

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Розширення функціональних можливостей обладнання
автоматичної лінії з переробки картоплі»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ГМ-21м
спеціальності 133 – Галузеве
машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Півторак А. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор каф. ГМ

Іскович-Лотоцький Р. Д.

(прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

Опонент: д.т.н., проф, каф. АТМ

Кашканов А. А.

(прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Поліщук Л.К.

(прізвище та ініціали)

« » 2022 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 13 – Механічна інженерія
Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ
Поліщук Л.К.
“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Півторака Андрія Андрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема магістерської кваліфікаційної роботи Розширення функціональних можливостей обладнання автоматичної лінії з переробки картоплі
керівник магістерської кваліфікаційної роботи Іскович-Лотоцький Р.Д., професор, д.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “14” вересня 2022 року № 203
- Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи 15.12.2022р.
- Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи продуктивність лінії – 180 кг/год;
витрата сировини (картоплі) – 300 кг/год;
- Зміст текстової частини (перелік питань, які потрібно розробити) розрахунково-пояснювальна записка повинна містити розділи: техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки нового технічного рішення, аналіз конструктивних особливостей існуючих типів автоматизованого обладнання для переробки овочевої продукції на крупу і їх принципові схеми, опис принципу роботи модернізованої лінії по переробці картоплі та опис конструкції оригінального обладнання, математичне моделювання приводу конвеера-дозатора, розрахунок основних конструктивних параметрів елементів конструкції конвеєра-дозатора, економічних розрахунків, визначення норм з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях
- Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Плакати: Схеми існуючих автоматичних ліній переробки овочевої сировини, Огляд типових ліній для переробки овочевої продукції, Конструктивна схема лінії із переробки картоплі, Кінематична схема та математична модель приводу конвеєра-дозатора, Розрахункова схема приводу конвеєра-дозатора та його математична модель, Результати математичного моделювання, Складальне креслення дозатора шнекового, Складальний кресленик установки екструзійної, Складальний кресленик рами екструдера, Складальний кресленик установки для змішування, 3D-модель установки для змішування

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальний	Ростислав Дмитрович Іскович-Лотоцький, професор, д.т.н.		
Охорона праці	Софія Віталіївна Дембіцька, професор, д.п.н		
Безпека у надзвичайних ситуаціях	Поліщук Олександр Васильович, доцент, к.т.н.		
Економічна частина	Ратушняк Ольга Георгіївна, доцент, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 01 вересня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Постановка задачі дослідження. Аналіз конструктивних особливостей існуючих типів автоматизованого обладнання для переробки овочевої продукції	02.09.2022	виконано
2	Дослідницький розділ. Обґрунтування принципової схеми автоматичної лінії для переробки картоплі та опис конструкції оригінального обладнання	22.10.2022	виконано
3	Теоретичні дослідження процесу роботи приводу конвеєра-дозатора	17.11.2022	виконано
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	30.11.2022	виконано
5	Виконання економічної частини	01.12.2022	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	15.12.2022	виконано

Студент

_____ Півторак А. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ Іскович-Лотоцький Р.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 635.21:664.22

Півторак А. А. Розширення функціональних можливостей обладнання автоматичної лінії з переробки картоплі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2022. 105 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 32 назв; рис.: 27; табл. 3.

У магістерській кваліфікаційній роботі було виконано розширення функціональних можливостей лінії по виробництву картопляного пюре. У загальній частині роботи описано будову і принцип роботи лінії по виробництву сухого картопляного пюре, запропонована вдосконалена конструкція конвеєра-дозатора та його важливого вузла – шнекового дозатора. Виконано основні проектні розрахунки стрічкового конвеєра та шнекового дозатора пюре, виконано підбір підшипників та шпонок.

Проведено математичне моделювання роботи приводу конвеєра-дозатора, що дозволило розробити детерміновану математичну модель у вигляді системи з 5-ти диференціальних рівнянь 2-го порядку.

Графічна частина складається з 10 плакатів із результатами роботи.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні; карта умов праці (обґрунтування вибору нормованих значень шкідливих та небезпечних виробничих факторів, оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня, атестація робочого місця); рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: переробка, конвеєр, шнековий дозатор, проектні розрахунки, математичне моделювання.

ABSTRACT

A. A. Pivtorak. Expanding the functionality of the equipment of the automatic potato processing line. Master's qualification work on specialty 133 – industrial mechanical engineering, educational program – industrial mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2022. 105 p.

In Ukrainian language Bibliography: 32 titles; Fig.: 27; table 3.

In the master's qualification work, the expansion of the functionality of the line for the production of mashed potatoes was carried out. In the general part of the work, the structure and principle of operation of the line for the production of dry mashed potatoes are described, the improved design of the conveyor-doser and its important unit – the screw doser – is proposed. The basic design calculations of the belt conveyor and screw puree dispenser were performed, the selection of bearings and keys was performed.

Mathematical modeling of the drive of the conveyor-dispenser was carried out, which made it possible to develop a deterministic mathematical model in the form of a system of 5 differential equations of the 2nd order.

The graphic part consists of 10 posters with the results of the work.

In the occupational health and safety section, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are elaborated; map of working conditions (justification of the choice of standardized values of harmful and dangerous production factors, assessment of factors of production and labor processes, hygienic assessment of working conditions, assessment of technical and organizational level, certification of the workplace); recommendations for improving working conditions, as well as fire safety regulations were considered.

Keywords: processing, conveyor, screw dispenser, design calculations, mathematical modeling.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ.....	8
1.1 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР.....	8
1.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	12
1.3 Доцільність науково-дослідної роботи.....	16
1.4 Висновки по розділу.....	17
РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ	18
2.1 Аналіз вихідних даних і формування службового призначення лінії по виробництву сухого картопляного пюре.....	18
2.2 Пошук та критичний аналіз аналогів.....	19
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДОДАТКОВОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ	29
3.1 Лінія з виробництва картопляного пюре	29
3.1 Конвеєр-дозатор	30
3.3 Розрахунок потужності приводу конвеєра-дозатора	36
3.4 Розрахунок і підбір підшипників	45
3.5 Розрахунок вала приводного барабана конвеєра	46
3.6 Вибір і перевірочний розрахунок шпонок	49
3.7 Додаткове обладнання.....	50
РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИВОДУ КОНВЕЄРА.....	53
4.1 Загальні передумови побудови математичних моделей	53
4.2 Розробка розрахункової схеми	56
4.3 Розробка математичної моделі	57
4.4 Дослідження математичної моделі стрічкового конвеєра	70
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	77
5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи.....	77
5.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	79

5.3 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	86
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.....	95
5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	96
5.6 Висновки до економічного розділу.....	99
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	100
6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	100
6.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця.....	100
6.2 Електробезпека приміщення	102
6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	104
6.3.1 Мікроклімат.....	104
6.3.2 Склад повітря робочої зони.....	104
6.3.3 Виробниче освітлення	105
6.3.4 Виробничий шум.....	106
6.3.5 Виробничі випромінювання	107
6.4 Оцінка умов праці.....	104
ВИСНОВКИ.....	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	118
Додаток А. Технічне завдання.....	121
Додаток Б. Ілюстративна частина.....	126
Додаток В. Специфікації.....	137

ВСТУП

Завдання керівників та організаторів машинобудівного виробництва полягає в тому, щоб розвивати мережу середніх та малих підприємств, що спеціалізується на виробництві деталей, вузлів, модулів сучасної техніки. Така практика виправдала себе в машинобудуванні розвинених країн Заходу. Ця мережа – необхідна “інфраструктура” сучасного машинобудування. Разом з спеціалізованим виробництвом заготовок, інструментів, оснастки вона повинна скласти ядро комплексу галузей загально машинобудівного використання.

Підвищення продуктивності праці досягається розподілом праці та спеціалізацією виробництва, насамперед, на базі функціонального підходу до проектування та виробництва техніки.

Важливою рисою моделі машинобудування в сучасних умовах повинно бути поєднання високо спеціалізованого виробництва функціональних вузлів та деталей техніки з сумлінними, культурним та кваліфікованим рівнем розробки технічних пристроїв.

Основні завдання, що стоять на даному етапі становлення економіки нашої країни на основі ринкових відносин, є: недопущення спаду об'єму випуску товарної продукції; підвищення частки товарів народного використання в об'ємі випуску товарної продукції; перехід на нові методи ведення господарства, в тому числі приватизація трудовими колективами малих та середніх підприємств; підвищення продуктивності праці за рахунок зміни відношення людей до праці, використання нового обладнання та нових технологій, що розвиваються по кооперації з розвиненими країнами; переорієнтація економіки на нові ринки збуту і як наслідок освоєння випуску нової продукції, яка відповідає світовим стандартам; перехід на міжнародну систему ISO загального машинобудування.

Вітчизняне машинобудування недостатньо забезпечене високоякісним інструментом, оснасткою, прогресивними швидкодіючими пристроями. В подальшому необхідно забезпечити значно випереджаючі темпи розвитку на Україні

спеціалізованого виробництва інструментів та технологічної оснастки.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є розширення функціональних можливостей лінії для переробки картоплі, що досягається за рахунок використання конвеєра-дозатора який забезпечує рівномірну подачу картопляного пюре до сушарки та додаткового обладнання для внесення харчових домішок.

Для досягнення зазначеної мети в магістерській кваліфікаційній роботі поставлено і вирішені такі основні завдання:

- розробити математичну модель приводу конвеєра-дозатора для транспортування картопляного пюре до сушарки.
- обрати на основі аналізу математичної моделі раціональні по забезпеченню високої продуктивності режими роботи лінії;

Об'єкт дослідження. Конвеєри із електромеханічним приводом.

Предмет дослідження. Процеси, що відбуваються в приводі конвеєра-дозатора, а також вплив цих процесів на продуктивність роботи лінії для переробки картоплі.

Методи дослідження. Основними методами при плануванні та проведенні досліджень, розробці аналітичних залежностей, аналізів та обробці результатів є:

- математичне моделювання процесів, що протікають в приводі конвеєру, з урахуванням його конструктивних особливостей та режимів роботи на базі диференціальних рівнянь;
- чисельний метод Рунге-Кутта для вирішення систем нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку математичних моделей приводу;

Наукова новизна. Наукову новизну роботи складають наступні основні її результати та положення:

- уточнена математична модель приводу конвеєра-дозатора;
- вдосконалена математична модель процесу розрахунку навантаження на стрічку конвеєра (розрахунок на розрив стрічки), залежно від маси вантажу та геометричних характеристик приводних елементів.

Практична цінність роботи. Практичну цінність дисертаційної роботи складають наступні її результати:

- науково обґрунтовані практичні рекомендації по вдосконаленню та

раціональному проектуванні конвеєрів-дозаторів, які забезпечують підвищення надійності і продуктивності усушування овочевого пюре (за рахунок рівномірного завантаження);

- ряд конструкцій елементів і вузлів транспортної системи автоматичної лінії оснащеної приводом із безступінчастим регулюванням, що забезпечують плавну зміну робочих режимів в залежності від поставлених технологічних задач.

Особистий внесок здобувача. Автором розроблені математичні моделі і встановлені закономірності робочого ходу і процесу дозування сировини на конвеєрі-дозаторі, сформульовані практичні рекомендації по вибору раціональних режимів роботи машини, [1].

РОЗДІЛ 1.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

1.1 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР

Сучасні промислові підприємства знаходяться сьогодні на початку шляху побудови ефективної інноваційної економіки. Складність і новизна даного шляху породжує велику кількість методологічних проблем, які необхідно вирішувати, та питань, на які необхідно давати відповіді. Широко визнається, що інновації є центральним фактором зростання виробництва та продуктивності праці. Завдяки прогресу в технологіях та збільшенню інформаційних потоків знання розглядаються як основна рушійна сила економічного зростання та інновацій.

Підприємства постійно вносять зміни в продукти та процеси, збирають нові знання. Інноваційна політика підприємства формується як сукупність науково-технічної та промислової політики. Сучасні підприємства беруть за основу те, що знання в усіх формах відіграють вирішальну роль в економічному прогресі, а інновації є комплексним та системним явищем.

З огляду на той факт, що становлення ринкових відносин в Україні привело до підвищення ролі економічних результатів у процесі прийняття управлінських рішень про доцільність здійснення будь-якого виду діяльності, останнім часом суттєво зросла значущість такого етапу інноваційного процесу, як економічне обґрунтування, в ході якого здійснюється перехід від невизначеної зацікавленості в нововведеннях до формування чітких і стійких економічних мотивів постійного їхнього використання. Особливого значення вказаному етапу надає тяжкість можливих негативних наслідків від реалізації мало- або неефективних нововведень та існуючий дефіцит інвестиційних ресурсів.

Кожна ідея, що матеріалізується в інноваційному продукті, завжди потребує витрат на виготовлення та експлуатацію, а тому має бути економічно виправданою. В сучасних умовах відсутність впровадження інновацій в машинобудуванні відчувається особливо гостро. Підприємства потребують швидкого впровадження

досягнень науково-технічного прогресу галузі, а це звісно вимагає зменшення часу на розробку (проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, – надалі НДДКР) і скорочення строку окупності витрат. Виходячи з цього, доцільно орієнтуватися на час проведення НДДКР не більше 2 років, при чому технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків; передбачаються часткові можливості отримання авторських свідоцтв; строк окупності витрат 3-4 роки і менше.

В таблиці 1.1 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту розробки, яка розробляється.

Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 4.1.

Таблиця 1.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи [1]

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60

Продовження таб. 1.1

Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	10...40
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

За даними таблиці 1.1 ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{нов} = 41$ балів.

Значення показників рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи [2]

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80

Продовження таб. 1.2

Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

За даними таблиці 1.2 ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{теор} = 68$ балів.

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за виразом:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор}, \quad (1.1)$$

де $k_{нов}$, $k_{теор}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 41 + 0,4 \cdot 68 = 52$$

Отримані значення порівнюємо з граничними, які наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Встановивши рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи, який є середнім, можна сказати, що розробка та її впровадження є актуальним в теперішній час.

1.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення комерційного та технологічного аудиту є розширення функціональних можливостей лінії для переробки картоплі, що досягається за рахунок використання конвеєра-дозатора який забезпечує рівномірну подачу картопляного пюре до сушарки та додаткового обладнання для внесення харчових домішок.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів: Веселовська Наталія Ростиславівна, Вінницький національний аграрний університет, завідувач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва інженерно-технологічного факультету, професор, д.т.н., Севостьянов Іван В'ячеславович, Вінницький національний аграрний університет, завідувач кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв інженерно-технологічного факультету, професор, д.т.н., Лотоцький Олександр Михайлович, головний інженер: ПАТ "Барський машзавод", м. Бар, Вінницька обл.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 1.4 [2] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 1.4 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів

Продовження табл. 1.4

4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження табл. 1.4

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	--	---	--	---

Таблиця 1.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 1.6 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 1.6 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Веселовська Н.Р.	Севостьянов І.В.	Лотоцький О.М.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	2	3
2	3	3	4
3	3	3	3
4	2	3	2
5	2	4	4
6	3	3	3
7	2	2	3
8	2	3	4
9	3	2	2
10	2	3	4
11	3	2	3
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =31	СБ ₂ =34	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31+34+34}{3} = 33$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 33 бали, що згідно таблиці 4.5 вважається, що рівень комерційного потенціалу проведених досліджень є вище середнього.

Модернізація автоматичної лінії по переробці картоплі буде реалізовуватися шляхом введення до її складу конвеєра-дозатора оригінальної конструкції оснащеного приводом із безступінчастим регулюванням та можливістю інтеграції із системою керування сушарки. Модернізація планується реалізовуватись на підприємстві ПАТ "Барський машзавод". Результати розробки можуть використати підприємства, які експлуатують подібні автоматичні лінії для переробки овочевої продукції, або ж машинобудівні підприємства, що виробляють, або модернізують подібне обладнання.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом. В якості аналога для розробки було обрано лінію по виробництву картопляних круп (сухого пюре) у вигляді пластівців ПЛКК-4 виробництва ВНИИПК.

Основними недоліками аналога є забезпечити низької стабільність та рівномірність завантаження сушарки лінії, що призводить до потреби повторного пропускання сировини через сушарку.

Також до недоліків можна віднести Також в даних лініях відсутня можливість введення харчових домішок.

У розробці дана проблема вирішується шляхом застосування конвеєра-дозатора оригінальної конструкції, який оснащений приводом із безступінчастим регулюванням та можливістю інтеграції із системою керування сушарки. Модернізовану лінію додатково оснащено установкою для змішування картопляних пластівців із різного роду харчових домішок.

Для вирішення задачі, що розглядається необхідно забезпечити високу стабільність та рівномірність завантаження сушарки лінії сировиною. Цього можна досягти шляхом застосування обладнання із можливістю точного дискретного переміщення розвантажувальних органів.

Також система випереджає аналог за такими параметрами як продуктивність

та енергоефективність.

1.3 Доцільність науково-дослідної роботи

В таблиці 1.7 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 1.7 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Споживана потужність, кВт	350	280	1,25	30%
Продуктивність, кг/год	150	180	1,2	35%
Похибка, %	2	1	2	10%
Напрацювання на відмову, год	9000	11000	1,22	25%
Масо-габарити, кг	0,2	0,2	1	10%

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (1.2) та (1.3) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 1.7.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.3)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{350}{280} = 1,25;$$

$$q_2 = \frac{180}{150} = 1,2;$$

$$q_3 = \frac{2}{1} = 2;$$

$$q_4 = \frac{11000}{9000} = 1,22;$$

$$q_5 = \frac{0,2}{0,2} = 1.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{я.в.}} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (1.4)$$

$$K_{\text{я.в.}} = 1,25 \cdot 0,3 + 1,2 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,1 + 1,22 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,1 = 1,4$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

1.4 Висновки по розділу

В даному розділі було виконано оцінювання наукового, технічного та економічного рівня проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт. Для цього було висунуто критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи. Також здійснено оцінювання комерційного потенціалу розробки на основі рекомендованих критеріїв оцінювання.

Проведено прогнозування витрат на виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з розробки додаткового обладнання лінії з переробки картоплі.

Загальні витрати на проведення досліджень з урахуванням витрат на комплектуючі та спецобладнання, величини амортизаційних відрахувань, витрат на електроенергію при проведенні досліджень, нарахувань на заробітну плату, – буде складати, орієнтовно 647548,95 грн.

На основі виконаних розрахунків було встановлено доцільність виконання науково-дослідної роботи.

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

2.1 Аналіз вихідних даних і формування службового призначення лінії по виробництву сухого картопляного пюре

Промислове виробництво продуктів харчування з картоплі дозволяє скоротити площу сховищ і зменшити транспортні перевезення, оскільки 1 кг сухого картопляного пюре еквівалентний 7-8 кг свіжої картоплі. При цьому ліквідуються втрати картоплі при зберіганні, більш повно зберігається її харчова цінність, створюються умови для комплексної переробки сировини з повною утилізацією відходів. Картопляні пластівці отримали свою назву із-за форми частинок, що отримуються в результаті дроблення висушеного на вальцовій сушарці у вигляді тонкого листа картопляного пюре.

