

Хмельницький національний університет
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

Рівень вищої освіти

Модернізація лінії з виробництва з виробництва вафель

Назва теми

Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Машини і апарати харчових виробництв»

Шифр ДП МАХВМ 25.01.00.00

Виконав студент 2 курсу, група МАХВМ-24-1,  Трофимчук

Підпис

Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

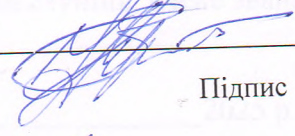
Курской В.С., доц., к.т.н.

Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь


Підпис


Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою

 Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2025

Хмельницький національний університет
Факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти – *магістр*

Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма – «Машини і апарати харчових виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____ 2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Трофимчук Максим Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема проєкту Модернізація лінії з виробництва з виробництва вафель

Керівник проєкту Курской Володимир Сергійович, к.т.н.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 р. № _____

2 Термін подання студентом проєкту (роботи) на кафедру _____

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапу (розділу) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапу проекту (роботи)	Примітка
1		
2		
3		
...		

Студент _____

Підпис

М.О. Трофимчук

Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи) _____ В.С. Курской

Підпис

Ініціали, прізвище

У ході виконання дипломної роботи було розглянуто питання модернізації лінії з виробництва вафель з метою підвищення ефективності технологічного процесу, стабільності якості готової продукції та надійності роботи основного обладнання. Проведений аналіз сучасного стану виробництва вафель підтвердив актуальність теми, зокрема в частині точного дозування сипких компонентів.

У технологічній частині роботи наведено загальну технологію виробництва вафель, розкрито послідовність основних етапів процесу. Особливу увагу приділено операціям дозування, як одним із найбільш відповідальних етапів технологічного процесу. Обґрунтовано доцільність використання шнекових дозаторів для подачі сипких компонентів у виробництві вафель.

У конструкторській частині виконано обґрунтування вибору та модернізації шнекового дозатора, зокрема шляхом покращення умов подачі сипкого матеріалу та зменшення ймовірності утворення містків у бункері. Розглянуто доцільність застосування вібратора з відповідною віброізоляцією як ефективного засобу інтенсифікації процесу розвантаження бункера.

За допомогою програмного середовища SolidWorks Simulation виконано розрахунок міцності шнека дозатора методом скінченних елементів. Проведено аналіз напружень, деформацій та запасу міцності конструкції.

У розділі з охорони праці та екологічної безпеки розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, характерні для виробництва вафель, а також запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці та зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	7
Загальна технологія виробництва вафель	7
Підбір обладнання лінії з виробництва вафель	9
КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	23
Патентний пошук	23
Розрахунок шнека дозатора.....	38
Проектування шнекового дозатора методами САПР	45
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	55
ВИСНОВОК.....	61
ДОДАТКИ.....	63

Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв. № дубл.		Подп. и дата		ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ		
Инв. № подл.		Лит	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		Лит	Лист	Листов
Разраб.	Трофимчук									
Пров.	Курской									
Т. контр.										
Н. контр.	Лук'янюк									
Утв.	Мартинюк									
								МАХВМ-24-1Error! Unknown document property name.		

ВСТУП

Харчова промисловість є однією з ключових галузей економіки, що забезпечує населення продуктами повсякденного споживання та відіграє важливу роль у формуванні продовольчої безпеки країни. В умовах зростання конкуренції та підвищення вимог споживачів до якості, стабільності та безпечності харчових продуктів особливої актуальності набуває питання вдосконалення технологічних процесів і модернізації існуючих виробничих ліній. Вафлі належать до популярних кондитерських виробів, які характеризуються стабільним попитом завдяки своїм смаковим властивостям, тривалому терміну зберігання та широкому асортименту. Якість готової вафельної продукції значною мірою визначається точністю дотримання рецептури, рівномірністю приготування тіста та стабільністю роботи технологічного обладнання. Одним із критичних етапів у виробництві вафель є дозування сипких компонентів, зокрема борошна, цукру та інших добавок. На практиці під час експлуатації дозувального обладнання часто виникають проблеми, пов'язані з утворенням містків та зависанням сипких матеріалів у бункерах, що призводить до порушення рівномірності подачі, зниження точності дозування та нестабільності технологічного процесу. Це, у свою чергу, негативно впливає на якість продукції та ефективність роботи виробничої лінії в цілому. У зв'язку з цим актуальним є завдання модернізації лінії з виробництва вафель шляхом удосконалення вузла дозування сипких компонентів. Особливу увагу доцільно приділити конструкції шнекового дозатора, який широко застосовується в харчовій промисловості завдяки простоті, надійності та можливості забезпечення безперервної подачі матеріалу. Впровадження додаткових конструктивних рішень, спрямованих на запобігання утворенню містків, дозволяє підвищити стабільність роботи дозатора та точність дозування.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

5

Метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація лінії з виробництва вафель шляхом удосконалення шнекового дозатора сипких компонентів із обґрунтуванням конструктивних рішень та перевіркою їхньої міцності і надійності. Для досягнення поставленої мети в роботі виконано аналіз технології виробництва вафель, підбір та обґрунтування обладнання, розробку конструктивних рішень, а також інженерні розрахунки з використанням сучасних програмних засобів.

Инв. № подп	Подп. и дата			
	Взам. инв. №			
Инв. № дубл.	Подп. и дата			
	Инв. № подп			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ				Лист 6

1.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Технологічна частина дипломної роботи присвячена аналізу та обґрунтуванню технологічного процесу виробництва вафель з урахуванням вимог до якості готової продукції, стабільності виробничого процесу та ефективності використання обладнання. Саме на цьому етапі визначаються основні технологічні операції, їх послідовність, режими роботи та взаємозв'язок між окремими стадіями виробництва. Виробництво вафель є складним багатостадійним процесом, що включає підготовку та дозування сировини, приготування вафельного тіста, формування й випікання вафельних листів, приготування та нанесення начинки, формування виробів, різання та пакування готової продукції. Кожен з етапів суттєво впливає на якісні показники вафель, зокрема їх структуру, хрусткість, смакові властивості та зовнішній вигляд. Особливу роль у технологічному процесі відіграє точність дозування компонентів, насамперед сипких матеріалів, таких як борошно та цукор. Порушення режимів дозування призводить до нестабільності реологічних властивостей тіста, зниження якості готової продукції та збільшення втрат сировини. Тому в межах технологічної частини особливу увагу приділено аналізу роботи дозувального обладнання та обґрунтуванню необхідності його модернізації. У технологічній частині роботи розглядаються загальна схема виробництва вафель, рецептурні особливості, вимоги до основних технологічних параметрів, а також фактори, що впливають на надійність і безперервність процесу. На основі проведеного аналізу формуються вихідні дані для конструкторської частини, у якій розробляються технічні рішення щодо вдосконалення окремих вузлів технологічної лінії.

Загальна технологія виробництва вафель

Технологічний процес виробництва вафель являє собою безперервну послідовність операцій, спрямованих на отримання тонких пористих вафельних виробів із заданими структурними та смаковими

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

7

Ине. № подл.	Подп. и дата			
Ине. № дубл.	Взам. ине. №			
Подп. и дата				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

характеристиками. Формування якості готової продукції відбувається на всіх стадіях виробництва, починаючи з підготовки сировини та закінчуючи пакуванням виробів, що обумовлює необхідність суворого дотримання технологічних режимів.

Виробничий процес розпочинається з приймання та підготовки сировини. Сипкі компоненти очищуються від можливих домішок і піддаються просіюванню з метою покращення їх сипучості та забезпечення рівномірного введення в тісто. Рідкі та жирові компоненти приводяться до стану, придатного для дозування, що досягається підігрівом і перемішуванням. Підготовка сировини забезпечує стабільність фізико-хімічних властивостей компонентів і створює передумови для отримання тіста з необхідними технологічними характеристиками.

Після підготовки здійснюється дозування компонентів відповідно до рецептури. Точність цієї операції має вирішальне значення для забезпечення постійного складу вафельного тіста. Порушення співвідношення компонентів призводить до зміни в'язкості тіста, що негативно впливає на процес формування та випікання вафельних листів. Тому дозування виконується з використанням механізованих та автоматизованих засобів, які забезпечують стабільність подачі компонентів.

Дозовані компоненти надходять у змішувальне обладнання, де відбувається приготування вафельного тіста. У процесі перемішування формується однорідна рідка маса без грудок і включень повітря, з низькою в'язкістю та високою текучістю. Отримане тісто повинно рівномірно розподілятися по поверхні форм, що є необхідною умовою утворення тонких вафельних листів однакової товщини.

Готове тісто подається до вафельної печі, де здійснюється його формування та випікання. Під час випікання відбувається інтенсивне видалення вологи, стабілізація структури та утворення характерної пористості вафельного листа. Температурний режим і тривалість випікання підбираються

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

таким чином, щоб забезпечити хрусткість виробу без підгоряння та деформацій.

Після випікання вафельні листи охолоджуються до температури, що дозволяє виконувати подальші технологічні операції без порушення їх цілісності. Охолодження забезпечує стабілізацію структури листів і зменшення їх ламкості.

На наступній стадії здійснюється приготування начинки, яка повинна мати однорідну структуру та відповідну пластичність. Після цього начинка наноситься на поверхню вафельних листів рівномірним шаром, а листи з'єднуються між собою з утворенням багатошарових блоків. Сформовані блоки витримуються або охолоджуються для забезпечення надійного з'єднання шарів і стабільності геометричних розмірів.

Після стабілізації вафельні блоки підлягають різанню на вироби заданої форми та розмірів. Якість цієї операції визначає товарний вигляд готової продукції та точність геометричних параметрів вафель.

Завершальним етапом технологічного процесу є пакування готових вафель, яке забезпечує захист продукції від зволоження, механічних пошкоджень і зовнішніх впливів. Упаковані вироби направляються на зберігання та подальше транспортування з дотриманням установлених умов.

Таким чином, загальна технологія виробництва вафель є послідовним і взаємопов'язаним процесом, у якому стабільність роботи кожної стадії визначає якість і безпечність готової продукції, а також ефективність роботи всієї технологічної лінії.

Підбір обладнання лінії з виробництва вафель

Підбір обладнання є важливим етапом реалізації технологічного проекту модернізації лінії з виробництва вафель, оскільки забезпечує технічну можливість реалізації визначеної технологічної схеми та досягнення заданої продуктивності, якості й безпеки виробництва. Раціональний вибір

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	
Взам. ине. №	
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

обладнання впливає не лише на ефективність технологічного процесу, але і на експлуатаційні витрати, надійність роботи лінії, енергоефективність та відповідність сучасним стандартам харчової промисловості. Основною метою підбору обладнання є забезпечення повного циклу технологічного процесу — від підготовки та дозування компонентів до випікання вафельних листів, нанесення начинки, формування продукту, охолодження, різання та пакування готових виробів. При цьому обране обладнання має відповідати вимогам безпеки, санітарно-гігієнічним нормам, умовам експлуатації на підприємствах харчової галузі, а також бути сумісним з автоматизованою системою керування виробництвом. В процесі підбору здійснюється аналіз технічних характеристик можливих варіантів обладнання щодо відповідності технологічним параметрам лінії (продуктивності, діапазону робочих режимів, розмірам, ресурсам тощо), а також оцінювання локальної доступності, сервісної підтримки та економічної доцільності експлуатації. Особлива увага приділяється вибору дозувальних та вимірювальних систем, оскільки саме від їхньої точності залежить стабільність складу тіста, якого невід’ємною складовою є борошно та інші сипкі компоненти.

Підготовка сировини та дозування:

1.1 Бункери для сипких матеріалів

Инв. № подл	Подп. и дата					
	Инв. № дубл.	Взам. инв. №				
		Подп. и дата				
		Инв. № подл				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ	
						Лист 10

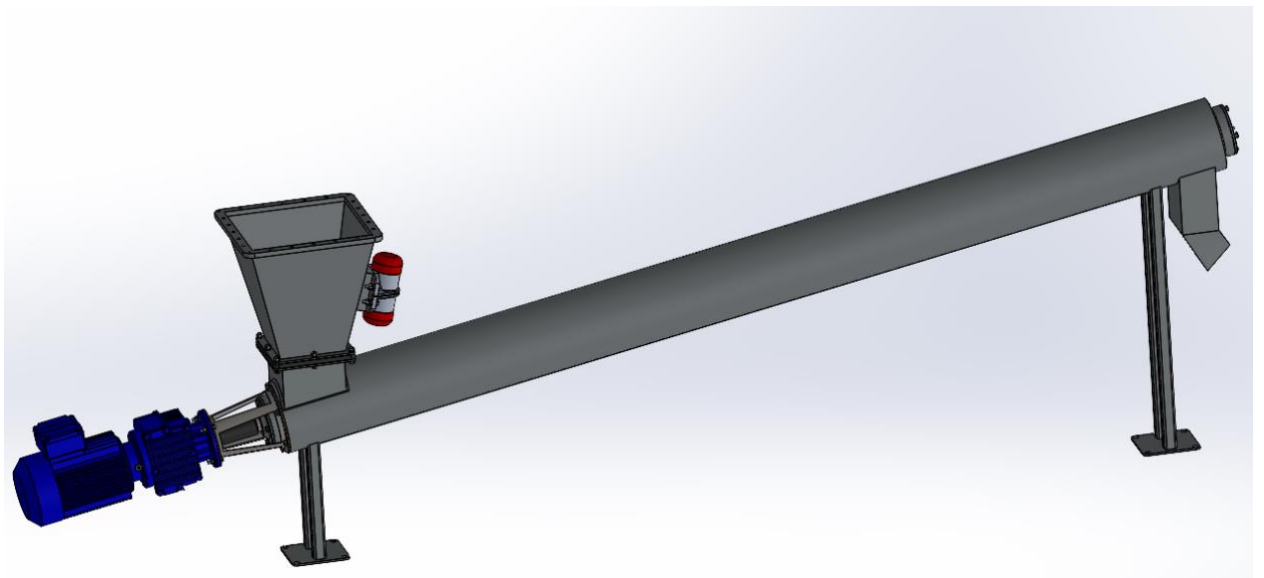


Рисунок 1.2 – Шнековий дозатор

Шнекові дозатори є одним із найбільш поширених видів обладнання для дозування та транспортування сипких і дрібнодисперсних матеріалів у харчовій промисловості. Вони широко застосовуються для подачі борошна, цукру, крохмалю, сухих сумішей та інших компонентів, що використовуються у виробництві вафель. Принцип роботи шнекового дозатора ґрунтується на переміщенні матеріалу вздовж осі робочого органа — шнека, який обертається в корпусі або трубі. Кількість поданого матеріалу визначається геометричними параметрами шнека (діаметр, крок навивки), частотою його обертання та фізико-механічними властивостями продукту. Завдяки цьому шнекові дозатори забезпечують стабільну та керовану подачу сипких компонентів. До основних переваг шнекових дозаторів належать простота конструкції, компактність, надійність у роботі та можливість безперервного дозування. Вони легко інтегруються в автоматизовані технологічні лінії та можуть працювати в поєднанні з ваговими або об’ємними системами контролю. Окрім цього, шнекові дозатори дозволяють реалізувати широкий діапазон продуктивностей шляхом зміни частоти обертання приводу. Разом з тим, при роботі з дрібнодисперсними сипкими матеріалами, зокрема борошном, можливе виникнення проблем, пов’язаних з утворенням містків та нерівномірним надходженням матеріалу в зону дозування. Для усунення цих

Підп. і дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Підп. і дата	
Инв. № подл	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

недоліків у сучасних конструкціях застосовують спеціальні технічні рішення, такі як встановлення вібраторів на бункер, використання конічних днищ, гнучких вставок та систем віброізоляції.

