

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування**

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) О.Л.Сокольський
(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2025 р.

Магістерська дисертація

**на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг пакувань та пакувального
обладнання»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Лінія для пакування сумішей спортивного харчування з
модернізацією віброживильника»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) VI курсу, групи ЛУ-41мп

Котов Сергій Олексійович _____

Науковий керівник:

Зав. кафедри, доктор технічних наук, професор

Сокольський Олександр Леонідович _____

Консультант з ТМ та Е

ст. викл. Борщик Сергій Олександрович _____

Консультант з модернізації

д.т.н., проф. Щербина Валерій Юрійович _____

Консультант стартап-проекту

к.е.н., доц. Юдіна Наталія Володимирівна _____

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2025 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр СОКОЛЬСЬКИЙ

«___» 20____ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Котов Сергій Олексійович

1. Тема дисертації «Лінія для пакування сумішей спортивного харчування з модернізацією віброживильника», науковий керівник дисертації Сокольський Олександр Леонідович, зав. кафедри, доктор технічних наук, професор, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації ____
3. Об'єкт дослідження
4. Вихідні дані
5. Перелік завдань, які потрібно розробити
6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
7. Орієнтовний перелік публікацій
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація	Борщик С.О., ст. викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., проф.		
Стартап-проект	Юдіна Н. В., доц.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент Сергій Котов

Науковий керівник Олександр Сокольський

РЕФЕРАТ

“Лінія для пакування сумішей спортивного харчування з модернізацією віброживильника”: Магістерська дисертація освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” за напрямом підготовки 131 - Прикладна механіка (програма професійного спрямування “Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання”) / НТУУ “КПІ ім. Ігоря Сікорського”; Керівник Сокольський О. Л. Виконавець - Котов С. О.

Робота складається з вступу та восьми розділів. Загальний обсяг роботи аркушів основного тексту.

Магістерська дисертація присвячена розробці та вдосконаленню технологічної лінії для пакування порошкових сумішей спортивного харчування з акцентом на модернізацію вузла подачі сировини. У роботі проведено всебічний аналіз існуючого обладнання для транспортування дрібнодисперсних матеріалів та обґрунтовано необхідність впровадження нових конструктивних рішень для подолання проблем злежування та нерівномірного дозування протеїну. На основі вивчення сучасної патентної бази запропоновано використання комбінованого механізму, що поєднує вібраційний принцип дії із примусовим розпушуванням сировини. Такий підхід дозволяє стабілізувати потік продукту з накопичувального бункера до фасувального вузла, забезпечуючи високу якість пакування та безперервність виробничого циклу.

Ключові слова: віброживильник, живильник, протеїн, дозатор, лінія пакування сумішей спортивного харчування.

ABSTRACT

‘Line for packaging sports nutrition mixtures with modernised vibrating feeder’: Master's thesis of educational and qualification level ‘Master’ in the field of training 131 - Applied Mechanics (professional programme ‘Packaging and Packaging Equipment Engineering’) / NTUU ‘Igor Sikorsky KPI’; Supervisor: O. L. Sokolsky. Author: S. O. Kotov.

The work consists of an introduction and eight chapters. The total volume of the work is pages of main text.

The master's thesis focuses on the development and improvement of a technological line for packaging sports nutrition powder mixtures, with a specific emphasis on modernizing the raw material feeding unit. The study provides a comprehensive analysis of existing equipment for transporting fine powders and justifies the need for new design solutions to overcome the problems of material caking and non-uniform protein dosing. Based on a review of current patent literature, the implementation of a combined mechanism that integrates vibration principles with forced material loosening is proposed. This approach stabilizes the product flow from the storage hopper to the filling unit, ensuring high packaging quality and continuity of the production cycle.

Keywords: vibrating feeder, feeder, protein, dispenser, sports nutrition mixture packaging line.

ЗМІСТ

					ЛУ41Мп.3.05186.002-90 ПЗ			
Ізм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Котов С. О.			Лінія для пакування сумішей спортивного харчування з модернізацією віброживильника	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Сокольський О. Л.						2
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, ХПСМ		
Н. Контр.								
Утв.								

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

- L — довжина робочої частини обладнання;
- m_1 — робоча маса конвеєра, кг;
- m_2 — реактивна маса конвеєра, кг;
- V — швидкість транспортування продукту, м/с;
- A_n — поздовжня складова амплітуди коливань, м;
- ν — частота вимушених коливань, Гц;
- ν_0 — власна частота коливань конвеєра, Гц;
- $M_{\text{пр}}$ — приведена маса конвеєра, кг;
- E — модуль пружності матеріалу, Па;
- K_3 — коефіцієнт защемлення пружини;
- F — вимушуюча сила віброзбудника, Н;
- μ — коефіцієнт динамічності;
- z — коефіцієнт резонансного налагодження;
- W — параметр перевантаження;
- β — кут вібрації, град;
- m_k — задана маса дози продукту, кг;
- ρ — насипна густина продукту, кг/м³;
- F_Σ — повне зусилля на датчик дозатора, Н;
- δ — товщина шару продукту на несучому органі, м;
- τ_0 — внутрішні дотичні напруження продукту, Мпа/

ВСТУП

Віброживильник — це установка для безперервного транспортування та подачі сипких матеріалів (протеїнових сумішей) за допомогою спрямованих механічних коливань. У технологічних лініях пакування він виконує ключову функцію — забезпечує стабільне надходження продукту з накопичувальних бункерів до фасувальних вузлів.

Головні типи живильників включають стрічкові, гвинтові та вібраційні машини. Для роботи з дрібнодисперсними харчовими порошками, які схильні до злипання, найбільш ефективним є використання вібраційного принципу дії, що дозволяє підтримувати сипучість матеріалу без пошкодження його структури.

Як додаткова модернізація, у роботі розглядається вдосконалення конструкції дозатора. Для підвищення точності фасування пропонується використання комбінованої системи подачі (вібраційної та шнекової) з елементами попереднього розпушування. Це дозволяє уникнути утворення грудок у суміші та гарантувати точну вагу кожної порції продукту.

Завдяки такому комплексному підходу пакувальне обладнання стає більш надійним та енергоефективним. Модернізація вузлів подачі та дозування сприяє вдосконаленню технологічного процесу, мінімізує втрати сировини та підвищує якість готової продукції.

1. ОПИС МАШИНИ (ЛІНІЇ)

Живильник призначений для безперервного транспортування сипких і порошкоподібних матеріалів із бункерів або завантажувальних ємностей до подальших технологічних вузлів або транспортувальних систем. Такі пристрої часто виконують функцію об'ємних дозаторів, подібних до конвеєрів, але мають коротшу робочу довжину та потужніший привід електродвигуна.

За принципом дії механічні живильники поділяють на такі типи:

- з **безперервним поступальним рухом** робочого органу (стрічкові, пластинчасті, ланцюгові, гвинтові);
- із **зворотно-поступальним рухом** (лоткові, маятникові, коливні, вібраційні, електровібраційні);
- з **обертотим рухом** (дискові, лопатеві, шнекові, барабанні, роторні).

Тип живильника вибирається залежно від властивостей матеріалу (щільність, гранулометричний склад, вологість) і вимог до точності подачі. Для порошкових продуктів, таких як сироватковий або соєвий протеїн, найчастіше застосовують лоткові або вібраційні живильники, які забезпечують рівномірну подачу без утворення грудок і зависань матеріалу.

Продуктивність таких пристроїв зазвичай коливається в межах від 50 до 800 кг/год і визначається геометрією лотка, амплітудою коливань, частотою вібрації або швидкістю руху робочого елемента.

Типові галузі використання

Живильники застосовуються у дуже багатьох галузях промисловості, серед яких:

- гірничо-металургійна та добувна: подача руди, вугілля, великогрудкових матеріалів;
- цементна, будівельна промисловість: транспортування сипучих

матеріалів, крупних фракцій;

- харчова промисловість: подача порошків, гранул, інгредієнтів;
- хімічна промисловість: подача реагентів, порошкових добавок, гранул;
- фармацевтика та нутрицевтика: дуже точне дозування дрібних компонентів.

Лотковий живильник у даному проекті використовується як елемент технологічної лінії з виробництва протеїнового порошку.

Загальна технологічна схема виробництва включає такі основні етапи (рис. 1.1):

1. **Підготовка сировини** — приймання концентрату білка, вуглеводних і мінеральних добавок.
2. **Дозування та змішування компонентів** — подача інгредієнтів живильниками до змішувача.
3. **Сушіння або агломерація** — для отримання сипкого однорідного порошку.
4. **Просіювання і контроль якості** — видалення грудок, стабілізація структури порошку.
5. **Фасування** — автоматичне дозування у банки або пакети.
6. **Закупорювання і маркування** готової продукції.

Лотковий живильник розташований на ділянці дозування та змішування і виконує ключову функцію — рівномірне транспортування білкової суміші з бункера до змішувального апарата, забезпечуючи стабільність технологічного процесу та точність співвідношення компонентів.

Загальна послідовність технологічного процесу

Матеріал із бункера → живильник → змішувач → (за потреби: сушарка / агломератор) → просіювання → шнекові дозатори → банки →

транспортує сировину до першого етапу обробки.

На наступній стадії порошок проходить через вібросито (3), яке забезпечує просіювання продукту, видаляючи грудки, сторонні частинки або надмірно великі фракції. Завдяки цьому досягається однорідна структура суміші, що є важливою умовою для рівномірного дозування. Далі матеріал спрямовується до віброживильника (4) — пристрою, який за допомогою механічних коливань забезпечує рівномірність і однорідність подачі сировини, не дає збитися в комки під час попередньої обробки.

Просіяний порошок надходить у порошковий дозатор (5), який точно відміряє кількість продукту для кожної банки відповідно до заданих параметрів рецептури. Це забезпечує стабільність ваги і зменшує втрати сировини. Паралельно до лінії подачі сировини працює автоматичний механізм подачі банок (6), який подає порожню тару — банки — на наступні етапи виробництва.

Перед наповненням банки проходять стерилізацію (7). Машина стерилізації здійснює очищення внутрішніх поверхонь тари за допомогою гарячого повітря або ультрафіолетового випромінювання, що гарантує дотримання санітарних вимог і безпечність готової продукції. Стерильні банки подаються конвеєром до дозатора, де вони наповнюються точними порціями порошку.

Після наповнення банки спрямовуються на машину закупорювання (8), де встановлюються кришки, які герметично закривають тару. Це запобігає потраплянню вологи, пилу або повітря в продукт, продовжуючи його термін придатності. Далі герметично закриті банки потрапляють на конвеєр відведення (9), який транспортує їх у секцію пакування (10).

У секції пакування банки групуються в набори та упаковуються у гофрокороби або на палети. Готові палети далі переміщуються за допомогою навантажувач (11) на майданчик відвантаження. На заключному етапі продукція проходить завантаження в автотранспорт (12), після чого доставляється на склад готової продукції або безпосередньо до замовника.

Вся технологічна лінія працює в автоматичному або напівавтоматичному режимі, що дозволяє зменшити вплив людського фактору та забезпечити високу точність дозування і герметизації. Основними перевагами цієї схеми є:

- безперервність процесу, що підвищує продуктивність;
- висока точність дозування завдяки автоматичному контролю;
- стерильність і гігієнічність, що відповідає вимогам харчового виробництва;
- мінімальні втрати сировини при фасуванні;
- зручність транспортування і зберігання готової продукції.

2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Вібраційний грохот з інертним приводом використовується для передачі і доставки сипучих матеріалів, гранульованих для технологічного і складського транспорту. Встановлені на вихідних отворах резервуарів - в той же час виконують функцію їх замикань. Живильники виконані в підвісній версії (тип PWkpEw) або стоячи (PWkpEs типу). Внутрішня частина жолоба резервуара може бути викладена наприклад пластмасою, гумою або жорсткою лінією. Перевага інертного приводу заключається в можливості постійної зміни продуктивності під час постою. Є можливість транспортування із змінною швидкістю під час роботи в межах вказаного діапазону за допомогою перетворювача частоти. Технічні параметри наведені в поданій таблиці. Експлуатація живильника обмежується до встановлення потрібної продуктивності, яка здійснюється шляхом зміни положення неврівноважених мас на кінцях валів електровібраторів, періодичної перевірки та підтримки статусу підключення приводу відповідно до інструкції з експлуатації. Електровібратори електропостачання - напруга 400В або стандарта 500В; 50 Гц.

Ключові характеристики:

Тип живильника	PWkpE-13
Габаритні розміри живильника, мм:	
Ширина	400
Висота	200
Довжина	1500
Теоретична продуктивність, м ³ /год	80
Потужність електровібратора, кВт	2

Частота обертання, об/хв	1400
Вага, кг	256

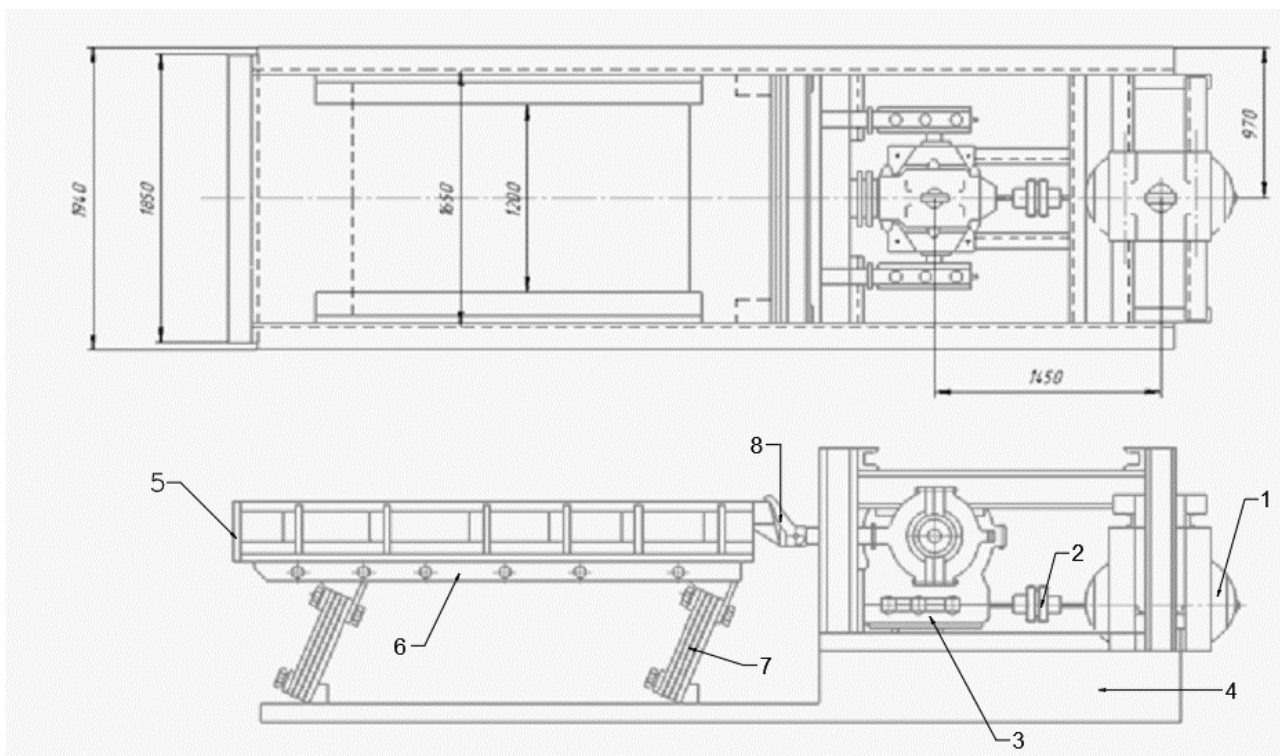


Рисунок. 2.1 – Загальний вигляд лоткового живильника

3. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

Під час виконання роботи над дипломним проектом було проведено пошук та аналіз технічної літератури і патентів, що стосуються конструкцій живильників, дозаторів та вузлів для подачі сипких матеріалів у харчовій промисловості.

Метою роботи було дослідження існуючих технічних рішень, виявлення їхніх переваг і недоліків, а також визначення можливостей модернізації обладнання для більш ефективної роботи у складі технологічної лінії з виробництва протеїнового порошку.

У результаті пошуку знайдено низку патентів, що описують різні типи живильників і дозаторів, які можуть бути застосовані для удосконалення подачі сипких порошкових сумішей. Розглянемо коротко зміст основних з них.

Патент [1] — US8813967B2

У цьому винаході розглянуто порошковий дозатор із контролем ваги, що забезпечує високу точність подачі матеріалу за рахунок використання датчиків маси та зворотного зв'язку із системою керування. Конструкція передбачає можливість регулювання швидкості обертання гвинтового механізму, що дозволяє уникати перевантаження і злежування матеріалу. Такий принцип роботи доцільно використати для дозування протеїнових сумішей з різною щільністю.

Патент [2] — US4978000A

Патент стосується вібраційного живильника, який має можливість змінювати частоту коливань відповідно до характеристик матеріалу. Це рішення дозволяє досягти більш рівномірної подачі сипких речовин, запобігаючи утворенню грудок. Такий тип живильника може бути ефективним у харчовій промисловості, де потрібно працювати з легкими порошками, зокрема білковими концентратами.

Патент [3] — US4821782A

У даному патенті описано шнековий дозатор для сипких матеріалів, який оснащено механізмом попереднього розпушування перед подачею матеріалу у шнек. Це забезпечує стабільну подачу навіть для порошків із підвищеною вологістю або низькою сипкістю. Такий принцип може бути застосований у системах фасування протеїнового порошку для уникнення злежування продукту.

Патент [4] — EP2303730B1

Винахід розкриває систему подачі сипких матеріалів з регульованим потоком, що включає комбінацію вібраційного лотка та гвинтового механізму. Завдяки синхронізації роботи цих елементів забезпечується точна й безперервна подача матеріалу. Це рішення підходить для модернізації живильника у технологічній лінії, де необхідно підтримувати стабільний потік протеїну до змішувача або пакувального вузла.

Патент [5] — US8584901B2

Патент описує **автоматизований дозатор сипких харчових продуктів**, обладнаний системою контролю подачі через оптичні датчики та серводвигун. Завдяки цьому пристрій може самостійно регулювати інтенсивність подачі залежно від обсягу матеріалу у бункері. Використання подібного рішення у лінії виготовлення спортивного харчування дозволило б зменшити втрати сировини та підвищити точність дозування.

Аналіз патентної інформації показав, що сучасні системи подачі сипких матеріалів орієнтовані на підвищення точності дозування, зменшення злежування порошків і автоматизацію процесу керування.

Отримані результати можуть бути використані для модернізації існуючого лоткового живильника у лінії виробництва протеїнового порошку — шляхом впровадження електровібраційного приводу, контролю ваги або комбінованого механізму подачі (вібраційно-гвинтового типу).

4. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Після проведення огляду наукових і патентних джерел було обрано дві модифікації, які доцільно використати для удосконалення конструкції живильника, що застосовується у технологічній лінії з виробництва протеїнового порошку.

Найбільш придатними для впровадження виявились технічні рішення, описані у патентах **US4821782A** та **EP2303730B1**, які поєднують простоту конструкції з високою точністю дозування і рівномірністю подачі сипких матеріалів.

Патент US4821782A

Обране рішення базується на конструкції шнекового живильника для сипких матеріалів, який забезпечує стабільну подачу порошку завдяки поєднанню розпушувального механізму та дозувального шнека.

Основна проблема традиційних живильників полягає в нерівномірній подачі матеріалу — особливо при роботі з порошками, що мають схильність до злежування (такими як білкові концентрати або суміші з підвищеною вологістю).