Висушування картопляного пюре було вперше здійснене більше ста років тому (у 1845 р.). З тих пір воно виготовлялося в багатьох формах, в даний час промислове виробництво знає два види сухого картопляного пюре: картопляні пластівці і картопляну крупу.

В даному роботі поставлена задача розширення функціональних можливостей лінії по виробництву картопляного пюре шляхом, заміни конвеєра-дозатора і сушарки на їх більш економічні аналоги. В цій роботі замінюють конвеєр-дозатор, який оснащено приводом із безступінчастим регулюванням.

Способи виробництва картопляних пластівців і картопляної крупи, схожі до процесу сушки, розрізняються надалі по технологічних операціях.

Процес виробництва картопляних пластівців простіше і коротше, ніж процес вироблення картопляної крупи. Проте великим недоліком цього продукту є його мала об'ємна маса, яка коливається в межах 210–345 кг/м³, що значно знижує достоїнства картопляних пластівців і викликає підвищену витрату пакувальних матеріалів, тари і засобів на транспортування.

Не дивлячись на це, багато зарубіжних фірм до теперішнього часу віддають

перевагу виробництву картопляних пластівців із-за відносної простоти технологічного процесу і дешевшого устаткування.

Одна з переваг процесу отримання картопляних пластівців перед іншими існуючими способами виробництва сухого картопляного пюре – сушка продукту в одну стадію до вмісту в ній 5 або менше відсотків вологи протягом 20 сек. Завдяки цьому картопляне пюре зберігає свої основні смакові якості. Відносна простота технологічного процесу, без повернення у виробництво частини висушеного продукту (як при виробництві картопляної крупи) також є перевагою цього методу отримання сухого картопляного пюре.

Конвеєр-дозатор призначений для дозування картопляного пюре і транспортування від екструзійної установки в сушарку де здійснюється безпосереднє висушування пюре і отримання сухого картопляного пюре в вигляді пластівців. Він незамінний в технологічному процесі переробки картоплі.

2.2 Пошук та критичний аналіз аналогів

Огляд існуючих ліній переробки картоплі наведено на листі 08-27.МКР.005.01.00.000 ПЛ1. Схема технологічного процесу лінії по виробництву картопляних пластівців представлена на рисунку 2.1, [2]. Робота лінії виконується по наступних виробничих операціях:

I–доставка картоплі,

II–закладка картоплі на зберігання,

III– миття картоплі,

IV – очищення картоплі (лужна або лужно-парова),

V – відмивання шкірки (і луку),

VI – сульфатування картоплі, VII – інспекція і доочистка, VIII – різка бульб,

IX – перша бланшировка, X – охолодження,

XI – друга бланшировка (варка), XII – подрібнення вареної картоплі,

XIII – сушка картопляного пюре,

XIV – охолодження, розфасовка і упаковка готової продукції, XV – доставка готової продукції в склад.

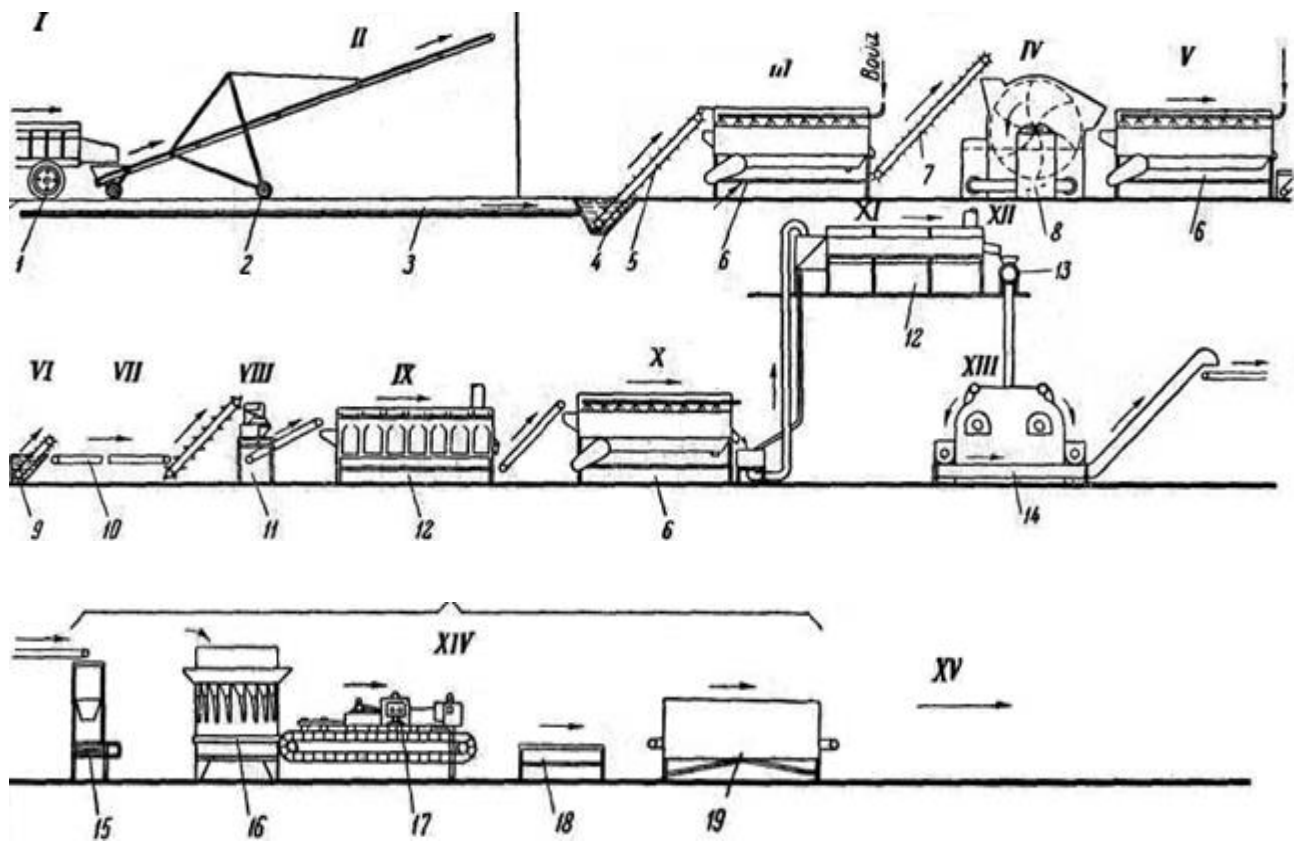


Рисунок 2.1 – Схема лінії для виробництва картопляних пластівців

Дана лінія складається з наступного устаткування: 1 – вантажний автомобіль, 2 – стрічковий пересувний транспортер, 3 – гідравлічний транспортер, 4 – приймальний бункервододільний, 5 – похилий транспортер (або елеватор), 6 – барабанна мийна машина, 7 – похилий транспортер (або елеватор), 8 – машини для лужного очищення картоплі (типу млинового колеса), 9 – машина для сульфатування очищеної картоплі. 10 – конвеєр для інспекції і доочистки картоплі, 11 – роторна картоплерізка, 12 – шнекова бланширувальна машина, 13 – подрібнення картоплі, 14 – вальцова сушарка, 15 – машина для розфасовки пластівців в крупну тару, 16 – машина для розфасовки пластівців в пакети, 17 – машина для заклеювання пакетів, 18 – конвеєр для укладання пакетів в картонні коробки, 19 – машина для заклеювання картонних коробів.

Технологічна схема виробництва картопляної крупи способом двократної сушки приведена на рисунку 2.2. Суть цієї схеми виробництва полягає в наступному.

Картопля поступає на переробку з картоплесховища по гідротранспортеру 1, де частково звільняється від землі і важких домішок. З гідротранспортера картопля насосом 48 через водовіддільник 49 передається на попереднє миття в уніфікованій мийній машині 2. Після попереднього миття бульби піддаються другому миттю на вібраційній мийній машині 3. Вимита картопля поступає у ванну каменеуловлювач 4, наповнену 2%-ним солевим розчином, для відділення важких домішок, що випадково залишилися. У сольовому розчині бульби, залишаючись на поверхні, переміщуються лопатями до розвантажувального отвору.

Далі похилим транспортером 5 картопля передається в калібрувальну машину барабанного типу 6, де діляться на три фракції – мілку (діаметром до 5 см), середню (5–6,5 см) і велику (більше 6,5 см). Дрібна картопля збирається в збірці 50 і за допомогою насоса 51 поступає на переробку в крохмаль.

Після калібрувальної машини технологічний потік розділяється на два паралельні потоки: середні і крупні бульби картоплі двома паралельно встановленими ковшами елеватора 7 подаються на автоматичні ваги 8 і після зважування – в завантажувальні бункери 9. Із завантажувальних бункерів картопля транспортером 10 передається на дві послідовно встановлені абразивні картоплечистки безперервної дії 12. Для можливості передачі картоплі з одного потоку на іншій передбачається реверсивний транспортер 11, що сполучає ці потоки.

Очищена картопля подається похилим транспортером 13 в машину 14, де піддається витримці в 1%-ному розчині бісульфіта натрію протягом 2 хв. для оберігання від потемніння при подальших операціях. Після обробки розчином бісульфіта натрію картопля поступає на конвеєр для доочистки 15, де видаляють частинки шкірки, що залишилися, очки, а також інспектують бульби. Відходи, що отримуються при доочистки і інспекціях, по нижній стрічці конвеєра 15 прямують в збірник 45, звідки насосом 46 перекачуються на переробку в крохмаль.

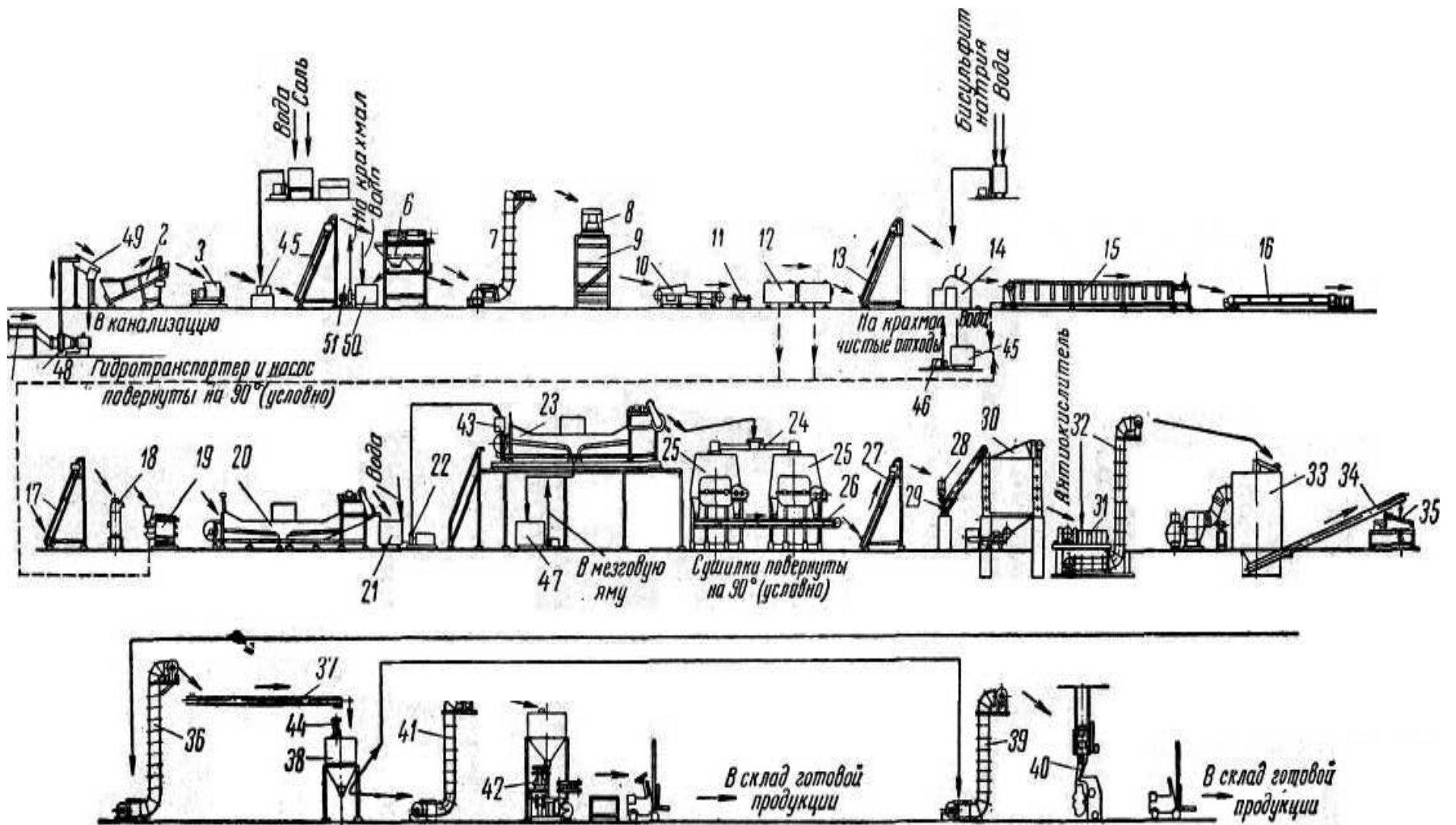


Рисунок 2.2 – Схема лінії для виробництва картопляної крупи способом двократної сушки

Дочищена і проінспектована картопля транспортерами 16 і 17 передається на картоплерізальну машину 18, де бульби розрізають на скибочки завтовшки 15–20 мм. Скибочки картоплі поступають в мийно-струшуючу машину 19, де струменем води з сопел з поверхні змивається крохмаль і відсіваються дрібні шматочки картоплі. Відходи, що отримуються при відмиванні скибочок картоплі і відділення від них дрібниці, прямують по лотках в збірку 45 і насосом 46 також перекачуються для переробки в крохмаль.

Відмиті ж скибочки картоплі поступають у водяній бланширувач 20, в якому бланширують протягом 20–25 хв. при 75°C, а потім охолоджуються водою до температури 18–20°C.

Скибочки, що бланширують, передаються в збірку 21, наповнений водою, звідки насосом 22 перекачуються на остаточне парове вариво в паровий бланширувач 23. Вариво картоплі проводиться паром при атмосферному тиску і температурі біля 100°C протягом 15–25 хв. (залежно від сорту картоплі і вмісту в ній сухих речовин) при безперервному видаленні конденсату.

Перед паровим бланширувачем 23 встановлюється водовіддільник 43, з якого вода прямує в збірку 47. Варена картопля з парового бланширувача повинна поступати на двовальцеву сушарку 25 через розподільні пристрої цієї сушарки 24 якнайскоріше, без помітного охолодження.

На двовальцевій сушарці, що має зазор між сушильними вальцями, рівний приблизно 0,6 мм, зварена картопля розминається (з мінімальним руйнуванням кліток) і висушується. Вологість пюре при цьому знижується з 80 до 42–38%. У вигляді крупних пластівців продукт збирається на транспортері 26, де проводиться інспекція обробка цього напівфабрикату. Після інспекції пластівці транспортером устанавлюється над приймальним бункером охолоджувача 29.

Після подрібнення напівпродукт, що має температуру біля 70°C, поступає в охолоджувач 30, і температура його знижується до 10–15°C під дією охолодженого повітря. Ця операція має важливе значення для забезпечення правильного гранулювання. Охолоджений продукт поступає в гранулятор 31, куди подається і антиокислювач за допомогою пульверизації. Барабан гранулятора складається з трьох сит з осередками розміром 1,2–1,4 і 1,6 мм. Процес гранулювання в ній при

температурі продукту 10–15°C протікає майже без руйнування кліток.

З гранулятора картопляні гранули ковшовим елеватором 32 подаються в шахтну сушарку 33, в якій проводиться сушка гранул (круп) до 6–7%-ї вологості гарячим повітрям.

Висушена картопляна крупа за допомогою шнека 34 передається в просіювач 35 і після просіювання ковшовим елеватором 36 і шнеком 37 – на розфасовку. Перед розфасовкою картопляна крупа проходить магнітну колонку 44, де звільняється від ферродомішок, і потім поступає в бункер-накопичувач 38. З бункера готова крупа ковшовими елеваторами 39 і 41 подається на дрібну або крупну розфасовку.

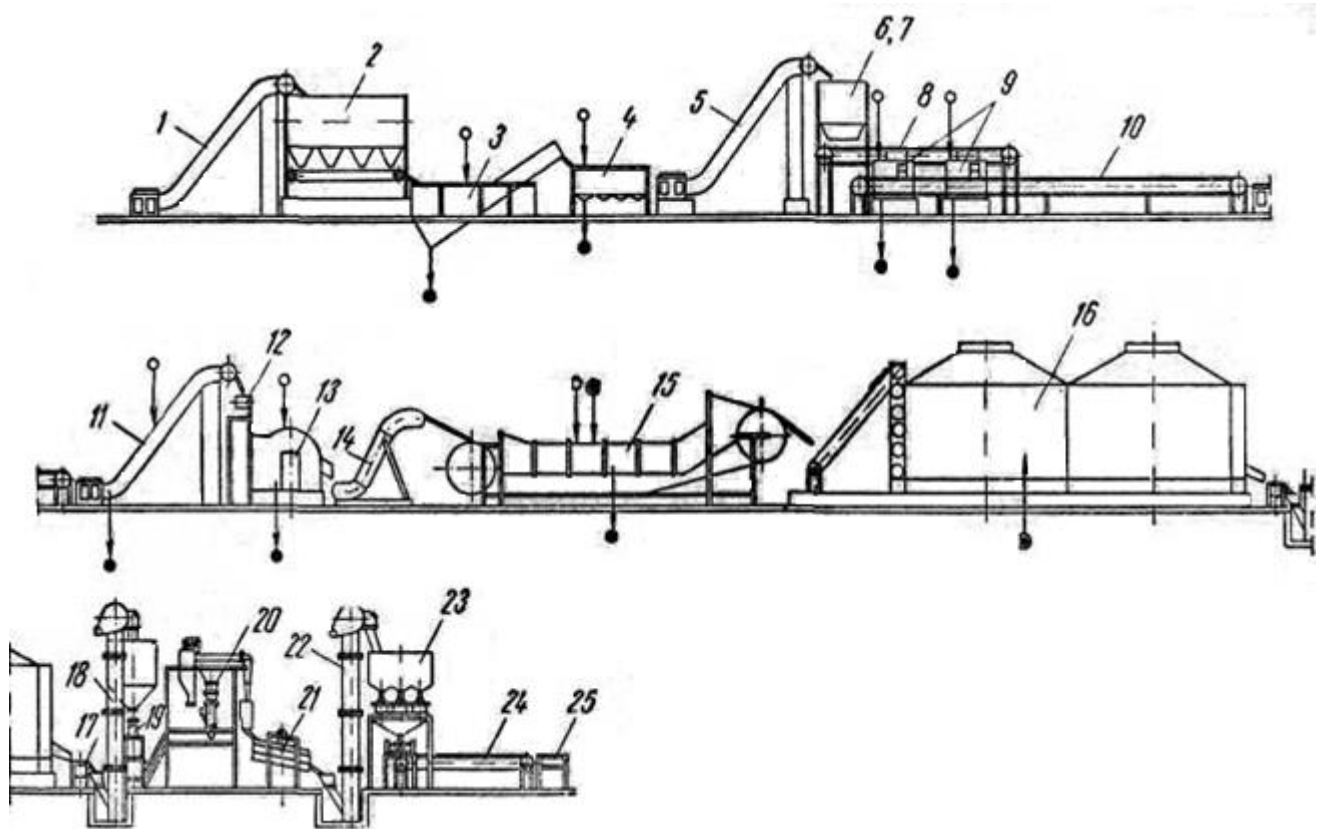
Розфасовка проводиться розфасовувально-пакувальним автоматом 42 в картонні коробки, які упаковуються в короби з гофрованого картону, або в крафт-мішки за допомогою напівавтоматичного ваговибійного апарату 40.