2. Змішування та підготовка тіста

2.1 Промисловий тістомісильник

Тістомісильна машина використовується на етапі приготування тіста, де здійснюється механічне поєднання борошна, води, жиру та інших компонентів у гомогенну масу необхідної консистенції. Спиральна конструкція робочого органа забезпечує ефективне замішування навіть щільних і в'язких сумішей, що характерно для вафельного тіста.



Рисунок 1.3 – Тістомісильна машина

Основні технічні характеристики

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Тип: спіральний тістомісильник

Продуктивність: заміс до ~160 кг тіста за цикл (залежно від рецептури)

Ємність діжі: до 300 л

Потужність двигуна: приблизно 5,5–7,5 кВт

Матеріал: харчова нержавіюча сталь (корпус та робочі органи)

Привід: електричний трифазний

Особливості: двоступеневий місильний орган, механізм вивантаження тіста.

3. Система подачі та дозування рідкого тіста

3.1 Насос роторний для рідкого тіста

Для стабільної та безударної подачі рідкого тіста з місильної машини до дозаторів та формувального обладнання у вафельній лінії застосовується промисловий роторний насос, який забезпечує плавну подачу в'язких харчових мас без їх руйнування. Роторні насоси ефективні для середовищ з підвищеною в'язкістю, добрим ковзанням і чутливих до механічного впливу, що характерно для вафельного тіста.



Рисунок 1.4 – Насос роторний

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Продуктивність, м.куб./год	0,5-2,0
Робочий тиск, бар:	
– номінальний	2,0
– граничний	2,5
Двигун:	
– тип	АИР80А6СУ2
– виконання	ІМ 3081
– номінальна потужність, кВт	0,75
– частота обертання, об/хв	920
– напруга, В	380
Частота обертання роторів, об/хв	610
Діаметри патрубків вихід/вхід, мм	25
Габаритні розміри, мм	610*210*255
Маса, кг	33

4. Обладнання для випікання

4.1 Вафельна піч (харчове виконання)

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

15



Рисунок 1.5 – Піч вафельна

Основні технічні характеристики

Потужність електрична: 1,6 кВт

Живлення: 3×400 В

Тип нагрівання: газові пальники (4 штуки по 30 кВт кожен)

Температура випічки: 200–280 °С

Продуктивність: ~290 кг/год (орієнтовно)

Розміри: ≈ 1450 мм (висота) × 1326 мм (ширина стрічки) × 21 220 мм
(довжина печі)

Тип стрічки: металевий конвеєр

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Піч має модульну конструкцію — кожна секція приблизно 4 м завдовжки, що дозволяє змінювати загальну довжину обладнання відповідно до потреб виробництва. Призначена для безперервної випічки хлібобулочних та кондитерських виробів.

5. Охолодження та обробка



Рисунок 1.6 – Конвеєр холодильний

Охолоджувальний конвеєр з вентилятором та стрічкою – це обладнання призначене для ефективного охолодження продуктів харчового виробництва шляхом циркуляції холодного повітря над стрічкою з продуктами, що переміщуються.

Технічні характеристики

Призначення: охолодження продукту під час руху по стрічці після теплової обробки або кулінарних операцій (випікання, смаження, оброблення).

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп	Ине. № дубл.
Ине. № подп	Ине. № дубл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Матеріал корпусу: харчова нержавіюча сталь AISI304 / AISI316L (або варіанти з PVC-стрічкою).

Ширина стрічки: визначається під технологічний розмір, зазвичай узгоджується з шириною обладнання перед/після конвеєра.

Принцип дії: повітряне охолодження шляхом обдування продуктів на стрічці.

Електроживлення: 380–400 V.

Режим роботи: безперервний; швидкість руху стрічки регулюється для забезпечення необхідного часу охолодження.

6. Нанесення начинки та формування



Рисунок 1.7 – Машина для нанесення начинки

Машина призначена для автоматичного нанесення кремових, жирових, пастоподібних начинок на вафельні листи на великій швидкості з можливістю

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

регулювання товщини шару. Забезпечує високу точність дозування і узгодженість нанесення з пропускною здатністю лінії.

Основні технічні характеристики

Ширина нанесення до ~350 мм

Тип керування PLC + HMI

Продуктивність до ~200–500 плит/год (залежно від товщини шару і швидкості конвеєра)

Товщина шару начинки регульована

Матеріал контактних частин нержавіюча сталь AISI 304

Живлення 220/380 V, 50 Hz

Формування та обробка блоків



Рисунок 1.8 – Лінія формування блоків

Основні технічні характеристики

Габарити (L×W×H) 1 220 × 830 × 1 850 мм

Потужність 1,30 кВт

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Продуктивність 1 000–4 000 шт/год

Діапазон ваги продукту 10–70 г/шт

Маса (нетто) ~268 кг

Матеріали (харчові, залежить від виконання) Зазвичай нержавіюча сталь/харчові компоненти

Різання виробів



Рисунок 1.9 – Різальна машина

Технічні характеристики

Продуктивність до 1500–3000 порізаних блоків/год (залежить від ширини блоків та налаштувань)

Тип різання Ножове (звичайно дискові або стрічкові ножі високої точності)

Контроль порізки Серводвигуни з цифровим керуванням для точного позиціонування

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Робочі ширини Налаштовуються під ширину блоку / вимоги вироба
 Матеріал Нержавіюча сталь AISI 304 / харчове виконання
 Автоматизація PLC + HMI з можливістю збереження рецептур і швидких налаштувань

Живлення Трифазне ~380 В, 50 Гц

9. Пакування



Рисунок 1.10 – Пакувальний автомат

Основні параметри

Тип пакування: горизонтальний flow-pack (тришовний пакет — «подушка») для Вафель, печива, батончиків тощо.

Ширина плівки: 250–600 мм (залежить від ширини продукту та моделі) — важливо для різних форматів вафельних батончиків.

Швидкість пакування: до ~40–230 пакетів/хв або вище

Ине. № дубл.	Ине. № подп	Подп. и дата	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

Патентний пошук

Руйнівник містка (EP 2 407 397 A1)

Розривник мосту має кульки (4) між корпусом (1) і внутрішнє кільце (2) та під тиском повітря (1) та внутрішнє кільце (2) для підтримки внутрішнього кільця (2) таким чином, щоб воно могло обертатися без незалежних кулькових підшипників для зручності та зменшення витрат. Передбачені ущільнювальні кільця (6, 7), що мають квадратні перетини та розташовані на однакових горизонтальних поверхнях корпусу тиск для запобігання потраплянню порошку в пристрій та частій заміні сальника. Також передбачено лезо (3), закріплене на внутрішньому кільці (2) за допомогою з'єднання через вал (3а) та отвір (2с) для запобігання проблемам, спричиненим ослабленням або відпусканням з'єднувальних болтів.

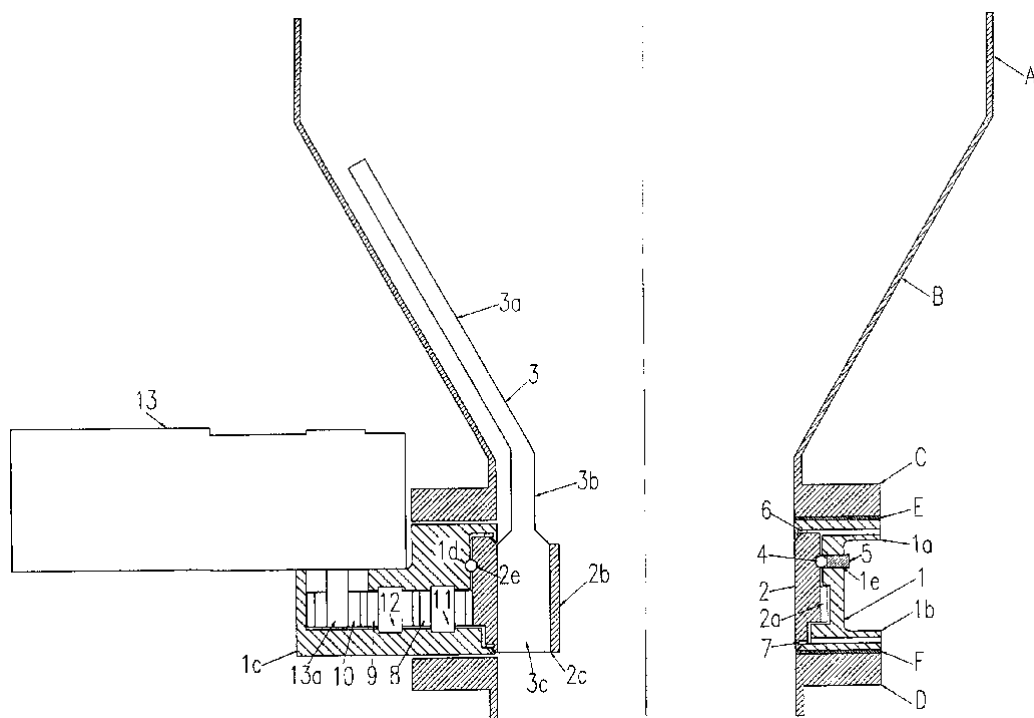


Рисунок 2.1 – Схема руйнівника містків сипучого матеріалу

Цей винахід стосується розривника мосту для системи вивантаження порошку або частинок (далі - порошок) безпосередньо з приймального

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

бункера назовні або до обладнання, що знаходиться нижче за течією. Цей пристрій 10 зазвичай розташовується в нижній частині бункера та використовується для розриву закупорки порошку (далі - місток), що виникає в кінчній частині бункера, шляхом обертання лопаті за допомогою двигуна.

Відомо, що застосовується конусна частина бункера для руйнування містка. Але вібрація або удари іноді не можуть розчинити місток, оскільки порошок утрамбовується вібрацією або ударами, що погіршує ситуацію. Крім того, стінка бункера пошкоджується від багаторазового навантаження через силу вібратора або молота протягом тривалого періоду роботи. Крім того, у випадку з молотком виникає сильний шум. Впорскування повітря в бункер – це ще один спосіб руйнування мосту. Але у випадку невеликої кількості повітря, місток не може розчинитися, а у випадку великої кількості повітря, випуск повітря з бункера ускладнений, оскільки повітря містить багато порошку, а витрати на споживання повітря високі.

Цей винахід стосується пристрою для розриву мосту, який може розчинити міст без проблем пошкодження бункера, великий шум та високі витрати на впорскування повітря.

Пристрій, показаний на рис. 2.1, зазвичай використовується як вимикач мостів. На цьому рисунку верхня частина пристрою з'єднана за допомогою болтів з фланцем С бункера. А має конус В, а нижня частина пристрою з'єднана з фланцем D обладнання, що знаходиться нижче за течією. Зазор між фланцем С та пристроєм герметизований ущільненням Е, а зазор між фланцем D, герметично з'єднаний сальником F. Корпус 1, що має верхній фланець 1а, нижній фланець 1b та коробку передач 1с, розділений вздовж лінії розділу (не показано) на верхню та нижню частини, що дозволяє збирати внутрішні деталі між ними. Внутрішнє кільце 2 з фланцем 2а оточене корпусом 1 та з'єднане через кульковий підшипник 4 болтами 5 з корпусом 1 таким чином, що воно може обертатися. Лопатка 3 має верхню частину 3а, яка нахилена паралельно поверхні конуса В та нижній частині 3b, яка є вертикальною. Нижня частина 3b з'єднана з внутрішнім кільцем 2 за допомогою болтів 3с. Ущільнення 6 та

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

7, такі як масляний сальник або сальник Grand, розташований між корпусом 1 та внутрішнім кільцем 2 у верхній та нижній частинах відповідно, щоб запобігти потраплянню порошку в пристрій. Зірочка ланцюга 8 з'єднана з фланцем 2а внутрішнього кільця 2 та кульовим підшипником 4 за допомогою болтів 11. Мотор-редуктор 12 з'єднаний з коробкою передач 1с за допомогою болтів, а вихідний вал 12а вставлений у коробку передач 1с. Зірочка ланцюга 10 встановлена на вихідному валу 12а редукторного двигуна 12 за допомогою шпонки та шліців. Ланковий ланцюг 9 з'єднує зірочку ланцюга 8 та зірочку ланцюга 10 для передачі обертового моменту двигуна-редуктора 12 на внутрішнє кільце 2. Порошковий місток руйнується обертанням леза 3, навіть при низькій швидкості обертання, такій як 0,5-3 об/хв. Однак, існують проблеми, пов'язані зі звичайним розривником містка. 1) Кульовий підшипник 4 сприймає значне осьове зусилля під дією сили тяжіння порошку, а деформація кульового підшипника 4 викликає труднощі, такі як зупинка роботи або передчасний знос кульового підшипника. Тому корпуси кульового підшипника 4 повинні мати достатню міцність або бути встановлені на корпусі 1 з великим допуском, щоб використовувати міцність корпусу 1 та внутрішнього кільця 2.