У запропонованій конструкції передбачено попереднє розпушування матеріалу у зоні завантаження перед потраплянням у шнек, що запобігає утворенню грудок і забезпечує постійний потік.

Також у патенті описана можливість регулювання швидкості обертання шнека, що дозволяє точно задавати витрату подачі. Для лінії виробництва протеїнового порошку це має особливе значення, адже забезпечує стабільне дозування суміші під час фасування у банки або пакети.

Впровадження такої модифікації у конструкцію лоткового живильника дозволить підвищити точність дозування, усунути можливість злежування продукту та оптимізувати роботу всієї лінії.

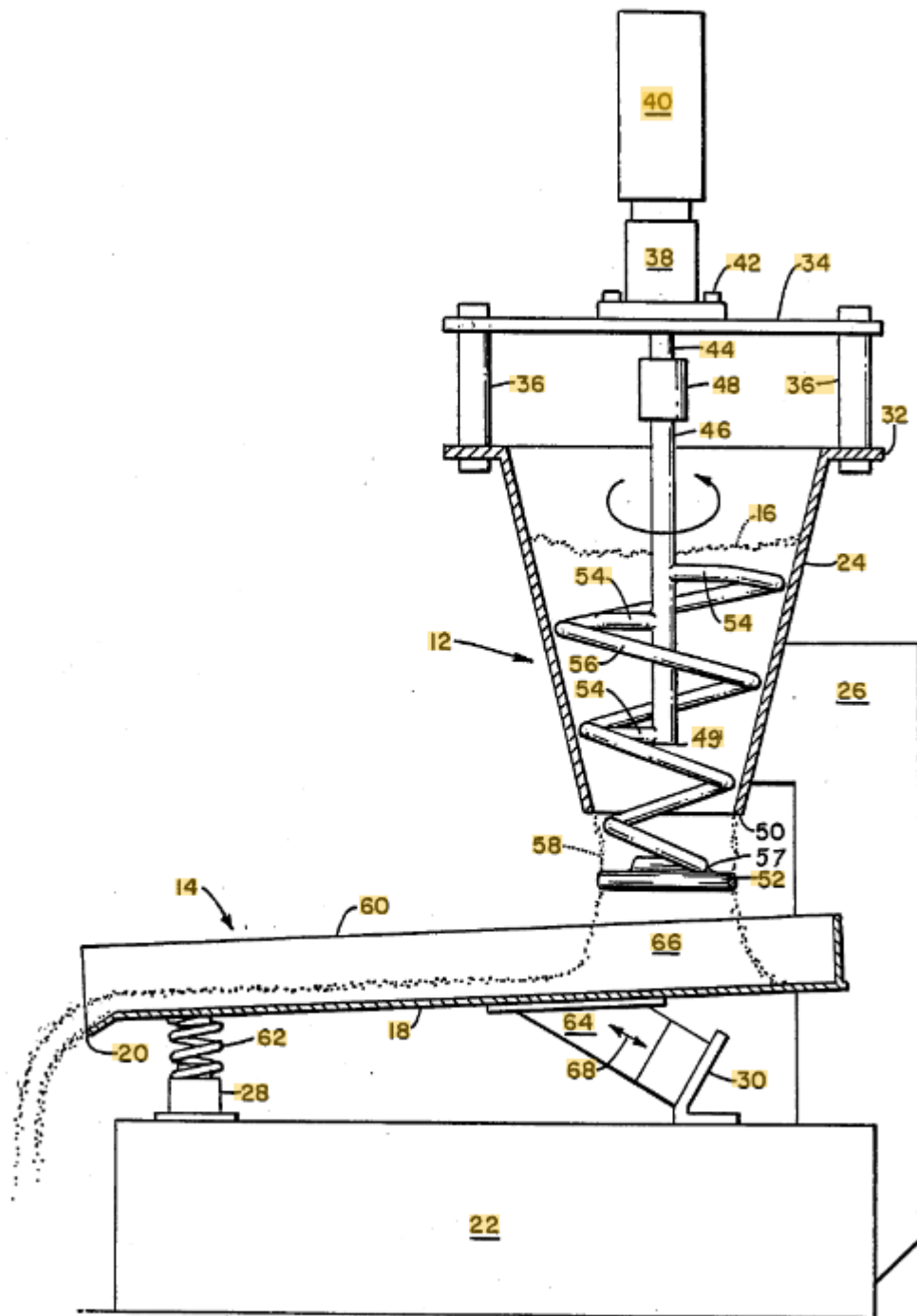


Рисунок 4.1 - загальний вигляд модернізації порошкового живильника

Патент EP2303730B1

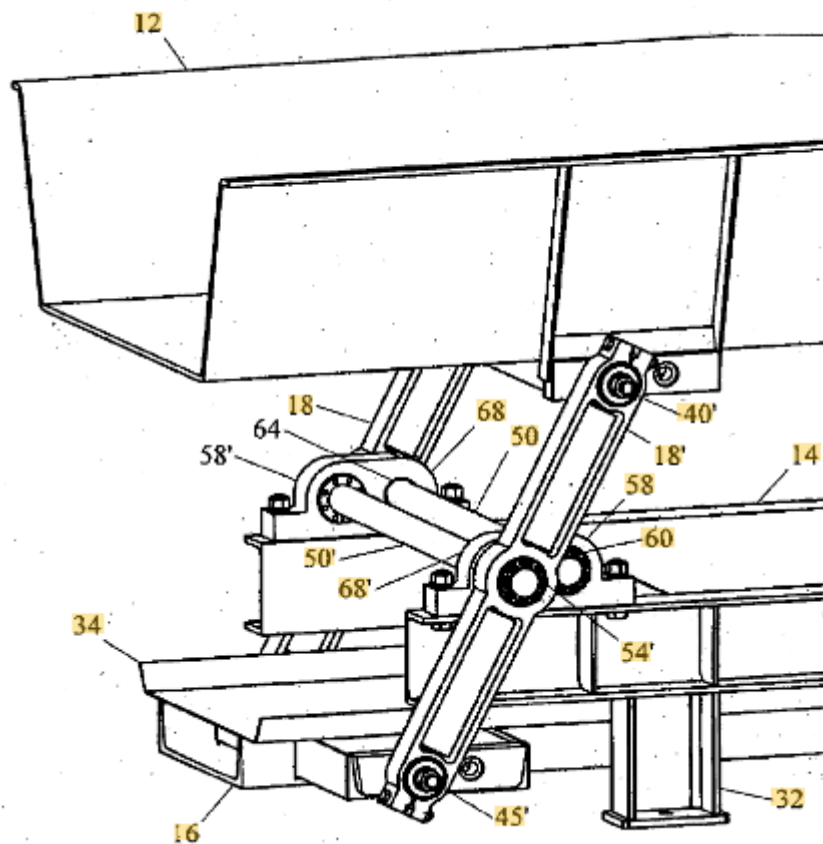
Друге технічне рішення, вибране для аналізу, стосується комбінованої системи подачі сипких матеріалів, у якій поєднано вібраційний лоток і гвинтовий механізм для більш рівномірного та контрольованого переміщення порошку.

Основна ідея полягає в тому, що вібраційні коливання активують потік сипкого матеріалу, усуваючи застої, а гвинтовий елемент забезпечує його направлену і дозовану подачу далі по технологічній лінії.

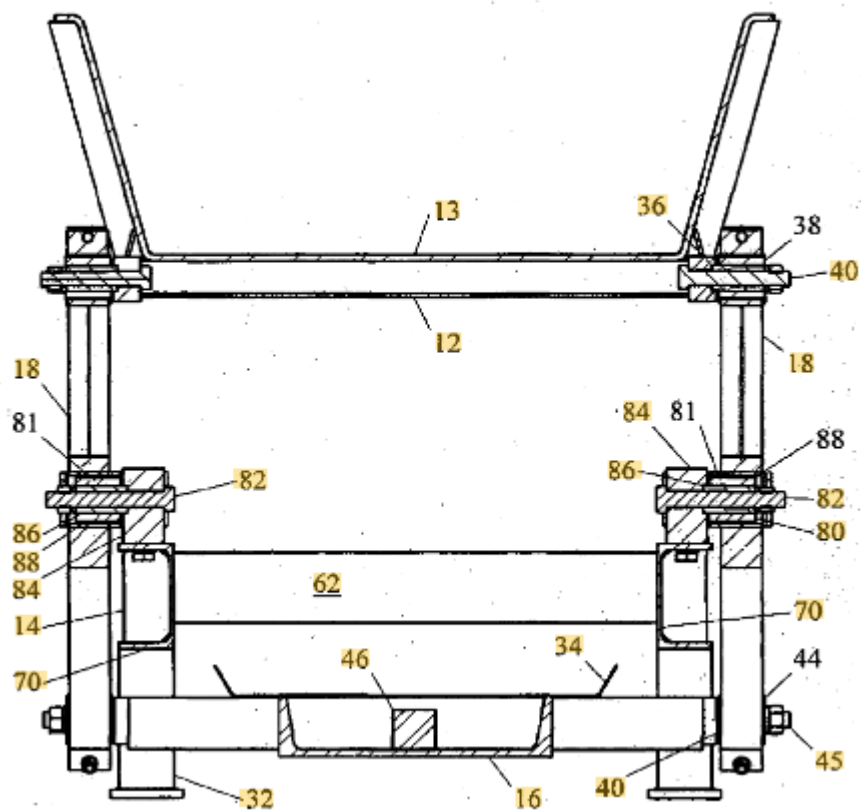
Таке поєднання дозволяє досягти високої стабільності подачі та зменшити вплив властивостей матеріалу (вологість, текучість, насипна щільність) на точність дозування.

Для виробництва протеїнових порошоків це рішення є надзвичайно актуальним, адже дає змогу уникнути коливань у кількості поданої суміші, що напряду впливає на однорідність продукту і точність фасування.

Застосування принципу, описаного у патенті EP2303730B1, може стати основою модернізації існуючого лоткового живильника шляхом додавання вібраційного приводу та дозувального гвинта. Це дозволить підвищити ефективність подачі протеїнової маси, знизити втрати продукту і покращити точність автоматичного дозування у пакувальній ділянці.



a)



б)

Рисунок 4.2 - загальний вигляд модернізації лоткового живильника:

а) - вигляд в ізометрії; б) - вигляд з переду

5. РОЗРАХУНКИ

5.1. Параметричні розрахунки

5.1.1. Розрахунок основних параметрів віброживильника

Для розрахунків основних параметрів лоткового живильника використана методика [10].

L – довжина конвеєра, $L=1,6\text{м}$

m_1 – робоча маса конвеєра, $m_1=40\text{кг}$

m_2 – реактивна маса конвеєра, $m_2=80\text{кг}$

V – швидкість транспортування продукту, $V=0,4\text{ м/с}$

$K_{ш}$ – коефіцієнт швидкості, $K_{ш}=0,4$

i – кількість пружин, $i=4$ шт

b – товщина пружини, $b=0,04\text{ м}$

За заданою швидкістю транспортування продукту визначається амплітуда поздовжніх коливань:

$$A_n = \frac{V}{2\pi\nu K_{ш}} = \frac{0,4}{2 * 3,14 * 25 * 0,4} = 0,0064\text{ м}$$

де V – задана швидкість транспортування продукту, м/с; ν – частота вимушених коливань конвеєра, Гц; A_n – поздовжня складова амплітуди направлених коливань конвеєра, м; $K_{ш}$ – коефіцієнт швидкості, який визначається експериментально, як співвідношення: $K_{ш} = \frac{V}{V_{max}}$, де V_{max} – максимальна теоретична швидкість лотка конвеєра, визначається як перша похідна від переміщення лотка конвеєра:

$$V_{max} = 2\pi\nu A_n = 2 * 3,14 * 25 * 0,0064 = 1,0048\text{ м/с} ;$$

$K_{ш}$ – приймається за попередніх розрахунків для основних продуктів, що пакуються на автоматизованому обладнанні рівним 0,3 - 0,5.

У залежності від жорсткості жолоба і його довжини, конструюються елементи підсилення жорсткості, тобто приймається кількість пружин та обирається спосіб їх кріплення. Визначаються робоча (m_1) та реактивна (m_2)

маси конвеєра, $m_2 = (1 \div 5) m_1$.

Проводиться розрахунок мінімальної не защемленої робочої довжини пружини $l_{\min}$ (м) та її товщини на задану частоту власних коливань конвеєра:

$$L_{\min} = \frac{10.215 * A}{[\sigma_{-1}]} * \sqrt[3]{\frac{v_0^2 * E^2 M_{\text{пр}}}{b * i}}$$
$$= \frac{10.215 * 0,0096}{[3 * 10^9]} * \sqrt[3]{\frac{27^2 * 2.1 * 10^{11} * 26.6}{0,04 * 4}} = 9.62 * 10^{-6} \text{ м}$$

де A – сумарна амплітуда коливань обох мас, визначається за виразом

$$A = A_1 + A_2 = A_1 * (1 + \frac{m_1}{m_2})$$

$$A = 0,0064 * (1 + \frac{40}{80}) = 0,0096;$$

σ_{-1} – допустиме напруження згину під час знакозмінного навантаження, Па (для пружинної сталі марки 60С2 $\sigma_{-1} = 3 * 10^9$ Па); v_0 – власна частота коливань конвеєра, $v_0 = (1,04-1,085)v = 1,08 * 25 = 27$; E – модуль пружності матеріалу пружини, для пружинних сталей $E = 2,14 * 10^7$ Па; $M_{\text{пр}}$ – приведена маса конвеєра (кг), визначається за виразом:

$$M_{\text{пр}} = \frac{m_1 * m_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 * 80}{40 + 80} = 26,6 \text{ кг}$$

b – товщина пружини (м), яку вибирають конструктивно; i – кількість пружин.

Приймаючи робочу довжину пружини $l_p > l_{\min}$, здійснюється розрахунок товщини пружини h (м) за виразом:

$$h = l_p * \sqrt[3]{\frac{4 * \pi^2 v_0^2 * M_{\text{пр}}}{E b i K_3}} = 0,096 \sqrt[3]{\frac{4 * 3,14^2 * 27^2 * 26,6}{2,1 * 10^{11} * 0,04 * 4 * 1.6}}$$
$$= 0,0023 \text{ м}$$

де K_3 – коефіцієнт защемлення пружини, який враховує різницю між реальним і теоретичним защемленням і приймається

$$K_3 = \frac{+0.8}{+0.5} = 1.6$$

Необхідну вимушуючу силу електромагнітного віброзбудника F (Н), знаходять за виразом:

$$F = \frac{4\pi^2 v_0^2 A M_{\text{пр}}}{\mu z^2 \cos \beta} = \frac{4 * 3.14^2 * 27^2 * 0.0096 * 26.6}{8.58 * 0.94^2 * \cos 40^\circ} = 1264.2 \text{ Н}$$

де μ – коефіцієнт динамічності,

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{(1 - z^2)^2 + \gamma^2 * z^2}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - 0.94^2)^2 + 0.005^2 * 0.94^2}} = 8.58$$

z – коефіцієнт резонансного налагодження, $z = \frac{v}{v_0}$ та вибирається рівним 0,92

- 0,96, при цьому забезпечується дорезонансний режим роботи конвеєра, за якого знижується вплив маси продукту на стабільність швидкості

транспортування; γ – показник внутрішнього опору, для сталених пружин $\gamma = 0,004 - 0,006$.

Оптимальний кут вібрації β для транспортованих сипких та гранульованих продуктів визначається експериментально. Кут β вибирається в межах $\beta = 10 - 50^\circ$ і залежить від амплітуди коливань і параметра перевантаження:

$$W = \frac{4\pi^2 v^2 A_n \operatorname{tg} \beta}{g * \cos \alpha} = \frac{4 * 3.14^2 * 25^2 * 0.0064 * \operatorname{tg} 40^\circ}{9.81 * 1} = 13.5$$

де α – кут нахилу робочого органу до горизонталі. Параметр перевантаження показує на співвідношення між вертикальною складовою прискорення жолоба до прискорення вільного падіння g в залежності від поздовжньої складової амплітуди A_n , кута вібрації β , властивостей транспортованого продукту та його товщини і може набувати значення $W = 1 \div 14$.

5.1.2. Розрахунок основних параметрів гравітаційного дозатора

Для розрахунків основних параметрів гравітаційного дозатора використана методика [10].

Вхідні данні:

m_K – задана маса дози, 0,4 кг;

ϕ – коефіцієнт, що визначає частину дози, яка набирається в інтенсивному режимі роботи дозатора 0,9;

B – ширина потоку продукту у транспортній системі, 0,16 м;

v_k – швидкість подачі продукту, 0,05 м/с;

z – миттєве значення на осі 0Z координати точки контакту потоку з поверхнею продукту, що знаходиться у мірній ємності, 0,16 м;

K_p – аеродинамічний коефіцієнт опору повітря потоку продукту, 0,4;

ρ – насипна густина продукту, 420 кг/м³;

p_1/p_2 – інтенсивність подачі продукту, 5.

Повне зусилля що діє на датчик:

$$F_{\Sigma} = F_0 + F_D = 3,924 + 4,0016 = 7,9256$$

$$F_0 = m_k * g = 0,4 * 9,81 = 3,924$$

де F_0 – статичне навантаження на датчик від ваги завантажувальної ємності;
 F_D – повне динамічне навантаження від продукту, що подається у зважувальну ємність.

Контроль процесу формування дози продукту у зважувальній ємності фактично зводиться до вимірювання повного динамічного навантаження, яке визначається сумою миттєвої ваги продукту, що знаходиться у ємності, та динамічного тиску від продукту, який подається в неї:

$$F_D = m_t \cdot g + F_m = 0,36 * 9,81 + 0,47 = 4,0016$$

де m_t – миттєве значення маси продукту у зважувальній ємності, $0 < m_t < m_k$;
 g – прискорення вільного падіння; F_m – динамічне зусилля від тиску потоку продукту на зважувальну ємність.

Для забезпечення високої точності формування дози та підвищення продуктивності пристрою, процес наповнення зважувальної ємності реалізується у два етапи:

- грубе дозування – інтенсивна подача продукту у зважувальну ємність на початковому етапі;

- точне дозування – завершальний етап, ід час якого продукт подається з мінімальною інтенсивністю для досягнення заданої маси з необхідною точністю.

Закінчення процесу формування дози характеризується припиненням подачі продукту, тобто величина динамічного тиску зникає, з повне динамічне навантаження на датчик визначається тільки масою продукту, який знаходиться у зважувальній ємності:

$$F_d = m_t \cdot g = 0,36 \cdot 9,81 = 3,53$$

Величина динамічного зусилля, що створюється потоком продукту під час його подачі у зважувальну ємність:

$$F_m = P \cdot v_n = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot K_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{\delta}{2}\right)}$$
$$F_m = 0,16 \cdot 0,16 \cdot 420 \cdot 0,05 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{2}\right)} = 0,47$$

де P – інтенсивність подачі продукту (кг/с); v_n – середня швидкість падіння потоку продукту в момент контакту з поверхнею продукту, що знаходиться у зважувальній ємності (м/с); $\delta = z = 0,16$ – товщина шару продукту на несучому органі транспортної системи.

Миттєве значення величини маси продукту у зважувальній ємності:

$$m_t = P \cdot t = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot t,$$
$$t = \frac{0,36}{0,16 \cdot 0,16 \cdot 420 \cdot 0,05} = 0,7 \text{ с}$$

де t – тривалість операції дозування, с; $0 < t < t_k$; t_k – час формування заданої дози m_k .

