою технологічних параметрів: керування технологічними параметрами, такими як тиск, температура, час подрібнення та інші, впливає на фізико-хімічні властивості борошна. Це дозволяє досягти бажаної консистенції та характеристик продукту.

- Сортування та класифікація: борошно поділяється на різні сорти в залежності від його зольності, колориту, текстури та інших параметрів. Цей етап формування якості дозволяє отримати різні види борошна для різних виробів.

- Контроль якості: системи контролю якості включають в себе використання сучасних аналітичних методів для оцінки характеристик борошна. Вимірюються такі параметри, як вологість, протеїни, зольність, кольорові показники та інші.

- Формування сортів: додатковим етапом є формування різних сортів борошна шляхом змішування різних партій з різними характеристиками. Формування різних сортів борошна - це комплексний процес, який вимагає уваги до деталей та контролю якості на кожному етапі виробництва. В результаті цього процесу можна отримати борошно з різним вмістом протеїнів, текстурою та іншими характеристиками для виробництва різних видів хлібобулочних виробів.

- Управління виробництвом: оптимізація та управління всім процесом виробництва, включаючи регулювання обладнання, моніторинг технологічних параметрів та введення коректив за необхідності.

Забезпечення високої якості борошна вимагає ретельного контролю усіх характеристик на кожному етапі виробництва, починаючи від вибору сировини і закінчуючи контролем якості готового борошна. Загальний успіх формування якості борошна визначається впливом всіх цих аспектів на характеристики кінцевого продукту, такі як структура тіста, смак, аромат та інші властивості хлібобулочних виробів.

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