Схема лінії по виробництву картопляної крупы способом подрібнення на струменевих млинах приведена на рисунку 2.3.

По простоті технологічної схеми виробництва з цим способом може конкурувати лише спосіб приготування картопляних пластівців. Об'ємна маса крупы, що отримується способом подрібнення на струменевих млинах, досягає 900 кг/міліграм.

Відновлення пюре повинне проводитися в рідині (вода, молоко), що має температуру не вище 70–75°C при співвідношенні 1:6,5; при відновленні киплячою рідиною пюре набуває клейстероподібного вигляду, це є основним недоліком продукту.

Картопля, що поступає на переробку, елеватором 1 подається в калібрувальну машину 2, яка розділяє його на три фракції. Дрібна картопля (діаметром до 5 см) прямує на переробку в крохмаль, а середній і великий – на миття, яке здійснюється спочатку в елеваторній мийній машині 3, а потім на кулачному митті 4.



1, 5, 11, 14 – елеватори «Гусяча шия», 2 – калібрувальна машина, 3 – елеваторна мийна машина, 4 – кулачна мийна машина, 6 – ваги автоматичні порційні, 7 – приймальний бункер, 8 – транспортер стрічковий, 9 – картопличистка безперервної дії, 10 – конвейер дочистки, 12 – картоплерізка, 13 – машина для сульфитування картоплі, 15 – бланширувач безперервної дії, 16 – парова конвейерна сушарка, 17 – транспортер стрічковий, 18 – норія, 19 – дробарка, 20 – млин струменевого помелу, 21 – вібраційне сито, 22 – норія, 23 – розфасовувальний автомат, 24 – транспортер стрічковий, 25 – стіл

Рисунок 2.3 – Лінія по виробництву картопляної крупи способом подрібнення висушеної картоплі на струменевих млинах

Вимиті бульби картоплі за допомогою елеватора «Гусяча шия» 5 поступають на автоматичні порційні ваги 6 і звідти після зважування – в приймальний бункер 7. З бункера картопля передається по транспортеру 8 на очищення в абразивних машинах безперервної дії 9.

Після інспекції і доочистки на конвеєрі 10 картопля за допомогою елеватора поступає на різку в картоплерізальну машину 12. Нарізана стовпчиками картопля обробляється в 0,4%-ному розчині бісульфіта натрію протягом 3 мін в спеціальній машині для сульфитування 13, а потім елеватором 14 передається на бланширування в паровий ковшовий бланширувач безперервної дії 15, де бланширує протягом 6,5 мін при температурі біля 100°C. Вийшовши з бланширувача, картопля обполіскується холодною водою з душових насадок і поступає в конвейєрну сушарку безперервної дії 16, в якій висушується до 9%-ї вологості. Висушена картопля після інспекції на транспортері 17 за допомогою норії 8 передається в бункер і звідти – на дробарку 19. Роздроблені шматочки висушеної картоплі по пневмопроводу поступають на подрібнення в млин струменевого помелу 20, звідки продукти помелу прямують на вібраційне сито 21, що складається з двох ситових коробок з отворами діаметром 0,4 і 0,063 мм. Схід з першого сита повертається на повторний помел, а прохід через це сито є готовим продуктом і норією 22 передається на розфасовку. Прохід через сито з отворами діаметром 0,063 мм (не більше 10%) – картопляна мука – використовується як добавка при виробництві сухих сумішей (оладки, галушки) і концентратів перших і других блюд (суп-пюре гороховий і ін.). Розфасовка картопляної крупи проводиться на розфасовувальному автоматі 23 в картонні коробки.

Готова картопляна крупа, яка отримана способом подрібнення на струменевих млинах, повинна мати вологість не більше 9% і крупноту помелу – від 60 до 300 мкм. Частилки розміром менше 60 мкм сприяють клейстеризації пюре, а більше 300 мкм поволі відновлюються в гарячій воді.

Потокова лінія для виробництва картопляної крупи вимагає ретельного догляду за устаткуванням і правильної його експлуатації відповідно до технологічної інструкції, що діє. Технологічна схема такої лінії представлена на рисунку 2.4. Відсортована і промита картопля поступає на машину, сконструйовану за типом роторної мийної машини із зануреним шнеком, варіатором швидкостей, терморегулятором і розвантажувальним елеватором.

Після виходу з лужної машини бульби очищаються від шкірки в щітковій очисній машині роликового типу 2, куди вода подається під великим тиском ба-

гатоступінчатим насосом з електродвигуном потужністю 11,1 кВт. Очищена картопля передається у ванну сульфатування 3 з похилим елеватором, який вивантажує бульби на інспекційний конвеєр 4 завдовжки 6 м, забезпечений роликками (діаметром 75 мм і завдовжки 910 мм) з нержавіючої сталі і фрикційною передачею з варіатором швидкостей.

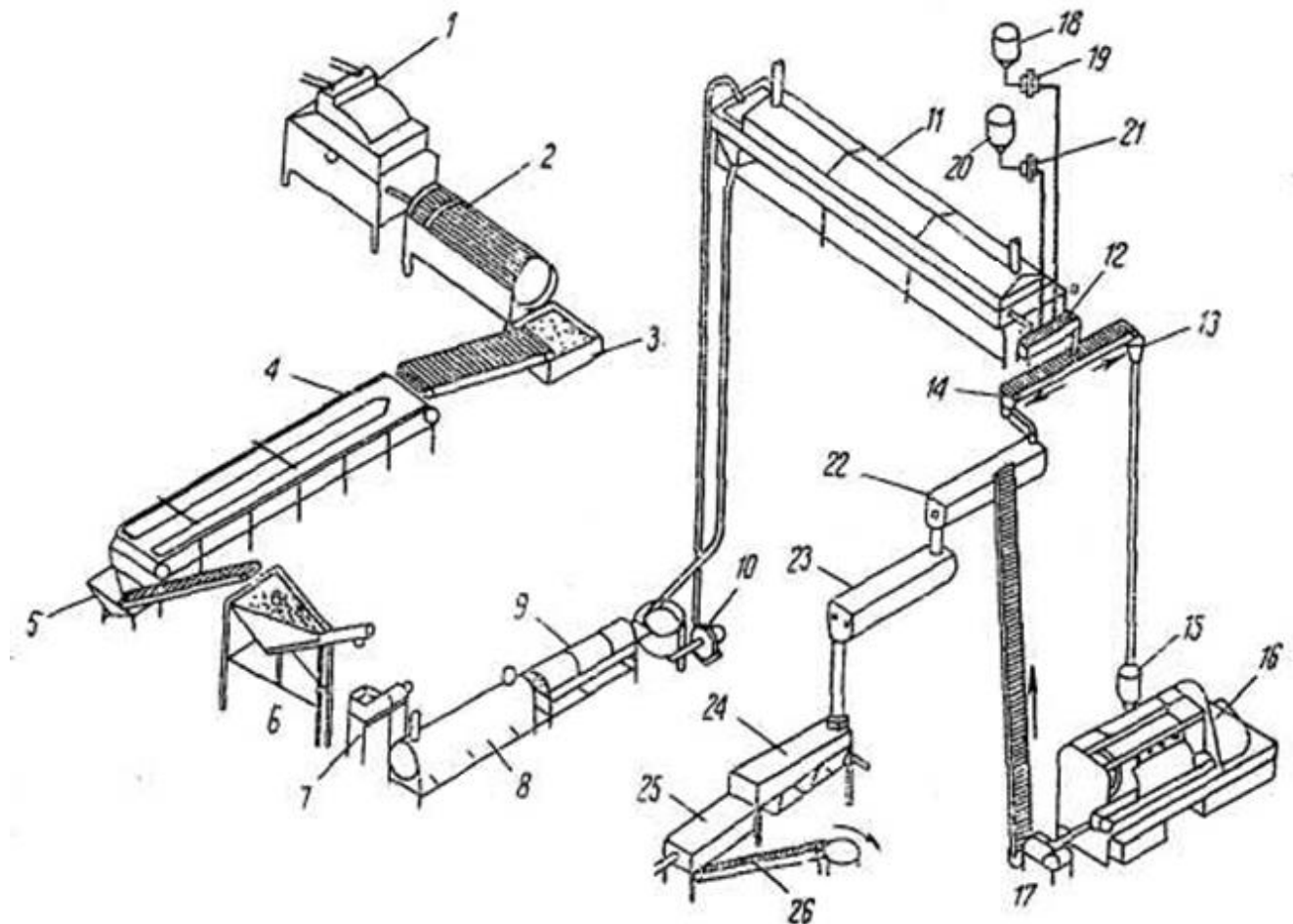


Рисунок 2.4 – Технологічна схема виробництва сухого картопляного пюре «флейклетс»

Картопля поступає з конвеєра інспекції в приймальну ванну 5 з елеватором, а звідти в танк дозування 6 з нержавіючої сталі з регульованою похилою стрічкою і сифоною трубкою для регулювання рівня води в бункері танка. У міру потреби картопля поступає з танка дозування на картоплерізку 7 системи Уршел з нерухомими ножами і барабаном, що обертається, де бульби розрізають

на скибочки завтовшки 12–15 мм. Скибочки проходять через водяний бланширувач, виконаний у вигляді барабана з шнеком діаметром 1200 мм і завдовжки 6000 мм. Бланширувач складається з двох секцій – бланширувальної 8 і охолоджувальної 9 і має варіатор швидкостей і терморегулятори. Це дозволяє витримувати скибочки протягом необхідного часу (20–30 хв.) при температурі 75–80°C, а потім швидко їх охолодити.

Вариво картоплі до готовності здійснюється паром без надмірного тиску у варильному апараті 11, куди скибочки перекачуються насосом 10. Варильний апарат, виготовлений з нержавіючої сталі, має транспортуючий і вивантажуючий шнеки і варіатор швидкостей. Зварені скибочки картоплі проходять через м'ялку 12. Для додавання розчинів антиокислювача і емульгатора призначені бачки 18 і 20 з дозуючими насосами 19 і 21.

Картопляне пюре, що поступає з м'ялки, розподіляється по конвеєру 13 на два потоки: частина його подається в пристрій завантажувального дозування 15 одновальцевої сушарки 16, де отримують пластівці, що поступають на подрібнення 17. Решта пюре завантажується шнековим транспортером 14 в змішувач-охолоджувач 22, де змішується з пластівцями, що поступають з вальцевої сушарки 16. Суміш пластівців зі свіжим пюре перетворюють на крупу (флейклетс) на грануляторі 23, забезпеченому варіатором швидкостей, і досушують в киплячому шарі на вихровій вібраційній сушарці 24 до вологості 5–7%. Суху крупу просівають на ситі 25 і передають по конвеєру 26 на розфасовку.

Продуктивність лінії з однією вальцевої сушаркою (діаметром сушильного вальца 1500 мм і довжиною його 4800 м), двома варильними апаратами, двома змішувачами-охолоджувачами і двома грануляторами складає від 235 до 320 кг готового продукту в 1 ч.

Тут розглядалися основні способи промислового виробництва сухого картопляного пюре. Кожний з них має достоїнства і недоліки. Вироблення сухого картопляного пюре у вигляді гранул пов'язане з складнішою схемою виробництва, значним збільшенням тривалості технологічного процесу. Тому в даний час як в нашій країні, так і за кордоном випускають сухе картопляне пюре в вигляді пластівців.

РОЗДІЛ 3.

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДОДАТКОВОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ

3.1 Лінія з виробництва картопляного пюре

Існує лінія з виробництва картопляного пюре, яку ми вдосконалюємо за рахунок встановлення нового конвеєра-дозатора. Модернізована лінія наведена на рис. 3.1 та на листі 08-27.МКР.005.02.00.000 ПЛ2.

Лінія виробництва картопляного пюре складається з: машини для миття і чищення 1, машини різальної 2, апарата виварювального 3, столи інспекційні 4, установки екструзійної 5, конвеєра-дозатора 6, сушарки 7, конвеєра ковшового 8, просіювача з дробаркою 9.

Принцип роботи лінії виробництва картопляного пюре. У машині для миття і чищення 1 картопля спочатку відмивається від бруду, а потім відбувається відділення шкірки від бульб способом механічного очищення. У машині різальній картопля нарізається на скибочки і ретельно відмивається від крохмалю. Нарізана і відмита картопля інспектується на столі інспекційному. Потім картоплю направляють в апарат варильний, де її варять при температурі 95-100°C протягом 15...20 хв. до повної готовності. Зварену картоплю подрібнюють в установці екструзійній до пюреподібної маси. Попередньо змішане картопляне пюре сушать на одновальцевій сушарці протягом 20...60 хв. до вологості продукту 6...18%. Суха картопляна маса знімається з сушильного барабана ножем у вигляді плівки і подається на транспортер подрібнення, де піддається крупному подрібненню, потім подається в дробарку для подрібнення в пластівці. Пластівці проходять через просіювач і потрапляють в бункер-накопичувач.

Технічна характеристика лінії:

Продуктивність лінії , кг/год	180
Потужність, кВт	44

Габаритні розміри, мм:

довжина.....	13000
ширина	5600
висота	3000
Займаєма площа, м ²	56
Маса, кг	3500
Коефіцієнт автоматизації	0,8
Витрата води, м ³ /год.....	0,8
Кількість обслуговуючого персоналу ,чол.....	4
Витрата сировини: картопля,кг/год	300
моногліцериди дистильовані, кг/год.....	0,9

3.2 Конвеєр-дозатор

Конвейер-дозатор призначений для рівномірної подачі картопляного пюре з добавками на сушарку. Конструкція конвеєра-дозатора наведена на листі 08-27.МКР.005.02.00.000 СК та показано на рис. 3.2. Конвеєр-дозатор має власне стрічковий транспортер, що містить стрічку поз. 7, приводний барабан поз. 6 та натяжний барабан поз. 5, а також натяжний ролик поз. 9, які забезпечують транспортування картопляного пюре до сушарки. Подача картопляного пюре до стрічкового конвеєра забезпечується шнековим дозатором поз. 3. Привод обертання приводного барабана поз. 6 стрічкового конвеєра та шнека шнекового дозатора здійснюється від двигуна поз. 81 через ланцюгові передачі, які містять ведучу зірочку поз. 18, дві ведені зірочки поз. 19 і 20 та сам ланцюг поз. 75.

В якості двигуна використовувався електричний двигун-варіатор марки МВР1-10 Щ ТУ-86-01-37-82, який має потужність 1,1кВт, габаритні розміри: довжина 646мм, ширина 380мм, висота 360мм, маса 126 кг, частота обертання регулюється в межах 10...70 об./хв.

Рама конвеєра складається з стійок, плит, перемичок, втулок. В свою чергу стійки і перемички виготовляють з труб різного розміру та профілю.

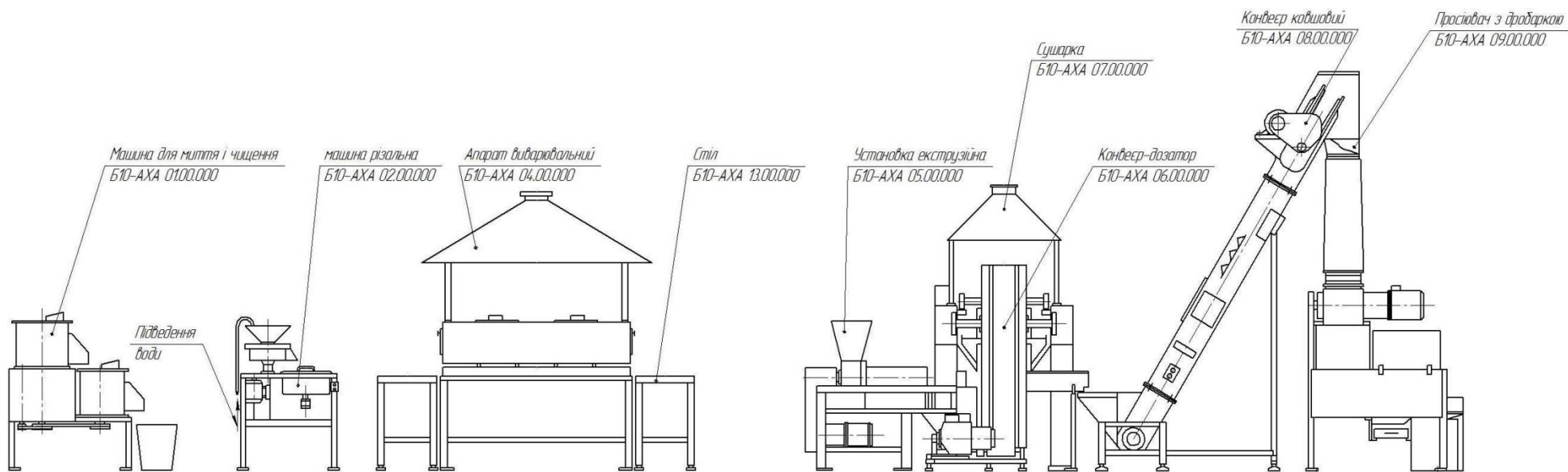


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема лінії виробництва картопляного пюре

На листі 08-27.МКР.005.04.00.000 СК та на рис. 3.3 наведено конструкцію шнекового дозатора пюре. Він містить корпус дозатора пюре поз. 3, до якого під'єднано з використанням накидної гайки поз. 9 корпус шнека поз. 2. В середині цієї конструкції змонтовано шнек поз. 1, для якого з лівої сторони опорою є підшипник ковзання, що утворюється втулкою 7 з антифрикційного матеріалу, а з правої сторони опорою слугує контакт зовнішньої поверхні шнека з отвором в корпусі величиною 80 мм. Осьове зусилля від контакту шнека з картопляним пюре сприймається торцевим підшипником ковзання, який утворюється цією самою втулкою поз. 7.