Підставивши значення F_D з (3), F_m з (4) і m_t з (5) у вираз (2), після перетворень отримаємо рівняння динамічного зусилля для визначення поточного значення дози продукту у зважувальній ємності з урахуванням динамічних характеристик процесу:

$$F_D = B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \left[t \cdot g + K_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{\delta}{2} \right)} \right].$$

$$F_D = 0,16 * 0,16 * 420 * 0,05 \left[0,7 \cdot 9,81 + 0,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{2} \right)} \right] \\ = 4,16$$

Використавши рівняння (6), можна встановити значення критичної миттєвої маси продукту у зважувальній ємності, при досягненні якої необхідно зменшувати інтенсивність подачі продукту:

$$m_{\text{ткр}} = m_k - B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot K_p \cdot \sqrt{\frac{2}{g} \cdot \left(z + \frac{\delta}{2} \right)}.$$

$$m_{\text{ткр}} = 0,4 - 0,16 * 0,16 * 420 * 0,05 * 0,4 * \sqrt{\frac{2}{9,81} \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{2} \right)} = 0,35$$

Введемо коефіцієнт $\phi = m_{\text{ткр}}/m_k$, що визначає частину дози, яка набирається в інтенсивному режимі роботи дозатора, тобто показує раціональність технологічної операції дозування ваговим дозатором. З урахуванням виразу (7):

$$\phi = \frac{m_t - B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \left[t + K_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{\delta}{2} \right)} \right]}{m_k}$$

$$\varphi = \frac{0,35 - 0,16 \cdot 0,16 \cdot 420 \cdot 0,05 \left[0,7 + 0,4 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \left(0,16 + \frac{0,16}{2} \right)} \right]}{0,4}$$

$$= 1,23$$

З останнього виразу можна зробити висновок, що при певному співвідношенні параметрів можлива ситуація, коли процес дозування при заданій інтенсивності неможливо реалізувати. Так при

$$\frac{m_t - B \cdot \delta \cdot \rho \cdot v_k \cdot \left[t + K_p \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(z + \frac{\delta}{2} \right)} \right]}{m_k} \geq 1$$

$$1,23 \geq 1$$

інтенсивність подачі продукту настільки висока, що складова динамічного тиску перевищує величину повного динамічного навантаження на датчик і процес контролю набору дози системою керування стає неможливим. Зменшення інтенсивності подачі можна здійснювати зменшенням параметрів v_k , B , δ і z . Приведеними аналітичними залежностями встановлено і експериментально підтверджено, що точність дозування продукту визначається, у першу чергу, параметрами транспортної системи.

Конструктивно транспортна система вагового дозатора виконана у вигляді живильника або системи живильників. Тип живильника визначається видом продукту, його фізико-механічними та реологічними властивостями. У більшості вагових дозаторів застосовують вібраційні живильники, які забезпечують високу стабільність потоку продукту та мають просту конструкцію.

Величина точності дозування продукту ваговим дозатором визначається мінімальною масою продукту, яку може подати транспортна система у зважувальну ємність (рис. 5.7). Із схеми видно, що ця мінімальна маса, яка обрушується з несучої площини, визначається розмірами ΔABC і становить:

$$\Delta m_{\min} = \frac{B \cdot \delta \cdot h_0 \cdot \rho}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,16 * 0,16 * 4,35 * 10^{-6} * 420}{2 * \operatorname{tg} 30^{\circ}} = 4,05 * 10^{-5}$$

де α – динамічний кут природного укосу продукту (протеїну); h_0 – висота вертикальної стінки вільно розташованого продукту (протеїну) на несучій площині у момент зупинки транспортної системи, яка визначається за формулою:

$$h_0 = \frac{2 \cdot \tau_0}{\rho \cdot g} \cdot \frac{\cos \alpha_0}{1 - \sin \alpha_0} = \frac{2 * 0,005}{450 * 9,81} * \frac{\cos 35^{\circ}}{1 - \sin 35^{\circ}} = 4,35 * 10^{-6}$$

де τ_0 – внутрішні дотичні напруження сипкого продукту (протеїну) (МПа); α_0 – кут природного укосу продукту (протеїну) у спокої.

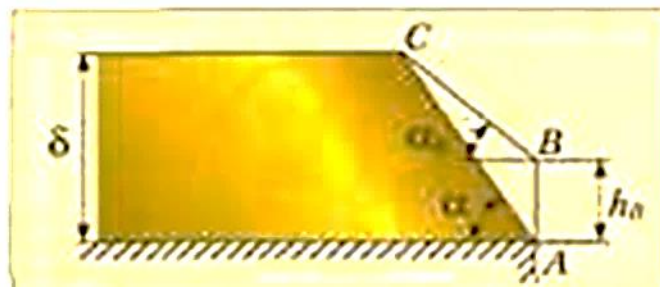


Рисунок. 5.1.2.1. – Схема граничного шару продукту на несучій поверхні

Миттєве значення величини маси продукту у зважувальній ємності:

$$m_{t_{кр}} = B \delta \rho v_k t_{зр}$$

$$t_{зр} = \frac{m_{t_{кр}}}{B \delta \rho v_k} = \frac{0,35}{0,16 * 0,16 * 420 * 0,05} = 0,65$$

$$(m_k - m_{t_{кр}}) \cdot \frac{p_1}{p_2} = B \delta \rho v_k t_m$$

$$t_m = \frac{B \delta \rho v_k}{(m_k - m_{t_{кр}}) \cdot \frac{p_1}{p_2}} = \frac{0,16 * 0,16 * 420 * 0,05}{(0,4 - 0,35) * 5} = 2,15$$

$$t = t_{зр} + t_m = 0,65 + 2,15 = 2,8$$

де p – інтенсивність подачі продукту (кг/с); t – тривалість операції дозування, с; $0 < t < t_k$ – час формування заданої дози m_k .

6. Спеціальні розділи

6.1 Монтаж і експлуатація

Головною метою розділу «Монтаж і експлуатація» є всебічне вивчення, систематичний опис та технологічне обґрунтування процесів складання, монтажу та підготовки до безперебійної роботи лінії для пакування сумішей спортивного харчування. У центрі уваги даного розділу знаходиться конструкція всієї лінії в цілому, з особливим акцентом на її ключових складальних одиницях, а також технологія прецизійного встановлення обладнання на фундамент, що є критично важливим для забезпечення надійної, високопродуктивної та безпечної експлуатації.

Оскільки об'єктом модернізації у даній роботі є віброживильник, розділ охоплює специфічні вимоги до монтажу цього вузла, який забезпечує стабільну подачу протейнових порошоків та мінімізує енерговитрати завдяки оптимізації механічних коливань. Під час роботи над розділом було реалізовано комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на повне розуміння та детальне документальне оформлення всіх етапів життєвого циклу установки після її виготовлення:

- **розробка графічного матеріалу:** було створено спрощене складальне креслення загального виду пакувальної лінії, на якому чітко позначені основні складальні одиниці, включаючи накопичувальний бункер, вібросито, модернізований віброживильник, системи дозування та пакувальні автомати. Це дозволяє наочно представити конструктивну композицію всієї системи та взаємозв'язок її компонентів;
- **формування специфікації:** до креслення загального виду складено розгорнуту специфікацію, яка містить повний перелік усіх вузлів, деталей та стандартних виробів, що є необхідною базою для точного планування монтажних робіт і логістики компонентів;
- **технологічне проектування збору:** розроблено схему та описано послідовність складання основних агрегатів лінії, що сприяє

ефективному, безпечному та швидкому процесу збирання безпосередньо на виробничому майданчику;

- **підготовка фундаментної частини:** виконано карту ескізів фундаменту та уточнено алгоритм монтажу машини на ньому, що дає змогу правильно підготувати основу, враховуючи вібраційні навантаження від живильника, та забезпечити стабільність і точність установки всієї лінії;
- **Операційне планування:** розроблено операційну карту монтажу на фундаменті, яка містить покроковий опис етапів робіт, вимоги до інструменту, обладнання та дотримання технологічної дисципліни і норм безпеки;
- **Регламентація сервісного обслуговування:** особлива увага приділена розробці схеми та таблиці змащення, де чітко визначені точки нанесення мастильних матеріалів, їх типи (наприклад, Літол-24 для підшипникових вузлів) та періодичність обслуговування.

Такий підхід дозволяє забезпечити тривалу та надійну роботу всіх рухомих частин лінії, суттєво знизити знос компонентів та продовжити загальний термін служби обладнання. Розділ «Монтаж і експлуатація» забезпечує цілісне бачення технологічних аспектів впровадження модернізованої лінії у виробничий процес, гарантуючи її ефективну роботу в умовах сучасного харчового виробництва.

6.1.1. Технологія монтажу модернізованого віброживильника

Процес монтажу віброживильника у складі лінії пакування протеїнових сумішей є критичним етапом, оскільки будь-які відхилення у встановленні опорних елементів можуть призвести до виникнення паразитних резонансів та нерівномірної подачі продукту. Роботи проводяться у наступній послідовності:

1. Підготовка фундаменту та встановлення рами:

- перед початком робіт перевіряється відповідність фундаментних колодязів кресленню плану розміщення болтів;
- опорна рама (поз. 1) піднімається за допомогою крана та встановлюється на фундамент;
- виконується вивірка горизонтальності рами у поздовжньому та поперечному напрямках за допомогою брускового рівня (допуск становить не більше 1 мм на 1 м довжини);
- фундаментні болти (поз. 11) фіксуються гайками з шайбами, після чого колодязі заливаються бетонним розчином.

2. Монтаж амортизаційної системи:

- після затвердіння бетону на раму встановлюються блоки пружинних амортизаторів (поз. 4);
- важлива умова: перед встановленням проводиться обов'язковий контроль висоти кожної пружини у вільному стані; різниця між ними не повинна перевищувати 2 мм для забезпечення рівномірного розподілу навантаження від лотка;

3. Встановлення робочого органу та вібратора:

- вантажонесучий лоток (поз. 2) із заздалегідь змонтованим на ньому вібробуджувачем (поз. 3) опускається на амортизатори;
- перевіряється вільний хід лотка та відсутність його контакту з нерухомими частинами рами, крім місць обпирання на пружини.

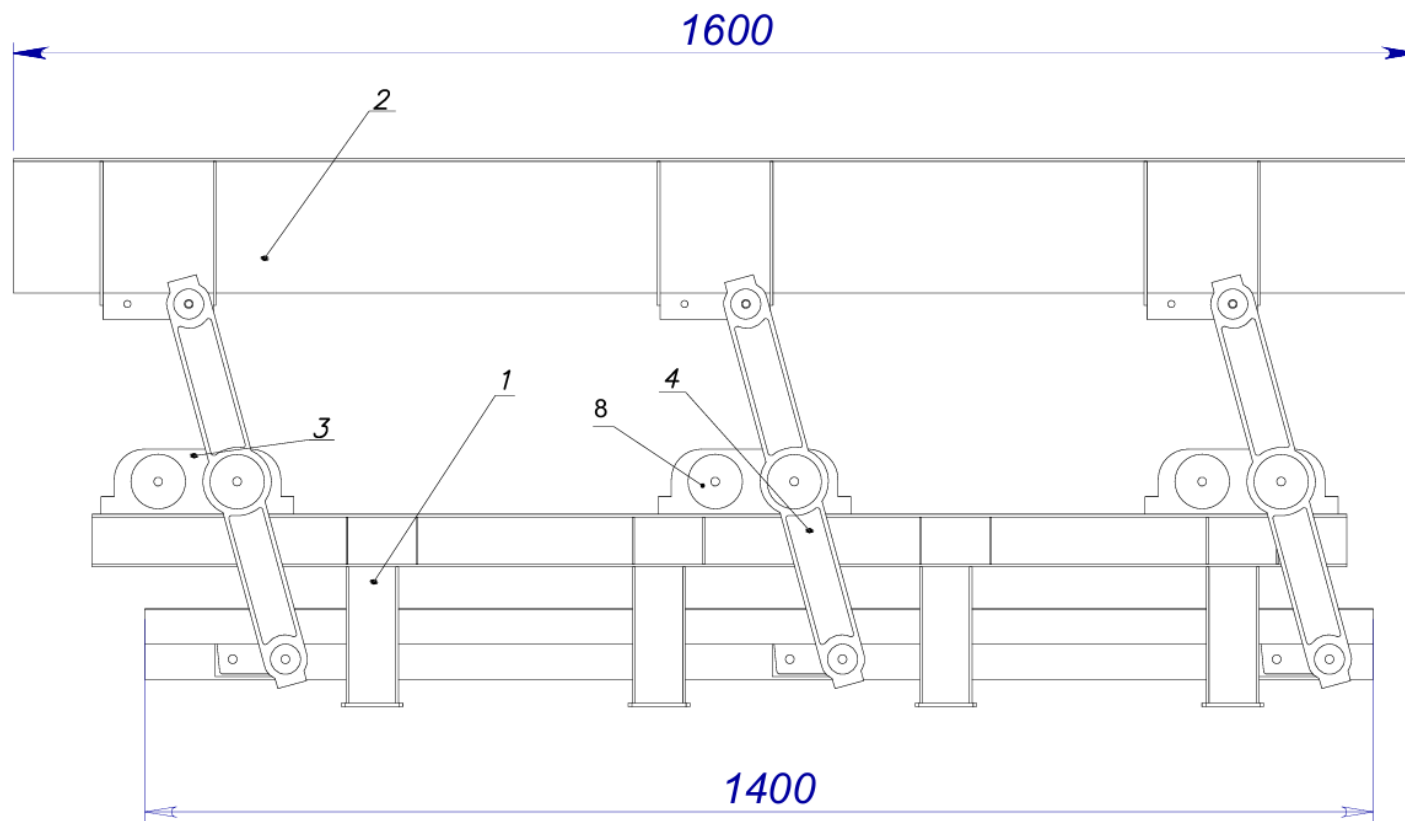
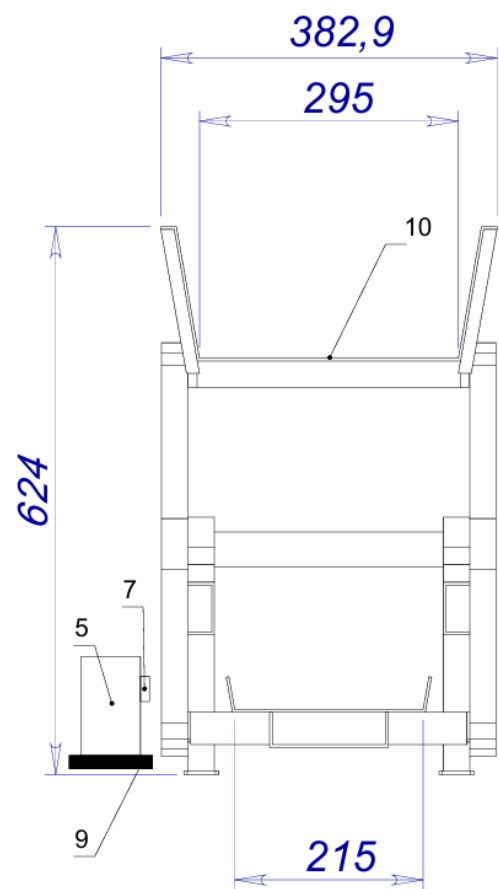
4. Монтаж приводу та пасової передачі:

- електродвигун (поз. 5) встановлюється на підмоторну плиту (поз. 9);
- виконується вивірка співвісності ведучого (поз. 7) та веденого (поз. 8) шківів за допомогою перевірконої лінійки (допуск зміщення торців — до 1 мм);
- надягаються клинові паси (поз. 17), натяг яких регулюється зміщенням плити двигуна до моменту, коли прогин паса під зусиллям пальця відповідатиме технічним нормам.

6.1.2. Експлуатація та технічне обслуговування

Ефективна експлуатація модернізованого віброживильника у складі пакувальної лінії вимагає суворого дотримання встановлених технологічних регламентів, що дозволяє підтримувати точність дозування протеїнових сумішей на рівні не нижче 95% та мінімізувати питомі енерговитрати обладнання. Перед початком кожної робочої зміни обслуговуючий персонал повинен проводити комплексний візуальний огляд цілісності пружинних амортизаторів, перевіряти надійність різьбових з'єднань віброзбуджувача та впевнюватися у відсутності сторонніх предметів у робочому лотку, які могли б порушити динамічне балансування системи. Безпосередній запуск машини здійснюється після обов'язкової обкатки на холостому ході протягом 5–10 хвилин для контролю рівнів шуму та перевірки стабільності коливань рами.

Оперативне регулювання продуктивності подачі сировини проводиться шляхом зміни частоти коливань через перетворювач частоти в системі PLC або за допомогою механічного налаштування положення дебалансів віброзбуджувача. Регламентне технічне обслуговування включає регулярне змащування вузлів тертя: підшипники вібратора потребують нагнітання мастила «Літол-24» через кожні 60–100 годин роботи, а підшипники електродвигуна проходять набивку мастилом один раз на півроку під час планового огляду. Також щомісяця солідолом обробляються гвинти натяжних пристроїв пасової передачі для запобігання їх заклинюванню. Під час роботи категорично забороняється проводити будь-які ремонтні чи очисні операції, а також працювати з відкритим огородженням приводу. Особлива увага має приділятися герметичності з'єднань лотка з бункером для недопущення запилення приміщення дрібнодисперсними білковими порошками, що забезпечує належні санітарно-гігієнічні умови та вибухопожежну безпеку виробництва.