Однак через його великий діаметр, наприклад, понад 200 мм, виготовлення кульового підшипника 4 та механічна обробка з'єднаних деталей між кульовим підшипником 4 та корпусом 1, а також між кульовим підшипником 4 та внутрішнім кільцем 2 є складними. Таким чином, механічна обробка є дорогою та трудомісткою.

2) Набивки 6, 7 сильно стираються та швидко зношуються через наявність порошку. Дотичні частини ущільнень 6, 7 зношуються протягом кількох місяців експлуатації, і порошок потрапляє всередину пристрою; зрештою, експлуатацію продовжувати не можна.

3) Болти 3с для кріплення лопаті 3 до внутрішнього кільця 2 легко послаблюються, і додаткове закріплення болтів 3с під час роботи неможливе.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Після послаблення болтів 3с вони можуть спричинити забруднення порошком та пошкодження наступного обладнання.

Крім того, іноді гвинт або болт 3с застрягає в отворах; у цьому випадку потрібно багато ремонтних робіт.

Метою цього винаходу є створення мостового вимикача, який може вирішити основні проблеми звичайного мостового вимикача, описані вище. Цей винахід являє собою розривник мосту, що складається з корпусу, обертового внутрішнього кільця, лопаті, кульок між корпусом і внутрішнім кільцем, заглушки, ущільнювальних кілець.

Бункер із захистом від перекриття (CN202244826U)

Тип бункера із захистом від утворення мостів (що належить до технічної галузі машин та обладнання для переробки пластмас) включає бункер, джерело живлення, муфту та перемішувальний компонент. Джерело живлення закріплене з одного боку бункера. Вал джерела живлення та перемішувального компонента з'єднані муфтою. У цьому винаході бункер із запобіганням утворенню містків дозволяє мішалці з приводом від двигуна легко порушувати сили взаємодії між частинками матеріалу, запобігаючи утворенню містків. Вакуумне відсмоктування потім плавно підхоплює частинки, забезпечуючи нормальну подачу. Цей метод також може бути використаний для досягнення нормальної подачі матеріалу в бункери обладнання для переробки пластмас, такого як ливарні машини та екструдери.

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Ине. № инв.
Ли	Изм.
№ докум.	Подп.
Дат	

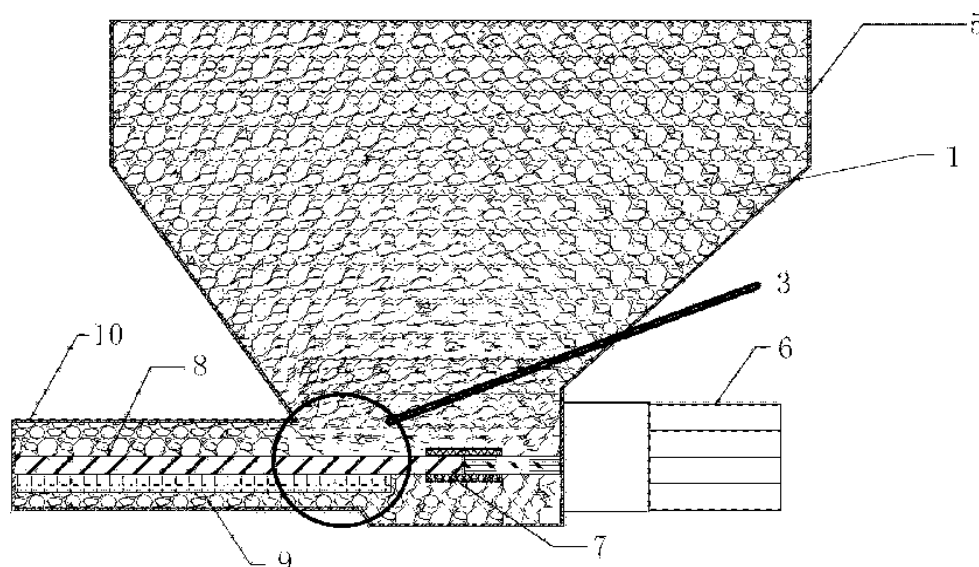


Рисунок 2.2 – Схема устаткування

Бункер для запобігання утворенню містків, що характеризується тим, що він містить бункер, джерело живлення, муфту та мішалку, причому джерело живлення...Вал джерела живлення та мішалки, закріплені з одного боку бункера, з'єднані за допомогою муфти.

Протиутворювальний бункер характеризується тим, що: протиутворювальний бункер додатково містить всмоктувальну трубу. Всмоктувальна труба підключена до нижнього кінця бункера. Протиутворювальний бункер згідно з пунктом 1 або 2 характеризується тим, що...Змішувальним компонентом є лопать або гвинт.

Згідно з пунктом 3, бункер із запобіганням утворенню мостів характеризується тим, що лезо є одинарним, подвійним або спіральним. Згідно з пунктом 1 або 2 вищезгаданий бункер із захистом від утворення мостів характеризується тим, що джерелом живлення є електродвигун або тихохідний пневматичний двигун. Згідно з пунктом 2, бункер із захистом від утворення мостів характеризується тим, що всмоктувальна труба з'єднана з бункером за допомогою зварювання, фланця або гвинтів. Згідно з пунктом 2 Бункер із запобіганням утворенню бриджів характеризується тим, що: центральна вісь мішалки, джерело живлення та всмоктувальна труба знаходяться на одній осі.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

В існуючій промисловості з переробки пластмас подача (заповнення сировиною або транспортування) пластикової сировини (гранул) здебільшого здійснюється за допомогою вакуумного подачі. Вакуумні відсмоктувальні машини або централізовані системи подачі забезпечують вакуумну потужність для всмоктування гранул у трубопровід та транспортування їх до призначеного місця вздовж трубопроводу.

Сировина, що постачається постачальником, являє собою дрібні, круглі або циліндричні частинки з гладкими поверхнями та однорідним розміром частинок. Тому під час вакуумного подачі утворення містків відбувається рідко. Однак, якщо до використаної сировини додається частина або весь подрібнений матеріал (матеріал, що переробляється після подрібнення), неправильна форма, шорстка поверхня та нерівномірний розмір подрібненого матеріалу можуть спричинити сили взаємодії між частинками у відносно вузьких просторах під впливом сили тяжіння або вакуумного відсмоктування під час процесу подачі. Це може призвести до заклинювання частинок та їх закупорювання в каналі або трубі, утворюючи порожнини, що є явищем, відомим як утворення містків. Виникнення утворення містків перешкоджатиме ефективному підбиранню частинок вакуумним відсмоктуванням, перериватиме автоматичну подачу та призведе до зупинки виробництва живильним обладнанням через недостатню кількість сировини, як показано на рисунку 1.(а) Як показано, блокування також може перешкоджати нормальній подачі матеріалу в бункер завантаження обладнання для переробки пластмас, такого як ливарні машини та екструдери, як показано на рисунку 1. Таким чином, утворення містків є однією з проблем, яку необхідно вирішити в автоматизованих виробничих процесах, що включають подрібнені матеріали.

Подрібнений матеріал стосується литкового матеріалу, що утворюється під час лиття під тиском, матеріалу головки матриці, що утворюється під час екструзії, та пластикових відходів.

Попл. и дата	
Взам. и инв. №	
Инв. № дубл.	
Попл. и дата	
Инв. № подл	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Дефектні вироби, що утворюються під час обробки матеріалу, подрібнюються дробаркою (пульверизатором) і перетворюються на пластикові матеріали, придатні для вторинної переробки.

Для вирішення проблеми утворення мостів у процесі подачі подрібненого матеріалу за попереднім рівнем техніки, метою цієї корисної моделі є створення бункера, що запобігає утворенню мостів.

Для досягнення вищезазначених цілей у цій корисній моделі використовується таке технічне рішення: бункер, що запобігає утворенню містків, що містить бункер, пристрій містить джерело живлення, муфту та мішалку. Джерело живлення закріплене на одній стороні бункера, а вал джерела живлення та мішалки з'єднані муфтою.

Бажано, щоб бункер, що запобігає утворенню мостів, додатково включав всмоктувальну трубу, яка з'єднана з нижнім кінцем бункера.

Бажано, щоб перемішувальним компонентом була лопатка або шнек.

Бажано, щоб лезо було одинарним, подвійним або спіральним.

Бажано, щоб джерелом живлення був електродвигун або низькошвидкісний пневматичний двигун.

Бажано, щоб всмоктувальна труба була з'єднана з бункером за допомогою зварювання, фланця або гвинтів.

Бажано, щоб центральна вісь мішалки, джерела живлення та всмоктувальної труби була однією віссю.

Переваги цієї корисної моделі полягають у наступному: завдяки використанню бункера, що запобігає утворенню містків, мішалка з приводом від двигуна може легко порушити сили взаємодії між частинками матеріалу, запобігаючи утворенню містків. Це дозволяє вакуумному відсмоктуванню плавно підбирати частинки, забезпечуючи нормальну подачу. Цей метод також може бути використаний для досягнення нормальної подачі матеріалу в бункери обладнання для переробки пластмас, такого як ливарні машини та екструдери.

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

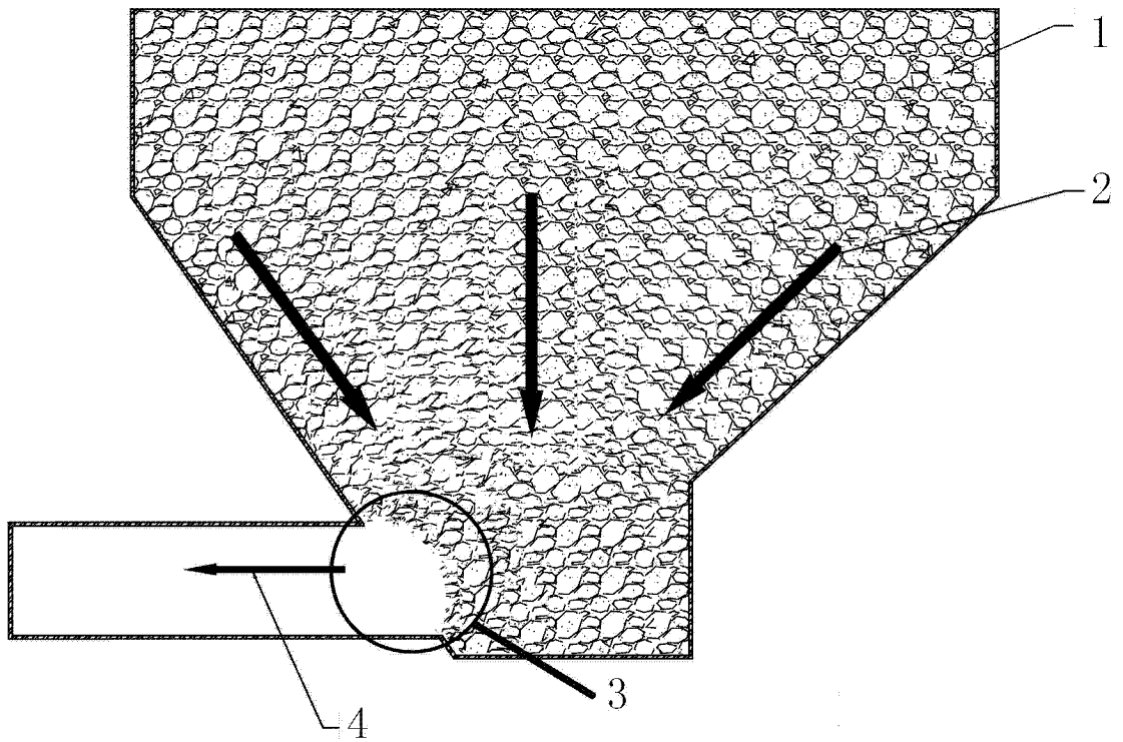


Рисунок 2.3 – схема утворення перемички

Рисунок 2.3 – це схематична діаграма явища перемички, що утворюється за попереднім рівнем техніки в цій корисній моделі;

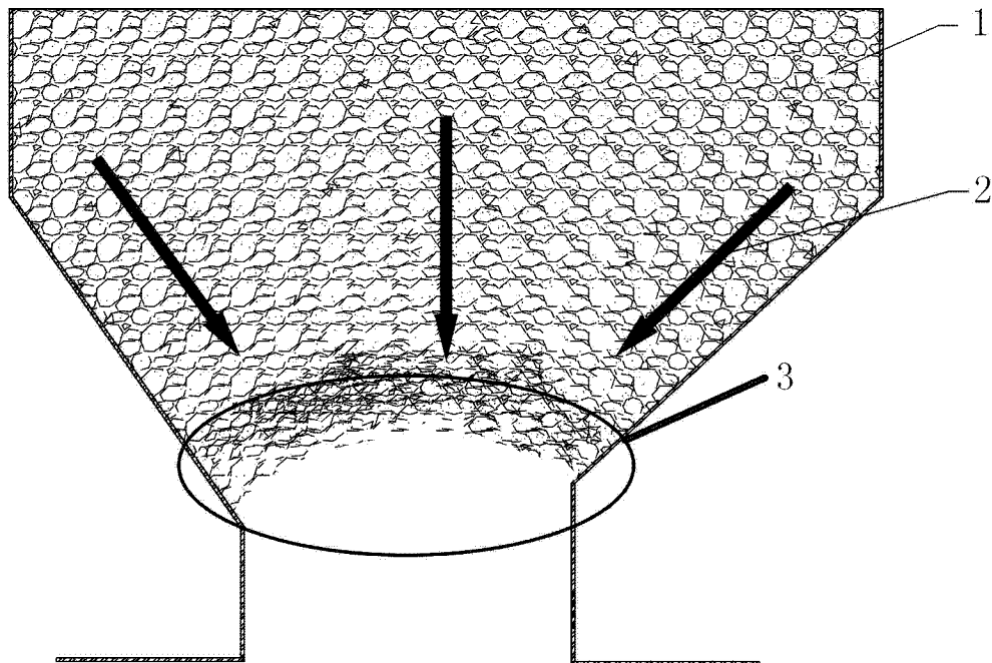


Рисунок 2.4 - схематична діаграма структури з попереднього рівня техніки

Попл. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Попл. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Рисунок 2.4 – це схематична діаграма структури з попереднього рівня техніки, яка утворює ще одне явище мосту в цій корисній моделі;