Розроблено кінематичну схему приводу конвеєра-дозатора, яку наведено на листі 08-27.МКР.005.03.00.000 К3 та показано на рис. 3.4. Рух в приводі задається від двигуна-варіатора ДВ поз. 1 і з допомогою муфти 2 передається на ведучу зірочку 3, яка має два ряди зубців. Кожен ряд зубців цієї зірочки через ланцюгові передачі 4 передає рух на відповідні ведені зірочки 5 і 6, які жорстко зв'язані з валами приводу стрічкового конвеєра 8 та дозатора пюре 7 відповідно.

Картопляне пюре у вигляді гранул попадає із екструзійної установки в дозатор пюре, де проходить змішування його з рідкими добавками. Внесення рідких добавок в пюре здійснюється відповідно рецептурі із дозатора добавок. Збагачене добавками пюре рівномірно подається на конвеєр, який транспортує його в сушарку.

При цьому синхронізація руху стрічки конвеєра та гвинта дозатора за рахунок приводу їх валів від однієї приводної зірочки забезпечує постійне питоме навантаження на стрічку конвеєра. Нижче наведена технічна характеристика конвеєрадозатора.

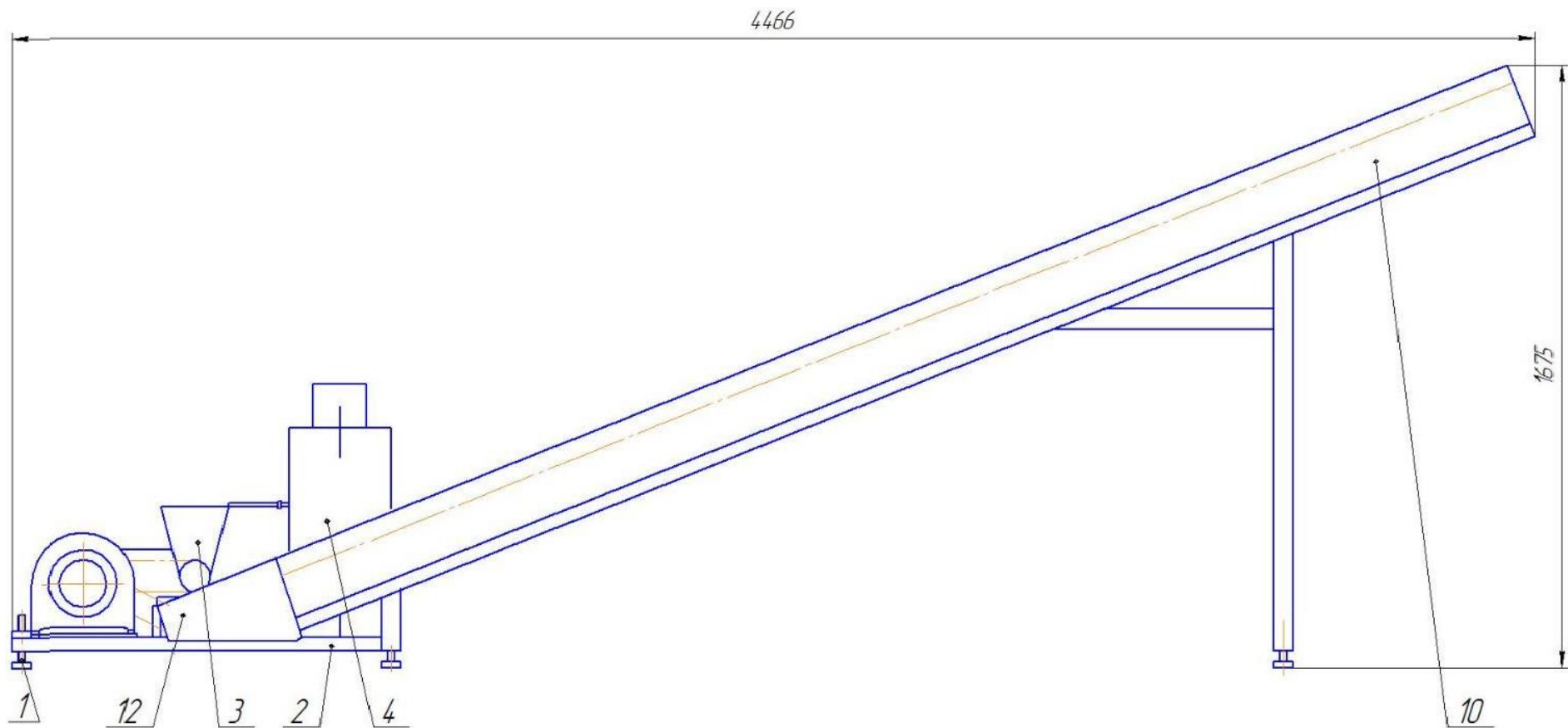


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема конвеєра-дозатора

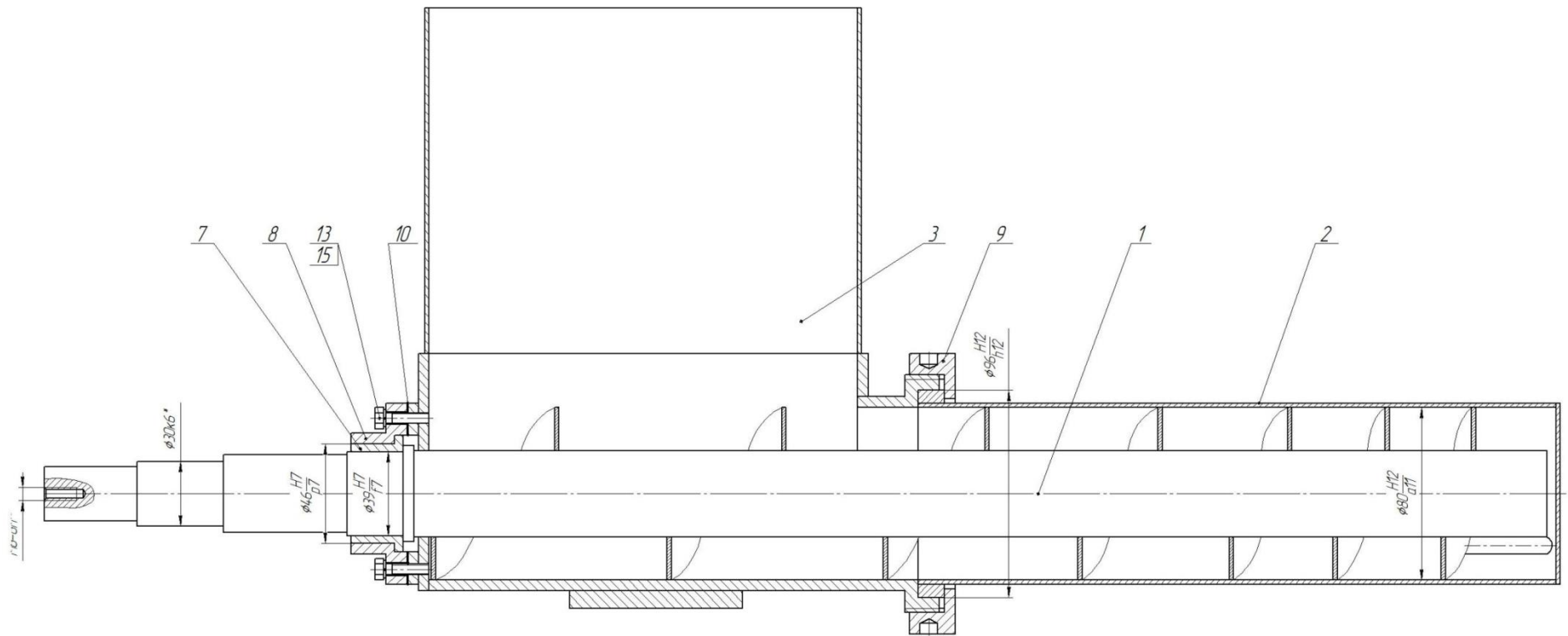


Рисунок 3.3 – Конструкція шнекового дозатора поро

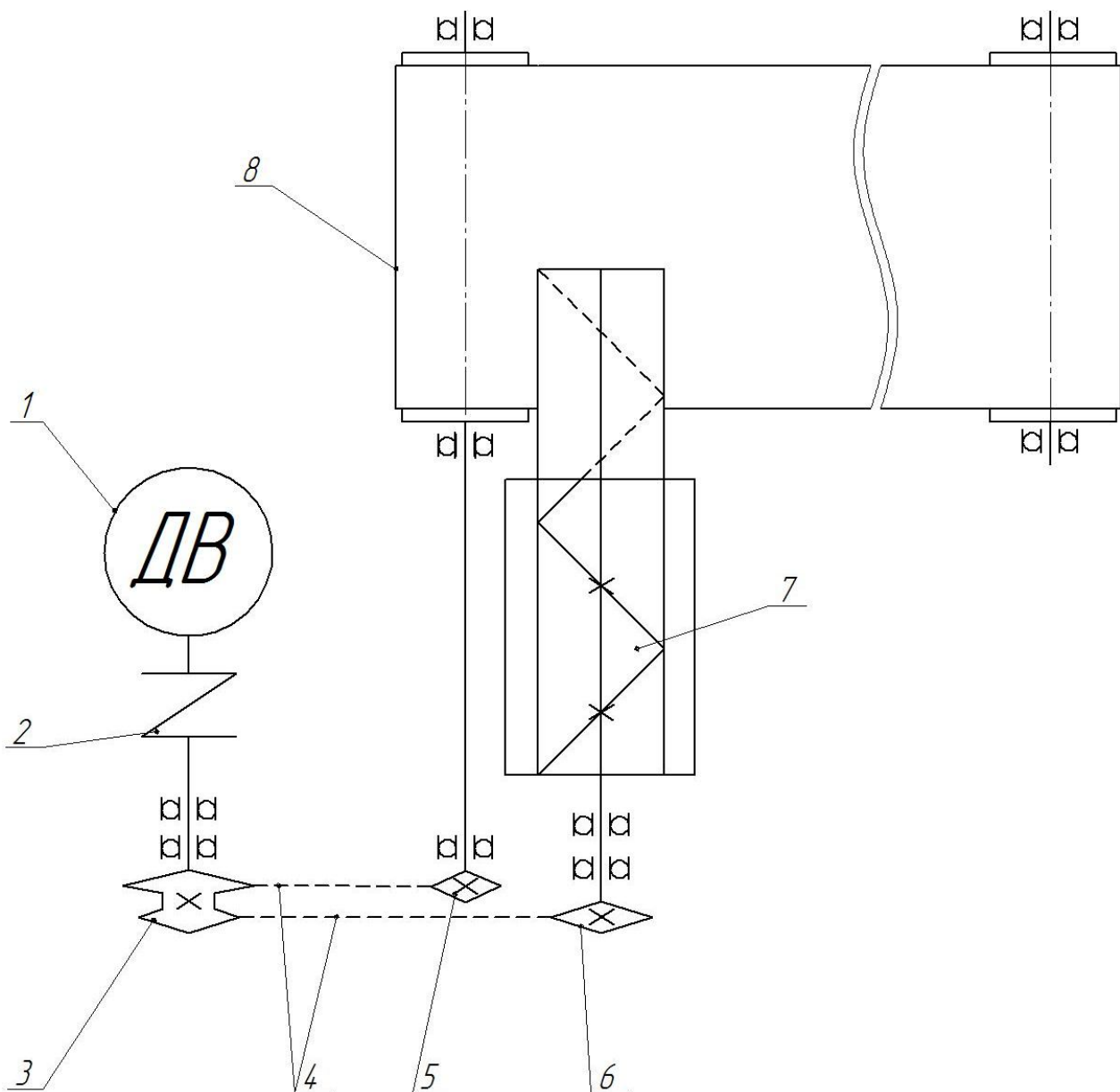


Рисунок 3.4 – Кінематична схема приводу конвеєра-дозатора

Конвеєр-дозатор призначений для дозування картопляного пюре і транспортування його в сушарку.

Технічна характеристика конвеєра-дозатора

Продуктивність, кг/год	125
Встановлена потужність, кВт.....	1,1
Габаритні розміри, мм:	
Довжина.....	4466
Ширина.....	855

Висота.....	1675
Маса, кг.....	279

3.3 Розрахунок потужності приводу конвеєра-дозатора

Так як для приводу конвеєра і шнекового дозатора використовується один мотор-редуктор, то вираховуємо його потужність як суму потужностей для приводу двох механізмів.

Проводимо розрахунок стрічкового конвеєра для транспортування картопляного пюре.

Вихідні величини: Продуктивність $\Pi = 1,25$ кН/год. Питома вага $\gamma_B = 9,9$ кН/м.
Довжина конвеєра $L = 4,0$ м Висота транспортування $H = 1,5$ м

Розрахунок.

Конструктивно приймаємо ширину стрічки конвеєра $B_{CT} = 200$ мм, так як картопляне пюре викладається на стрічку з шнека $\varnothing 60$ мм рівномірно.

Визначаємо погонні навантаження:

Визначаємо силу тяжіння вантажу на 1 пог. м. стрічки:

$$q_B = \Pi / 3,6 \cdot V, \quad (3.1)$$

$$q_B = 0.0038 \cdot 9900 = 37 \text{ Нм.}$$

Визначаємо погонне навантаження від стрічки:

$$q_{CT} = 11,27 \cdot B_{CT} \cdot \delta, \quad (3.2)$$

$$q_{CT} = 11,27 \cdot 0,2 \cdot 7,5 = 16,9 \approx 17 \text{ (Н/м),}$$

$$q_{CT} = \delta_1 + \delta_0 \cdot i_{CT} + \delta_2,$$

$$q_{CT} = 1,5 + 1,5 \cdot 3 + 1,5 = 7,5 \text{ мм}$$

де δ_0 – товщина однієї прокладки $\delta_0 = 1,5$ мм

Сила тяжіння обертаючих частин роликів опор, для робочої ділянки траси

$G_{p.p.}=59 \text{ Н}$, для порожньої ділянки $G_{p.x.}=36 \text{ Н/м}$.

Визначаємо відстань між роликоопорами на завантаженій ділянці $l_p=1 \text{ м}$, на зворотній $l_x=2 \cdot l_p=2 \cdot 1=2,0 \text{ м}$.

Визначаємо погонні навантаження обертових частин роликоопор :
завантаженої ділянки:

$$q_{p.p.} = G_{p.p.} / l_p \quad (3.4)$$

$$q_{p.p.} = 59 / 1,0 = 59 \text{ Н/м}$$

холостої ділянки

$$q_{p.x.} = G_{p.x.} / l_p \quad (3.5)$$

$$q_{p.x.} = 36 / 2 = 18 \text{ Н/м}$$

Визначаємо опір руху і натяг стрічки.

Поділимо трасу на характерні ділянки починаючи з точки збігання з приводного барабана відточки 1 до точки 5. Вибираємо коефіцієнти опору руху стрічки:

- для робочої ділянки траси – $w_p=1,04$
- для порожньої ділянки – $w_x=1,035$
- при обхваті барабанів – $w_{\text{бп}}=1,05(180^\circ)$;

Визначаємо натяг у характерних точках:

$$F_1 = F_{3Б};$$

$$F_2 = F_1 + W_{\text{заб}} = F_1 + (\phi \cdot \Pi \cdot v) / 3,6 \cdot g,$$

$$F_2 = F_1 + (15 \cdot 1,25 \cdot 0,5) / 3,6 \cdot 9,81 = F_1 + 0,3,$$

$$F_3 = F_2 + W_{2-3} = F_2 + (q_e + q_{cm} + q_{p.p.}) \cdot L \cdot w_p + (q_e + q_{cm}) \cdot H,$$

$$F_3 = F_1 + 0,3 + (37 + 17 + 59) \cdot 4 \cdot 1,04 + (37 + 17) \cdot 1,5 = F_1 + 547,$$

$$F_4 = F_3 \cdot w_{\text{бп}} = (F_1 + 547) \cdot 1,05,$$

$$F_4 = 1,05 F_1 + 574,3,$$

$$F_5 = F_4 + W_{4-5} = F_4 + (q_{cm} + q_{p.x}) \cdot L \cdot w_x - q_{cm} \cdot H,$$

$$F_5 = 1,05 F_1 + 574,3 + (17 + 18) \cdot 4 \cdot 1,035 - 17 \cdot 1,5 = 1,05 F_1 + 689.$$

Натяг $F_5 = F_{наб}$ і $F_1 = F_{зб}$ при відсутності ковзання на барабані згідно рівняння Ейлера запишемо:

$$e^{f\alpha} \geq F_{наб} / F_{зб} = F_5 / F_1 ;$$

де $e = 2,72$ основа натуральних логарифмів;

f – коефіцієнт тертя зчеплення стрічки з барабаном.

Візьмемо привод з барабаном в якого кут обхвату стрічкою складає $\alpha = 180^\circ$; для вологої атмосфери коефіцієнт тертя складає $f = 0,2$

$$F_5 = F_1 \cdot e^{0,2 \cdot 4,19} = F_1 \cdot 1,87 \quad 1,87 \cdot F_1 = 1,05 \cdot F_1 + 689,$$

$$F_1 = F_{зб} \quad 689 / 0,82 = 840,2 \text{ Н.}$$

Наведемо підрахунки натягу стрічки в характерних точках при стабільному русі і повністю навантаженому конвеєрі, Н:

$$F_1 = F_{зб} = 840,2;$$

$$F_2 = F_1 + 0,3;$$

$$F_2 = 840,2 + 0,3 = 840,5;$$

$$F_3 = F_1 + 547;$$

$$F_3 = 840,2 + 547 = 1387,2 ;$$

$$F_4 = 1,05 F_1 + 574,3;$$

$$F_4 = 1,05 \cdot 840,2 + 574,3 = 1456,5;$$

$$F_5 = 1,05 F_1 + 689;$$

$$F_5 = 1,05 \cdot 840,2 + 689 = 1570,7.$$

Розрахунок стрічки.

Визначаємо потрібну кількість прокладок у стрічці при запасі міцності стрічки

$$S = 11$$

$$i_{cm} \geq F_{max} \cdot S / [K]_p \cdot B_{cm} \quad (3.7)$$
$$i_{cm} = 1,6 \cdot 11 / 55 \cdot 0,2 = 1,6$$

де $[K]_p$ – розривне навантаження, кН/м, $[K]_p = 55$ кН/м

F_{max} – максимальне зусилля стрічки, кН, ($F_{max} = F_5 = 1,6$ кН).