				ЛУ41Мп.3.05184.001-90 В3			
Зм.	Алм.	№ документа	Підпис	Дата	Лист		
Розробив	Волош С.О.				Місце		
Лектор	Волош С.О.				Місця		
Г. конст.					Архив		
Н. конст.					Архив		
Затверд.					КПІ ім. Ігоря Сікорського		

Ліній для пакування сумішей спортивного харчування з модернізацією віброживильника

Фо р- ма т	Поз .	Позначення	Найменування	Кі л.	Примі тка
			<u>Документація</u>		
			Складальне креслення		
			<u>Складальні одиниці</u>		
	1		Рама опорна (нерухома)	1	
	2		Жолоб (короб) вантажонесучий	1	
	3		Вібратор інерційний (блок підшипників)	1	
	4		Блок пружинних амортизаторів	3	компл.
	5		Електродвигун асинхронний	1	
	6		Огородження пасової передачі	1	
	7		Шків ведучий (на двигуні)	2	
	8		Шків ведений (на вібраторі)	1	
			<u>Деталі</u>		
	9		Плита підмоторна	1	
	10		Футеровка (бронеплита)	1	
			<u>Стандартні вироби</u>		
	11		Болт фундаментний М20х400		
			ГОСТ 24379.1	6	
	12		Гайка М20		
			ГОСТ 5915-70	12	
	13		Шайба 20		
			ГОСТ 11371-78	12	
	14		Болт М16х50		
			ГОСТ 7798-70	8	
	15		Гайка М16		
			ГОСТ 5915-70	8	

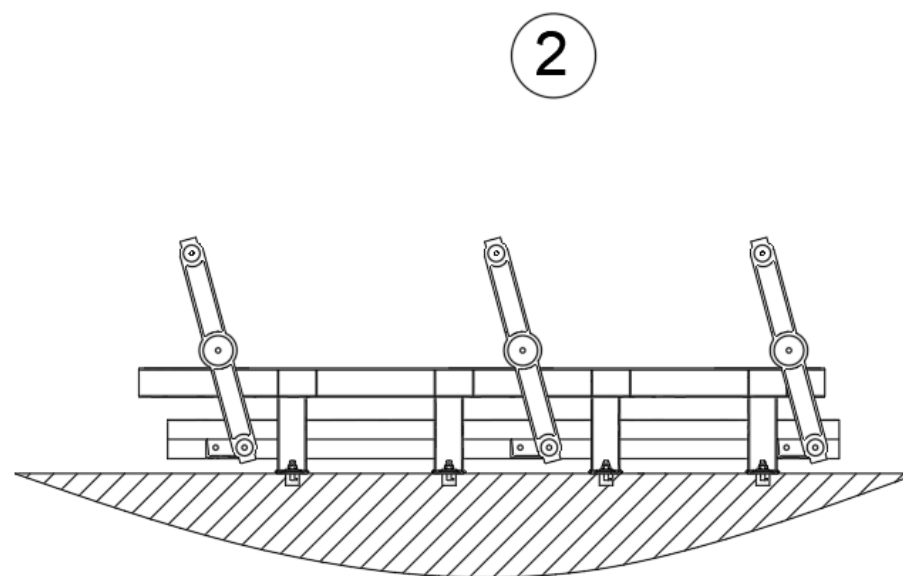
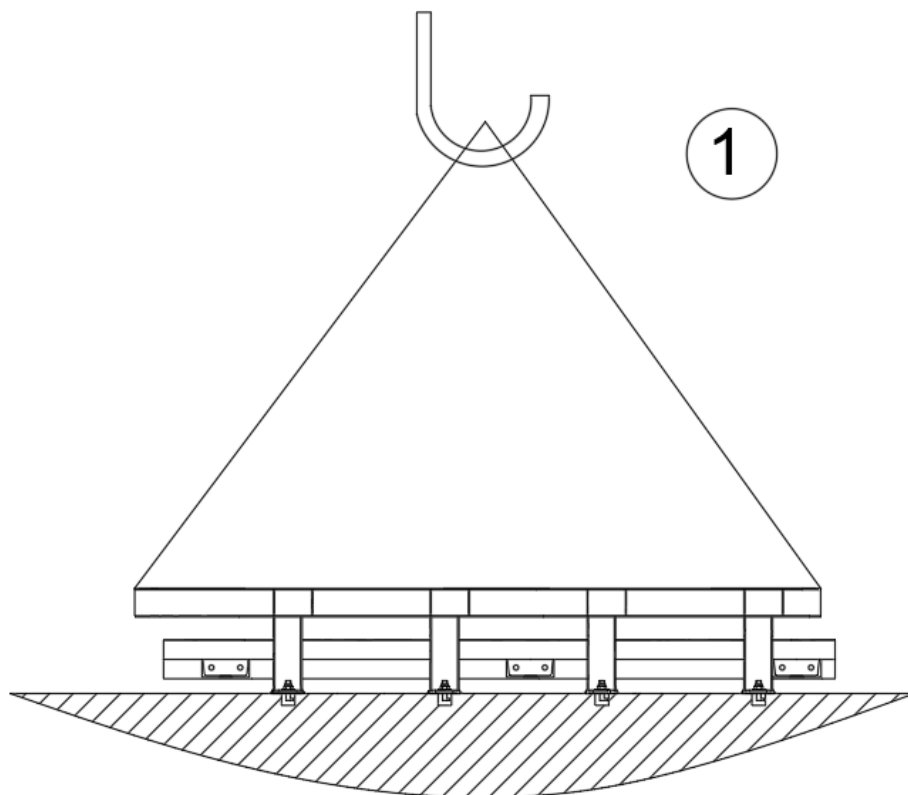
[illegible]

Карта ескізів

Номер операції	
----------------	--

①	1
---	---

②	2
---	---



											Розроб.	Котов С. О.			Арк.
											Перев.	Борщик С.О.			Аркуші
Зм.	Аркуш	Недокумента	Підпис	Дата	Зм.	Аркуш	Недокумента	Підпис	Дата	Н.контр					

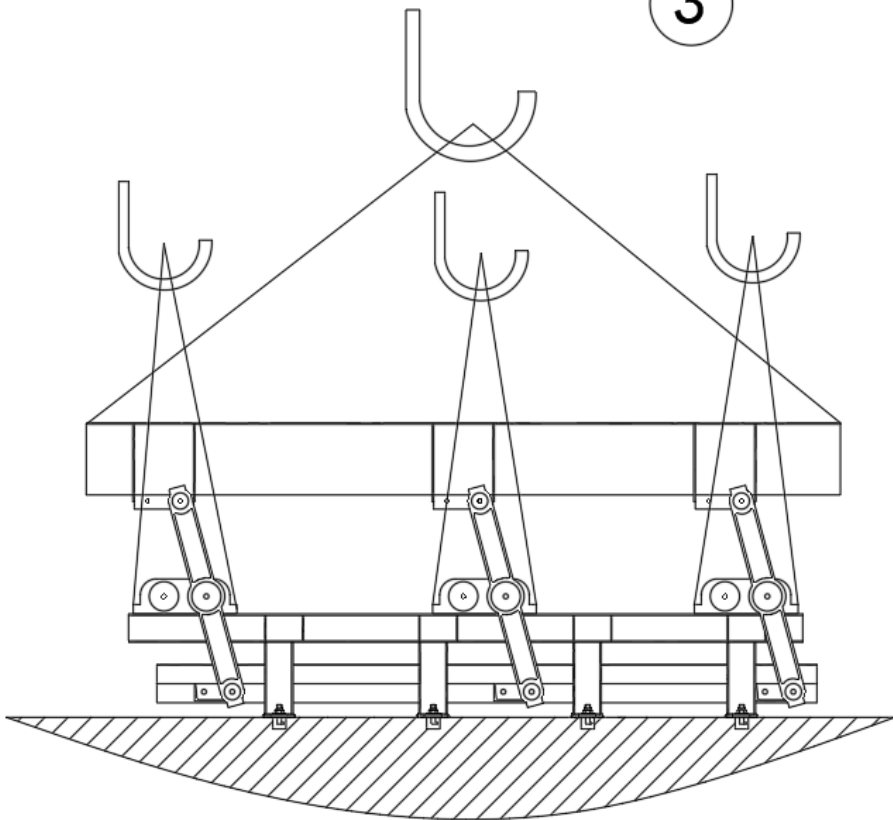
Карта ескізів

Номер операції

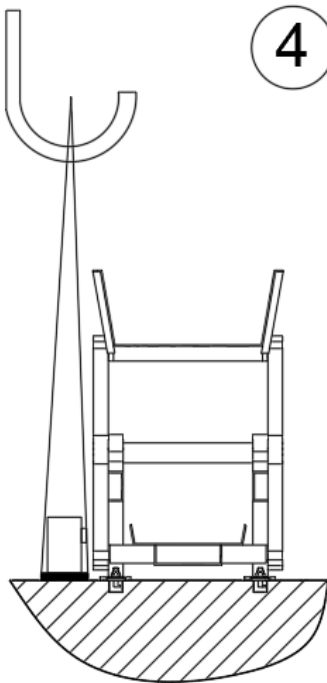
③ 3

④ 4,5,6

3



4



Розроб.

Котов С. О.

Арк.

Перев.

Борщик С.О.

Аркушів

Зм.

Аркуш

Недокумента

Підпис

Дата

Зм.

Аркуш

Недокумента

Підпис

Дата

Н.контр

Инв.№дубл	Підпис і дата	Взам.інв. №	Инв.№ дубл.	Підпис і дата

ГОСТ 3.1407 – 74 Форма 1а

		Операційна карта слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт		
--	--	--	--	--

Номер цеха	Номер уч-ка	Номер об'єкта	Номер операції	Найменування операції						Щелепна дробарка з простим хитанням щоки					
Номер переходу	Зміст переходу									Технологічний режим		К- ть	Пристосуван ня (код та найменування)	Інструмент (код, та найменуванн я)	То, хв
1	Застропити і підняти раму опорну 1, опустити на фундамент.									Рама опорна 1		1	Кран підйомний	Ключ S=30	30
	В отвори рами 1 встановити фундаментні болти 11,									Фундаментний			Q=3т		
	надіти шайби 13, на гвинтити гайки 12.									болт 11		6	Стропи 4СК		
	Вивірити горизонтальність рами за рівнем.									Гайка 12		12	Рівень		
	Залити колодязі бетонним розчином.									Шайба 13		12			
2	Встановити блоки пружинних амортизаторів 4 у посадочні									Пружини 4		3		Штангенцирку ль	15
	стакани рами 1.													Лінійка	
	Перевірити висоту пружин та відсутність перекосів.													металева	
3	Застропити жолоб вантажонесучий 2 разом із встановленим вібратором 3.									Жолоб 2		1	Кран підйомний Q=3т	Рівень	25
	Плавно опустити жолоб на пружинні амортизатори 4.									Вібратор 3		1	Траверса		
	Перевірити посадку пружин у верхні стакани жолоба.												Стропи текстильні		
											Розроб..				
											Перевір.	.			
															Арк.
															1
		Вим.	Арк.	№	Підпис	Дата	Ви	Арк.	№	Підпись	Дата	Н. Контр.			

Инв.№дубл. л.		Підпись і дата		Вза.інв №		Инв.№ дубл.		Підпись і дата		ГОСТ 3.1407 – 74 Форма 1а									
Номер перехо	Зміст переходу								Технологічний режим		К-ть	Прийня ня (код, та найменування)	Інструмент (код, та найменування)	То, хв					
4	Застропити та встановити плиту підмоторну 9								Плита підмоторна 9		1	Кран підйомний	Ключ S=24	20					
	поруч з рамою.								Електродвигун 5		1	Q=1т							
	Встановити електродвигун 5 на плиту, вставити болти 14,								Болт 14		8	Стропи							
	надіти шайби 16, нагвинтити гайки 15 (не затягувати).								Гайка		8								
5	Напресувати шків ведучий 7 на вал електродвигуна 5.								Шків ведучий 7		1	Знімач шківів	Молоток						
	Напресувати шків ведений 8 на вал вібратора 3.								Шків ведений 8		1	Пристрій	слюсарний						
	Надіти клинові паси 17.								Паси 17		3	натягу	Наставка мідна						
	Натягнути паси переміщенням двигуна,												Лінійка						
	перевірити співвісність шківів. Затягнути болти двигуна.												перевірочна						
													Ключ S=24						
6	Встановити огороження пасової передачі 6,								Огороження 6		1	Кран підйомний	Ключ S=24						
	закріпити болтами.											Q=3т	Викрутка						
	Підключити заземлення та кабель живлення.											Трос а=20мм							
																Арк.			
																2			
		Вим.	Арк.	№ докум.	Підпись	Дата	Вим.	Арк.	№ докум.	Підпись	Дата	Вим.	Лист	№ докум.	Підп	Дата			

**Таблиця
змащування**

№ п/ п	Змащуванні місця	Кількіст ьточок змащенн я	Змазка	Метод змащуванн я	Періодичніст ь змащування
1	Підшипники вібратора (блок 3)	3	Мастило "Літол- 24" (ГОСТ 21150- 87)	Нагнітання шприцом	Поповненн я — кожні 60 год роботи
2	Підшипники електродвигу на	2	Мастило "Літол-24"	Закладання (набивка)	1 раз на 6 місяців (при ТО)
3	Гвинти натяжного пристрою	2	Солідол жировий УС-2	Ручне обмащенн я	1 раз на місяць
4	Опорні поверхні пружин	6	Графітне мастило УСсА	Нанесення шаром	При ремонті / заміні пружин

6.3 Стартап

1. Опис ідеї проекту

Ідея стартапу полягає у створенні модернізованої лінії виробництва спортивного харчування (протеїнових порошків) із застосуванням інноваційного віброживильника. Основна мета модернізації — забезпечити стабільну подачу сировини, мінімізувати утворення мостиків і грудок у бункерах, а також підвищити точність дозування у всіх ланках технологічного процесу.

Модернізація реалізується на основі **патенту EP2303730B1**, який передбачає інтеграцію контролю вібрації та регульованого механізму подачі, а також з використанням **допоміжного патенту US4821782A**, що включає спіральний агітатор у бункері та панельну вібрацію, для запобігання агломерації порошку.

Лінія забезпечує повний цикл виробництва протеїнових сумішей: від прийому та зберігання сировини, її рівномірного дозування, змішування, фасування до пакування кінцевого продукту. Всі вузли обладнання автоматизовані та інтегровані в систему PLC-контролю, що дозволяє контролювати продуктивність, енергоспоживання та якість продукту в реальному часі.

Ключові переваги ідеї:

- Стабільність та однорідність продукту — завдяки модернізованому віброживильнику;
- Зниження втрат сировини та енергоспоживання — оптимізація режимів вібрації та подачі;
- Модульність і масштабованість — можливість швидкого нарощування продуктивності та інтеграції додаткових вузлів;
- Підвищений рівень сервісу для користувача — локальна підтримка, навчання персоналу, простота обслуговування.

Лінія розрахована як для локального ринку, так і для експортних поставок, а її технологічні та маркетингові рішення забезпечують високу конкурентоспроможність на ринку спортивного харчування.

Комерціалізація запропонованої ідеї передбачає організацію серійного виробництва та реалізацію модернізованого віброживильника як складової лінії виробництва спортивного харчування (протеїну). Основним напрямом впровадження є B2B-сегмент, а саме постачання обладнання для підприємств, що займаються виробництвом, фасуванням і пакуванням порошкових харчових продуктів.

Проект не орієнтований на масове споживання кінцевими користувачами, а передбачає продаж технічного рішення промисловим виробникам, виробникам фасувального обладнання та інтеграцію модернізованого віброживильника у вже існуючі або нові технологічні лінії. Додатковим елементом комерціалізації є надання супутніх інженерних та сервісних послуг, зокрема пусконаладжувальних робіт, технічного консультування, адаптації обладнання під конкретні види продукту та післяпродажного обслуговування.

Таким чином, комерціалізація ідеї проекту здійснюється шляхом поєднання серійного виробництва обладнання та надання спеціалізованих технічних послуг, що забезпечує гнучкість бізнес-моделі, підвищення конкурентоспроможності та стабільний дохід від реалізації проекту.

Таблиця 6.3.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка лінії виробництва спортивного протеїну з модернізованим віброживильником	Виробництво спортивного харчування, біологічно активних добавок, дієтичних сумішей	Підвищення якості продукції, стабільність подачі компонентів, економія ресурсів

Опис ідеї проекту базується на впровадженні інноваційного віброживильника для забезпечення високоточної та стабільної подачі

порошкової сировини. Основними напрямками застосування є виробництво спортивного харчування, БАДів та дієтичних сумішей, де критичною є точність дозування. Вигоди для користувачів включають підвищення якості кінцевого продукту, стабільність технологічного процесу та економію ресурсів.

Таблиця 6.3.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ n/p	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтра- льна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конку- рент 1	Конку- рент 2	Конку- рент 3			
1.	Рівномірність подачі матеріалу (%)	95	82	85	88			+
2.	Енергоефектив- ність, кВт	0,75	1,1	0,9	0,95			+
3.	Продуктивність, кг/год	600	500	450	480			+
4.	Вартість виготовлення	Середня	Низька	Середня	Висока	+		
5.	Рівень шуму, дБ	Низький	Середній	Високий	Середній			+
6.	Надійність роботи	Висока	Середня	Середня	Низька			+
7.	Складність обслуговування	Середня	Легка	Середня	Складна		+	
8.	Габарити обладнання	Великі	Великі	Великі	Середні		+	
9.	Автоматизація подачі	Повна	Часткова	Відсутня	Часткова			+
10.	Рівень втрат сировини	Низький	Середній	Середній	Високий			+

Порівняння стартап-проекту з конкурентами (MuscleTech, MyProtein, BioTech USA), виходячи з техніко-економічних характеристик, дозволяє

виділити наступні ключові аспекти:

Сильні сторони проекту:

- Висока рівномірність подачі матеріалу (95%). Це критично важливо для якості кінцевого продукту, оскільки конкуренти мають показники нижчі (82-88%);
- Висока енергоефективність (0,75 кВт). Проект має найнижчий показник енергоспоживання порівняно з конкурентами (0,9-1,1 кВт), що забезпечує зниження операційних витрат;
- Найвища продуктивність (600 кг/год). Проект перевершує конкурентів, які мають продуктивність 450-500 кг/год;
- Повна автоматизація подачі. На відміну від часткової або відсутньої автоматизації у конкурентів, що мінімізує людський фактор та підвищує стабільність;
- Низький рівень втрат сировини. Це прямо впливає на собівартість виробництва, де конкуренти мають середній або високий рівень втрат;
- Низький рівень шуму та висока надійність роботи. Це покращує умови праці та зменшує простої.

Слабкі сторони проекту:

- Середня вартість виготовлення. Існує конкурент (Конкурент 1), який пропонує нижчу вартість, що може бути фактором для деяких клієнтів;
- Середня складність обслуговування та великі габарити обладнання. Ці характеристики є нейтральними або порівнянними з деякими конкурентами, але не є його перевагою.

2. Технологічний аудит

Технологічний аудит стартап-проєкту спрямований на оцінку технічної здійсненності, надійності та ефективності впровадження виробничої лінії. Він включає аналіз базових компонентів лінії, допоміжних систем та інтеграції в існуючі технологічні процеси.

EP2303730B1 (основний патент) — система віброживильника з регульованою амплітудою та частотою коливань, інтегрованим контролером для стабілізації потоку, що дозволяє точно дозувати сипкі матеріали різної фракції в реальному часі.

US4821782A (допоміжний патент) — рішення по запобіганню утворенню мостів та ущільненню порошку: обертовий спіральний (гвинтовий) агітатор у бункері, що повільно розпушує матеріал, у поєднанні з панеллю/вібраційною подачею для стабілізації потоку при малих швидкостях подачі.

Комбінування обох підходів дає синергетичний ефект: віброживильник з високоточним керуванням + бункер з агітатором забезпечують універсальність та надійність роботи з широким спектром порошків (в т.ч. схильних до злипання).

Таблиця 6.3.3. Технологічна здійсненність проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Ідея проекту</i>	<i>Технології її реалізації</i>	<i>Наявність технологій</i>	<i>Доступність технологій</i>
1	Віброживильник з автоматичним регулюванням	EP2303730B1 (керований вібраційний механізм, контролер)	Наявні	Недоступно
2	Бункер-агітатор для запобігання мостиків	US4821782A (спіральний агітатор + панельна вібрація)	Наявні	Недоступно
3	Інтеграція з лінією змішування/пакування	PLC, датчики зворотного зв'язку, дозатори	Наявні	Недоступно

Технології, що потрібні для реалізації ідеї, існують, але недоступні для автора; поєднання рішень EP2303730B1 і US4821782A забезпечує стійкість і гнучкість виробничої лінії.

3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап -проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку) порівнюється із банківським відсотком на вкладення. За умови, що останній є вищим, можливо, має сенс вкласти кошти в інший проект. За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо того, чи є ринок привабливим для входження за попереднім оцінюванням. Представлений у Таблиці 6.3.4. аналіз ринкових показників допомагає оцінити загальний стан ринку спортивного харчування.

Таблиця 6.3.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Показники стану ринку (найменування)</i>	<i>Характеристика</i>
1.	Кількість головних гравців	Зростає (на 10-15% за останній рік)
2.	Загальний обсяг продаж, грн/рік	Зростає (середній ріст >15%)
3.	Динаміка ринку	Зростає (позитивна)
4.	Наявність обмежень для входу	Стагнує (на рівні 5-10% вкладень)
5.	Специфічні вимоги до стандартизації/сертифікації	Зростають (зокрема щодо БАД, на рівні 5% щорічно)
6.	Середня норма рентабельності в галузі	Стагнує (близько 15-20%)

Ринок спортивного харчування демонструє позитивну динаміку: зростає кількість ключових гравців (на 10-15% за останній рік) , загальний обсяг продажів (середній ріст >15%) та його динаміка загалом. Обмеження для входу стагнують , але зростають вимоги до стандартизації/сертифікації (на рівні 5% щорічно). Середня норма рентабельності в галузі стагнує на рівні 15-20%.