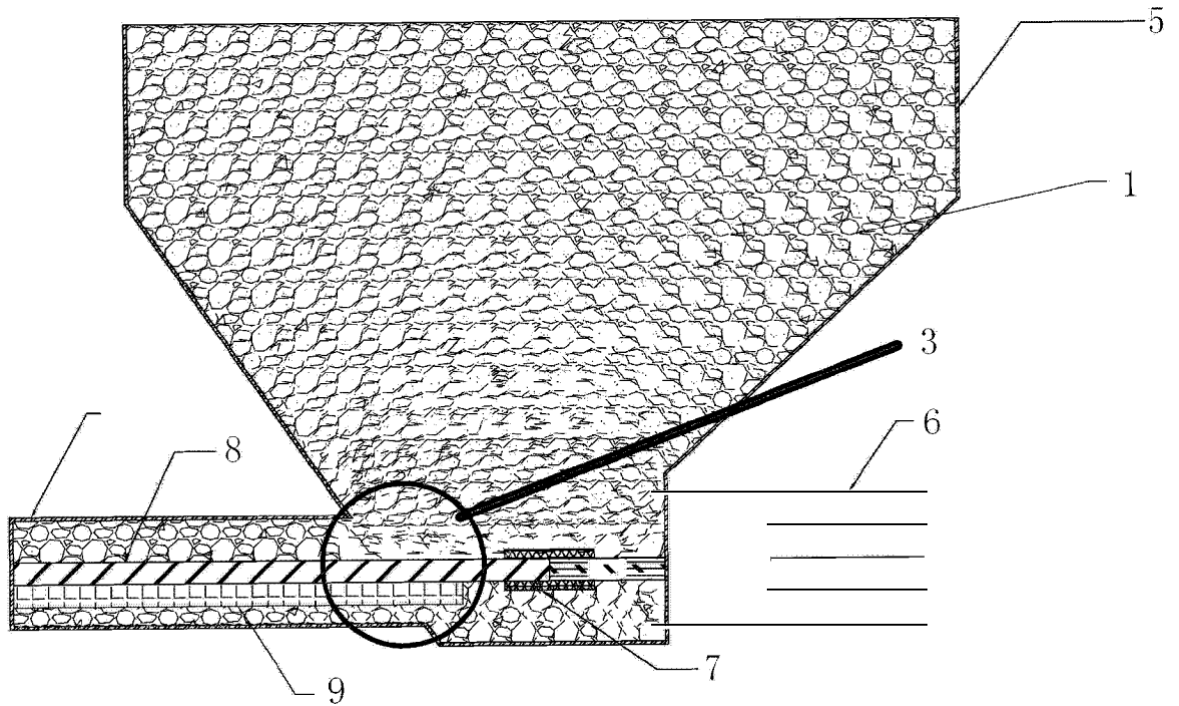


Рисунок 2.5 - структурна принципова схема одного з варіантів реалізації бункера

На рисунку 2.5 зображено структурну принципову схему одного з варіантів реалізації бункера проти утворення бризок цієї корисної моделі;

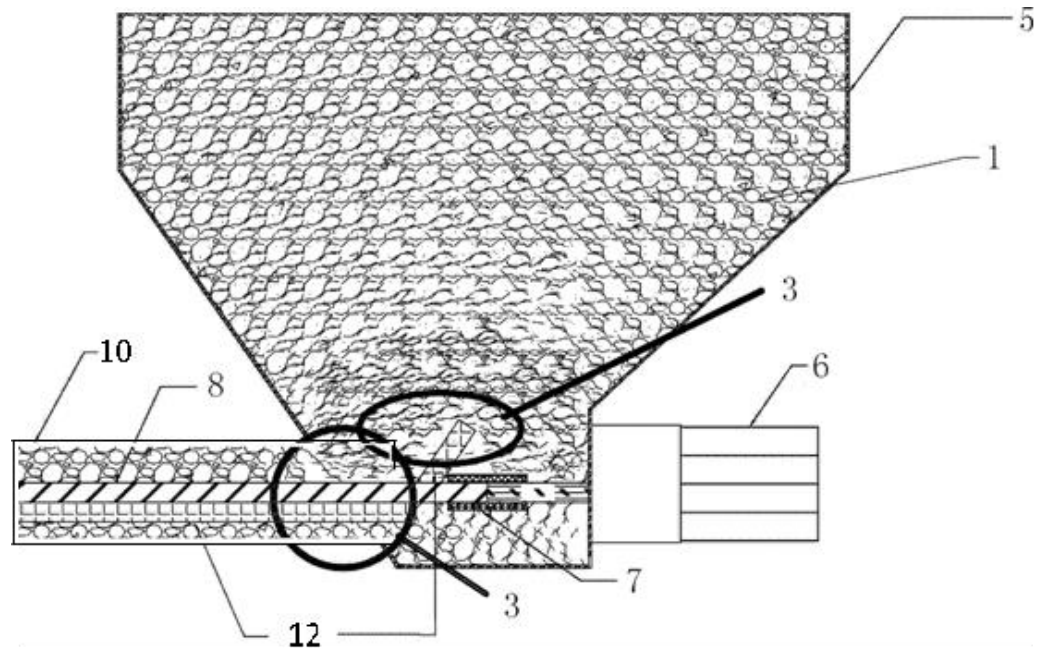


Рисунок 2.6 - схематичне зображення іншого варіанту виконання бункера

Попл. и дата
Взам. и инв. №
Ине. № дубл.
Попл. и дата
Ине. № попл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Рисунок 2.6 Це схематичне зображення іншого варіанту виконання бункера проти утворення бризок цієї корисної моделі;

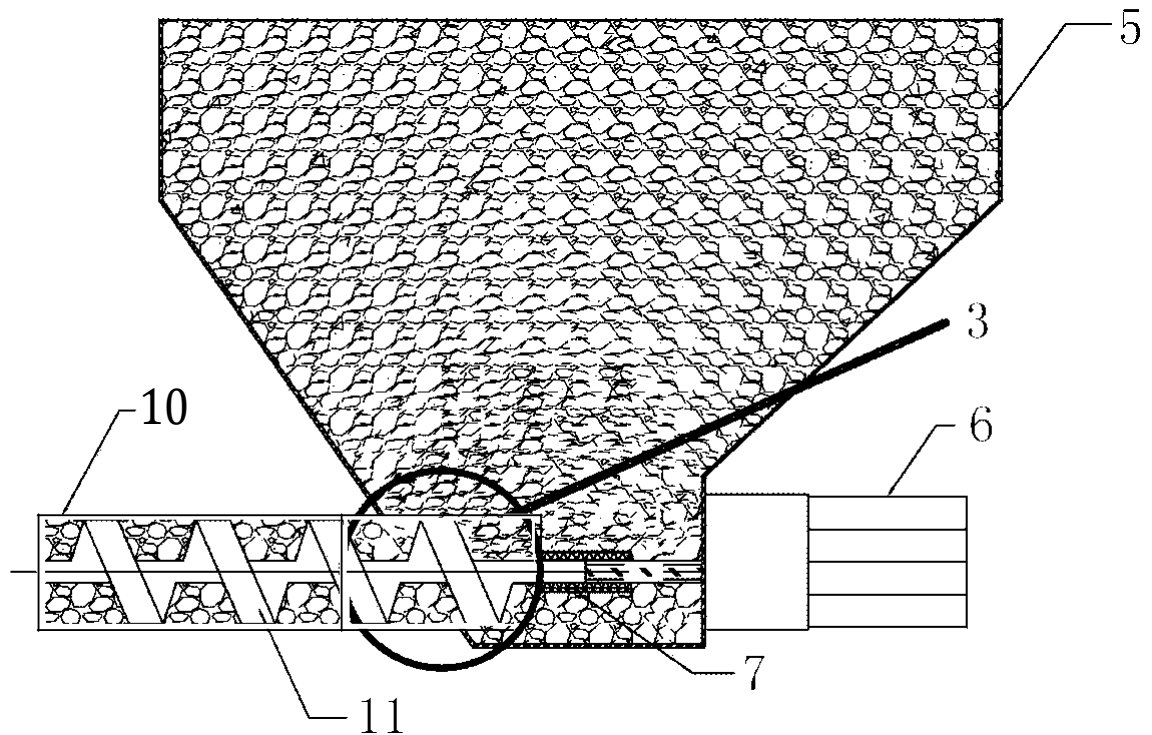


Рисунок 2.7 - структурна принципова діаграма третього варіанту виконання бункера

На рис. 2.7 зображено структурну принципову діаграму третього варіанту виконання бункера проти утворення бризок цієї корисної моделі;

На зображенні

1. Подрібнений матеріал;
2. Напрямок подачі;
3. Положення перемички;
4. Напрямок всмоктування;
5. Бункер;
6. Двигун;
7. Муфта;
8. Каретка трансмісії;
9. Однопортовий десятилопатевий;
10. Всмоктувальна труба;

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- 11. Шнек;
 - 12. Дволопатевий.
- Детальна реалізація

Переважні варіанти реалізації цього винаходу будуть описані нижче з посиланням на супровідні креслення. Слід розуміти, що переважні варіанти реалізації, описані тут, наведені лише для ілюстрації та пояснення і не призначені для обмеження цього винаходу. Бункер із запобіганням утворенню мостів містить бункер 5, джерело живлення, муфту 7 та перемішувальний компонент. Джерело живлення закріплене на одному боці бункера 5, а вал джерела живлення та перемішувального компонента з'єднані за допомогою муфти. Протиутворювальний бункер цієї корисної моделі також включає всмоктувальну трубу 10, яка з'єднана з нижнім кінцем бункера 5. Перемішувальний компонент, описаний у цій корисній моделі, являє собою лопатку або гвинт 11. Лезо, описане у цьому винаході, є одним лезом.9. Двостулкові або спіралеподібні листочки.

Джерелом живлення, описаним у цій корисній моделі, є електродвигун 6 або низькошвидкісний пневматичний двигун. Всмоктувальна трубка, описана в цій корисній моделі 10 з'єднаний з бункером 5 за допомогою зварювання, фланця або гвинтів. Перемішувальний компонент, джерело живлення та всмоктувальна труба, описані в цій корисній моделі. Центральна вісь 10 є тією ж віссю. Приклад 1 Як показано на рисунку 2, бункер із запобіганням утворенню мостів включає в себе завантажувальний бункер. 5. Всмоктувальна труба 10. Двигун; 6. Муфта; 7. Перемішувальний компонент складається з однієї лопаті 9 та приводного вала 8. 9 приварений до приводного валу 8, а всмоктувальна труба 10 приварений під бункером та з'єднаний з бункером 5. Двигун 6 нерухомо встановлений на зовнішній стороні бункера 5. Вал двигуна 6 та вал трансмісії 8 з'єднані муфтою 7. Надійно закріплено, а вал двигуна 6, приводний вал 8 та всмоктувальна труба знаходяться у належному стані. 10 Вісь залишається незмінною, а матеріал подається вздовж напрямку подачі. 2 у бункер 5. У відносно вузькому місці,

Попл. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Попл. и дата	
Инв. № подл	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

де матеріал потрапляє в бункер 5 та всмоктувальну трубу 10, утворюється перехідна рама, як показано на рисунку 2. Як показано на зображенні мосту 3, коли двигун 6 запускається, одиночне лезо 9 на приводному валу 8 негайно розірве всмоктувальну трубу 10. Матеріальний міст, утворений на передньому кінці, дозволяє вакуумному відсмоктуванню правильно витягувати матеріал з бункера. Частинки матеріалу всередині відсмоктуються вздовж напрямку вивантаження 4, досягаючи мети нормального подання.

Приклад 2: Як показано на рисунку 3, бункер із захистом від утворення мостів містить бункер 5, всмоктувальну трубу 10, двигун 6, муфту 7 та мішалку. Мішалка містить приводний вал 8 та подвійні лопаті 12. 12 приварена до приводного валу 8, а всмоктувальна труба 10 приварена до дна бункера 5 та з'єднана з бункером 5. Двигун 6 нерухомо встановлений на зовнішній стороні бункера 5. Вал двигуна 6 міцно закріплений на приводному валу 8 за допомогою муфти 7, а осі валу двигуна 6, приводного валу 8 та всмоктувальної труби 10 вирівняні. Матеріал тече вздовж напрямку подачі. 2. Зайдіть у бункер 5. Коли матеріал потрапляє в бункер 5 та всмоктувальну трубу 10, у вузькому 1 положенні виникає перекриття (як показано в положенні перекриття 3 на рисунку 3). Коли двигун 6 запускається, подвійні лопаті на приводному валу 8... 12 Всмоктувальна трубка з часом зламається. Вже утворений матеріаловий місток дозволяє вакуумному відсмоктуванню нормально втягувати частинки матеріалу в бункер 5, досягаючи мети нормального подачі.

Приклад 3: Як показано на рисунку 4, бункер із захистом від перекриття містить завантажувальний бункер. 5. Всмоктувальна труба 10. Двигун; 6. Муфта; 7. І перемішувальний компонент, де перемішувальним компонентом є шнек 11 та всмоктувальна труба 10. Приварений до дна бункера та з'єднаний з бункером, двигун 6 нерухомо встановлений на зовнішній стороні бункера 5, а вал двигуна 6 та гвинт 11 з'єднані муфтою 7. Матеріал надійно закріплений, а осі вала двигуна 6, гвинта 11 та всмоктувальної труби 10 вирівняні. Матеріал надходить у бункер 5 у напрямку подачі 2.