Ми прийняли $i_{ст} = 3$, що відповідає найменшій кількості прокладок і забезпечує запас міцності більший, ніж ми прийняли.

Найменший натяг на завантаженій ділянці стрічки у точці 1 і складає $F_1 = 840,2$ Н. Визначаємо потрібний найменший натяг завантаженої ділянки виходячи з провисання стрічки:

$$F_{min} = (4 - 5) \cdot (q_v + q_{cm}) \cdot l_p \quad (3.8)$$
$$F_{min} = 4 \cdot (37 + 17) \cdot 1 = 216 \text{ Н.}$$

Виконаємо порівняння:

$$F_1 > F_{min} = 840,2 \text{ Н} > 216 \text{ Н.}$$

Таким чином провисання стрічки буде в межах допустимого.

Визначення окружної сили. Визначаємо окружну силу на поверхні барабана:

$$F_t = F_{наб} - F_{зб} \quad (3.9)$$
$$F_t = 1571 - 840,2 = 730,8 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр приводного барабана:

$$D_{n\delta} = a \cdot i_{cm} = (0,05 \dots 0,15) \cdot 3 \quad (3.10)$$

$$D_{n\delta} = 0,150 \dots 0,450 \text{ м}$$

де $a = (0,05 \dots 0,15)$ – коефіцієнт ;

i_{cm} – кількість прокладок стрічки ;

Згідно ГОСТ 22644-77 приймаємо $D_{n\delta} = 160$ мм

Визначаємо за питомим тиском найменший допустимий діаметр приводного барабана при $[\rho_{ст}] = 16000 \text{ Н/м}^2$

$$D_{n\delta} = 2 \cdot F_t / [\rho_{ст}] \cdot \alpha \cdot B_{ст} \quad (3.11)$$

$$D_{n\delta} = 2 \cdot 730,8 / 16000 \cdot 3,14 \cdot 0,2 = 0,145 \text{ м}$$

Таким чином, діаметр приводного барабана $D_{n\delta} = 160$ мм вибрано правильно.

Потужність на приводному валу конвеєра при сталому переміщенні стрічки складає:

$$P_o = F_t \cdot V / 1000 \quad (3.12)$$

$$P_o = 731 \cdot 0,5 / 1000 = 0,37 \text{ кВт};$$

Розрахунок шнекового конвеєра

Визначаємо основні параметри для тихохідного гвинтового конвеєра для переміщення картопляного пюре

Вихідні величини: Продуктивність – $\Pi = 1,25$ кН/год

Довжина транспортування – $L = 20$ м

Об'ємна вага вантажу $\gamma_B = 9,9 \text{ кН/м}^3$.

Приймаємо, що шнек та жолоб виготовлені зі сталі, тоді Визначаємо кут

тертя:

$$f = \operatorname{tg} \rho = 0.357,$$

тоді $\rho = 19^{\circ}40'$

де ρ – кут тертя.

Приймаємо діаметр гвинта $D = 80$ мм Визначаємо крок шнека

$$S = (0.8 \dots 1.1) \cdot D = (0.8 \dots 1.1) \cdot 80 = 64 \dots 88 \quad (3.13)$$

Приймаємо $S = 80$ мм

Визначаємо число обертів шнека:

$$n = \frac{\Pi}{47 \cdot D^2 \cdot \varphi \cdot S \cdot \gamma_B} \quad (3.14)$$

$$n = \frac{300}{47 \cdot 0.08^2 \cdot 0.25 \cdot 0.08 \cdot 9.9}$$

де $\Pi = 1,25$ кН/год – продуктивність конвеєра;

D – діаметр гвинта $D = 80$ мм ;

$\varphi = 0,4$ – коефіцієнт заповнення жолоба;

$S = 80$ мм – крок шнека;

$\gamma_B = 9,9$ кН/м³ – об'ємна вага вантажу;

Визначаємо найбільшу частоту обертання n_{\max} шнека:

$$n_{\max} = \frac{A}{\sqrt{D}} \quad (3.15)$$

$$n_{\max} = \frac{65}{\sqrt{0,08}}$$

де $A = 65$ – коефіцієнт;

$D = 0,08\text{м}$ – діаметр гвинта.

Умова проектування дотримується, так як $n = 21 \text{ хв}^{-1} < n_{max} = 230 \text{ хв}^{-1}$.

Визначаємо орієнтовану потужність на валу гвинта :

$$P_0 = \frac{\Pi \cdot L_r \cdot \varpi_k}{3670} \quad (3.16)$$
$$P_0 = \frac{1,25 \cdot 0,5 \cdot 1950}{3670} = 0,33 \text{ (кВт)}$$

де $\Pi = 1,25 \text{ кН/год}$ – продуктивність конвеєра ;

$L_r = L = 0,5 \text{ м}$ – довжина горизонтальної проекції рівна довжині транспортування, так як конвеєр горизонтальний .

$\varpi_k = 1950$ – коефіцієнт опору переміщення вантажу.

Для більш точних розрахунків виконаємо додаткові розрахунки. Визначимо діаметр D_0 та кут підйому гвинтової лінії на цьому діаметрі

$$D_0 = 0,8 \cdot D = 0,8 \cdot 80 = 64 ; \quad (3.17)$$
$$\text{tg} \alpha_0 = \frac{S}{\pi \cdot D_0} = \frac{0,08}{3,14 \cdot 0,064} = 0,4 ;$$
$$\alpha_0 = 21^\circ 45' .$$

де $S = 0,08 \text{ м}$ – крок гвинта.

Визначаємо колову швидкість на діаметрі D_0 :

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (3.18)$$
$$V_0 = \frac{3,14 \cdot 0,064 \cdot 21}{60} = 0,07 \text{ (м/с)}$$

де $n = 21 \text{ хв}^{-1}$ – кількість обертів гвинта.

Визначаємо швидкість переміщення вантажу:

$$V_0 = \frac{S \cdot n}{60}, \quad (3.19)$$
$$V_0 = \frac{0,08 \cdot 21}{60} = 0,028 \text{ (м/с)}.$$

Визначаємо силу від маси вантажу, що знаходиться в жолобі:

$$G_g = q_g \cdot l = 12,4 \cdot 0,5 = 6,2 \text{ Н},$$

де $l = 0,5 \text{ м}$ довжина транспортування.

$$q_B = \frac{\Pi}{3,6 \cdot V}, \quad (3.20)$$
$$q_B = \frac{1,25}{3,6 \cdot 0,028} = 12,4 \text{ (Н/м)}$$

де Π – продуктивність гвинтового конвеєра, кг/год;

V – швидкість транспортування, м/с.

Визначаємо потужність, яка витрачається на транспортування вантажу:

$$P_0 = V_0 \cdot G_B \cdot f_2 \cdot \text{tg}(\alpha_0 + \rho), \quad (3.21)$$
$$P_0 = 0,07 \cdot 12,4 \cdot 379 \cdot \text{tg}(20^\circ 45' + 19^\circ 40') = 271 \text{ (Вт)}$$

де, $V_0 = 0,07 \text{ м/с}$ колова швидкість на діаметрі D_0 ;

$G_B = 6,2 \text{ Н}$ – сила від маси вантажу;

$f_2 = 357$ – коефіцієнт тертя по поверхні жолоба;

$\alpha_0 = 20^\circ 45'$ – кут підйому гвинтової лінії;

$\rho = 19^\circ 40'$ – кут тертя.

Визначаємо загальну потужність на валу мотор-редуктора:

$$P = \frac{P_{0C} + P_{0Ш}}{\eta_l \cdot \eta_l} = \frac{0,37 + 0,279}{0,9 \cdot 0,9} = 0,8 \text{ (кВт)}$$

де P_{0C} – потужність на валу стрічкового конвеєра;

$P_{0Ш}$ – потужність на валу шнекового дозатора, кВт;

$\eta_l = 0,9$ – ККД ланцюгової передачі.

Визначаємо крутний момент, який електродвигун передає на вал гвинта:

$$T = 9550 \frac{P_0}{n}, \quad (3.22)$$

$$T = 9550 \frac{0,34}{21} = 154,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

де P_0 – потужність на шнеку, кВт;

n – кількість обертів шнека, хв.⁻¹.

Визначаємо повздовжню силу (осьове навантаження), що діє на гвинт:

$$F_{0C} = \frac{T}{r \cdot \operatorname{tg}(\alpha_0 + \rho)}, \quad (3.23)$$

$$F_{0C} = \frac{154,6}{0,032 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ 45' + 19^\circ 40')} = 5860,8 \text{ Н}$$

де $r = D_0 / 2 = 64 / 2 = 32 \text{ мм} = 0,032 \text{ м}$ – радіус дії сили F_{0C}

$\alpha_0 = 20^\circ 45'$ – кут підйому гвинтової лінії;

$\rho = 19^\circ 40'$ – кут тертя.

По розрахунковій потужності стрічкового конвеєра (P_c) і шнекового конвеєра

($P_{ш}$) $P_{м-р} = P_c + P_{ш} = 0,5 + 0,34 = 0,84$ кВт вибираємо мотор-редуктор МВР 1- 10Щ, ТУ-86-01-337-82, $P_{м-р} = 1,1$ кВт; $n = 11 \dots 70$ хв⁻¹; $m = 125$ кг.

3.4 Розрахунок та підбір підшипників

Підбираємо підшипники для вала приводного конвеєра, якщо:

$F_{r1} = F_{r2} = 5300$ Н; $K_6 = 1,4$; $K_T = 1,0$. Частота обертання вала $n = 60$ хв⁻¹, діаметри посадочних місць під підшипники $d_b = 35$ мм; необхідний ресурс (довговічність) $P = 36000$ год . Навантаження постійне.

Визначаємо еквівалентні навантаження в опорах, Н:

$$P_{r1} = P_{r2} = F_{r1} \cdot K_6 \cdot K_T = 731 \cdot 1.4 \cdot 1.0 = 1023 \quad (3.24)$$

Обчислюємо заданий ресурс (довговічність) підшипників у млн. обертів

$$[L_{10}] = \frac{6nL_{10}}{10^5} = \frac{6 \cdot 60 \cdot 36000}{10^5} = 129,6$$

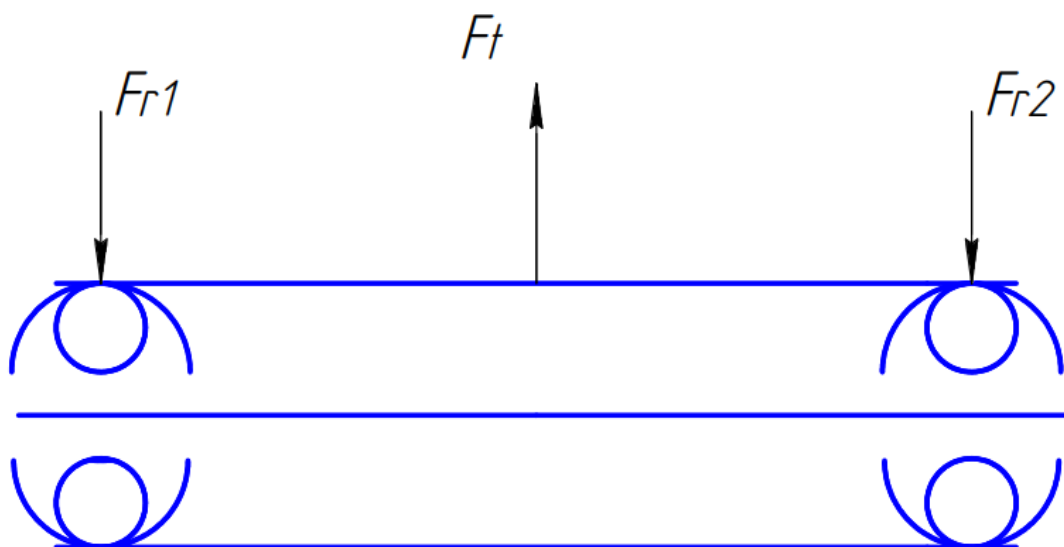


Рисунок 3.5 – Схема навантаження підшипників

Підраховуємо базову динамічну радіальну вантажопідйомність підшипників, Н

$$C_{r1}] = [C_{r2}] = L^{1/3} \cdot P_{r1} = 129.6^{1/3} \cdot 1023 = 5178, \quad (3.25)$$

З каталога (додаток 4) вибираємо для $d_g = 35$ мм підшипники легкої серії 1207, для яких $C_{r\text{ кам}} = 12300$ Н; $C_{Or} = 6780$ Н; $n_{\text{меж}} = 8000$ хв¹ (для пластичного мащення). Розміри підшипників: $d = 35$ мм; $D = 72$ мм; $B = 19$ мм; $D_w = 7,94$ мм; $Z = 16$ штук в одному ряду.

Імовірність безвідмовної роботи підшипників буде вищою, тому вони придатні для заданих умов експлуатації.

Розрахунковий базовий ресурс (довговічність), млн. об., цих підшипників

$$L_{10} = \left(\frac{C_r}{P_{r1}} \right) = \left(\frac{12300}{1023} \right) = 1738,6 \quad (3.26)$$

Порівнюючи розрахунковий ресурс з заданим $[L_{10}] = 129$ можна зробити висновок про правильний вибір підшипників.

3.5 Розрахунок приводного вала барабана конвеєра

Визначаємо реакції в опорах вала в вертикальній і горизонтальній площинах при дії сили $F_t = 731$ Н.

Вертикальна площина:

Визначаємо реакції в опорах R_A^B та R_B^B :

$$\sum M_A^B = F_t \cdot \cos \alpha - R_B \cdot a. \quad (3.27)$$

$$R_B^B = \frac{F_t \cdot \sin \alpha \cdot a}{2a}, \quad (3.28)$$

$$R_B^B = \frac{731 \cdot \sin 20^\circ}{2} = 125 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{неп}}^B = R_B \cdot a, \quad (3.29)$$

$$M_{неp}^B = R_B \cdot 0,2 = 25 \text{ МПа}.$$

Горизонтальна площина:

Визначаємо реакції в опорах $R_A^{\Gamma} = R_B^{\Gamma}$:

$$\sum M_A^{\Gamma} = F_t \cdot \cos \alpha - R_B \cdot a \quad (3.30)$$

$$R_B^{\Gamma} = \frac{Ft \cdot \cos \alpha \cdot a}{2a}, \quad (3.31)$$

$$R_B^{\Gamma} = \frac{731 \cdot \cos 20^{\circ}}{2} = 343,5 \text{ Н}.$$

$$M_{неp}^{\Gamma} = R_B \cdot a. \quad (3.32)$$

$$M_{неp}^{\Gamma} = 343,5 \cdot 0,2 = 68,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.33)$$

Сумарний згинаючий момент

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{неp}^B)^2 + (M_{неp}^{\Gamma})^2} \quad (3.34)$$

$$M_{неp\Sigma} = \sqrt{(25)^2 + (68,7)^2} = 73 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо момент опору згідно конструктивно прийнятих розмірів:

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot s}{4}. \quad (3.35)$$

$$W_x = \frac{\pi \cdot 156^2 \cdot 4}{4} = 7,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

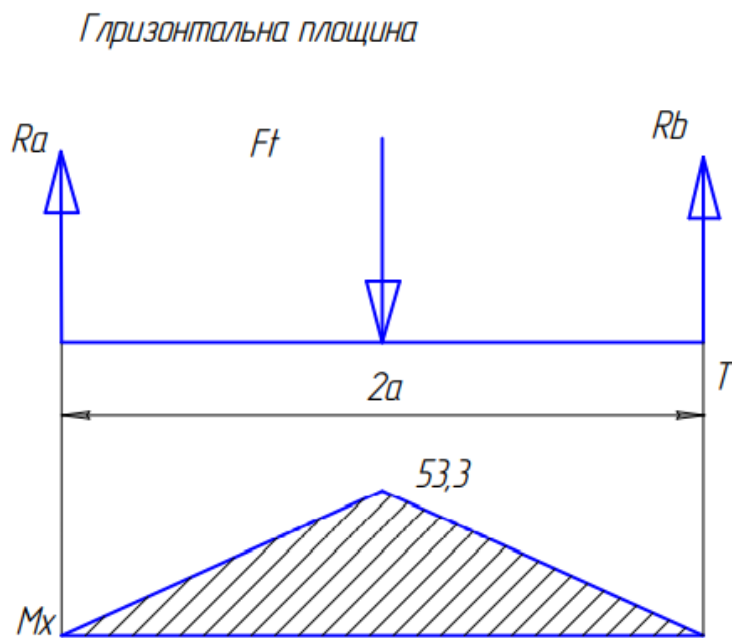
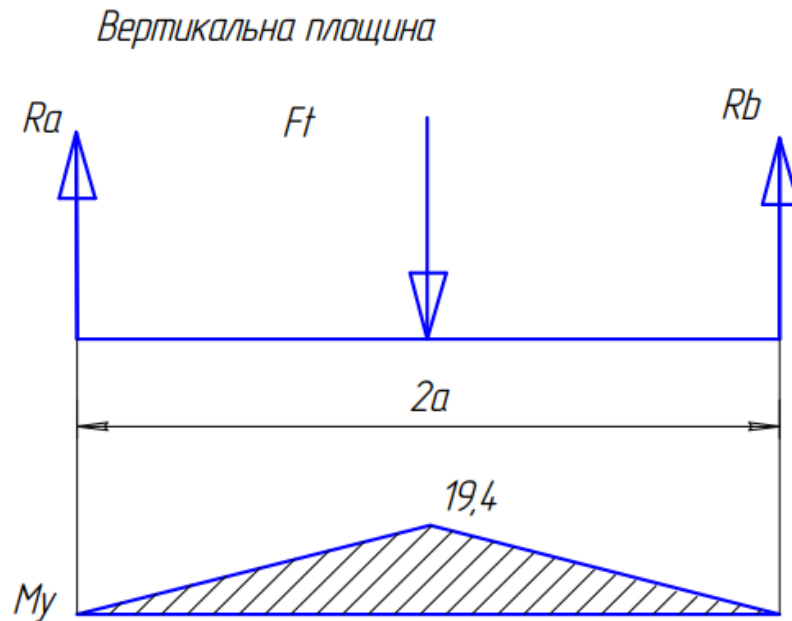
Визначаємо напруження згину, що діють в небезпечному перерізі

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{неp\Sigma}}{W_x}. \quad (3.36)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{73}{7,7 \cdot 10^{-6}} = 9,5 \text{ МПа} \leq 40 \text{ МПа} = [\sigma]_{кр}.$$

Що менше допустимого – умова міцності виконується.

Будуємо епюри згинаючих моментів в горизонтальній та вертикальній площинах.



3.6 Вибір шпонок і перевірочний розрахунок шпонки

Для з'єднання валів з деталями, що передають обертальний момент, застосовують шпонки і посадки з натягом. Застосовуємо призматичні шпонки, які виготовляються із тягнутої сталі Сталі 45 із $\delta \geq 600 \text{ Н/мм}^2$.