Оскільки цей показник, ймовірно, вищий за середній банківський відсоток на вкладення, ринок є привабливим для входження та комерціалізації проекту.

Цільові споживачі чітко визначені, мають різні поведінкові особливості та вимоги, що дозволяє ефективно формувати ринкові стратегії для кожного сегмента.

Таблиця 6.3.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>№ n/n</i>	<i>Потреба, що формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</i>	<i>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</i>	<i>Вимоги споживачів до товару</i>
1.	Якісна рецептура та безпека (Висока якість)	Професійні спортсмени, ФК	Орієнтація на склад і бренд	Сертифікація, лабораторні випробування
2.	Доступна ціна	Мас-ринок	Чутливість до ціни	Хороше співвідношення ціни/якості
3.	Натуральність	ЗОЖ сегмент	Увага до етикетки	Натуральні інгредієнти
4.	Надійні постачальники	Виробники БАД	Попит на обладнання	Сервіс, гарантії, навчання

Аналіз цільових сегментів (Таблиця 6.3.5.) демонструє чітку диференціацію потреб. Для професійних спортсменів ключовою є «якісна рецептура та безпека» (пункт 1), що вимагає сертифікації та лабораторних випробувань. Мас-ринок чутливий до ціни, а ЗОЖ-сегмент вимагає натуральних інгредієнтів. Основними цільовими клієнтами проекту є виробники БАДів та фасувальні підприємства (пункт 4), які вимагають надійного обладнання з високою точністю дозування та якісного сервісу.

Таблиця 6.3.6. Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція</i>
1.	Конкуренція	Сильні імпорتنі бренди	Диференціація (точність/технології),

			локальна перевага
2.	Валютні ризики	Подорожчання імпортової сировини/компонентів	Локалізація постачання, укладання довгострокових контрактів
3.	Регуляторика	Зміни вимог до сертифікації харчових продуктів	Проактивна сертифікація за європейськими нормами
4.	Технічні ризики	Проблеми з точністю дозування/агломерацією порошку	Інтеграція бункер-агітатора (US4821782A) та керованого віброживильника (EP2303730B1)
5.	Воєнний стан	Перебої в логістиці, зниження загальної купівельної спроможності	Диверсифікація логістичних маршрутів, фокус на B2B-сегмент
6.	Стан енергетичної системи	Ризики відключень, що впливають на безперервність виробництва	Використання автономних джерел живлення (генератори), енергоефективне обладнання (0,75 кВт)
7.	Мобілізація	Втрата кваліфікованого технічного персоналу	Програми навчання, підвищення кваліфікації та утримання ключових спеціалістів

Перелік загроз (Таблиця 6.3.6.) включає як галузеві (сильна конкуренція, валютні ризики, технічні проблеми), так і загальні фактори, пов'язані з воєнним станом (логістика, енергетика). Проект має чіткі відповіді, такі як технологічна диференціація (патенти EP2303730B1 та US4821782A) та локалізація постачання.

Таблиця 6.3.7. Фактори можливостей

№ n/n	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція
1.	Попит	Зростання популярності ЗОЖ	Масштабування виробництва
2.	Локальний попит	Підтримка українського виробника	Маркетинг «Made in Ukraine»

3.	Технології	Попит на якісне обладнання	B2B-продажі обладнання
4.	Експорт	Східна Європа	Сертифікація і вихід на ринки СЕ
5.	Відновлення економіки	Післявоєнне відновлення промисловості та інвестиції	Залучення інвестицій для швидкого масштабування виробництва
6.	Імпортозаміщення	Необхідність заміни дорогих або недоступних імпортних компонентів	Позиціонування як високотехнологічної локальної альтернативи

Фактори можливостей демонструють сприятливе зовнішнє середовище, зокрема, зростання попиту через популярність ЗОЖ та підтримку локального виробника. Ключовою можливістю є B2B-продаж обладнання (пункт 3) , що відповідає обраній стратегії. Також існує потенціал для експорту та можливості, пов'язані з післявоєнним відновленням та імпортозаміщенням.

Таблиця 6.3.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Монополістична	Ринок представлений окремими великими гравцями (імпортні бренди, як OstroVit, PowerPro) та великою кількістю дрібних, які конкурують за рахунок диференціації товару (якості, технології, сервісу).	Розробка стратегії диференціації, фокус на нішевий сегмент (B2B, високоточне дозування).
2. Національний	Конкуренція відбувається на локальному та національному рівні (боротьба з імпортом, локальні бренди).	Планування маркетингових та збутових заходів відповідно до рівня конкуренції (акцент на локальний сервіс та підтримку).
3. Внутрішньогалузева	Конкуренція відбувається між виробниками обладнання для спортивного харчування та самими виробниками спортхарчу.	Визначення спеціалізації продукту та концентрація на ключовій галузі (обладнання для точного дозування протеїнових сумішей).

4. Товарно-видова	Конкуренція між різними видами протеїнових сумішей (сироватковий, казеїновий, ізоляти) та лініями для їх фасування.	Вибір продуктового позиціонування та підкреслення унікальних властивостей товару (точність, енергоефективність, автоматизація).
5. Нецінова	Конкурентна перевага досягається не лише ціною, а й якістю продукту, сервісом, технологічністю, брендом.	Встановлення оптимальної цінової політики та підвищення якості/сервісу, використання патентних переваг (EP2303730B1, US4821782A).
6. Марочна	Клієнти керуються брендом як при виборі кінцевого продукту (спортхарчу), так і при виборі обладнання.	Розвиток бренду <i>NutriTech Systems</i> , підвищення лояльності клієнтів та сервісного супроводу.

Ступеневий аналіз визначає конкурентне середовище як монополістичне та внутрішньогалузеве на національному рівні. Конкуренція є переважно нецінковою та марочною. Це обґрунтовує необхідність стратегії диференціації та фокусу на нішевий сегмент (B2B, високоточне дозування), а також розвиток сильного бренду *NutriTech Systems* з акцентом на технологічність та локальний сервіс.

Таблиця 6.3.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	OstroVit, PowerPro, імпортні бренди (як виробники кінцевого продукту), виробники фасувальних ліній (як B2B-конкуренти)	Нові локальні виробники спортивного харчування, іноземні компанії, що виходять на локальний B2B-ринок	Висока залежність від імпортних компонентів для обладнання	Достатньо вимогливі малі та середні виробники БАДів та спортхарчу	Інші харчові добавки (вітаміни, амінокислоти), фасувальні лінії без модернізованого віброживильника
Висновки:	Середня–висока інтенсивність конкуренції	Можливе посилення конкуренції, але вхід для	Потрібна диверсифікація постачальників	Потребуємо чіткої стратегії позиціонування	Позиціонування як преміум/технологічний продукт для витіснення

		NutriTech Systems як B2B-постачальник а є менш бар'єрним	в, налагодження локальних ланцюгів	ня, акценту на точності та сервісі	замінників
--	--	--	------------------------------------	------------------------------------	------------

Аналіз за М. Портером (Таблиця 6.3.9.) підтверджує, що інтенсивність конкуренції є середньо-високою. Проект стикається з прямими конкурентами, що виробляють як кінцевий продукт (спортхарч), так і обладнання. Постачальники мають високу силу впливу через залежність від імпорتنих компонентів, що вимагає диверсифікації. Клієнти є вимогливими. Це підсилює необхідність чіткої стратегії позиціонування (технологічний, високоточний продукт) та фокусу на B2B-сегмент.

Таблиця 6.3.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор конкурентоспроможності</i>	<i>Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)</i>
1.	Точність дозування	Використання патентів EP2303730B1 та US4821782A забезпечує стабільність подачі суміші, що критично для виробників БАДів.
2.	Енергоефективність	Оптимізовані режими вібрації та використання сучасних приводів знижують споживання електроенергії (0,75 кВт проти 1,1 кВт у аналогів).
3.	Сервіс	Локальний сервіс, оперативна технічна підтримка та навчання персоналу є суттєвою перевагою перед закордонними конкурентами.
4.	Масштабованість	Модульна конструкція дозволяє легко інтегрувати вузол в існуючі лінії та нарощувати продуктивність без повної заміни обладнання.

Визначені фактори безпосередньо впливають на економічну ефективність клієнта. Точність дозування зменшує втрати дорогої сировини,

енергоефективність знижує операційні витрати, а локальний сервіс мінімізує час простою обладнання. Саме ці аспекти стануть основою конкурентної стратегії проекту.

Таблиця 6.3.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «назва проекту»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з ... (назва підприємства)						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Точність дозування	+3		MuscleTech	MyProtein	BioTech USA			NutriTech Systems
2.	Енергоефективність / витрати ресурсів	+2			BioTech USA MuscleTech	MyProtein		NutriTech Systems	
3.	Собівартість виробництва	-1			NutriTech Systems	BioTech USA MuscleTech	MyProtein		

4.	Сервіс / підтримка / післяпродажний сервіс	+2			Muscl eTech BioTe ch USA	MyPr otein		Nutri Tech Syste ms	
----	--	----	--	--	--	---------------	--	------------------------------	--

Аналіз показує, що проект «NutriTech Systems» має беззаперечні переваги у технічних характеристиках (точність +3, енергоефективність +2) та сервісі (+2). Слабкою стороною є собівартість виробництва (-1), яка є вищою, ніж у масових виробників, через використання спеціалізованих компонентів та менші обсяги виробництва на старті. Це підтверджує необхідність позиціонування продукту не як "найдешевшого", а як "найефективнішого" рішення.

Таблиця 6.3.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Висока точність дозування (+3 бали): Забезпечується патентами EP2303730B1 та US4821782A, рівномірність подачі 95%. 2. Енергоефективність (+2 бали): Споживання 0,75 кВт, що є конкурентною перевагою перед аналогами (0,9–1,1 кВт). 3. Локальний сервіс (+2 бали): Оперативна підтримка та навчання персоналу, недоступні для імпортерів конкурентів. 4. Автоматизація та надійність: Повна автоматизація процесу подачі, що мінімізує людський фактор.	Слабкі сторони: 1. Собівартість виробництва (-1 бал): Вища вартість виготовлення одиниці продукції на старті порівняно з масовими дешевими аналогами. 2. Габарити обладнання: Великі розміри конструкції, що може бути незручним для малих приміщень. 3. Новий бренд: Відсутність сформованої репутації та довіри на ринку порівняно з лідерами галузі (OstroVit, BioTech USA). 4. Потреба у сертифікації: Необхідність проходження тривалих процедур підтвердження відповідності стандартам.
--	---

Можливості: 1. Ріст попиту (B2B): Зростання потреби у якісному обладнанні серед малих виробників БАДів. 2. Локальний попит: Тренд на підтримку українського виробника («Made in Ukraine»). 3. Технологічний попит: Можливість продажу обладнання як окремих модулів для модернізації існуючих ліній. 4. Експортний потенціал: Вихід на ринки Східної Європи після стабілізації виробництва.	Загрози: 1. Конкуренція: Сильні позиції імпортерів брендів та виробників фасувальних ліній. 2. Валютні ризики: Подорожчання імпортерів комплектуючих через коливання курсу валют. 3. Фактори війни: Ризики відключень електроенергії (вплив на безперервність виробництва) та мобілізація кваліфікованого технічного персоналу. 4. Технічні ризики: Можливі складнощі з інтеграцією бункер-агітатора в нестандартні лінії клієнтів.
---	---

Проведений SWOT-аналіз дозволяє сформулювати наступні стратегічні висновки:

1. Використання сильних сторін для реалізації можливостей: Висока точність дозування та енергоефективність (Сильні сторони) є ключовими аргументами для малих виробників БАДів (Можливість), які прагнуть знизити втрати сировини. Локальний сервіс підсилює позицію «Made in Ukraine».
2. Нівелювання слабких сторін: Вищу собівартість та відсутність бренду (Слабкі сторони) планується компенсувати за рахунок надання кращого сервісу та доведення економічної ефективності (ROI) для клієнта, що не можуть запропонувати дешеві аналоги.
3. Протидія загрозам: Енергоефективність обладнання (0,75 кВт) знижує чутливість клієнтів до проблем з електропостачанням (Загроза). Валютні ризики мінімізуються поступовою локалізацією виробництва.

Таблиця 6.3.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

<i>№ п/п</i>	<i>Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки</i>	<i>Ймовірність отримання ресурсів</i>	<i>Строки реалізації</i>
1.	Запуск обмеженої лінії для внутрішнього ринку + локальний маркетинг	Висока	6–9 міс.
2.	Паралельна розробка обладнання для продажу іншим виробникам (B2B)	Середня	9–12 міс.
3.	Швидкий масштаб з інвестором (експорт)	Низька/середня	12–24 міс.

З-поміж розглянутих альтернатив, найбільш реалістичною є **Альтернатива №1** — поетапний запуск на локальному ринку. Вона потребує менших початкових інвестицій, має коротші строки реалізації (6-9 міс.) та високу ймовірність отримання ресурсів (власні кошти або гранти). Обрана стратегія: поетапний запуск з паралельним розвитком B2B-продажів.

4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку. Оскільки ринок обладнання для виробництва спортивного харчування є неоднорідним, успіх комерціалізації значною мірою залежить від правильного вибору цільового сегмента. Для цього необхідно проаналізувати потенційні групи споживачів за критеріями їхньої готовності сприйняти інноваційний продукт (модернізований віброживильник), наявного попиту, рівня конкуренції в ніші та складності входу.

Таблиця 6.3.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

<i>№</i>	<i>Опис профілю</i>	<i>Готовність</i>	<i>Орієнтовний</i>	<i>Інтенсивність</i>	<i>Простота</i>
----------	---------------------	-------------------	--------------------	----------------------	-----------------

<i>n/n</i>	<i>цільової групи потенційних клієнтів</i>	<i>споживачів сприйняти продукт</i>	<i>попит в межах цільової групи (сегменту)</i>	<i>конкуренції в сегменті</i>	<i>входу у сегмент</i>
1.	Малі виробники БАДів	Середня–висока	Стабільний	Середня	Середня
2.	Фітнес-студії/клуби	Низька–середня	Помірний	Низька	Висока
3.	Роздрібні мережі	Низька	Невисокий	Висока	Складний
Які цільові групи обрано: малі виробники БАДів (основна цільова група)					

Як основну цільову групу обрано малих виробників БАДів. Цей сегмент характеризується високою готовністю до впровадження нових технологій заради економії сировини, стабільним попитом та помірним рівнем конкуренції, на відміну від роздрібних мереж, де входні бар'єри є критично високими.

Таблиця 6.3.15. Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку*</i>
1.	Поетапний запуск	Концентрований маркетинг	Технологія, сервіс	Диференціація

Обрана стратегія диференціації передбачає фокусування на унікальних властивостях продукту — технології точного дозування та якісному сервісі. Концентрований маркетинг дозволить спрямувати обмежені ресурси на конкретну нішу (виробники БАДів), не розпорошуючи зусилля на весь ринок.

Таблиця 6.3.16. Визначення базової стратегії розвитку

<i>№ n/n</i>	<i>Чи є проект «періопрхідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових спо живачів, або заби рати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурен та, і які?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки*</i>
1.	Ні	Буде забирати частину клієнтів у конкурентів (B2B-виробники БАДів та фасувальних ліній)	Частково: базові характеристики (компактність, продуктивність), але з власними інноваціями	Наступальна стратегія

Оскільки ринок вже сформований, в проекті ми обираємо наступальну стратегію. Вона полягає в активному переманюванні клієнтів у конкурентів шляхом пропозиції кращого технічного рішення (інновації в дозуванні) при збереженні звичних для ринку базових характеристик обладнання.

Таблиця 6.3.17. Визначення стратегії позиціонування

<i>№ n/n</i>	<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкуренто- спроможні позиції власного стартап проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)</i>
1.	Якість, сервіс, компактність	Диференціація	Точність, енергоефективність, сервіс	Надійність; Українська якість; Технологія

Позиціонування будується навколо трьох ключових повідомлень: Надійність (гарантія стабільної роботи), Українська якість (локальний продукт європейського рівня), Технологія (інноваційне рішення проблем дозування). Це відповідає очікуванням цільової аудиторії щодо якості та сервісу.

5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком у розробленні маркетингової програми є формування чіткої маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього необхідно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності та визначити, яким чином технічні інновації проекту трансформуються у конкретні вигоди для клієнта.

Таблиця 6.3.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ n/n	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Стабільна рецептура	Гарантована якість	Точність дозування, низькі втрати
2.	Економічність	Зниження витрат	Енергоефективність
3.	Сервіс	Надійність	Локальний технічний супровід

Кожна технічна характеристика трансформується у вигоду для клієнта: точність дозування означає гарантовану якість продукту, енергоефективність — пряме зниження витрат, а локальний сервіс — впевненість у безперебійній роботі.

Таблиця 6.3.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Забезпечення точного, стабільного та контрольованого дозування порошкових сумішей (протеїну) у виробничому процесі. Основна функціональна вигода — підвищення точності, зменшення втрат і стабільність якості продукту.		
II. Товар у реальному світі	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор

ному виконанні	1. Продуктивність 15–30 доз/хв 2. Покращена точність дозування за рахунок модернізованого віброживильника	метал/нержавіюча сталь	відповідність технічним та експлуатаційним нормам
	Якість: відповідність технічним нормам, стабільність роботи, низький рівень шуму		
	Пакування: промислове (модуль поставляється як елемент лінії)		
	Марка: NutriTech Systems — Модуль точного дозування (модернізований віброживильник)		
III. Товар із підкріпленням	Технічна підтримка, налаштування під конкретний продукт, навчання персоналу, гарантійне обслуговування, сервіс після продажу.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патентні рішення (EP2303730B1, US4821782A), унікальні конструктивні елементи вузла дозування, ноу-хау точного вібраційного живлення, комбінація характеристик другого і третього рівнів.			

Розроблена трирівнева модель демонструє, що цінність продукту для споживача формується комплексно.

1. На рівні задуму вирішується головна проблема клієнта — мінімізація втрат дорогої сировини.
2. На рівні реального виконання це забезпечується високими технічними характеристиками та промисловим дизайном.
3. Ключовою стратегічною перевагою є рівень товару з підкріпленням. Він включає не лише сервіс, а й, що критично важливо, надійний захист від копіювання. Наявність патентів (EP2303730B1, US4821782A) та технологічних ноу-хау створює високий бар'єр для входу конкурентів, захищаючи ринкову нішу NutriTech Systems від швидкого копіювання дешевшими аналогами.

Таблиця 6.3.20. Опис трьох рівнів моделі товару

<i>№ п/п</i>	<i>Рівень цін на товари замітники</i>	<i>Рівень цін на товари аналоги</i>	<i>Рівень доходів цілю вої групи споживачів</i>	<i>Верхня та нижня межі вста новлення ціни на то вар/послугу</i>
1.	50 000 – 70 000 грн	70 000 – 120 000 грн	Середній і вище середнього сегмент B2B	Нижня межа: 60 000 грн Верхня межа: 110 000 грн

Встановлений ціновий діапазон (60 000 – 110 000 грн) дозволяє конкурувати з дорогими імпортними аналогами (верхня межа), залишаючись привабливим для локальних виробників. Нижня межа обумовлена собівартістю та необхідністю забезпечення рентабельності.