Ине. № подл	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Пристрій проти утворення (US4056215)

Пристрій запобігання утворенню бриджів для бункера, що має верхню вхідну частину та нижню вихідну частину з боковими стінками, розташованими між ними, причому пристрій запобігання утворенню бриджів включає принаймні один елемент запобігання утворенню бриджів, рухомо прикріплений до однієї бічної стінки бункера для шин із взаємодіючими елементами для піднімання та опускання елементів, що запобігає утворенню мостів. Взаємодіючі елементи для підняття та опускання елемента, що запобігає утворенню мостів, зазвичай являють собою нескінченний ремінь, що має щонайменше один елемент, що виступає вгору, який контактує з елементом, що запобігає перемиканню, під час руху ремня.

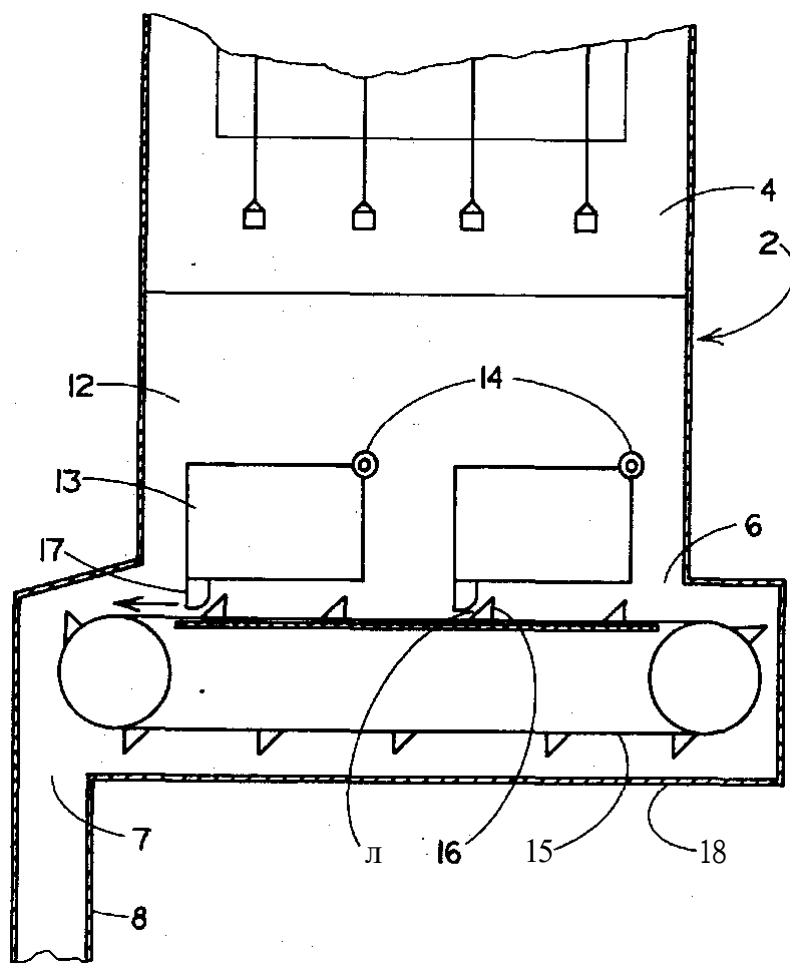


Рисунок 2.8 – схема пристрою

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Винахід стосується пристрою проти утворення мостів для бункерів, а точніше, пристрій для запобігання скупченню матеріалу в бункері для розряду з електрофільтрів.

Будівництво містків через розвантажувальні отвори в бункерах або резервуарах для сипучих вантажів протягом тривалого часу створювало проблеми для тих, хто працює з твердими матеріалами. Було вжито багато різних підходів для полегшення або знищення містків у вищезгаданих бункерах та резервуарах. Наприклад, застосовувалися стрижні або граблі, які встановлюються через стіжки, розташовані в стінках бункерів. Однак у таких пристроях ефективність роботи не може бути оптимально контрольована, і зайнятість персоналу, як правило, є значною. Крім того, для газонепроникних фільтрів необхідно використовувати сальникові ущільнювачі, що означає відносно високу вартість і збільшує небезпеку накопичення пилу на внутрішніх стінках бункерів.

Ланцюги, стрижні, троси тощо встановлювалися всередині бункерів, причому ланцюги, стрижні, троси тощо механічно переміщувалися, щоб зруйнувати мости. Однак встановлення таких пристроїв у великих бункерах було досить дорогим і також було виявлено, що призупинення цих елементів

Можуть використовуватися шнекові конвеєри та інші механічні пристрої для переміщення пилу. Елементи запобігання утворенню пилових бриджів зазвичай мають прямокутну форму та шарнірно з'єднані в одному з верхніх кутів для поворотного руху при контакті з рухомим елементом, що висувається вгору. Прямокутні елементи зазвичай включають язичок у нижньому куті, навпроти або по діагоналі від верхнього поворотного кута, причому язичок спеціально розроблений у поєднанні з елементом, що висувається вгору, для підняття елемента запобігання утворенню пилових бриджів на попередньо вибрану висоту при контакті з рухомим елементом, що висувається вгору. Після того, як елемент запобігання утворенню пилових містків перемістився на попередньо вибрану висоту, а елемент, що висувається вгору, пройшов під ним, елемент запобігання утворенню пилових бриджів

Ине. № подл.	
Подп. и дата	
Ине. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

потім опускається вниз, де рух елемента запобігання утворенню пилових бриджів вгору та вниз зміщує будь-які утворені пилові бриджі. Рух елемента запобігання утворенню пилових бриджів вгору та вниз визначається швидкістю нескінченної стрічки, а також кількістю елементів, що висуюються вгору та контактують з елементом запобігання утворенню пилових бриджів. При використанні великих бункерів на кожній з бічних стінок у попередньо вибраних частинах, де найбільш ймовірно утворення містків, може бути використано кілька елементів проти перекриття. Крім того, залежно від вимог та ефективності пристроїв проти перекриття, привід кулачків може здійснюватися ззовні або зсередини бункера. Було виявлено, що останнє

Також використовувалися бункери, але в багатьох випадках мости не руйнувалися, а в деяких випадках відбувалося ущільнення твердих матеріалів. Також пробували використовувати повітря для створення тиску в зонах перекриття. З обмеженим успіхом, але в багатьох випадках повітря небажане під час обробки вибухонебезпечних газів в електростатичних фільтрах, і для пом'якшення цього використання спеціального інертного газу виявилось дорогим.

В інших випадках внутрішні стінки бункера були облицьовані зі спеціальними матеріалами, що зменшують коефіцієнт тертя між пилом та стінкою бункера. Однак у багатьох випадках під час нагрівання установки, особливо в електростатичних фільтрах,

Крім того, використання внутрішнього приводу спричиняє менше проблем з герметизацією.

Різні інші особливості цього винаходу стануть очевидними для фахівців у цій галузі після ознайомлення з викладеним нижче описом.

Більш конкретно, цей винахід пропонує пристрій для запобігання утворенню мостів у бункері, причому бункер включає верхню вхідну частину та нижню вихідну частину з бічними стінками, розташованими між ними, пристрій містить: принаймні один елемент проти утворення мостів, рухомо прикріплений до однієї бічної стінки бункера; та засіб переміщення пилу, що

Ине. № подл.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

має принаймні один елемент, спрямований вгору, причому елемент, спрямований вгору, контактує з елементом проти утворення мостів під час руху пилу.

У цьому винаході визнано, що бажано забезпечити засіб для запобігання накопиченню твердих матеріалів на стінках бункера, а особливо на похилих бокових стінках бункера.

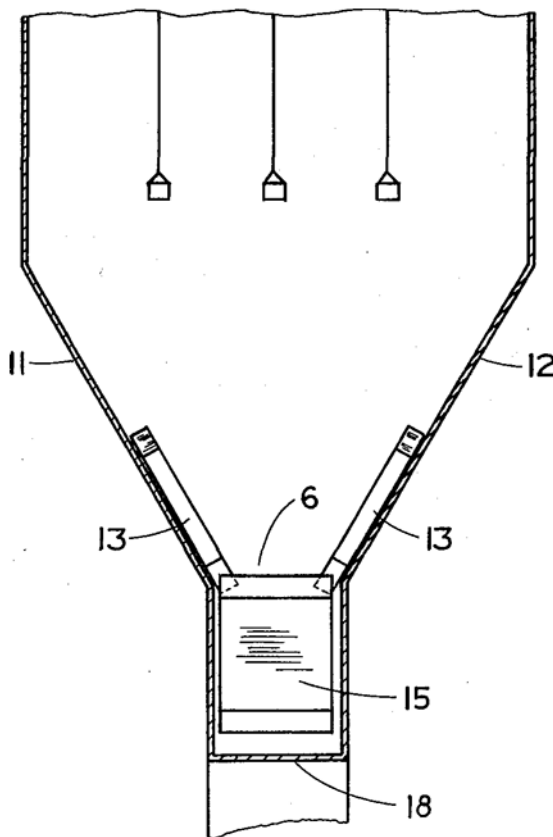


Рисунок 2.9 – Схема бункера

У цьому винаході запобігання накопиченню матеріалів зазвичай досягається шляхом рухомого кріплення елементів проти утворення мостів до бічних стінок бункера, причому елементи проти утворення мостів є рухомими при контакті.

Розрахунок шнека дозатора

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

1. Крок шнека «Н» та діаметр валу «d» визначаємо з розрахунку зовнішнього діаметра шнека

$$H = k \cdot D ,$$

$$H = 0.7 \cdot 0.15 = 0,105 \text{ м}$$

$$d = k_1 \cdot D$$

$$d = 0,3 \cdot 0,15 = 0,045 \text{ м}$$

де $k = 0,7-0,8$ - коефіцієнт корекції кроку шнека; $k_1 = 0,25-0,4$ – коефіцієнт корекції діаметра валу.

За розрахунковим значенням діаметра валу шнека відповідно до ГОСТ 8734 вибираємо безшовну трубу з нержавіючої сталі 20Х13 із зовнішнім діаметром $d = 36$ мм та товщиною стінки $\Delta_T = 2,5$ мм.

Кут підйому гвинтової лінії витка шнека залежить від розміру кроку витка та величини діаметра.

2. Кут підйому в зоні великого діаметру шнека α_D , рад

$$\alpha_D = \arctg H/D, \text{ рад}$$

$$\alpha_D = \arctg 0,1/3,14 \cdot 0,15 = \arctg 0,222 = 0,218, \text{ рад}$$

Кут підйому біля валу, рад

$$\alpha_d = \arctg H/d, \text{ рад}$$

$$\alpha_d = \arctg 0,105/3,14 \cdot 0,045 = \arctg 0,744 = 0,631, \text{ рад}$$

Середньоарифметичне значення кута нахилу гвинтової лінії α_{cp}

$$\alpha_{cp} = 0.5(\alpha_D + \alpha_d), \text{ рад, градус.}$$

$$\alpha_{cp} = 0,5(0,21 + 0,63) = 0,42 \text{ рад} = 24^\circ$$

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

3. Визначимо коефіцієнт відставання продукту, що транспортується (переміщується) шнеком K_0

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha_{cp} - 0,5f \sin 2 \alpha_{cp})$$

$$K_0 = 1 - (\cos^2 24 - 0,5 \cdot 0,42 \sin 2 \cdot 24) = 0,32$$

Як коефіцієнт тертя f приймаємо коефіцієнт внутрішнього тертя продукту з урахуванням, що $f = \operatorname{tg} \varphi$ (φ - кут тертя).

4. Граничний діаметр валу шнека визначимо із залежності:

$$d_{пр} = H / \pi \operatorname{tg} \varphi, \text{ м.}$$

$$d_{пр} = 0,105 / 0,42 \cdot 3,14 = 0,0014 \text{ м}$$

Проводимо порівняння розрахункового граничного значення діаметра валу шнека та зовнішнього діаметра обраної раніше труби d . Для забезпечення міцності шнека потрібна умова:

$$d \geq d_{пр}$$

$$0,036 \text{ м} \geq 0,014 \text{ м}$$

5. Визначимо найбільший згинальний момент в останньому витку шнека за внутрішнім контуром «М», виходячи з робочого тиску « P_{max} », а також зовнішнього та внутрішнього діаметрів шнека « D » і « d ».

$$M_u = \frac{P_{max} \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}}, \text{ Н} \cdot \text{м/м}$$

$$M_u = \frac{0,1 \cdot 10^6 \cdot 0,15^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 2,33^{-4} - 1,2 \cdot 2,33^{-2} - 5,2 \ln 2,33}{1,3 + 0,7 \cdot 2,33^{-2}} =$$

$$= 7,031 \cdot \frac{14,367}{1,426} = 70,8 \text{ Н} \cdot \text{м/м}$$

Ине. № дубл.	Ине. № подл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Взам. ине. №	Подп. и дата

де а-відношення великого діаметра шнека до діаметра валу шнека;
 $a = 0,15/0,045 = 2,33$

6. Товщину витка шнека розрахуємо з умов діючого згинального моменту «Мі» і напруги матеріалу витка, що допускається, при вигині за умови, що

$$\delta = \sqrt{\frac{6|M|}{[\sigma]}}, \text{ мм}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 70,8}{145 \cdot 10^6}} = 1,7 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину листа 2мм

Допустимі напруженні при згині прирівнюємо допустимим напруженням розтягу.

7. Для визначення кутової частоти обертання шнека Q використовуємо форму розрахунку продуктивності за конструктивними параметрами шнека:

$$Q = 0,785(D^2 - d^2)(H - \delta)(1 - k_0)\lambda\omega\Psi, \text{ кг/с}$$

де λ - Об'ємна маса продукту, кг/м³;

Ψ - Коефіцієнт заповнення обсягу для сипких продуктів 0,7÷0,85; для в'язких продуктів 0,85÷1,0.