Переріз шпонки $b \times h$ вибирають у відповідності до діаметра вала. Згідно ГОСТ 23360-78 вибираємо такі розміри шпонки для приводного вала конвеєра – $b=8$, $h=7$, $l=34$, $t_1 = 4$, $d = 25$.

В стандартних шпонках розміри $b \times h$ підібрані так, що навантаження в з'єднанні обмежуються напруженням зминання. Тому будемо використовувати наступну формулу:

$$\delta_{зм} = \frac{2T}{d(h-t_1)l_p} \leq [\delta]_{зм}. \quad (3.37)$$

де T – обертовий момент на валу, Н·м,

h – висота шпонки, мм,

l_p – робоча довжина шпонки, мм,

$$l_p = l - b = 34 - 8 = 24 \quad (3.38)$$

t_1 – глибина паза вала, мм;

d – діаметр вала, мм;

$\delta_{зм}$ – допустима напруга на зминання, Н/мм^2 (при посадках з натягом $\delta_{зм} = 110 \dots 200 \text{ Н/мм}^2$).

Найбільш навантаженим є тихохідний вал редуктора.

$$\delta_{зм} = \frac{2 \cdot 731 \cdot 10^3}{25(7-4)24_p} = 81,2 \text{ Н/мм}^2.$$

Отримане значення $\delta_{зм}$ лежить в допустимих межах. Отже, вибрана шпонка задовольняє обидві умови, тобто вибрана правильно.

3.7 Додаткове обладнання

Для розширення функціональних можливостей автоматичної лінії для переробки картоплі, нами запропоновано додатково оснастити лінію обладнанням оригінальної конструкції для внесення харчових домішок, або барвників.

Установка для змішування працює наступним чином (див. рис. 3.6): в ємність для змішування машини підготування сировини (поз. 1) додається сировина згідно рецептури, вмикається основний двигун приводу змішувача (поз. 2), в процесі змішування ємність додаються необхідні харчові домішки, згідно рецептури. Для реалізації процесу глазурування (дражирування) і кращого покриття продукту запропоновано додавати глазур по спеціальним трубкам (поз. 3).

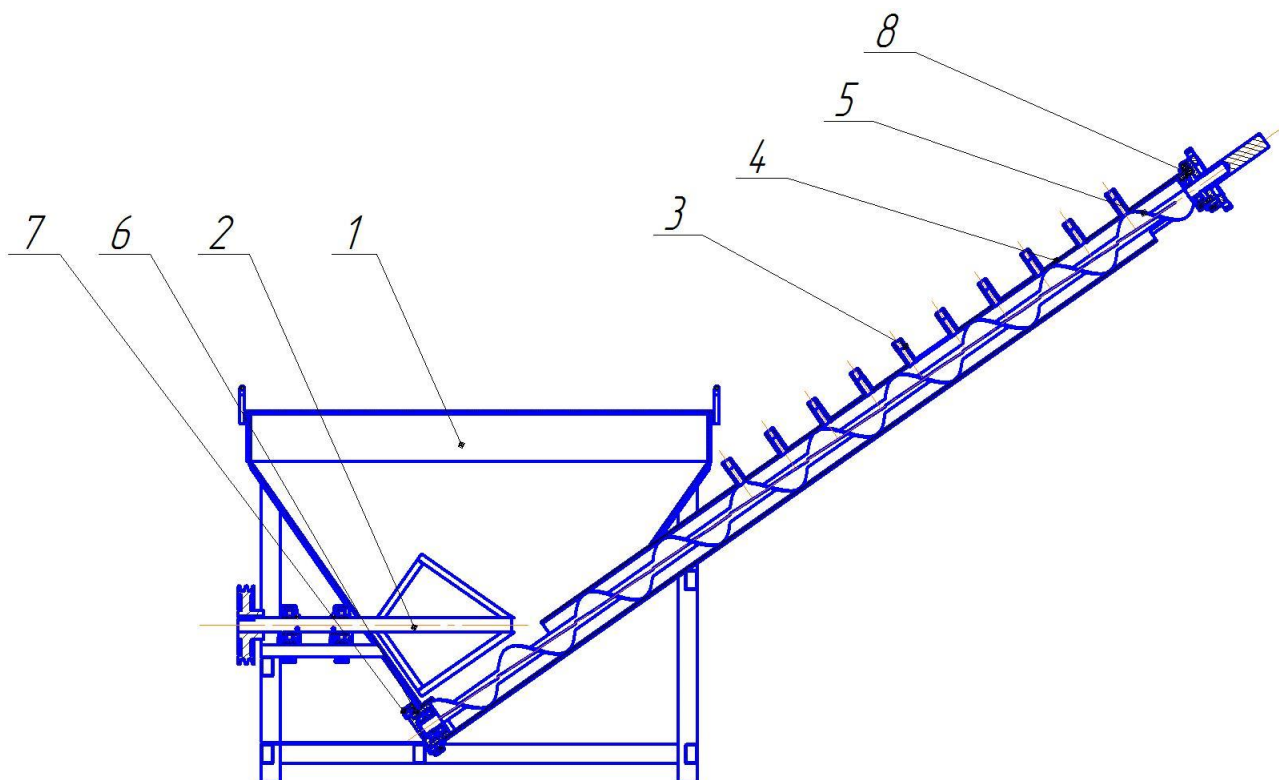


Рисунок 3.6 – Конструкція установки для змішування

Процес змішування може бути безперервним, об'єм змішувальної сировини та якість контролюється оператором. З змішувача за допомогою транспортного шнека сировина транспортується на конвеєр-дозатор.

В свою чергу, транспортувальний шнековий механізм установки для змішування складається із корпусу 4, в якому розміщено транспортуючий шнек 5, що приводиться в рух мотор-редуктором (на схемі не вказано). Опори транспортуючого шнеку установленні за універсальною схемою для компенсації видовження шнеку. Нижня опора виконана з двох роликів радіально упорних підшипників, розміщених у стакані 6 та зафіксовані від осьового переміщення кришкою 7 та стопорними пружинними кільцями. Верхня опора виконана з одного кулькового радіальноупорного підшипника, у якого зовнішнє кільце не зафіксоване у стакані 8. Завантаження сировиною відбувається через вікно у корпусі 4 поблизу нижньої опори. Сировина подається вздовж корпусу до кінця корпусу 1.

Загальний вигляд екструзійної установки для введення пастоподібних домішок в бункер установки для змішування на рис. 3.7.

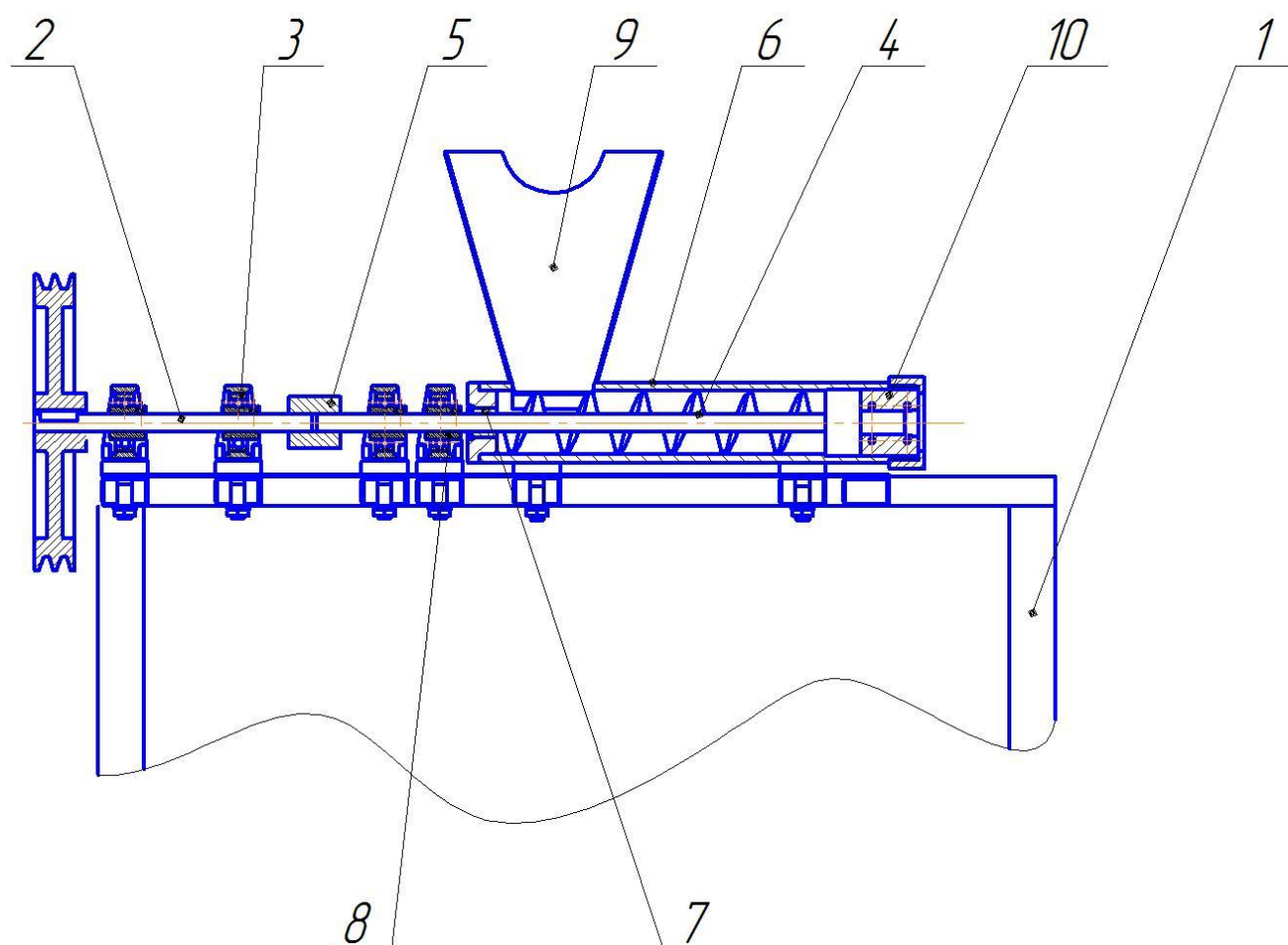


Рисунок 3.7 – Конструкція екструзійної установки

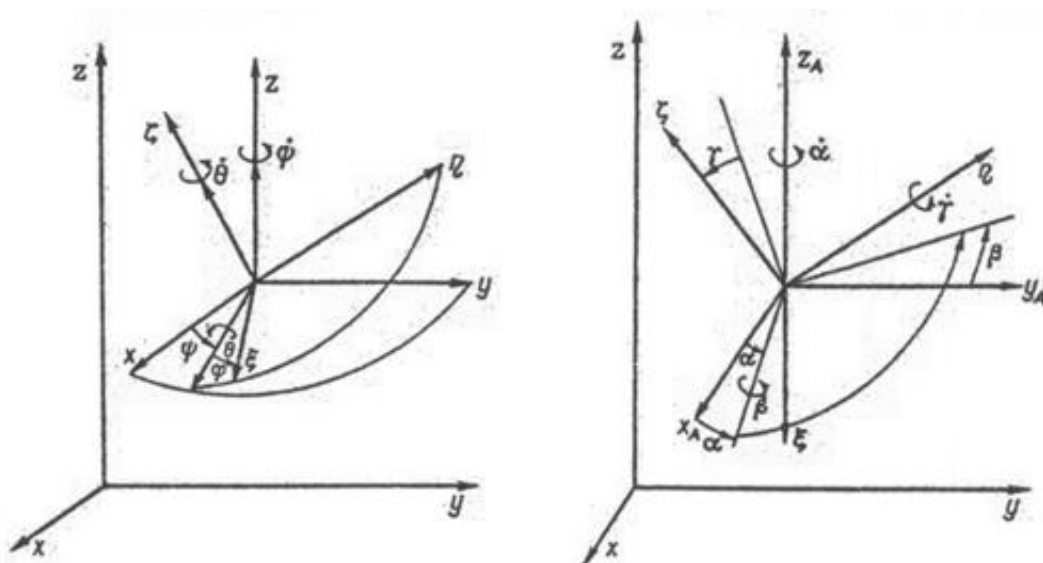
Ця установка складається із столу 1 на якому змонтовано приводний вал на стандартних корпусних підшипниках 3, що приводиться в рух від електродвигуна пасовою передачею. Приводний вал 1 з'єднано із шнеком 4 за допомогою жорсткої муфти 5. Шнек 4 змонтовано у корпусі 6 на підшипнику ковзання 7 та стандартних корпусних підшипниках 8. Підготовлені харчові домішки завантажуються, згідно рецепту, у бункер 9 та проштовхується шнеком 4 через філь'єру 10 у бункер установки для змішування.

РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИВОДУ КОНВЕЄРА

4.1 Загальні передумови побудови математичних моделей

Першою з таких передумов є припущення, за якими машини чи машинові агрегати є системи взаємозв'язаних твердих тіл [19]. Наявність пружних властивостей твердих тіл в цьому випадку нехтується. Для того, щоб побудувати конфігурацію системи таких тіл, треба на підставі креслень машин або машинових агрегатів чи окремих їх ланок побудувати принципові схеми машин, а на їх основі еквівалентні схеми, тобто схеми тіл таких геометричних форм, що відображають геометричні форми окремих ланок машин, розміщення їх центрів мас та значення моментів інерції цих тіл відносно заданих осей [20].

Друга передумова полягає в тому, щоб вибрати найбільш зручні системи координат, до яких слід віднести еквівалентну схему даної машини чи машинового агрегату. Такими системами координат можуть бути: Декартові з нерухомими осями – X_i Y_i Z_i та кутові Ейлера, що визначають обертання твердих тіл еквівалентної схеми відносно цих осей; Декартова з рухомими осями ξ_i η_i ζ_i та кутові Ейлера, що визначають обертання твердих тіл еквівалентної схеми відносно цих осей, або кутів Ейлера–Крилова (Резаля) чи якісь інші:



Третя передумова полягає у встановленні наявності в'язей, накладених на рух еквівалентної схеми машини, та складанні рівняння цих в'язей.

При цьому треба мати на увазі, що коли б таких в'язей не було, то система твердих тіл мала б $6N$ ступенів вільності, оскільки кожне окреме тіло, що рухається в просторі, має шість ступенів вільності. Отже, коли еквівалентна схема машини або машинового агрегату складається з N твердих тіл, на рух яких накладено l в'язей (обмежень), то це значить, що така машина або машиновий агрегат має $(6N - l)$ ступенів вільності. Для побудови конфігурації механічної системи (машини чи машинового агрегату) та визначення кінетичної енергії може виникнути потреба визначити конфігурацію еквівалентної схеми машини числом координат більшим, ніж ступені вільності, що має дана механічна система, тобто більшим за число $(6N - l)$, де l – число рівнянь в'язей.

Координати, через які визначаються ступені вільності довільної механічної системи $(6N - l)$, називають незалежними, а решту залежними або надлишковими [21].

Такі назви зумовлені тим, що перша група координат є необхідною для того, щоб описати поведінку механічної системи внаслідок рішення диференціальних рівнянь руху останніх, а друга може використовуватись лише в математичних діях складання диференціальних рівнянь руху системи та приведення цих рівнянь до такої форми, в якій ця група координат може бути виключена, якщо окремі з них не були виключені ще до складання диференціальних рівнянь.

Останній випадок має місце лише тоді, коли на рух механічної системи накладено голономні форми в'язей, тобто в'язей, що залежать лише від координат і часу і можуть бути розв'язані відносно залежних координат [20].

$$f_a = f_a(q_1, q_2, \dots, q_n) = 0, [a = 1, 2, \dots, m] \quad (4.1)$$

або

$$f_a = f_a(q_1, q_2, \dots, q_n, q_b, t) = 0, [a = 1, 2, \dots, m] \quad (4.2)$$

де q_1, q_2, q_n – узагальнені координати;

m – число таких рівнянь.

Це зумовлено тим, що в цьому випадку залежні координати, а також перші похідні від них по часу можуть бути ще до складання диференціальних рівнянь руху системи виключені з виразу кінетичної енергії механічної системи

$$T = T(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n) \quad (4.3)$$

а також з виразу складових узагальненої сили

$$Q_i = Q_i(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n, t) \quad (4.4)$$

та рівнянь неголономних форм в'язей

$$f_b = f_b(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n, t) = 0, [b = 1, 2, \dots, s] \quad (4.5)$$

Цим самим кінцеві диференціальні рівняння руху механічної системи можна складати в проекціях лише на незалежні координати. Число цих рівнянь буде рівне числу незалежних координат, тобто числу ступенів вільності механічної системи.

Якщо ж рівняння голономних форм в'язей не можуть бути розв'язані відносно залежних координат і, отже, не можуть бути виключені з виразів кінетичної енергії і складових узагальнених сил, а до того ж на рух технічної системи накладено неголономні форми в'язей, тобто в'язей, що залежать від координат і перших похідних від координат по часу

$$\begin{aligned} f_b &= f_b(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n) = 0 \\ f_b &= f_b(q_1, q_2, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n, t) = 0 \end{aligned} \quad (4.6)$$

де при $b = s$ – число таких рівнянь, то в цьому випадку диференціальні рівняння руху механічної системи треба складати в проекціях на всі координати, через які визначена конфігурація системи, виражені кінетична енергія та складові узагальненої сили. Але і в цьому випадку залежні координати та перші похідні від

них підлягають виключенню з одержаних диференціальних рівнянь, але вже після складання диференціальних рівнянь.

4.2 Розробка розрахункової схеми

Згідно розглянутої в попередньому розділі методики математичного моделювання розглянемо розрахункову схему приводу конвеєра-дозатора, яку наведено на листі 08-27.МКР.005.05.000 ТК та на рисунку 4.3. На цій схемі показані узагальнюючі координати φ_i , x_i механічних ланок системи та параметри, що характеризують сили, які враховуються при математичному моделювання цієї системи. Серед цих параметрів коефіцієнти тертя ланцюга по зірочці сухого $f_{m,c}$ та рідинного β , підшипників кочення $f_{m,k}$, ковзання шнека $f_{m,k,шн}$, жорсткість ланцюга c , маса ланцюга m , моменти інерції J ланок, що обертаються, розміри характерних елементів ланок.