Таблиця 6.3.21. Формування системи збуту

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1.	Потреба у сервісі/навчанні	Продаж + сервіс	1–2 рівні	Прямі продажі + дилери в регіонах

Оскільки обладнання потребує налаштування та навчання персоналу, обрано модель прямих продажів (виробник – клієнт) для ключових замовників та залучення регіональних дилерів для розширення географії присутності та забезпечення оперативного сервісу на місцях.

Таблиця 6.3.22. Концепція маркетингових комунікацій

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка по- ведінки цільо- вих клієнтів</i>	<i>Канали комуні- кацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання реklamного повід- омлення</i>	<i>Концепція реklamного звернення</i>
1.	B2B: потреба у технічності	Виставки, пряма комунікація	Точність, сервіс	Демонстрація кейсів, ROI	Технічно обґрунтован о
2.	B2C (через ОЕМ)	Digital, соцмережі	Українська якість	Бренд/якість продукту	Емоційне/фу нкціональне

Для B2B-сегменту комунікація носить раціональний характер: акцент робиться на економічній вигоді (ROI) та технічних параметрах. Використовуються канали прямого маркетингу та галузеві заходи. Для ширшої аудиторії та підтримки іміджу використовується емоційний посил "Українська якість" через цифрові канали.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного комплексного аналізу ринку спортивного харчування та технологій дозування порошкових сумішей можна зробити такі узагальнення:

1. Можливість ринкової комерціалізації проекту - проведені дослідження показали наявність стабільного попиту на обладнання для фасування спортивного харчування, а також позитивну динаміку розвитку ринку протеїнових сумішей. Рентабельність діяльності на ринку достатня для виходу нового рішення, зокрема за рахунок підвищення точності дозування та енергоефективності модернізованого віброживильника. Таким чином, комерціалізація проекту є можливою та економічно доцільною;
2. Перспективи впровадження проекту - аналіз цільових груп продемонстрував, що основними споживачами є малі та середні виробники спортивного харчування, підприємства харчової промисловості та виробники фасувальних ліній. Бар'єри входу — помірні, тоді як конкуренція носить змішаний характер (цінова та нецінова). Водночас модернізований віброживильник має суттєві техніко-економічні переваги перед існуючими аналогами, що забезпечує високу конкурентоспроможність проекту та потенціал для швидкого ринкового проникнення;
3. Доцільність вибору варіанта впровадження - порівняльна оцінка альтернатив показала, що найбільш ефективним є варіант виходу на ринок через орієнтацію на B2B-сегмент малих і середніх виробників та інтеграцію в існуючі фасувальні лінії. Саме цей варіант забезпечує найкраще співвідношення між інвестиційними витратами, ризиками та швидкістю окупності;
4. Доцільність подальшої імплементації проекту - з урахуванням технічного рівня розробки, наявних патентних рішень (EP2303730B1, US4821782A),

підтвердженого попиту та конкурентних переваг, подальша імплементація проекту є доцільною. Впровадження модернізованого віброживильника дозволить підвищити ефективність виробничих процесів, забезпечити точність дозування, знизити собівартість виробництва та створити довгострокові конкурентні переваги.

6.4 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.4.1 Загальні положення та нормативно-правова база

Охорона праці в Україні регулюється системою законодавчих та нормативних документів, спрямованих на забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці. Основним документом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці» (Відомості Верховної Ради України, 1992, №49, ст.668), який визначає основні принципи державної політики щодо безпеки праці, права та обов'язки працівників і роботодавців, вимоги до організації роботи з охорони праці на підприємствах.

У виробничому процесі пакування сумішей спортивного харчування з використанням модернізованого віброживильника працівники можуть зазнавати впливу низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Для їх усунення або зменшення застосовуються принципи, передбачені:

1. Кодексом законів про працю України (КЗпП);
2. Закон України «Про охорону праці»;
3. Закон України «Про пожежну безпеку»;
4. ДСТУ EN ISO 12100:2014 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування»;
5. ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки»;
6. ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»;
7. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;
8. ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої вібрації»;
9. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень... за вибухопожежною небезпекою»;
10. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
11. Правила пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014)

Дотримання цих норм є обов'язковим під час експлуатації обладнання технологічної лінії пакування протеїнових сумішей.

6.4.2 Характеристика виробничого процесу та небезпечні фактори

Технологічна лінія пакування спортивного харчування включає такі основні етапи:

- подавання протеїнового порошку на віброживильник;
- транспортування дози продукту в пакувальний блок;
- фасування у тару (банки або пакети);
- закупорювання та маркування;
- контроль маси та якості.

Під час цих операцій на працівників впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- пилоутворення білкових сумішей;
- виробничий шум від роботи віброживильника та транспортерів;
- вібрація, особливо від модернізованого віброживильника;
- рухомі частини механізмів (транспортери, приводні вали, шнеки, вібробункер);
- електробезпека (наявність електродвигунів і силових шаф);
- пожежна та вибухопожежна небезпека протеїнових порошоків;
- ергономічні фактори (монотонність роботи, статичне навантаження).

6.4.3 Пил у робочій зоні та заходи захисту

Протеїнові суміші (гейнер, сироватковий протеїн, комплексні добавки) характеризуються високою дисперсністю. Частинки розміром 1–20 мкм легко зависають у повітрі, що становить небезпеку:

- подразнення слизових оболонок;
- розвиток алергічних реакцій;
- перевантаження системи вентиляції;
- можливість утворення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, оптимальні параметри повітря в робочій зоні для приміщень з легкими порошковими матеріалами:

- температура — 18–22 °C;
- відносна вологість — 40–60 %;
- швидкість повітря — до 0,3 м/с.

Джерела пилу:

- зона завантаження віброживильника;
- місця пересипання порошку;
- момент подачі порції в тару;
- несправні ущільнення та стики обладнання.

Заходи захисту від пилу:

- місцева витяжна вентиляція (пилоуловлювачі над завантажувальними зонами);
- загальнообмінна вентиляція (кратність 3–5 обмінів/год);
- герметизація технологічного обладнання — ущільнення кришок, патрубків;
- використання фільтроциклонів або рукавних фільтрів;
- зволоження повітря до 50–55% для зменшення розповсюдження дрібнодисперсного пилу;
- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), такі як респіратори класу FFP2/FFP3, захисні окуляри та рукавички.

6.4.4 Виробничий шум

Віброживильник та інше пакувальне обладнання генерують шумові коливання, які при тривалій дії викликають:

- втому та зниження концентрації;
- головний біль;
- підвищення артеріального тиску;
- ризик професійної туговухості.

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99, допустимий рівень шуму для виробничих приміщень — не більше 80 дБА.

Джерела шуму у лінії:

- вібраційний привід віброживильника;
- транспортери;
- компресори пневмосистеми;
- дозатори.

Заходи зниження шуму:

- встановлення віброізолюючих прокладок;
- застосування кожухів-шумоглушників;
- використання м'яких муфт у приводах;
- контроль технічного стану підшипників;
- заміна зношених вузлів;
- використання ЗІЗ, такі як протишумні навушники та вкладиші.

6.4.5 Вібрації

Вібрація від віброживильника є одним з основних факторів ризику. При тривалому впливі можливі:

- порушення периферичного кровообігу;

- ОРА-дисфункція;
- синдром вібраційної хвороби.

Норми визначаються ДСН 3.3.6.039-99.

Заходи протидії вібрації:

1. установки віброживильника на антивібраційні демпфери (гума, пружини, поліуретан);
2. застосування балансування рухомих мас;
3. оптимізація частоти коливань у процесі модернізації;
4. дистанційне керування запуском і зупинкою;
5. використання ЗІЗ — антивібраційні рукавиці;
6. регламентовані перерви.

6.4.6 Захист від рухомих частин механізмів

У складі лінії для пакування сумішей спортивного харчування використовуються різноманітні механізми з рухомими елементами, серед яких приводні вали, транспортерні стрічки, шнеки, приводи дозувальних систем, зірочки, редуктори та сам модернізований віброживильник. Наявність рухомих частин формує потенційно небезпечне виробниче середовище, в якому працівник може потрапити під дію травмонебезпечних факторів. Найпоширенішими ризиками є затягування одягу в робочі вузли, попадання рук у зони обертання деталей, защемлення пальців, удари рухомими або зворотно-поступальними елементами, а також випадковий контакт з частинами, що переміщуються на високій швидкості.

Для забезпечення безпечної роботи на підприємстві всі рухомі елементи мають бути захищені огороженнями та кожухами відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 12100:2014, який визначає концепцію безпечного проєктування машин. Захисні кожухи повинні мати достатню механічну міцність, бути стійкими до зношування, а також не допускати доступу до небезпечних зон у

процесі роботи. Огородження, що відкриваються, оснащуються блокуючими пристроями або мікроперемикачами, які миттєво зупиняють обладнання при спробі відкриття під час роботи. Це гарантує, що жоден працівник не зможе отримати травму внаслідок необережного доступу до внутрішніх механізмів.

Управління обладнанням здійснюється з безпечної зони, де розташовуються засоби керування, зокрема кнопки «Стоп» та «Аварійний стоп». Їх кількість та розташування повинні забезпечувати можливість зупинити лінію в будь-який момент, якщо виникає небезпечна ситуація. Персонал допускається до роботи лише після проходження відповідного інструктажу, у якому робиться акцент на правилах поведінки поблизу рухомих елементів механізмів, забороні використання вільного або незастібнутого одягу, а також вимогах щодо недопустимості контакту з працюючими агрегатами.

6.4.7 Електробезпека

У технологічній лінії пакування використовується значна кількість електрообладнання — електродвигуни, силові шафи, блоки керування, датчики та інша апаратура. Обладнання підключене до електромережі напругою 380/220 В, що створює загрозу ураження електричним струмом у разі порушення правил експлуатації або технічної несправності. Основними небезпеками є замикання на корпус, пробій ізоляції, перегрів проводів, виникнення електричних дуг, іскріння та можливість займання внаслідок перевантаження.

Дотримання вимог електробезпеки регламентується Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів та НПАОП 40.1-1.21-98. Усі електричні пристрої повинні мати надійне захисне заземлення або занулення. Охоронні автомати та пристрої захисного відключення (УЗО) повинні забезпечувати миттєве припинення подачі електроенергії у разі аварії або короткого

замикання. Силові кабелі виготовляються з негорючих матеріалів, мають подвійний шар ізоляції та маркуються відповідно до правил експлуатації.

Доступ до силових шаф та електромонтажних коробок дозволений виключно особам, які мають відповідну кваліфікацію та групу допуску з електробезпеки — не нижче II групи для обслуговуючого персоналу та III групи для ремонтного. Категорично забороняється відкривати електрошафи під час роботи обладнання або виконувати будь-які електромонтажні операції без зняття напруги. Робочі місця електромонтерів мають бути оснащені діелектричними рукавицями, калошами та килимками, що забезпечують додатковий захист.

Корпуса електрообладнання, розташованого у зоні можливого пилового забруднення, повинні мати ступінь захисту не нижче IP54, що гарантує захист від потрапляння пилу та бризок. Це особливо важливо на лінії пакування білкових порошків, де дрібнодисперсний пил може осідати на поверхнях та викликати замикання або перегрів компонентів.

6.4.8 Пожежна та вибухопожежна безпека

Виробничі процеси, що пов'язані з переміщенням, розподілом і пакуванням протеїнових порошків, характеризуються підвищеною пожежною небезпекою. Органічні порошки здатні створювати вибухонебезпечні аерозольні суміші, які при досягненні критичної концентрації та наявності джерела займання можуть спричинити спалах або вибух. До потенційних джерел займання належать електричні іскри, перегріті поверхні електродвигунів, статична електрика, короткі замикання, тертя несправних механізмів, а також відкритий вогонь, який заборонено використовувати в межах виробничого приміщення.

За ДСТУ Б В.1.1-36:2016 приміщення, у яких здійснюється пакування протеїнових сумішей, відносяться до категорії Г — «помірно пожежонебезпечні». Це означає, що у випадку виникнення займання можливе

швидке поширення полум'я по поверхні порошкових відкладень, однак загальна вибухонебезпека нижча, ніж у виробництвах, пов'язаних з летючо-вибухонебезпечними речовинами.

Для запобігання займанням на підприємстві впроваджується система пожежно-профілактичних заходів. Постійно проводиться технічний контроль за станом електродвигунів, підшипників та інших вузлів, у яких можливий перегрів. Установлюються теплові реле та датчики, що вимикають обладнання при перевищенні допустимої температури. Будь-яке накопичення пилу на поверхнях машин, кабелях та вентиляційних решітках є неприпустимим, оскільки такі відкладення можуть загорітися навіть при відносно низьких температурах.

Усі поверхні та елементи, що накопичують статичну електрику, повинні бути заземлені. Підлога в приміщенні виконується з антистатичних матеріалів або обробляється антистатичними засобами. Для гасіння можливих пожеж встановлюються порошкові та вуглекислотні вогнегасники, придатні для боротьби з займаннями твердих органічних речовин. Персонал проходить відповідні інструктажі з пожежної безпеки, а у приміщенні розміщуються плани евакуації та засоби зв'язку з черговою службою.

6.4.9 Санітарно-гігієнічні умови праці

Забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов у виробничому приміщенні має ключове значення для збереження здоров'я персоналу. Робота з протейновими порошками супроводжується утворенням дрібнодисперсного пилу, який може подразнювати слизові оболонки, спричиняти алергічні реакції та негативно впливати на органи дихання. Нормативні вимоги до мікроклімату і чистоти повітря регламентуються ДСН 3.3.6.042-99.

Температура у виробничому приміщенні повинна підтримуватися на рівні 18–22 °С, що забезпечує комфорт операторам і стабільність роботи технологічного обладнання. Вологість повітря не повинна перевищувати 60 %,

щоб уникнути злипання порошку, проте її значення не може бути нижчим за 40 %, оскільки сухе повітря підвищує пилоутворення. Вентиляція повинна бути комбінованою — загальнообмінною та локальною, що дозволяє швидко видаляти пил у місцях його найбільшого утворення.

Не менш важливим є якісне освітлення робочих зон. Згідно з ДБН В.2.5-28:2018, нормована освітленість при роботі з пакувальним обладнанням має становити не менше 300–500 лк. Використовуються пилозахищені світильники зі світлорозсіювальними плафонами, що забезпечують рівномірний розподіл світла та мінімізують тіні в зоні обслуговування обладнання. Освітлення повинно бути достатнім для надійного контролю маси дозування, моніторингу роботи механізмів та виявлення відхилень у роботі машини.

6.4.10 Організаційні заходи та навчання персоналу

Ефективне функціонування системи охорони праці неможливе без належної організації навчального процесу та забезпечення працівників необхідними знаннями й навичками. Усі співробітники, що залучені до обслуговування та експлуатації технологічної лінії, проходять вступний інструктаж, а також первинний інструктаж на робочому місці. У процесі роботи проводиться повторний інструктаж — не рідше одного разу на три місяці, а також позаплановий інструктаж у разі модернізації обладнання, впровадження нових технологій чи змін у нормативних документах.

Працівникам видається спеціальний одяг, рукавички, респіратори та інші засоби індивідуального захисту. Оператори проходять періодичні медичні огляди відповідно до вимог законодавства, зокрема у випадках, коли робота може впливати на органи дихання через наявність пилу. Для кожної професії розробляються інструкції з охорони праці, де прописуються правила безпечної експлуатації обладнання, порядок дій при аварійних ситуаціях та заборонені операції.

6.4.11 Розслідування нещасних випадків

У разі, якщо на виробництві стається нещасний випадок, його розслідування здійснюється відповідно до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №337 від 17 квітня 2019 року. Розслідування проводиться комісією, яка визначає причини інциденту, аналізує відповідність умов праці нормативним вимогам та розробляє заходи щодо недопущення подібних випадків у майбутньому. Результати розслідування фіксуються в офіційних актах і зберігаються на підприємстві протягом встановленого терміну.

6.4.12 Категорування приміщення

Згідно з вимогами ДСТУ Б В.1.1-36:2016, виробничі приміщення лінії пакування порошкових харчових продуктів підлягають обов'язковому категоруванню за рівнем пожежної та вибухонебезпечності. Приміщення, де відбувається дозування, переміщення та фасування протеїну, класифікуються як категорія Г. Це означає, що у просторі присутні органічні пилові відкладення, які можуть загорітися при нагріванні або контакті з відкритим джерелом вогню. Водночас вибухонебезпечність є помірною та при дотриманні технологічної дисципліни може бути ефективно контролюваною.

Категорування приміщення визначає вимоги щодо вибору електрообладнання, способу вентиляції, розташування евакуаційних виходів, застосування засобів пожежогасіння та проведення профілактичних заходів. Це дозволяє підвищити рівень захисту як персоналу, так і обладнання.

6.4.13 Висновки щодо охорони праці

У ході аналізу умов праці на лінії для пакування спортивного харчування встановлено, що основними небезпечними факторами є пилові домішки білкових сумішей, підвищений шум, вібрації від віброживильника, ризик контакту з рухомими частинами механізмів, потенційна пожежна та вибухонебезпечність, а також небезпека ураження електричним струмом.

Комплекс технічних і організаційних заходів, передбачений законодавством України та впроваджений на підприємстві, забезпечує надійний захист працівників і створює безпечні умови для експлуатації технологічної лінії. Герметизація обладнання, система вентиляції, використання засобів захисту, огороження механізмів, заземлення, регулярні інструктажі й профілактичні огляди дозволяють підтримувати стан охорони праці на високому рівні та мінімізувати ризики виробничого травматизму.