Звідки

$$\omega = \frac{Q}{0,785(D^2 - d^2)(H - \delta)(1 - k_0)\lambda\Psi}, \text{ хВ}^{-1}$$

$$\omega = \frac{0,23}{0,785(0,15^2 - 0,045^2)(0,105 - 0,0017)(1 - 0,32)930 \cdot 0,85} = 0,26 \text{ с}^{-1} \approx$$

2,6 хВ⁻¹

8. Площа внутрішньої циліндричної поверхні корпусу шнекового пристрою по довжині кроку Н визначимо із залежності

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

41

Підп. і дата
Взам. інв. №
Інв. № дубл.
Підп. і дата
Інв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$s_{BH} = \pi D(H - \delta) , \text{ м}^2$$

$$s_{BH} = 3,14 \cdot 0,15(0,105 - 0,002) = 0,048 \text{ м}^2$$

Площа поверхні витка шнека "S_ш" по довжині кроку H

$$S_{ш} = \frac{1}{4\pi}(\pi DL - \pi dl + H^2 \ln \frac{D+2L}{d+2l}) , \text{ м}^2$$

де L - Довжина гвинтової лінії шнека по великому діаметру, м;

l- Довжина гвинтової лінії шнека по діаметру валу, м

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi D)^2} \text{ м}$$

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi d)^2} \text{ м}$$

$$L = \sqrt{0,105^2 + (3,14 \cdot 0,15)^2} = 0,48 \text{ м}$$

$$l = \sqrt{0,105^2 + (3,14 \cdot 0,045)^2} = 0,17 \text{ м}$$

$$S_{ш} = \frac{1}{15,07}(3,14 \cdot 0,15 \cdot 0,48 - 3,14 \cdot 0,045 \cdot 0,17 + 0,105^2 \ln 2,4) = 0,017 \text{ м}^2$$

Для забезпечення працездатності шнекового механізму потрібне виконання умови

$$s_{BH} \geq S_{ш}$$

9. Визначимо крутний момент на валу шнека

$$M_{кр} = 0,131 \cdot m \cdot P_{max} (D^3 - d^3) \text{tg } \alpha_{cp} , \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{кр} = 0,131 \cdot 3 \cdot 0,1 \cdot 10^6 (0,15^3 - 0,045^3) 0,445 = 57 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

10. Осьове зусилля, що діє на валу шнека

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	
Ине. № подп.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$F_0 = 0,393 \cdot m \cdot P_{max} (D^2 - d^2), H,$$

$$F_0 = 0,393 \cdot 3 \cdot 0,1 \cdot 10^6 (0,15^2 - 0,045^2) = 2,4 \text{ кН}$$

де m-число робочих витків шнека.

11. Зробимо розрахунок нормальних $\sigma_{сж}$ та дотичних τ напружень у небезпечному перерізі шнека.

$$\sigma_{сж} = \frac{F_0}{S}$$

де S-площа поперечного перерізу валу шнека, м²;

W - полярний момент опору валу шнека, м³.

Площа поперечного перерізу порожнього валу.

$$S = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_{вн}^2) = \frac{3,14}{4} (0,045^2 - 0,038^2) = 0,00045 \text{ м}^2$$

де d - зовнішній діаметр труби валу шнека;

$d_{вн}$ - внутрішній діаметр труби валу шнека.

$$\sigma_{сж} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{0,00045} = 5,3 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{M_{кр}}{W_p} = \frac{57 \cdot 10^{-6}}{8,9 \cdot 10^{-6}} = 6,1 \text{ МПа}$$

12. За отриманими значеннями площі поперечного перерізу знаходимо нормальну напругу стиснення для порожнього валу шнека. Полярний момент опору валу залежить від перерізу валу. W_p

Для порожнього валу

Ине. № подл.	Подп. и дата			
Ине. № дубл.	Взам. инв. №			
Ине. № инв.	Подп. и дата			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \left(1 - \frac{d_{\text{вн}}^4}{d^4}\right) = \frac{3,14 \cdot 0,045^3}{16} \left(1 - \frac{0,038^4}{0,045^4}\right) = 8,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

отримані значення полярного моменту опору дозволяють розрахувати дотичні напруги, що діють у перерізі порожнистого валу.

13. Визначимо еквівалентну напругу, що діє в перерізі суцільного валу і порожнистого валу шнека. $\sigma_{\text{екв}}$

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 4 \tau^2}, \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{5,3^2 + 4 \cdot 6,1^2} = 13,3 \text{ МПа}$$

Для перевірки міцності валу шнека проведемо порівняння розрахункової еквівалентної напруги і напруги матеріалу, що допускається, вала.

Умовою міцності є

$$\sigma_{\text{екв}} \leq [\sigma]$$

Для виготовлення шнека було прийнято сталь 12Х18Н9Т, для якої межа міцності 180МПа. Отримане значення еквівалентної напруги показує, що умова міцності для порожнього валу – виконується. Для виготовлення зварного шнека готують кільця з листової сталі із зовнішнім діаметром «D», внутрішнім діаметром «d» та секторним вирізом з кутом «β». Дані розміри необхідні отримання гвинтової поверхні із заданими параметрами великого діаметра D, малого діаметра d і кроку шнека H.

14. Для визначення розмірів заготівлі кільця здійсимо розрахунок довжини шнека

$$L = z \cdot H, \text{ м}$$

$$L = 5 \cdot 0,105 = 0,525 \text{ м}$$

Ине. № подл	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Ине. № подл	Подп. и дата
Ине. № подл	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

де z - загальна кількість витків шнека.

Ширина гвинтової поверхні витка шнека b

$$b = 0,5(D-d), \text{ м}$$

$$b = 0,5(0,15-0,045) = 0,052 \text{ м}$$

Кут вирізу сектора визначимо із залежності

$$\beta = 2\pi - \frac{L-l}{b}, \text{ рад}$$

$$\beta = 6,28 - \frac{0,48-0,17}{0,052} = 0,32 \text{ рад} = 18^\circ 20'$$

Зовнішній діаметр кільця заготовки шнека

$$D_0 = \frac{2L}{2\pi - \beta}, \text{ м}$$

$$D_0 = \frac{2 \cdot 0,48}{6,28 - 0,32} = 0,161 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр кільця заготовки

$$d_0 = \frac{2 \cdot 0,17}{6,28 - 0,32} = 0,048 \text{ м}$$

Для виготовлення шнека кільце згинається по гвинтовій лінії на валу та приварюється до поверхні.

Проектування шнекового дозатора методами САПР

Для забезпечення надійної та безпечної роботи шнекового дозатора в умовах безперервного виробництва вафель необхідно перевірити міцність основних його елементів, зокрема шнека, який зазнає дії крутного моменту,

Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

осьових та радіальних навантажень з боку сипкого матеріалу. Одним із найбільш ефективних методів оцінювання напружено-деформованого стану деталей є чисельний розрахунок із використанням методу скінченних елементів (МСЕ). Розрахунок міцності шнека дозатора виконано в програмному середовищі SolidWorks Simulation, яке дозволяє здійснювати статичний аналіз конструкцій з урахуванням геометрії деталі, фізико-механічних властивостей матеріалу та умов навантаження, наближених до реальних умов експлуатації. Була створена тривимірна твердотільна модель шнека дозатора у середовищі SolidWorks відповідно до прийнятих конструктивних розмірів: зовнішнього діаметра шнека, діаметра вала, кроку навивки та загальної довжини. Геометрія моделі повністю відповідає реальній конструкції, що забезпечує достовірність результатів розрахунку.

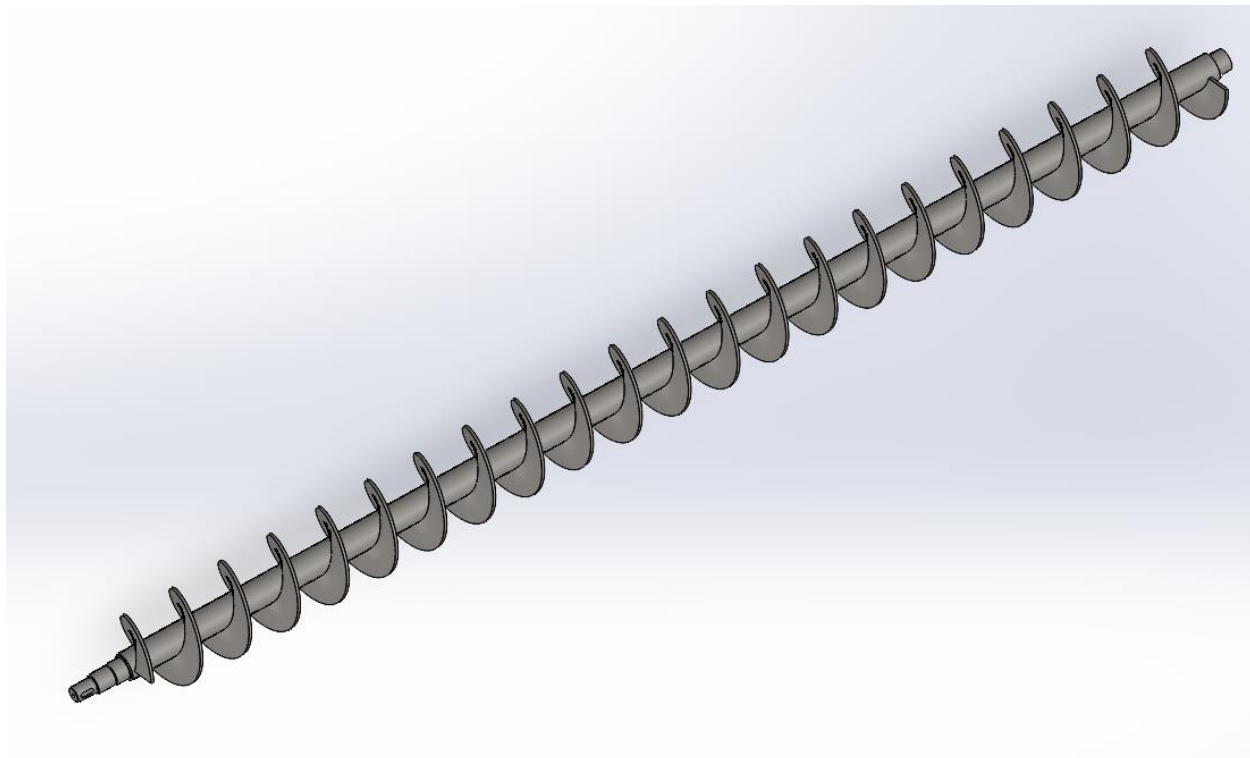


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд змодельованого шнека

Для моделювання роботи шнека було обрано матеріал. Як матеріал було обрано конструкційну (або нержавіючу) сталь, що широко застосовується у харчовому машинобудуванні. Для матеріалу в програмі SolidWorks Simulation

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

були використані стандартні механічні характеристики: модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, границя текучості та границя міцності.

Коректне задання граничних умов і навантажень є одним з ключових етапів чисельного моделювання, оскільки саме воно визначає відповідність розрахункової моделі реальним умовам експлуатації шнекового дозатора. У середовищі SolidWorks Simulation граничні умови формуються шляхом задання обмежень переміщень та прикладення силових факторів. Закріплення шнека у розрахунковій моделі виконується в зонах встановлення підшипникових опор. У цих місцях задається обмеження на радіальні та осьові переміщення, що імітує роботу шнека в корпусі дозатора. При цьому можливість обертання шнека навколо власної осі зберігається, що відповідає реальним умовам його роботи. Таке задання обмежень дозволяє врахувати опір підшипників без надмірного переобмеження моделі, яке могло б призвести до спотворення результатів розрахунку. Основним силовим навантаженням, яке діє на шнек, є крутний момент, що передається від електродвигуна через редуктор. У SolidWorks Simulation крутний момент прикладається до торцевої поверхні вала шнека в зоні з'єднання з приводом. Величина крутного моменту визначається на основі розрахункової потужності приводу та частоти обертання шнека і задається відповідно до прийнятих параметрів дозатора. Крім крутного моменту, на шнек діє навантаження з боку сипкого матеріалу, яке обумовлене його вагою, тертям та опором переміщенню. У розрахунковій моделі дане навантаження задається у вигляді рівномірно розподіленого тиску або сили, прикладеної до поверхні витків шнека.

Після задання матеріалу, граничних умов та навантажень наступним етапом розрахунку міцності шнека дозатора є розбивка його геометричної моделі на скінченні елементи. Якість та коректність побудови сітки безпосередньо впливають на точність отриманих результатів чисельного аналізу, тому даному етапу приділяється особлива увага.