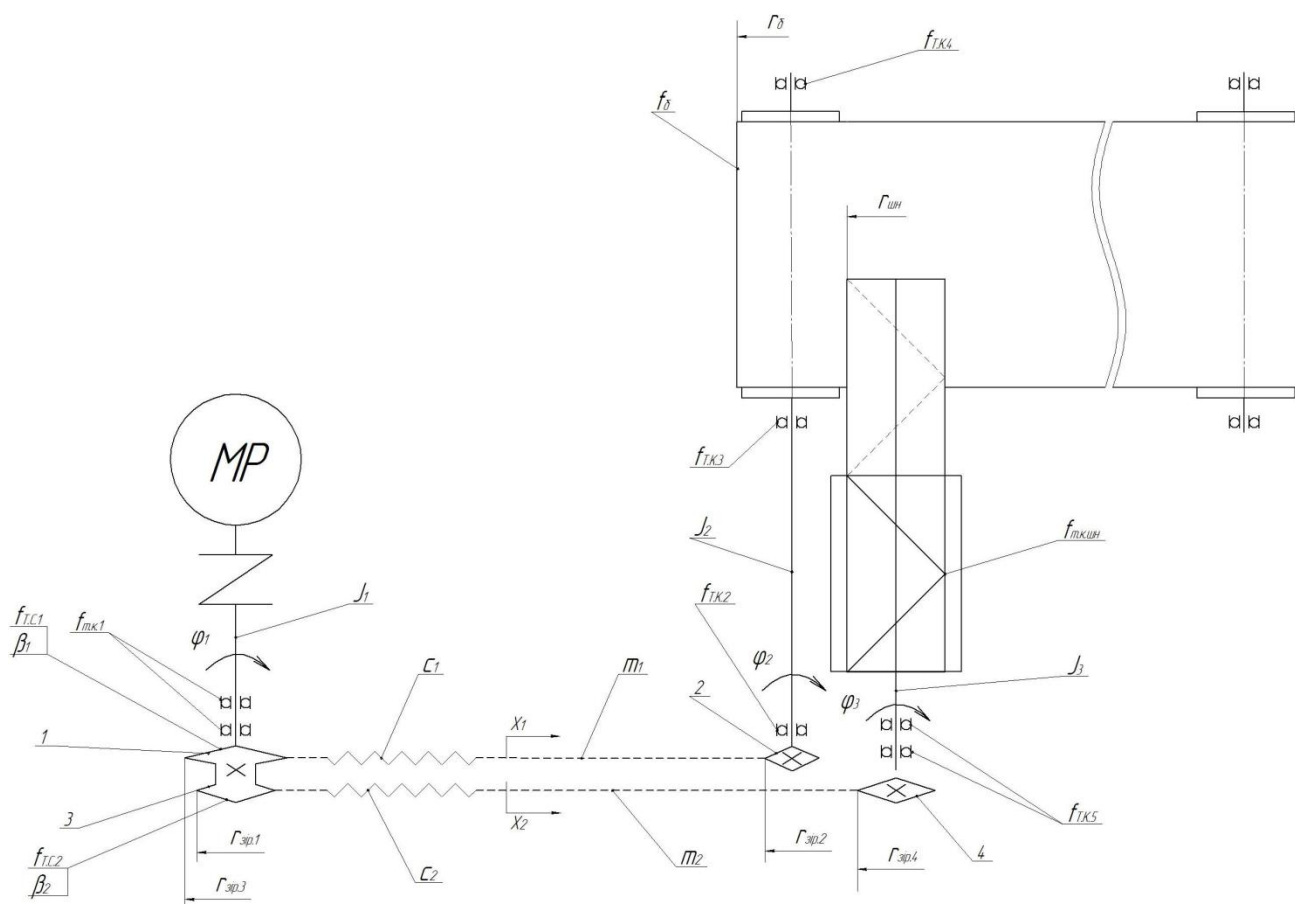


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема приводу конвеєра-дозатора

При аналізі фізичних процесів в системі, що розглядається, для спрощення математичної моделі прийняті наступні припущення:

- механічні ланки, що рухаються, розглядаються як суцільні тіла, які є абсолютно жорсткі;
- параметри ланок є постійними в часі та не залежать від температури зовнішнього середовища;
- сили, що діють на механічну ланку, прикладені до центра ваги відповідної ланки.

4.3 Розроблення математичної моделі

Математична модель являє собою сукупність рівнянь руху окремих ланок вздовж відповідної узагальнюючої координати.

1. Складаємо рівняння руху для валу приводу зірочки, положення якого характеризується узагальнюючою координатою φ_1 . Рівняння руху ведучого валу є баланс крутних моментів, що має вигляд:

$$M_{\text{дв}} - M_{\text{зир.1}} - M_{\text{т1}} = M_{\text{ин1}} \quad (4.15)$$

де $M_{\text{дв}}$ – момент, який створює двигун для того, щоб передати рух на шнековий дозатор та стрічковий конвеєр та подолати опір при передачі руху через підшипники і ланцюгову передачу;

$M_{\text{зир.1}}$ – момент на ведучій зірочці;

$M_{\text{т1}}$ – сила тертя, яка виникає на валу веденої зірочки;

$M_{\text{ин1}}$ – момент сили інерції приводного валу. Визначаємо момент на ведучій зірочці $M_{\text{зир.1}}$:

$$M_{\text{зир.1}} = F_{\text{твч1}} \cdot r_{\text{вч1}} + F_{\text{твч3}} \cdot r_{\text{вч3}} \quad (4.16)$$

де $F_{\text{твч1}}$ – сила натягу ланцюга на ведучій зірочці;

$F_{\text{твч3}}$ – сила натягу ланцюга на ведучій зірочці;

$r_{вч1}$ – радіус ведучої зірочки;

$r_{вч3}$ – радіус ведучої зірочки;

Використовуємо опори на валу веденої зірочки у вигляді підшипників, в них виникає тертя кочення, її величину $M_{Т1}$ визначаємо за формулами:

$$M_{Т1} = M_{Т.к.1} + M_{Т.к.2} \quad (4.17)$$

Визначаємо момент опору кочення опори 1 за формулою:

$$M_{Т.к.1} = f_{Т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 \quad (4.18)$$

де $f_{Т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;

R_{on1} – реакція в першій опорі вала.

Визначаємо момент опору кочення опори 2 за формулою:

$$M_{Т.к.2} = f_{Т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1$$

де $f_{Т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;

R_{on2} – реакція в другій опорі вала.

$$M_{Т1} = f_{Т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{Т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1$$

Визначаємо момент сили інерції на приводному валу:

$$M_{in1} = J_1 \cdot \xi_1 \quad (4.19)$$

де J_1 – момент інерції приводного валу;

ξ_1 – кутове прискорення приводного валу.

Підставляємо складові рівняння (4.16); (4.17); (4.18); (4.19) в рівняння (4.15),

отримуємо:

$$M_{\partial\theta} - (F_{t\theta 1} \cdot r_{\theta 1} + F_{t\theta 3} \cdot r_{\theta 3}) - (f_{т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1) = J_1 \cdot \xi_1 \quad (4.20)$$

Перетворимо це рівняння до стандартного виразу. Для цього перенесем складові, що містять вихідну координату, в ліву частину рівняння, решту – в праву частину. Отримаємо рівняння:

$$J_1 \cdot \xi_1 + (f_{т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1) = M_{\partial\theta} - (F_{t\theta 1} \cdot r_{\theta 1} + F_{t\theta 3} \cdot r_{\theta 3}) \quad (4.21)$$

Замінюємо прискорення ξ і швидкість w похідними від узагальнюючої координати

$\xi = \frac{d^2\varphi_1}{dt^2}$, $w = \frac{d\varphi_1}{dt}$. Остаточно отримуємо математичне рівняння для ведучої зірочки:

$$J_1 \frac{d^2\varphi_1}{dt^2} + f_{м.к.} (R_{on1} + R_{on2}) \text{sign} \frac{d\varphi_1}{dt} = M_{\partial\theta} - (F_{t\theta 1} \cdot r_{\theta 1} + F_{t\theta 3} \cdot r_{\theta 3}) \quad (4.22)$$

2. Складаємо рівняння руху для ланцюга 1, положення якого характеризується узагальнюючою координатою x_1 . Рівняння руху ланцюга 1 є баланс сил, що діє на цей ланцюг, а саме:

$$F_{t\theta 1} - F_{t\theta 2} - F_{np1} - F_{т1} = F_{in1} \quad (4.23)$$

де $F_{t\theta 1}$ – сила натягу ланцюга ведучої зірочки; $F_{t\theta 2}$ – сила натягу ланцюга веденої зірочки; F_{np1} – сила пружності ланцюга;

$F_{т1}$ – сила тертя, яка виникає при русі ланцюга;

F_{in1} – сила інерції ланцюга.

Визначаємо силу пружності ланцюга F_{np1} :

$$F_{np1} = c_1 \cdot \Delta l; \quad (4.24)$$

де c_1 – жорсткість першого ланцюга;

Δ_1 – деформація першого ланцюга.

Деформацію ланцюга Δ_1 визначаємо за формулою:

$$\Delta_1 = L_1 - L_2 = \varphi_1 \cdot r_{вч1} - \varphi_2 \cdot r_{вн2} \quad (4.25)$$

де L_1, L_2 – відповідно переміщення лівої та правої ділянок першого ланцюга;

φ_1, φ_2 – відповідно кут повороту ведучої і веденої зірочки;

$r_{вч1}, r_{вч2}$ – відповідно радіус ведучої і веденої зірочки.

$$F_{np1} = c_1 \cdot (\varphi_1 \cdot r_{вч1} - \varphi_2 \cdot r_{вн2}).$$

Визначаємо силу тертя при русі ланцюга по поверхні зірочки:

$$F_{\tau 1} = F_{tc1} + F_{tp1}$$

де F_{tc1} – сухе тертя, яке виникає при русі ланцюга;

F_{tp1} – рідинне тертя, яке виникає при русі ланцюга.

$$F_{tc1} = f_{tc1} \cdot N \cdot \text{sign } V_1$$

де f_{tc1} – коефіцієнт сухого тертя;

V_1 – швидкість.

$$F_{tp1} = \beta_1 \cdot V_1$$

де β_1 – коефіцієнт рідинного тертя;

V_1 – швидкість.

Тоді

$$F_{\tau 1} = F_{ic1} + F_{ip1} = f_{\tau c1} \cdot N \cdot \text{sign } V_1 + \beta_1 \cdot V_1 \quad (4.26)$$

Визначаємо силу інерції першого ланцюга:

$$F_{in1} = m_1 \cdot a_1 \quad (4.27)$$

де m_1 – маса ланцюга;

a_1 – прискорення першого ланцюга.

Підставляємо складові рівняння (4.24); (4.25); (4.26); (4.27) в рівняння (4.23), отримуємо:

$$F_{t_{вч1}} - F_{t_{вн2}} - c_1(\varphi_1 \cdot r_{вч1} - \varphi_2 \cdot r_{вн2}) - (f_{\tau c1} \cdot N \cdot \text{sign } V_1 + \beta_1 \cdot V_1) = m_1 \cdot a_1 \quad (4.28)$$

Перетворимо це рівняння до стандартного виразу. Для цього перенесем складові, що містять вихідну координату, в ліву частину рівняння, решту – в праву частину. Отримаємо рівняння:

$$m_1 \cdot a_1 + (f_{\tau c1} \cdot N \cdot \text{sign } V_1 + \beta_1 \cdot V_1) = F_{t_{вч1}} - F_{t_{вн2}} - c_1(\varphi_1 \cdot r_{вч1} - \varphi_2 \cdot r_{вн2}) \quad (4.29)$$

Замінюємо прискорення a і швидкість V похідними від узагальнюючої координати $a_1 = \frac{d^2 x_1}{dt^2}$, $V_1 = \frac{dx_1}{dt}$. Остаточоно отримуємо математичне рівняння для ланцюга 1:

$$m_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \beta_1 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_1}{dt} = F_{t_{вч1}} - F_{t_{вн1}} - c(\varphi_1 \cdot r_{вч1} + \varphi_2 \cdot r_{вн2}) \quad (4.30)$$

3. Складаємо математичне рівняння для ланцюга 2. Рівняння руху ланцюга є баланс сил, що має вигляд:

$$F_{t_{вч3}} - F_{t_{вн4}} - F_{np2} - F_{\tau2} = F_{in2} \quad (4.31)$$

де $F_{t_{вч3}}$ – сила натягу ланцюга ведучої зірочки; $F_{t_{вн4}}$ – сила натягу ланцюга веденої зірочки; F_{np2} – сила пружності ланцюга;
 $F_{\tau2}$ – сила тертя, яка виникає при русі ланцюга;
 F_{in2} – сила інерції ланцюга.

Визначаємо силу пружності ланцюга F_{np2} :

$$F_{np2} = c_2 \cdot \Delta_2; \quad (4.32)$$

де c_2 – жорсткість ланцюга;

Δ_2 – деформація ланцюга.

Деформацію ланцюга Δ_2 визначаємо за формулою:

$$\Delta_2 = L_3 - L_4 = \varphi_1 \cdot r_{вч3} - \varphi_3 \cdot r_{вн4} \quad (4.33)$$

де φ_1, φ_3 – відповідно кут повороту ведучої і веденої зірочки;

$r_{вч3}, r_{вн4}$ – відповідно радіус ведучої і веденої зірочки.

$$F_{np2} = c_2 \cdot (\varphi_1 \cdot r_{вч3} - \varphi_3 \cdot r_{вн4})$$

Визначаємо силу тертя при русі ланцюга:

$$F_{\tau2} = F_{tc2} \cdot F_{tp2}$$

де F_{tc2} – сухе тертя, яке виникає при русі ланцюга;

F_{tp2} – рідинне тертя, яке виникає при русі ланцюга.

$$F_{tc2} = f_{tc2} \cdot N \cdot \text{sign } V_2$$

де f_{tc2} – коефіцієнт сухого тертя;

V_{12} – швидкість.

$$F_{tp2} = \beta_2 \cdot V_2$$

де β_2 – коефіцієнт рідинного тертя;

V_2 – швидкість.

Тоді

$$F_{T2} = F_{tc2} \cdot F_{tp2} = f_{tc2} \cdot N \cdot \text{sign } V_2 + \beta_2 \cdot V_2 \quad (4.34)$$

Визначаємо силу інерції ланцюга:

$$F_{in2} = m_2 \cdot a_2 \quad (4.35)$$

де m_2 – маса ланцюга;

a_2 – прискорення ланцюга.

Підставляємо складові рівняння (4.32); (4.33); (4.34); (4.35) в рівняння (4.31), отримуємо:

$$F_{t_{вч3}} - F_{t_{вн3}} - c_2(\varphi_1 \cdot r_{вч3} - \varphi_3 \cdot r_{вн4}) - (f_{tc1} \cdot N \cdot \text{sign } V_2 + \beta_1 \cdot V_2) = m_2 \cdot a_2 \quad (4.36)$$

Перетворимо це рівняння до стандартного виразу. Для цього перенесем складові що містять вихідну координату в ліву частину рівняння, решту в праву частину. Отримаємо рівняння:

$$m_2 \cdot a_2 + (f_{tc2} \cdot N \cdot \text{sign } V_2 + \beta_1 \cdot V_2) = F_{t_{вч3}} - F_{t_{вн4}} - c_2(\varphi_1 \cdot r_{вч3} - \varphi_3 \cdot r_{вн4}) \quad (4.37)$$

Замінюємо прискорення a_2 і швидкість V_2 похідними від узагальнюючої координати

$a_2 = \frac{d^2 x_1}{dt^2}$, $V_2 = \frac{dx_1}{dt}$. Остаточно отримуємо математичне рівняння для ланцюга 2:

$$m_2 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + \beta_2 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_2}{dt} = F_{твч2} - F_{твн2} - c(\varphi_1 \cdot r_{вч3} + \varphi_2 \cdot r_{вн4}) \quad (4.38)$$

4. Складаємо математичне рівняння для веденої зірочки приводу барабана стрічкового конвеєра. Рівняння руху веденої зірочки приводу барабана стрічкового конвеєра є баланс крутних моментів, що має вигляд:

$$M_{зир. вн2} - M_{б} - M_{т2} = M_{ін2} \quad (4.39)$$

де $M_{зир. вн2}$ – момент, який створює ведена зірочка для того, щоб передати рух на стрічковий конвеєр та для подолання опору при передачі руху через підшипники;

$M_{б}$ – момент на барабані стрічкового конвеєра;

$M_{т2}$ – сила тертя, яка виникає на валу веденої зірочки;

$M_{ін2}$ – момент сили інерції веденої зірочки приводу барабана стрічкового конвеєра.

Визначаємо момент на веденій зірочці $M_{зир. вн2}$:

$$M_{зир. вн2} = F_{т вн2} \cdot r_{вн2} \quad (4.40)$$

де $F_{т вн2}$ – сила натягу ланцюга веденої зірочки;

$r_{вн2}$ – радіус веденої зірочки.

Визначаємо момент на барабані стрічкового конвеєра:

$$M_{б} = F_{т б} \cdot r_{б} \quad (4.41)$$

де $F_{t\delta}$ – тягове зусилля на барабані стрічкового конвеєра;
 r_{δ} – радіус барабана стрічкового конвеєра.

$$F_{t\delta} = F_{нат} \cdot f_{\delta}$$

де $F_{нат}$ – сила натягу стрічки конвеєра;
 f_{δ} – сила тертя стрічки конвеєра до барабана.

Використовуємо опори на валу ведучої зірочки у вигляді підшипників, в них виникає тертя кочення, її величину $M_{Т2}$ визначаємо за формулами:

$$M_{Т2} = M_{Т.к.1} + M_{Т.к.2} + M_{Т.к.3} + M_{Т.к.4} \quad (4.42)$$

Визначаємо момент опору кочення опори 1 за формулою:

$$M_{Т.к.1} = f_{Т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 \quad (4.43)$$

де $f_{Т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;
 R_{on1} – реакція в опорі вала.

Визначаємо момент опору кочення опори 2 за формулою:

$$M_{Т.к.2} = f_{Т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1$$

де $f_{Т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;
 R_{on2} – реакція в опорі вала.

Визначаємо момент опору кочення опори 3 за формулою:

$$M_{т.к.3} = f_{т.к.} \cdot R_{он3} \cdot \text{sign } w_1$$

де $f_{т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;

$R_{он3}$ – реакція в опорі вала.

Визначаємо момент опору кочення опори 4 за формулою:

$$M_{т.к.4} = f_{т.к.} \cdot R_{он4} \cdot \text{sign } w_1$$

де $f_{т.к.}$ – коефіцієнт тертя підшипника кочення;

$R_{он4}$ – реакція в опорі вала.

$$M_{т2} = f_{т.к.} \cdot R_{он1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он2} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он3} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он4} \cdot \text{sign } w_1$$

Визначаємо момент сили інерції на барабані стрічкового конвеєра:

$$M_{ин2} = J_2 \cdot \xi_2 \quad (4.44)$$

де J_2 – момент інерції;

ξ_2 – кутове прискорення.