7. МОДЕРНІЗАЦІЯ (РОЗРОБКА) УСТАНОВКИ (ВУЗЛА УСТАНОВКИ)

7.1 Розробка 3D-моделі модернізованої частини установки

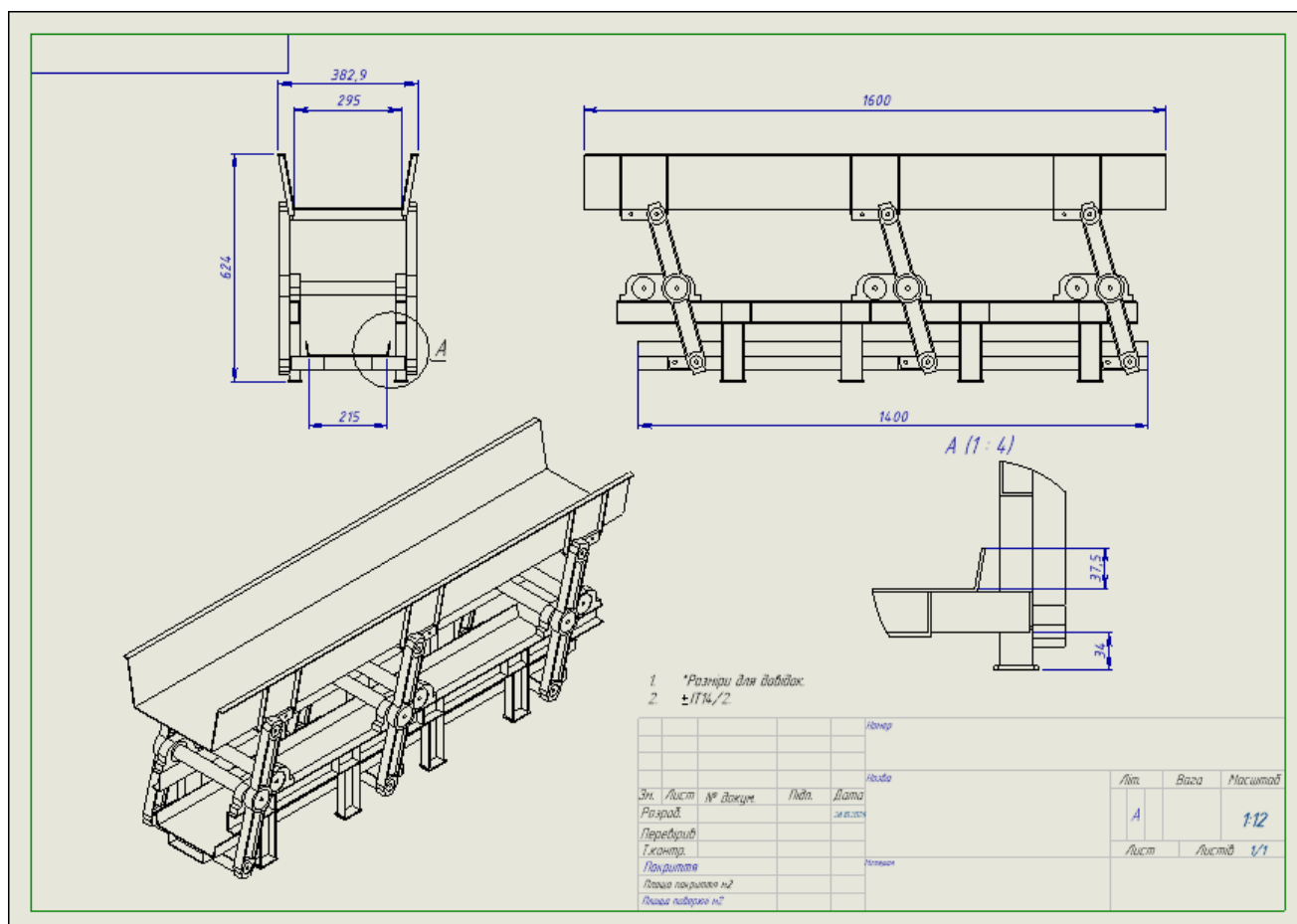


Рисунок. 7.1 – Креслення модернізованого вузла живильника

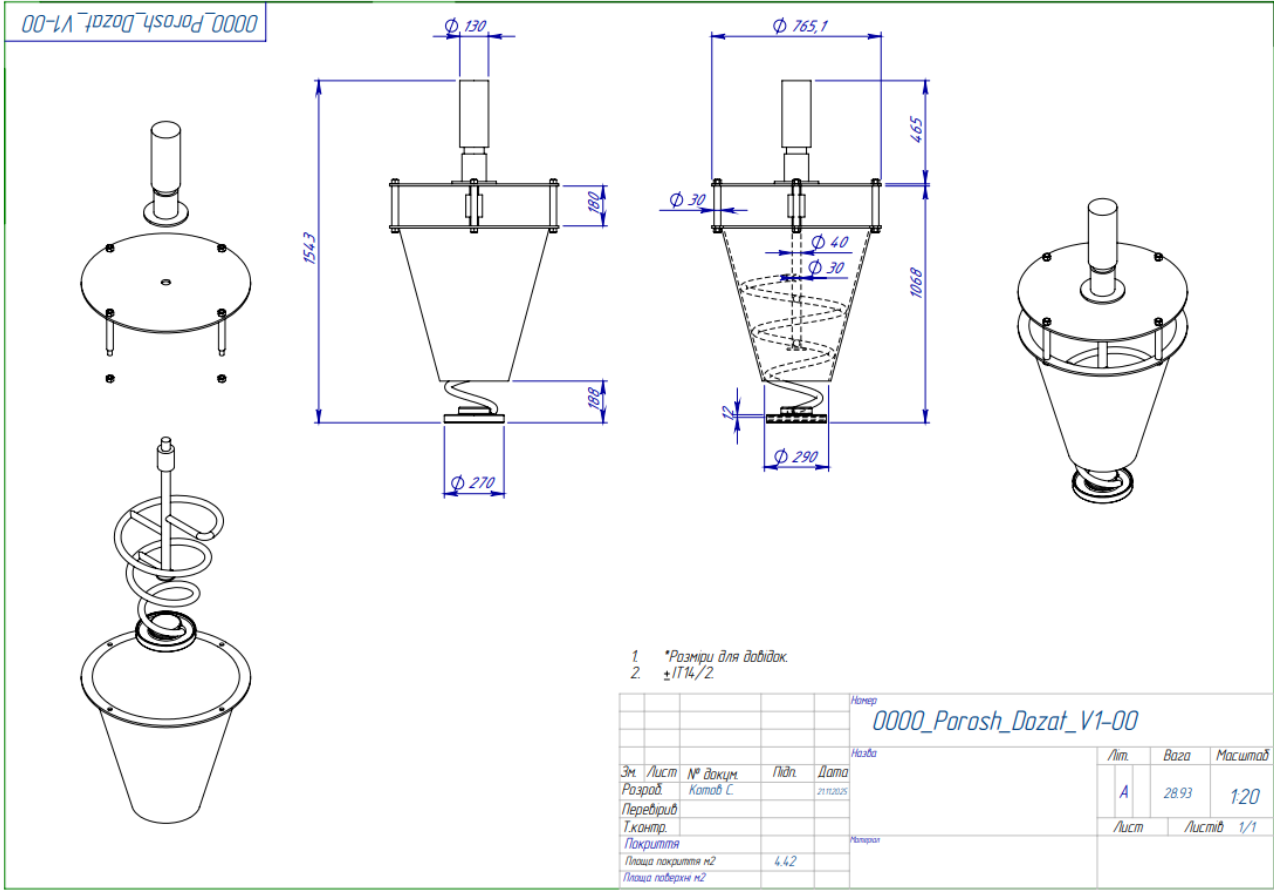


Рисунок 7.2 – Креслення модернізованого дозатора

7.2. Розрахунок модернізованого вузла

Для наукового обґрунтування конструктивних змін та підтвердження експлуатаційної надійності модернізованого віброживильника було проведено комплексне дослідження напружено-деформованого стану (НДС) методом скінченних елементів у програмному середовищі ANSYS. Основним завданням даного етапу проектування є верифікація міцності пружного елемента (амортизатора) в умовах знакозмінного циклічного навантаження, що виникає при транспортуванні протейнового порошку.

7.2.1. Створення розрахункової схеми та вибір матеріалу

Геометрична модель опори була розроблена в середовищі SolidWorks і експортована до розрахункового модуля ANSYS Mechanical. Для побудови скінченно-елементної сітки використано тетраедричні елементи, що дозволяють з високою точністю описати геометрію вузлів кріплення та зон переходу. Як матеріал конструкції обрано **Structural Steel**, яка за своїми механічними властивостями є функціональним аналогом сталі 45. Для аналізу втомної міцності було задіяно криву втомної довговічності (S-N Curve), що визначає критичну кількість циклів до руйнування залежно від амплітуди напружень.

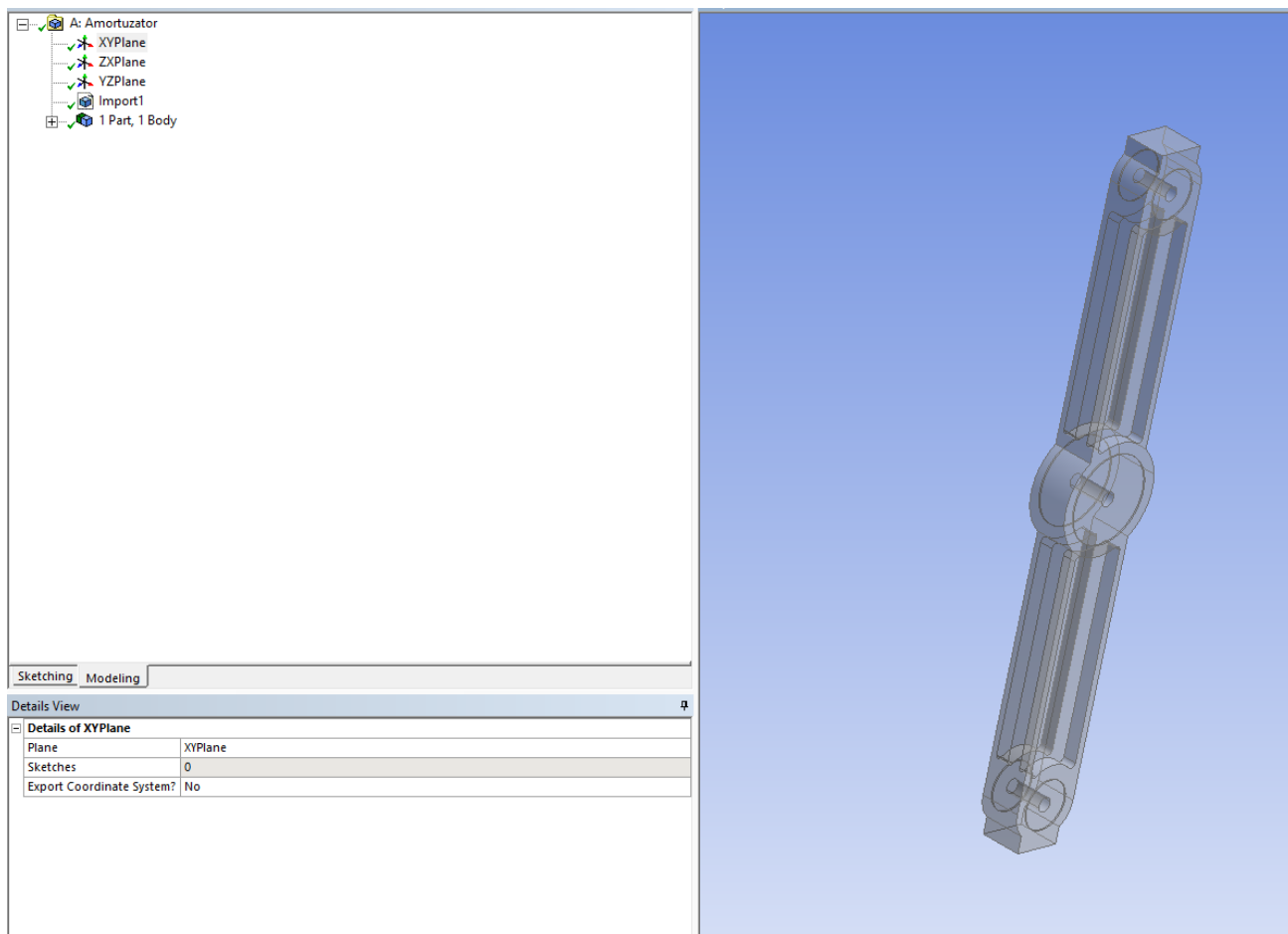


Рисунок 7.2.1.1 – Імпортована модель деталі в геометрію Ansys

7.2.2. Задання граничних умов та параметрів циклічного навантаження

Для коректного моделювання роботи амортизатора в складі збірки віброживильника у модулі Static Structural були задані наступні обмеження:

- **Fixed Support:** Жорстке закріплення нижньої частини опори, що відповідає її нерухомому болтовому з'єднанню з рамою живильника.

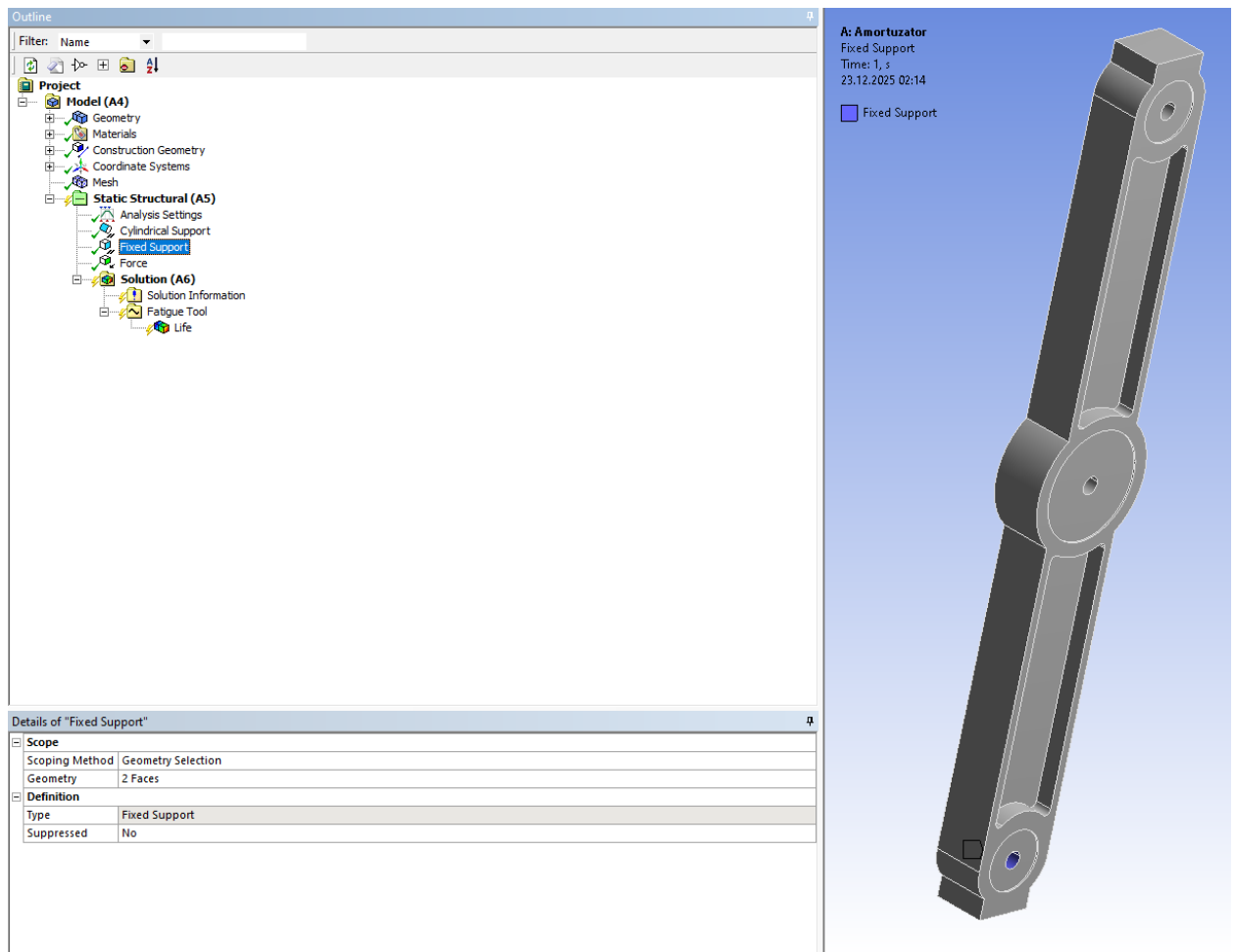


Рисунок 7.2.2.1 – Жорстке закріплення

- **Cylindrical Support:** Для центрального отвору задано циліндричне закріплення з фіксацією радіальних переміщень та вільним тангенціальним поворотом, що імітує шарнірне з'єднання.

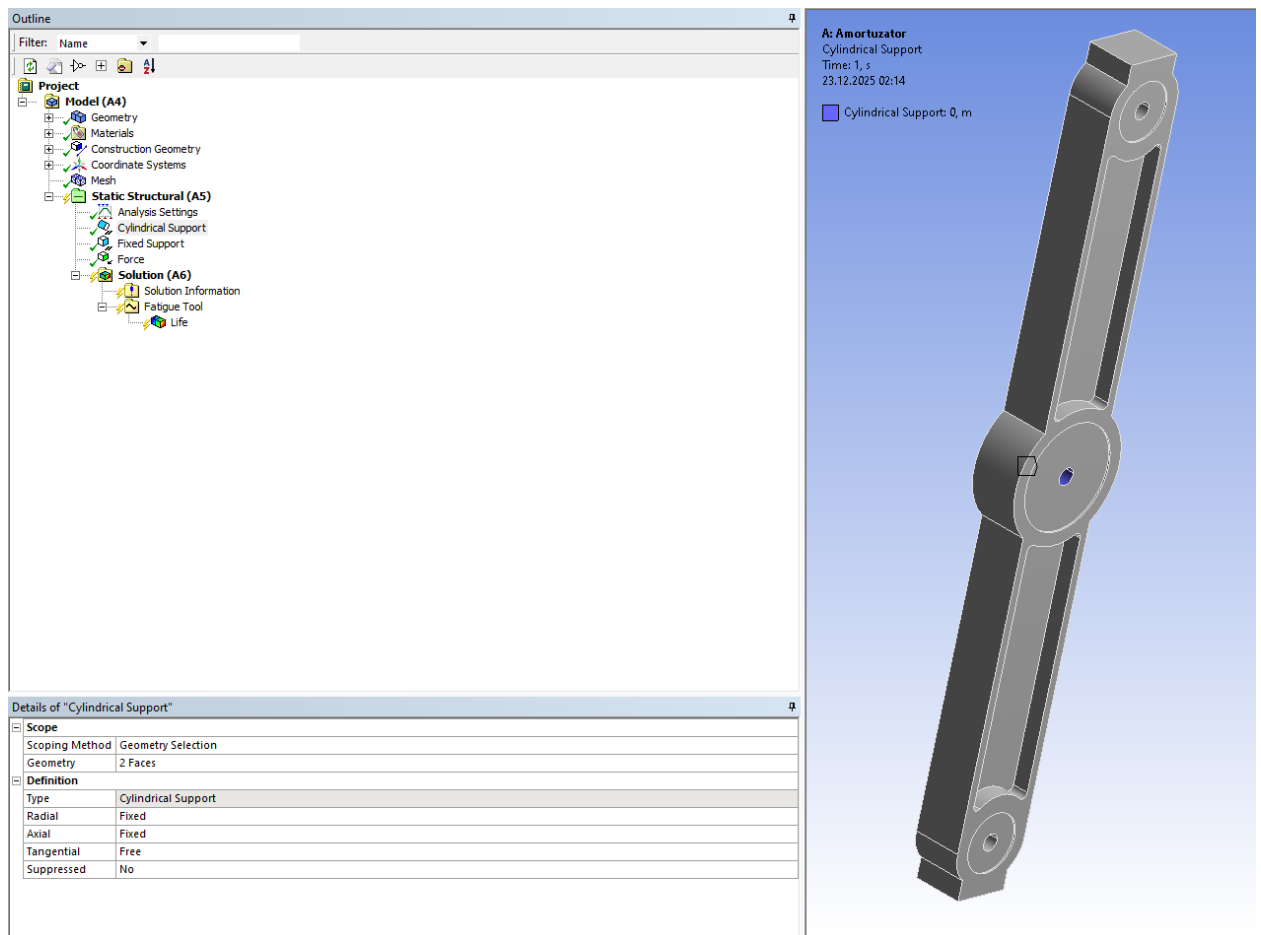


Рисунок 7.2.2.2 – Циліндричне закріплення

- **Force:** Навантаження прикладено до верхнього вузла за віссю Z з амплітудою 50 Н. Дана величина враховує динамічний тиск шару матеріалу (протеїну) та власну масу лотка при вібрації.