Ине. № подп	Подп. и дата	Ине. № дубл.	Взам. ине. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

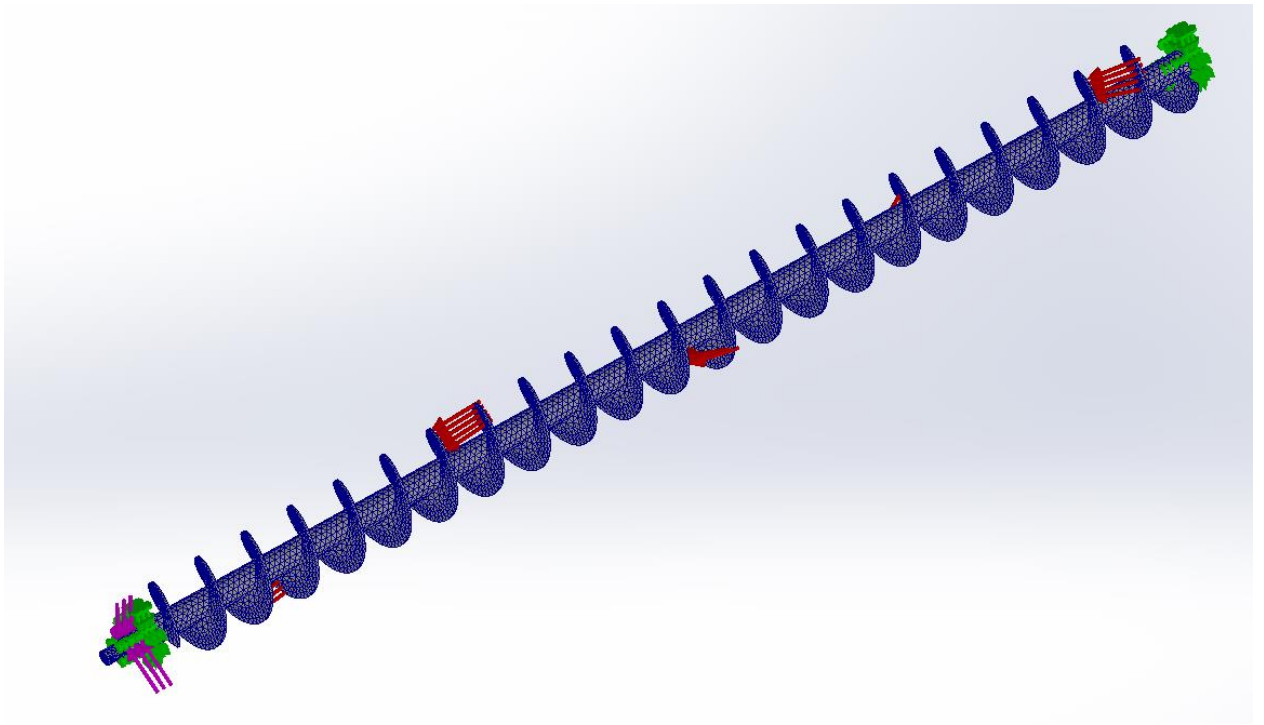


Рисунок 2.11 — Сітка на моделі

У середовищі SolidWorks Simulation для просторового твердотілого аналізу використовується автоматичне генерування сітки (рисунок 2.11) з тетрадральних скінченних елементів. Даний тип елементів забезпечує можливість коректної дискретизації складної просторової геометрії шнека, що включає гвинтову навивку, вал та зони переходів між окремими елементами конструкції. На початковому етапі виконується створення глобальної сітки з використанням стандартних параметрів генерації, які рекомендовані програмним забезпеченням. Розмір скінченного елемента обирається таким чином, щоб забезпечити достатню деталізацію геометрії при прийнятному часі розрахунку. Для підвищення точності розрахунку у зонах можливих концентрацій напружень застосовується локальне згущення сітки.

До зон підвищеної уваги при побудові сітки належать:

- місця переходу витків шнека у вал;
- коренева частина навивки;
- зони прикладання крутного моменту;
- ділянки закріплення в підшипникових опорах.

Полп. и дата	
Взам. и инв. №	
Иинв. № дубл.	
Полп. и дата	
Иинв. № полп	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

У зазначених зонах розмір скінченних елементів зменшується, що дозволяє більш точно відобразити розподіл напружень і деформацій. При цьому у менш навантажених ділянках допускається використання більших елементів, що зменшує загальну кількість елементів та скорочує час обчислень без втрати точності результатів. Після побудови сітки здійснюється візуальна перевірка її якості з метою виявлення можливих дефектів, таких як надмірно витягнуті елементи або нерівномірний розподіл. За необхідності параметри сітки коригуються до досягнення оптимального співвідношення між точністю та обчислювальною ефективністю.

Для підтвердження достовірності результатів розрахунку може бути виконаний контроль збіжності, який полягає у порівнянні результатів при різній густоті сітки. Якщо зміна розміру елементів не призводить до суттєвих відмінностей у максимальних напруженнях та переміщеннях, сітка вважається достатньо точною для подальшого аналізу.

Після виконання розрахунку міцності шнека дозатора методом скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation було проведено аналіз напруженого стану конструкції з метою оцінювання її працездатності та визначення найбільш навантажених зон.

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Подп. и дата	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

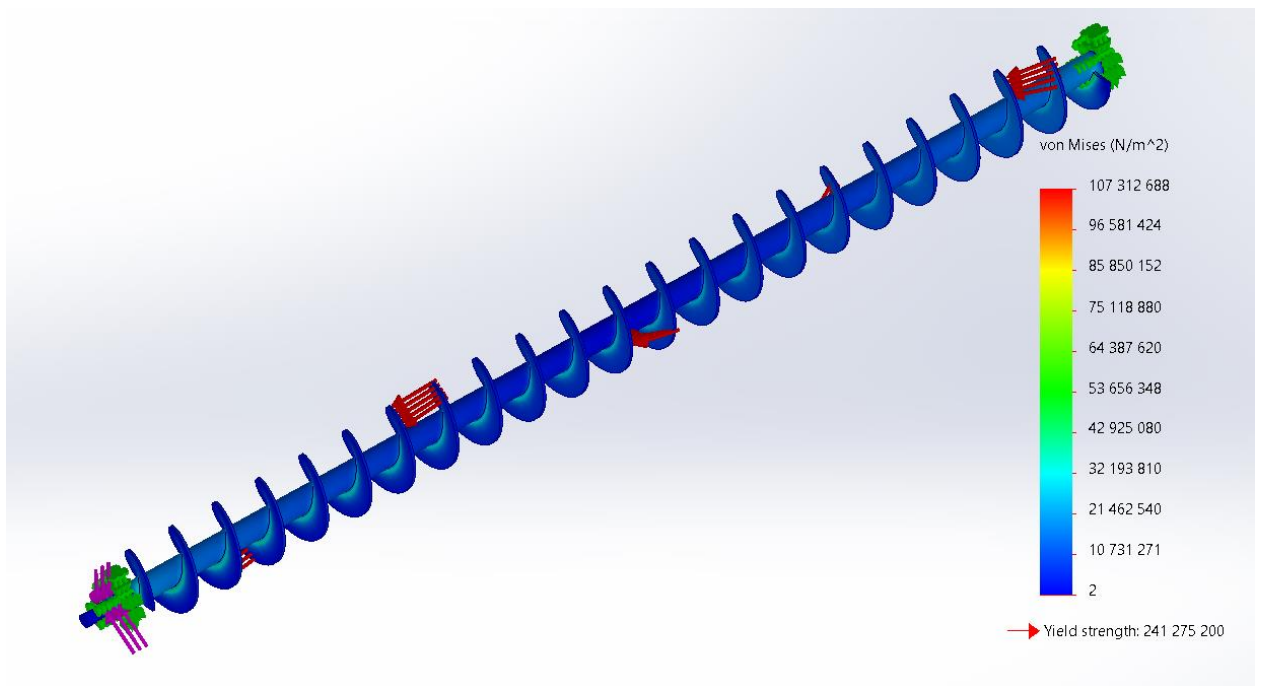


Рисунок 2.12 – Напружений стан шнека

Основним критерієм оцінювання міцності обрано еквівалентні напруження за теорією Мізеса, що є загальноприйнятим підходом для аналізу деталей, які працюють в умовах складного напруженого стану. Результати розрахунку показали, що напруження в тілі шнека розподіляються нерівномірно. Найменші значення еквівалентних напружень спостерігаються у центральній частині витків та на ділянках, віддалених від зон закріплення і прикладання навантажень. Це пояснюється відносно рівномірним сприйняттям крутного моменту та відсутністю різких змін геометрії у зазначених областях. Максимальні значення напружень концентруються у кореневій частині витків шнека, в місцях їх переходу у вал, а також поблизу зон закріплення в підшипникових опорах. У зазначених ділянках відбувається поєднання крутильних, згинальних та осьових напружень, що призводить до виникнення локальних концентрацій. Подібний характер розподілу напружень є типовим для шнекових механізмів, які працюють у середовищі сипких матеріалів. Отримані максимальні значення еквівалентних напружень порівнюються з допустимими напруженнями для обраного матеріалу шнека. Аналіз показує, що розрахункові напруження не перевищують граничних

Попл. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Попл. и дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

значень, що свідчить про достатній запас міцності конструкції та можливість її надійної експлуатації у заданих умовах роботи. Значення коефіцієнта запасу міцності відповідає вимогам, що висуваються до обладнання харчової промисловості, яке працює у режимі тривалої безперервної роботи. Додатково було проаналізовано вплив прикладеного крутного моменту на рівень напружень у валі шнека. Встановлено, що збільшення навантаження призводить до пропорційного зростання напружень, однак характер їх розподілу по довжині шнека зберігається. Це підтверджує коректність прийнятої розрахункової моделі та адекватність заданих граничних умов.

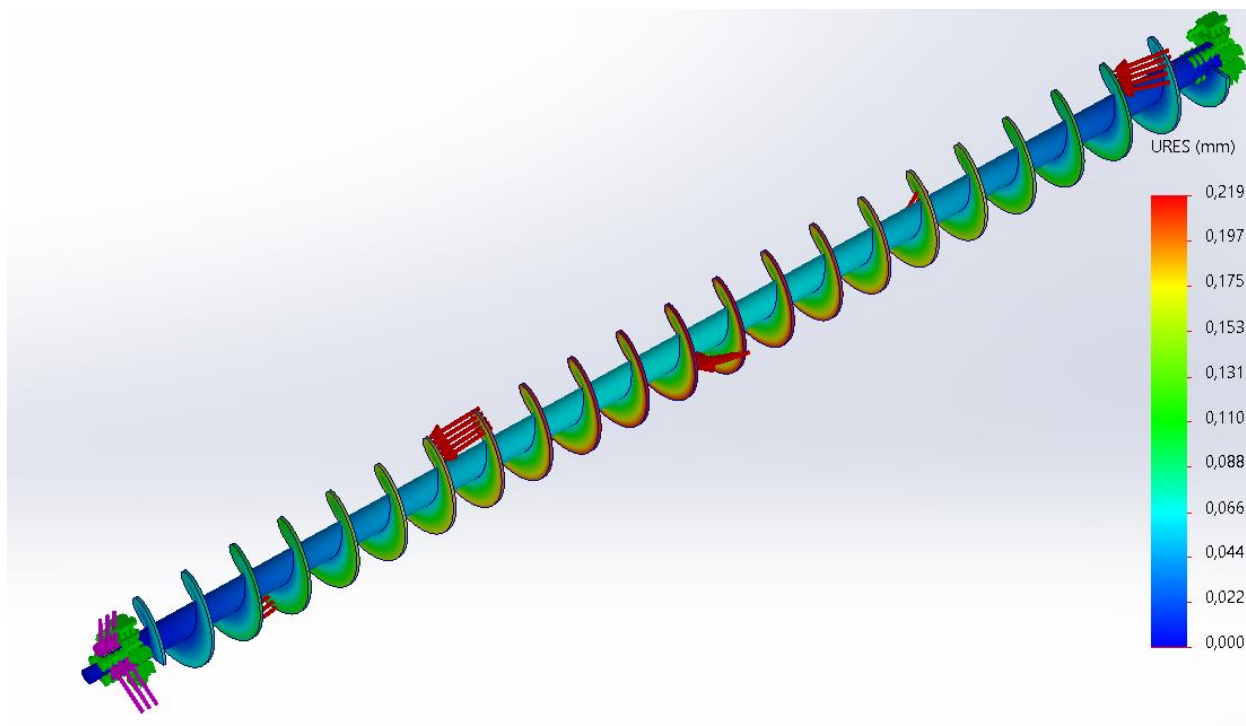


Рисунок 2.13 – Переміщення в елементах шнека

Після визначення напруженого стану шнека дозатора виконано аналіз його деформацій (рисунок 2.13) з метою оцінювання жорсткості конструкції та перевірки відповідності допустимим експлуатаційним вимогам. Аналіз деформацій дозволяє встановити величини лінійних переміщень та кутів закручування шнека під дією заданих навантажень, а також оцінити їх вплив на працездатність дозувального обладнання. У середовищі SolidWorks

Ине. № подп.	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Simulation результати аналізу деформацій представлені у вигляді полів сумарних переміщень, які відображають просторове відхилення елементів шнека від початкового положення. Величини переміщень є результатом дії крутного моменту, навантаження від маси сипкого матеріалу та реакцій опор. Результати моделювання показують, що найбільші переміщення спостерігаються у вільних ділянках шнека, віддалених від підшипникових опор, зокрема в середній частині його довжини та на крайніх витках. Такий характер розподілу деформацій є закономірним і пояснюється зменшенням жорсткості конструкції зі збільшенням відстані від зон закріплення. Максимальні деформації шнека мають незначні значення і не призводять до контакту витків з корпусом дозатора, що є важливою умовою безперебійної роботи обладнання. Отримані результати свідчать про достатню жорсткість вала та навивки, а також про правильність вибору геометричних параметрів шнека. Окрему увагу приділено аналізу кутової деформації (закручування) шнека під дією крутного моменту. Встановлено, що величина кутового зміщення не перевищує допустимих значень і не впливає на точність дозування та стабільність подачі сипкого матеріалу. Це підтверджує можливість використання шнека в умовах тривалої експлуатації без погіршення технологічних показників дозатора.

Завершальним етапом розрахунку міцності шнека дозатора є аналіз запасу міцності конструкції, який дозволяє оцінити надійність роботи елемента в умовах дії експлуатаційних навантажень та визначити відповідність прийнятих конструктивних рішень вимогам безпеки і довговічності. Аналіз запасу міцності виконано на основі результатів визначення еквівалентних напружень, отриманих методом скінченних елементів у середовищі SolidWorks Simulation (рисунок 2.14).