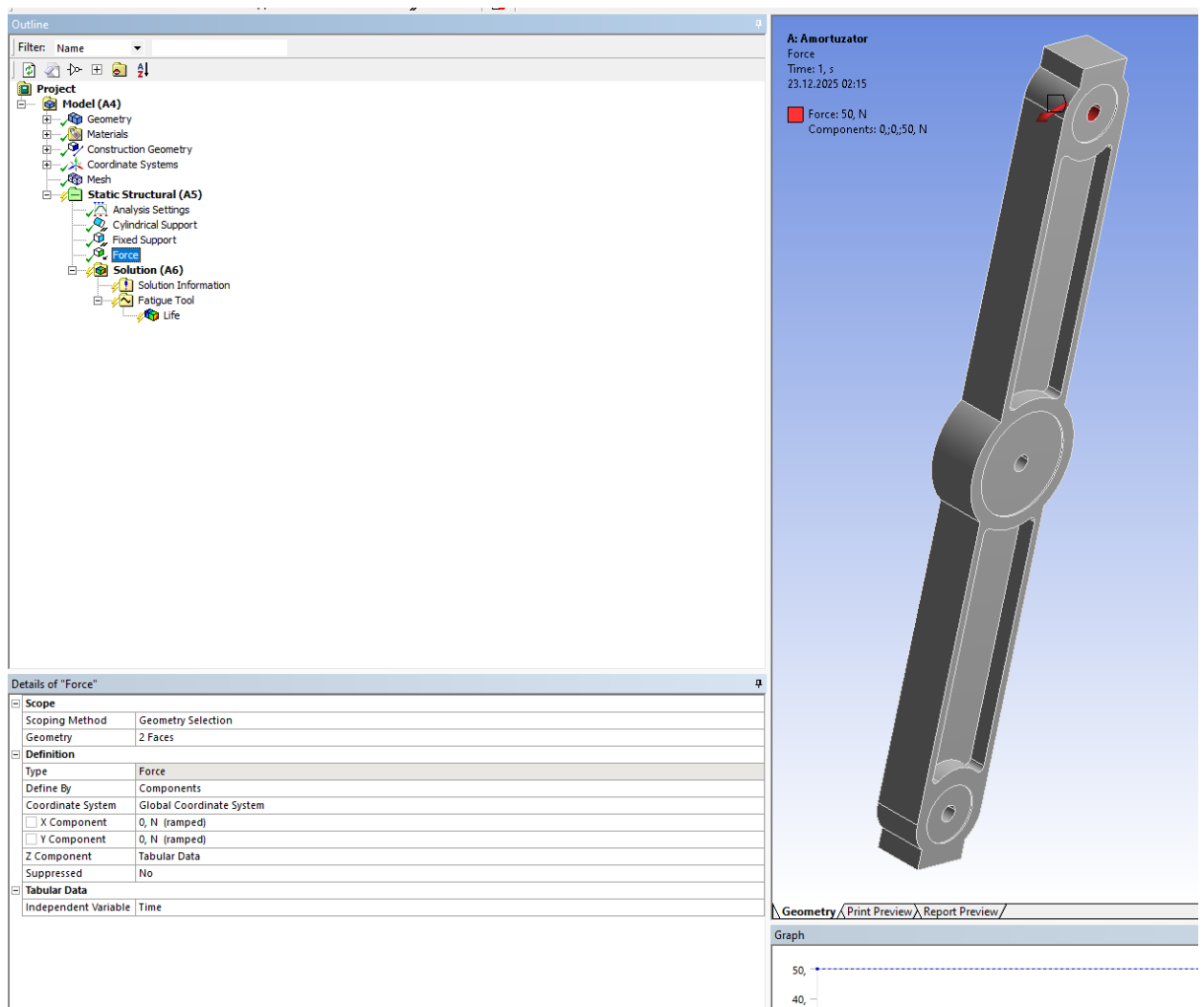


Рисунок 7.2.2.3 – Прикладання навантаження

Для дослідження було використано інструмент **Fatigue Tool** із типом навантаження **Fully Reversed**. Це дозволяє імітувати повний знакозмінний цикл (від +50 Н до -50 Н), що найбільш точно відображає роботу вібромашини з чергуванням напрямків прискорень за один період коливань.

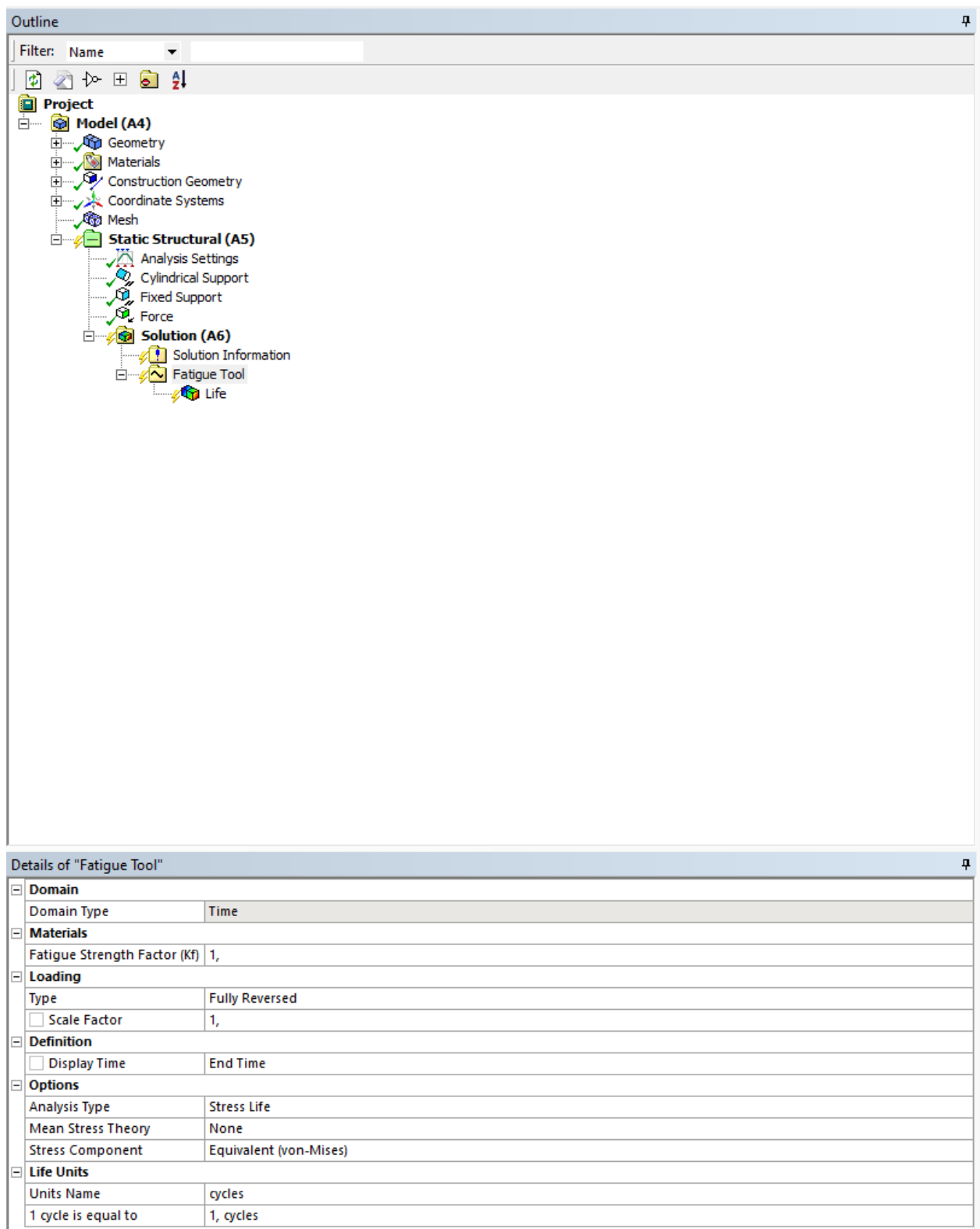


Рисунок 7.2.2.4 – Інструмент Fatigue Tool

7.2.3. Аналіз результатів моделювання втоми

В результаті проведення розрахунків отримано просторовий розподіл

ресурсу деталі та коефіцієнтів запасу міцності:

- **Life (Довговічність):** Аналіз показав, що при заданій амплітуді сили мінімальний ресурс по всій деталі становить $1 \cdot 10^6$ циклів. В термінах втомної міцності це відповідає зоні необмеженої довговічності (Endurance Limit), що гарантує відсутність руйнувань протягом усього терміну служби.

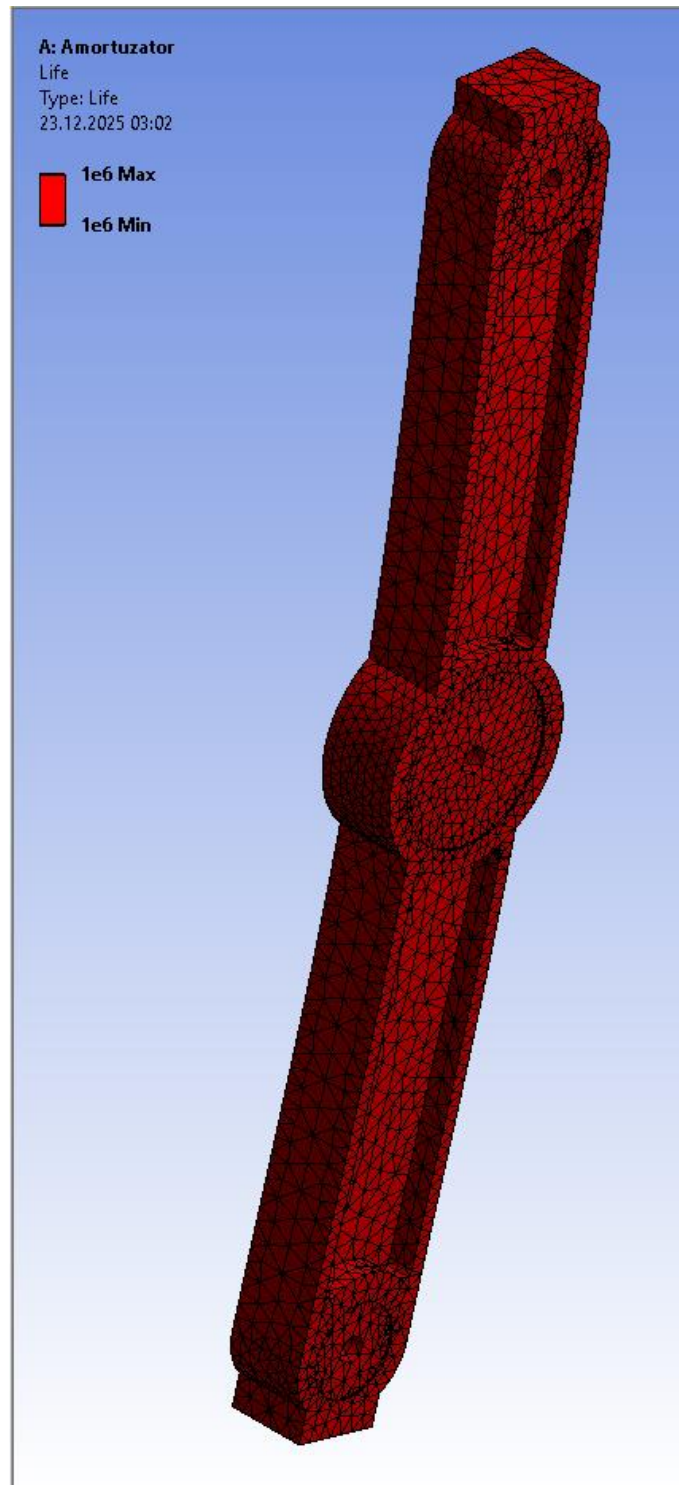


Рисунок 7.2.3.1 – Результат розрахунків Life

- **Safety Factor (Запас міцності):** Розрахунковий коефіцієнт запасу за втомною міцністю становить 15. Таке високе значення свідчить про те, що робочі напруження в опорі знаходяться значно нижче межі витривалості сталі 45, навіть з урахуванням знакозмінного характеру навантаження.

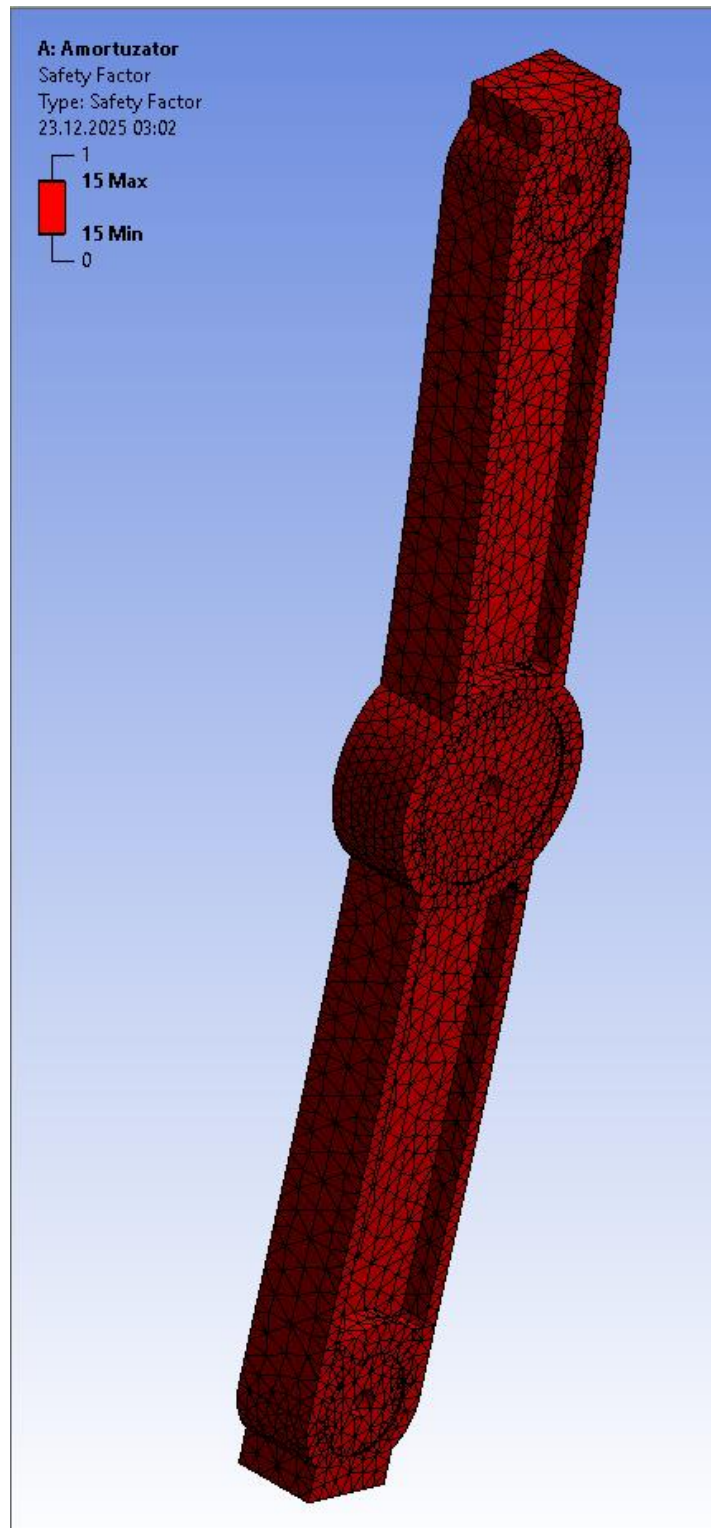


Рисунок 7.2.3.2 – Результат розрахунків Safety factor

7.2.4. Економічна ефективність запропонованого технічного рішення

Економічна доцільність модернізації вузла підвіски та використання чисельних методів аналізу в ANSYS виражається у наступних аспектах:

- **Оптимізація матеріаломісткості:** Завдяки отриманню точної карти розподілу напружень встановлено, що використання доступної сталі 45 (Structural Steel) є цілком достатнім для забезпечення надійності. Це дозволяє відмовитися від використання дорогих легованих сталей, знижуючи собівартість виготовлення кожної одиниці обладнання без втрати якості.
- **Зниження експлуатаційних витрат:** Високий запас міцності ($SF=15$) та необмежений ресурс (10^6 циклів) практично виключають ймовірність поломок через втому металу. Це забезпечує стабільну роботу віброживильника без аварійних зупинок виробничої лінії, що дає значний економічний ефект за рахунок відсутності витрат на позапланові ремонти та простої.
- **Підвищення ресурсу установки в цілому:** Завдяки стабільним характеристикам модернізованих опор мінімізуються шкідливі вібраційні навантаження на станину та фундамент живильника. Це продовжує термін служби всієї машини та знижує загальну вартість володіння обладнанням протягом його життєвого циклу.

Застосування системи ANSYS для аналізу модернізованої опори дозволило не лише підтвердити її високу втомну міцність при роботі з протейновим порошком, а й науково обґрунтувати економічну ефективність впровадження даного вузла. Результати моделювання доводять, що обрана конструкція є оптимальною як з технічної, так і з фінансової точок зору.

ВИСНОВОК

У результаті виконання магістерської дисертації було спроектовано автоматизовану лінію для виготовлення та пакування протейнових сумішей, що відповідає сучасним вимогам харчової промисловості. Основна увага була приділена вдосконаленню віброживильника, конструкція якого після модернізації дозволяє ефективно працювати з порошками, схильними до утворення грудок. Застосування комбінованого способу подачі забезпечило рівномірність наповнення тари та дозволило оптимізувати енергоспоживання всієї установки.

Проведені інженерні розрахунки та аналіз міцності модернізованих опорних вузлів підтвердили правильність обраних конструктивних рішень. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання втомної міцності дозволило обґрунтувати вибір матеріалів та гарантувати тривалий ресурс роботи машини. Розроблені регламенти з монтажу та технічного обслуговування забезпечують стабільну експлуатацію лінії, а запропонована маркетингова стратегія стартапу підтверджує доцільність впровадження розробки у серійне виробництво.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.dahepowderpacking.com/milk-and-protein-powder-packing-line/whey-protein-powder-packing-lines.html>
2. https://www.zonesunmachinery.com/automatic-production-line/protein-powder-filling-line.html?utm_source=chatgpt.com
3. Пакувальне обладнання. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», програмою професійного спрямування «Машини і технологія пакування»; спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. О. Л. Сокольський, О. Є. Колосов. – Електронні текстові дані (1 файл: 667,03 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 41 с.
4. <https://evek.com.ua/materials/stal-60c.html>
5. <https://ofama.eu/uk/%d0%bf%d1%80%d0%be%d0%bf%d0%be%d0%b7%d0%b8%d1%86%d1%96%d1%8f/%d0%b2%d1%96%d0%b1%d1%80%d0%b0%d1%86%d1%96%d0%b9%d0%bd%d1%96-%d0%b6%d0%b8%d0%b2%d0%b8%d0%bb%d1%8c%d0%bd%d0%b8%d0%ba%d0%b8/%d0%b2%d1%96%d0%b1%d1%80%d0%b0%d1%86%d1%96%d0%b9%d0%bd%d0%b8%d0%b9-%d0%bb%d0%be%d1%82%d0%ba%d0%be%d0%b2%d0%b8%d0%b9-%d0%bf%d0%bb%d0%be%d1%81%d0%ba%d0%b8%d0%b9-%d0%b6%d0%b8%d0%b2%d0%b8%d0%bb%d1%8c/>
6. <https://ofama.eu/wp-content/uploads/2019/02/ua-pwkpe.pdf>
Патенти:
7. <https://patents.google.com/patent/US8813967B2/en>
8. <https://patents.google.com/patent/US4978000A/en>
9. <https://patents.google.com/patent/US4821782A/en>
10. <https://patents.google.com/patent/EP2303730B1/un>

11. <https://patents.google.com/patent/US8584901B2/en>

12. Тези «22 Всеукраїнська конференція»