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №
Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. ине. №

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

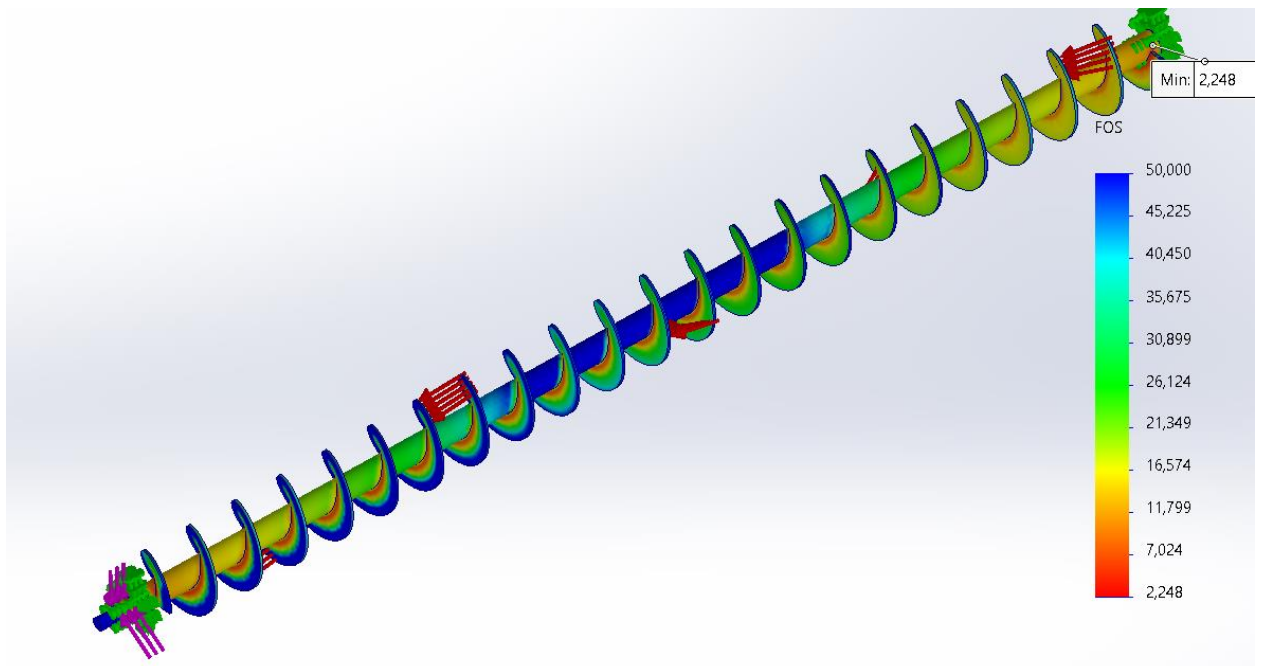


Рисунок 2.14 – Аналіз міцності конструкції

У програмному середовищі SolidWorks Simulation коефіцієнт запасу міцності визначається як відношення допустимого напруження матеріалу до фактичного еквівалентного напруження, що виникає в конструкції під дією заданих навантажень. Як допустиме напруження приймається границя текучості або допустиме напруження для вибраного матеріалу шнека з урахуванням умов роботи та характеру навантаження. Результати розрахунку показують, що розподіл коефіцієнта запасу міцності по довжині шнека є нерівномірним. Мінімальні значення запасу міцності спостерігаються у зонах концентрації напружень, зокрема в місцях переходу витків у вал, а також поблизу зон закріплення в підшипникових опорах. У менш навантажених ділянках конструкції коефіцієнт запасу міцності має значно вищі значення. Отримане мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності перевищує допустиме для деталей машин харчової промисловості, що працюють в умовах змінних навантажень і тривалої експлуатації. Це свідчить про достатню надійність конструкції шнека дозатора та можливість його безпечної роботи без ризику пластичних деформацій або руйнування. Проведений аналіз запасу міцності також дозволяє оцінити потенціал для оптимізації конструкції.

Підп. і дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Підп. і дата	
Инв. № подл.	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Охорона праці є невід'ємною складовою проектування, модернізації та експлуатації технологічних ліній харчової промисловості. Забезпечення безпечних умов праці під час виробництва вафель має важливе значення, оскільки технологічний процес супроводжується використанням машин і механізмів з обертовими частинами, електричного обладнання, підвищених температур, а також переміщенням сипких матеріалів і готової продукції.

У процесі модернізації лінії з виробництва вафель змінюються конструктивні та експлуатаційні характеристики окремих вузлів обладнання, зокрема систем дозування сипких компонентів. Це обумовлює необхідність повторного аналізу потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час роботи обладнання, його технічного обслуговування та ремонту.

Метою розділу з охорони праці є оцінка умов праці на модернізованій технологічній лінії, виявлення основних небезпечних і шкідливих факторів, а також розроблення комплексу організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків і запобігання травматизму. Особлива увага приділяється безпеці обслуговування шнекових дозаторів, електроприводів, вібраційного обладнання та вузлів з підвищеним рівнем шуму і пиловиділення.

У даному розділі також розглядаються вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки, які регламентують експлуатацію обладнання харчової промисловості. Реалізація запропонованих заходів з охорони праці дозволяє забезпечити безпечні та комфортні умови роботи персоналу, підвищити надійність експлуатації обладнання та відповідність модернізованої лінії чинним вимогам законодавства.

Безпека при роботі з електрообладнанням

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

55

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Подп. и дата	Подп. и дата
Ине. № подп	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Електрообладнання, що використовується на лінії з виробництва вафель, належить до джерел підвищеної небезпеки, оскільки його експлуатація пов'язана з ризиком ураження електричним струмом, виникненням коротких замикань та пожеж. Тому під час проектування, монтажу та експлуатації модернізованого обладнання необхідно забезпечити дотримання вимог електробезпеки відповідно до чинних нормативно-правових актів. До основних електроспоживачів лінії належать електродвигуни шнекових дозаторів, приводів транспортерів, змішувального обладнання, вафельної печі, а також вібраційні пристрої та системи автоматичного керування. Усе електрообладнання повинно бути виконане у промисловому виконанні, мати відповідний ступінь захисту оболонок та відповідати умовам експлуатації у приміщеннях харчового виробництва.

Для запобігання ураженню електричним струмом передбачається захисне заземлення металевих корпусів електродвигунів, електрощитів і пультів керування. Електричні кола оснащуються автоматичними вимикачами, запобіжниками та пристроями захисного вимкнення, які забезпечують відключення живлення у разі перевантаження, короткого замикання або появи струмів витоку.

Пуск та зупинка електрообладнання повинні здійснюватися за допомогою пультів керування з чітким маркуванням органів керування. Аварійні кнопки зупинки мають бути розташовані у доступних для обслуговуючого персоналу місцях. Забороняється експлуатація електрообладнання з пошкодженою ізоляцією кабелів, відкритими струмопровідними частинами або несправними засобами захисту.

Під час обслуговування та ремонту електрообладнання необхідно повністю відключати його від електромережі з виконанням заходів щодо унеможливлення випадкового вмикання. До виконання робіт допускається лише персонал, який пройшов відповідне навчання, інструктаж та має необхідну групу з електробезпеки.

Ине. № подп	Подп. и дата
Ине. № дубл.	Взам. инв. №
Ине. № инв.	Подп. и дата
Ине. № инв.	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Особливу увагу слід приділяти експлуатації електродвигунів у поєднанні з вібраційним обладнанням. Конструкція електроприводів повинна забезпечувати надійне кріплення та виключати пошкодження електричних з'єднань під впливом вібрації. Кабельні лінії повинні бути прокладені з урахуванням механічного захисту та виключення передачі вібрацій на контактні з'єднання.

Охорона праці при роботі з компонентами виробництва вафель

Робота з сировиною та компонентами, що використовуються у виробництві вафель, супроводжується низкою потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До них належать запиленість повітря робочої зони, можливість механічних травм під час транспортування та дозування сировини, вплив підвищених температур, а також контакт працівників із жировими та цукровмісними продуктами. Тому забезпечення безпечних умов праці під час виконання технологічних операцій з компонентами виробництва є важливим елементом системи охорони праці.

При роботі з сипкими компонентами, зокрема борошном, цукровою пудрою та іншими порошкоподібними матеріалами, основну небезпеку становить утворення пилу, який може негативно впливати на органи дихання та зір працівників, а також підвищувати ризик алергічних реакцій. Для зниження запиленості передбачається використання закритих систем транспортування і дозування, локальних аспіраційних пристроїв та регулярне прибирання виробничих приміщень. Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема респіраторами, захисними окулярами та спеціальним одягом.

Під час роботи з жировими компонентами та сиропами існує ризик термічних опіків і ковзання на забруднених поверхнях. Для запобігання нещасним випадкам необхідно забезпечити герметичність трубопроводів і ємностей, своєчасне очищення підлог від жирових забруднень, а також

Ине. № подп	Подп. и дата
	Взам. ине. №
Ине. № дубл.	Ине. № дубл.
	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

використання працівниками спеціального взуття з неслизькою підошвою. Температурні режими підігріву жирових компонентів повинні відповідати технологічним вимогам і не перевищувати допустимих значень.

Роботи з дозування та подавання компонентів у змішувальне обладнання повинні виконуватися з дотриманням вимог безпеки при експлуатації машин і механізмів. Забороняється відкривати кришки бункерів, проводити очищення або усунення зависання матеріалу під час роботи обладнання. Усі операції з обслуговування виконуються лише після повної зупинки механізмів і відключення їх від джерел живлення.

Особливу увагу слід приділяти санітарно-гігієнічним вимогам під час роботи з компонентами виробництва вафель. Сировина повинна зберігатися у спеціально відведених приміщеннях, захищених від зволоження, забруднення та шкідників. Працівники зобов'язані дотримуватися правил особистої гігієни, що є важливою умовою не лише безпеки праці, а й забезпечення якості та безпечності готової продукції.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці при роботі з компонентами виробництва вафель дозволяє мінімізувати вплив шкідливих факторів на персонал, знизити ризик виробничого травматизму та забезпечити стабільну й безпечну роботу модернізованої технологічної лінії.

Екологічна безпека виробництва вафель

Екологічна безпека є важливою складовою сучасного харчового виробництва та передбачає мінімізацію негативного впливу технологічних процесів на навколишнє природне середовище. Виробництво вафель, хоча й не належить до екологічно небезпечних галузей, супроводжується утворенням виробничих відходів, викидів у повітря та споживанням енергетичних і водних ресурсів, що потребує впровадження відповідних природоохоронних заходів.

Ине. № дубл.	Ине. № подп
Взам. инв. №	Подп. и дата
Подп. и дата	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Основними джерелами впливу на довкілля при виробництві вафель є пилові викиди під час роботи з сипкими компонентами, утворення харчових відходів, стічні води після миття обладнання та тари, а також шум і вібрації від роботи технологічного обладнання. Для зменшення пилових викидів у виробничих приміщеннях застосовуються закриті системи транспортування і дозування сировини, локальні аспіраційні установки та регулярне вологе прибирання. Це дозволяє не лише покращити екологічні показники виробництва, а й підвищити санітарно-гігієнічні умови праці.

Харчові відходи, що утворюються в процесі виробництва (обрізки вафельних листів, некондиційна продукція), підлягають збору в спеціальні контейнери з подальшою утилізацією або передачею на вторинну переробку відповідно до чинних вимог. Раціональна організація технологічного процесу та точне дозування компонентів сприяють зменшенню кількості відходів і втрат сировини.

Стічні води, що утворюються під час миття обладнання та виробничих приміщень, можуть містити залишки жирових і цукровмісних компонентів. Для зниження навантаження на каналізаційні мережі передбачається використання жирловловлювачів та дотримання регламентів санітарної обробки, що забезпечує відповідність скидів установленим екологічним нормам.

Важливим аспектом екологічної безпеки є енергоефективність виробництва. Використання сучасних електродвигунів з високим коефіцієнтом корисної дії, оптимізація режимів роботи обладнання та впровадження автоматизованих систем керування дозволяють знизити споживання електроенергії. У контексті модернізації лінії з виробництва вафель застосування стабільних систем дозування сприяє скороченню непродуктивних втрат енергії та сировини.

Зменшення рівнів шуму та вібрації досягається шляхом правильного монтажу обладнання, використання віброізоляційних елементів і регулярного

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подп

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

технічного обслуговування машин. Це позитивно впливає як на екологічну ситуацію у виробничих приміщеннях, так і на умови праці персоналу.

Таким чином, дотримання вимог екологічної безпеки при виробництві вафель забезпечує раціональне використання природних ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля та відповідність діяльності підприємства сучасним екологічним стандартам.

Инв. № подл	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Взам. инв. №				Подп. и дата
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат	ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ					Лист
										60

ВИСНОВОК

У ході виконання дипломної роботи було розглянуто питання модернізації лінії з виробництва вафель з метою підвищення ефективності технологічного процесу, стабільності якості готової продукції та надійності роботи основного обладнання. Проведений аналіз сучасного стану виробництва вафель підтвердив актуальність теми, зокрема в частині точного дозування сипких компонентів, що безпосередньо впливає на стабільність рецептури та споживчі властивості виробів. У технологічній частині роботи наведено загальну технологію виробництва вафель, розкрито послідовність основних етапів процесу — від підготовки сировини до отримання готової продукції. Особливу увагу приділено операціям дозування, як одним із найбільш відповідальних етапів технологічного процесу. Обґрунтовано доцільність використання шнекових дозаторів для подачі сипких компонентів у виробництві вафель.

У конструкторській частині виконано обґрунтування вибору та модернізації шнекового дозатора, зокрема шляхом покращення умов подачі сипкого матеріалу та зменшення ймовірності утворення містків у бункері. Розглянуто доцільність застосування вібратора з відповідною віброізоляцією як ефективного засобу інтенсифікації процесу розвантаження бункера.

За допомогою програмного середовища SolidWorks Simulation виконано розрахунок міцності шнека дозатора методом скінченних елементів. Проведено аналіз напружень, деформацій та запасу міцності конструкції. Результати розрахунків показали, що максимальні напруження та деформації не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт запасу міцності забезпечує надійну та безпечну експлуатацію шнека в умовах заданих навантажень.

У розділі з охорони праці та екологічної безпеки розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори, характерні для виробництва вафель, а також запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на

Підп. і дата
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Підп. і дата
Инв. № подл

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ДОДАТКИ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ДП МАХВМ 25.01.00.00 ПЗ

Лист

63