Підставляємо складові рівняння (4.40); (4.41); (4.42); (4.43); (4.44) в рівняння (4.39), отримуємо:

$$M_{зир. вн2} - (F_t \cdot r_{вч1} + F_t \cdot r_{вч3}) - (f_{т.к.} \cdot R_{он1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он2} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он3} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{он4} \cdot \text{sign } w_1) = J_2 \cdot \xi_2 \quad (4.45)$$

Перетворимо це рівняння до стандартного виразу. Для цього перенесем складові що містять вихідну координату в ліву частину рівняння, решту в праву частину. Отримаємо рівняння:

$$J_2 \cdot \ddot{\xi}_2 + (f_{т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on2} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on3} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on4} \cdot \text{sign } w_1) = M_{об} - (F_t \cdot r_{вч1} + F_t \cdot r_{вч3}) \quad (4.46)$$

Замінюємо прискорення $\ddot{\xi}$ і швидкість w похідними від узагальнюючої координати $\xi_2 = \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2}$, $w_2 = \frac{d \varphi_2}{dt}$. Остаточного отримуємо математичне рівняння для веденої зірочки приводу барабана стрічкового конвеєра:

$$J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} + f_{м.к.} (R_{on1} + R_{on2} + R_{on3} + R_{on4}) \text{sign} \frac{d \varphi_2}{dt} = F_{твч2} \cdot r_2 - F_{твч6} \cdot r_6 \quad (4.47)$$

5. Складаємо математичне рівняння для веденої зірочки приводу шнекового дозатора. Рівняння руху є баланс крутних моментів на ведучому валу, який має вигляд:

$$M_{зир.вч4} - M_{шн} - M_{т4} = M_{ін4} \quad (4.48)$$

де $M_{зир.вч4}$ – момент, який створює ведена зірочка для того щоб передати рух на шнековий дозатор та для подолання опорів;

$M_{шн}$ – момент на шнекові шнекового дозатора;

$M_{т4}$ – сила тертя, яка виникає на валу веденої зірочки;

$M_{ін4}$ – момент сили інерції на цьому валу. Визначаємо рухаючий момент на веденій зірочці:

$$M_{зир.вч4} = F_{твч4} \cdot r_{вч4} \quad (4.49)$$

де $F_{твч4}$ – сила натягу ланцюга веденої зірочки;

$r_{вч4}$ – радіус веденої зірочки.

Визначаємо момент навантаження на шнекові, який пов'язаний із тертям по-
верхонь шнека з картопляним пюре і визначається залежністю: $M_{\text{шн}} = \beta_3$ (4.50).

Використовуємо опори на валу ведучої зірочки у вигляді підшипників, в яких
виникає тертя кочення. Величину цього тертя $M_{\text{т3}}$ визначаємо за формулами:

$$M_{\text{т3}} = M_{\text{т.к.1}} + M_{\text{т.к.2}} \quad (4.51)$$

Визначаємо момент опору кочення опори 1:

$$M_{\text{т.к.1}} = f_{\text{т.к.}} \cdot R_{\text{он1}} \cdot \text{sign } w_1 \quad (4.52)$$

Визначаємо момент опору кочення опори 5:

$$M_{\text{т.к.5}} = f_{\text{т.к.}} \cdot R_{\text{он5}} \cdot \text{sign } w_1$$

Визначаємо момент сили інерції на валу приводу шнека:

$$M_{\text{ін.3}} = J_3 \cdot \zeta_3 \quad (4.53)$$

де J_3 – момент інерції вала шнека;

ζ_2 – кутове прискорення цього вала.

Підставляємо складові рівняння (4.49); (4.50); (4.51); (4.52); (4.53) в рівняння
(4.48) отримуємо:

$$F_{\text{т вн4}} \cdot r_{\text{вн4}} - \beta_3 \frac{d\varphi_3}{dt} - (f_{\text{т.к.}} \cdot R_{\text{он1}} \cdot \text{sign } w_1 + f_{\text{т.к.}} \cdot R_{\text{он5}} \cdot \text{sign } w_1) = J_3 \cdot \zeta_3 \quad (4.54)$$

Перетворимо це рівняння до стандартного виразу. Для цього перенесемо
складові що містять вихідну координату в ліву частину рівняння, решту в праву

частину. Отримаємо рівняння:

$$J_3 \cdot \ddot{\zeta}_3 + \beta_3 \frac{d\varphi_3}{dt} - (f_{т.к.} \cdot R_{on1} \cdot \text{sign } w_1 + f_{т.к.} \cdot R_{on5} \cdot \text{sign } w_1) = F_{т\ вн4} \cdot r_{вн4} \quad (4.55)$$

Замінюємо прискорення $\ddot{\zeta}$ і швидкість w похідними від узагальнюючої координати $\ddot{\zeta}_3 = \frac{d^2\varphi_3}{dt^2}$, $w_3 = \frac{d\varphi_3}{dt}$. Остаточно отримуємо математичне рівняння для веденої зірочки приводу шнекового дозатора:

$$J_3 \frac{d^2\varphi_3}{dt^2} + \beta_3 \frac{d\varphi_3}{dt} - f_{м.к} (R_{on1} + R_{on5}) \text{sign} \frac{d\varphi_3}{dt} = F_{твн4} \cdot r_{вн4} \quad (4.56)$$

Рівняння (4.22), (4.30), (4.38), (4.47), (4.56) являють собою математичну модель нашого механізму і мають вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{d^2\varphi_1}{dt^2} + f_{м.к.} (R_{on1} + R_{on2}) \text{sign} \frac{d\varphi_1}{dt} = M_{дв} - (F_{твч1} \cdot r_{вч1} + F_{твч3} \cdot r_{вч3}); \\ m_1 \frac{d^2x_1}{dt^2} + \beta_1 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_1}{dt} = F_{твч1} - F_{твн1} - c(\varphi_1 \cdot r_{вч1} + \varphi_2 \cdot r_{вн2}); \\ m_2 \frac{d^2x_1}{dt^2} + \beta_2 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_2}{dt} = F_{твч2} - F_{твн2} - c(\varphi_1 \cdot r_{вч3} + \varphi_2 \cdot r_{вн4}); \\ J_2 \frac{d^2\varphi_2}{dt^2} + f_{м.к.} (R_{on1} + R_{on2} + R_{on3} + R_{on4}) \text{sign} \frac{d\varphi_2}{dt} = F_{твн2} \cdot r_2 - F_{тв} \cdot r_{тв}; \\ J_3 \frac{d^2\varphi_2}{dt^2} + f_{м.к.} (R_{on1} + R_{on2} + R_{on3} + R_{on4}) \text{sign} \frac{d\varphi_2}{dt} = F_{твн2} \cdot r_2 - F_{тв} \cdot r_{тв}. \end{array} \right. \quad (4.57)$$

Математична модель (4.57) дозволяє дослідити статичні та динамічні характеристики, а також стійкість системи.

4.4 Дослідження математичної моделі стрічкового конвеєра

Перед початком моделювання необхідно встановити положення барабанів, їх діаметри або радіуси, напрям дії приводу і приводний момент на ньому. Необхідно позначити ділянки стрічки, напрямок їх руху, несучі та ненавантажені гілки. На гілках необхідно вказати зону завантаження, зону розвантаження та точку перевантаження – точку, в якій вантаж переходить з однієї гілки конвеєра на іншу гілку цього конвеєра.

У зоні завантаження до маси стрічки додається маса вантажу. Якщо центр елемента потрапляє в точку завантаження, вважаємо, що весь елемент знаходиться в зоні завантаження. Маса вантажу рівномірно поділяється на кількість елементів у зоні завантаження. Аналогічно моделюється зона розвантаження з тією різницею, що від маси стрічки віднімається маса вантажу.

У точці перевантаження вантаж миттєво зникає з одного елемента стрічки та з'являється на іншому. Якщо центр елемента потрапляє в зону перевантаження, то вважаємо, що весь елемент знаходиться в зоні навантаження.

Вигляд формул для розбиття стрічки на n елементів залежить від положення елемента. Елемент може бути розташований або на стрічці або барабані. Якщо центр елемента попадає на барабан, вважаємо, що весь елемент відноситься до барабана.

Для прямої ділянки використовується формула

$$\begin{cases} x_i = x_1 + i\Delta l \cdot \cos(\alpha) - \frac{1}{2}\Delta l \cdot \cos(\alpha), \\ y_i = y_1 + i\Delta l \cdot \sin(\alpha) - \frac{1}{2}\Delta l \cdot \sin(\alpha), \end{cases}$$

а на барабані

$$\begin{cases} x_i = (x_1 - x_{II}) \cos\left(\Delta\alpha_i - \frac{\Delta\alpha}{2}\right) + (y_1 - y_{II}) \sin\left(\Delta\alpha_i - \frac{\Delta\alpha}{2}\right) + x_1, \\ y_i = (x_1 - x_{II}) \sin\left(\Delta\alpha_i - \frac{\Delta\alpha}{2}\right) - (y_1 - y_{II}) \cos\left(\Delta\alpha_i - \frac{\Delta\alpha}{2}\right) + y_1, \end{cases}$$

де x_i, y_i – координати x, y у точці i ;

x_{II}, y_{II} – координати x, y барабана;

x_1, y_1 – координати початкової точки;

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}\right)$$

Оскільки всі елементи мають однакову довжину, вважаємо, що маса стрічки рівномірно розподілена, що дозволяє обчислити масу стрічки кожного елемента за формулою

$$m_{\text{лі}} = \frac{m_{\text{л}}}{n}. \quad (4.58)$$

Якщо на момент початку моделювання на стрічці знаходиться вантаж необхідно рівномірно розподілити його масу на елементи, на яких він знаходиться. Далі враховується додавання вантажу під час завантаження (перевантаження).

Після розрахунку мас елементів за формулами (виконується автоматично за вказаними характеристиками стрічки), необхідно розрахувати прискорення кожного елемента методом простої ітерації.

Контур стрічки замкнутий, тому можна скористатися методом простої ітерації для знаходження всіх зусиль на елементах у формулах (4.40...4.41). Спочатку маємо три невідомі для елемента: два зусилля та прискорення. На першому кроці необхідно прирівняти одне із зусиль F_1 до якогось початкового значення, тоді як друге зусилля залишається невідомим; прискорення необхідно прирівняти до нуля.

Тоді можна обчислити зусилля F_2 . Знаючи зусилля F_2 можна перейти до

наступного елемента з тим же набором невідомих.

Пройшовши послідовно з усіх елементів стрічки, можна отримати всі зусилля. Знаючи їх на першому кроці можна уточнити зусилля F_1 на другому кроці. Знаючи зусилля $F_1^{(2)}$ (перше зусилля на другому кроці) та $F_N^{(2)}$ (останнє зусилля першого кроку) можна обчислити прискорення на другому кроці ($a_1^{(2)}$). Далі можна обчислювати зусилля та уточнювати прискорення наступних елементів. Дані кроки слід повторювати, поки виконуватиметься умова

$$\forall i: \left| F_i^{(k)} - F_i^{(k-1)} \right| > \varepsilon,$$

де ε – задана похибка.

Знаючи прискорення, можна розрахувати зміну швидкості, розтяг і нову швидкість кожного елемента. При цьому початкова швидкість відома або дорівнює нулю.

Крім цього, необхідно визначити проковзування стрічки на приводних барабанах за формулою (6). Якщо умова

$$F_{\text{тр}} < \frac{M}{R}, \quad (4.59)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сума сил тертя всіх елементів, що знаходяться в даний момент часу на барабані;

виконується, це означає проковзування стрічки на приводному барабані.

Обчислимо розтягнення i -го елемента $L_i = F_i / C$. З його допомогою можна перевірити ділянку стрічки на розрив, порівнявши обчислене розтягування з максимально допустимим розтягуванням, тобто якщо виконується умова $L_i > L_{\text{max}}$, то відбудеться розрив стрічки. Підсумовувавши розтягнення елементів, що знаходяться на одній гілці, отримаємо загальне розтягування гілки, з якого можна

визначити провис $L_{\text{віт}} = \sum L_i$. Таким чином, алгоритм моделювання стрічкового конвеєра наступний:

- виділити гілки, барабани, позначити зону завантаження та розвантаження;
- розбити трасу стрічки на кінцеве число елементів однакової довжини;
- обчислити масу одного елемента стрічки без урахування вантажу на стрічці (4.58);
- якщо на стрічці є вантаж до початку моделювання, розподілити масу вантажу рівномірно на елементи, на яких знаходиться вантаж;
- скориставшись формулами (4.40) та (4.58), за методом простих ітерацій розрахувати прискорення та зусилля кожного елемента;
- розрахувати розтяг кожного елемента;
- визначити можливість розриву стрічки на кожному елементі;
- розрахувати розтягнення кожної гілки;
- за допомогою формул (4.35) обчислити нову швидкість елемента, його переміщення та нове положення;
- визначити проковзування стрічки на приводних барабанах за формулою (4.59);
- повторити алгоритм для наступного відрізка часу.

Програмна система, що реалізує модель, розроблена на JavaScript . Вона включає елементарний редактор схем і, власне, моделювальну частину.

У пусковому режимі або при зміні моменту на приводних барабанах, даний алгоритм дозволяє спостерігати хвильові явища в стрічці, що відрізняє його і від традиційних методик розрахунку, де використовуються інтегральні формули швидкості поширення пружних хвиль у стрічці, і від складних кінцево-елементних методів, які зазвичай дозволяють детально досліджувати хвилю на дуже обмеженій ділянці стрічки (принаймні не на кілометровому).

Несуча гілка конвеєра ділиться на дві частини: першу, яка завершується пунктом навантаження після приводу, і другу, яка завершується розвантаженням конвеєра. Точка завантаження конвеєра мала в порівнянні з гілкою конвеєра, тому можна звести точки завантаження, розвантаження та перевантаження в одну точку.

Вважаємо також, що вантаж утворюється на стрічці поступово.

Розглянемо на моделі сценарій штатного навантаження конвеєра і його нормальної роботи в режимі, що встановився, без розривів стрічки і проковзування стрічки на приводних барабанах. При даному сценарії графік зусиль та сум сил має бути схожим на графік натягу тягового розрахунку.

На рис. 4.4 відображено графік зусиль залежно від номера елемента стрічки. На ньому видно пік там, де знаходяться елементи, що набігають на приводний барабан. Дані результати адекватні та відповідають розрахунку натягу конвеєрної стрічки в статичному режимі [1, 4].



Рисунок 4.4 – Графік зусиль за нормального режиму роботи

Як приклад досліджено поведінку конвеєра при пуску вантажем на ньому, маса якого перевищує можливості транспортування (рис. 4.5).

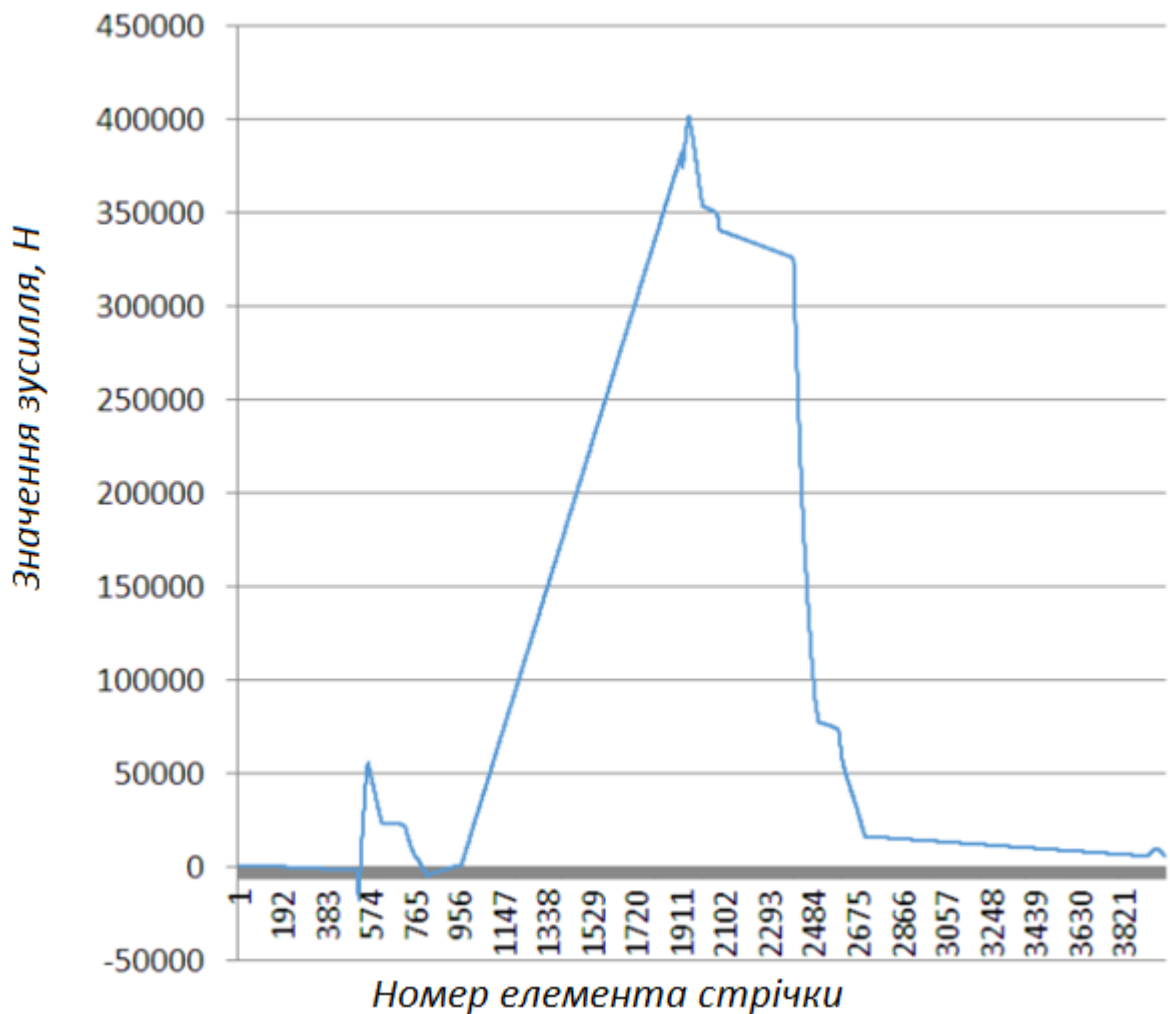


Рисунок 4.5 – Графік тягових зусиль при наближенні до розриву стрічки

На рис. 4.5 видно величезну різниця у зусиллях. При цьому зусилля набувають і негативних значень. Це говорить про те, що відбулося перевищення максимально допустимого зусилля та, як наслідок, розрив стрічки. Програма відображає лише першу точку, в якій відбулося перевищення допустимого зусилля. На аналогічному графіку, де відображені суми сил, що діють на елементи, суми сил на барабанах значно менші, ніж можна було б припускати, виходячи з умов завдання, і навіть негативні. На елементах стрічки в холостій гілці конвеєра також є ненормально малі сили натягу (рис. 4.6).

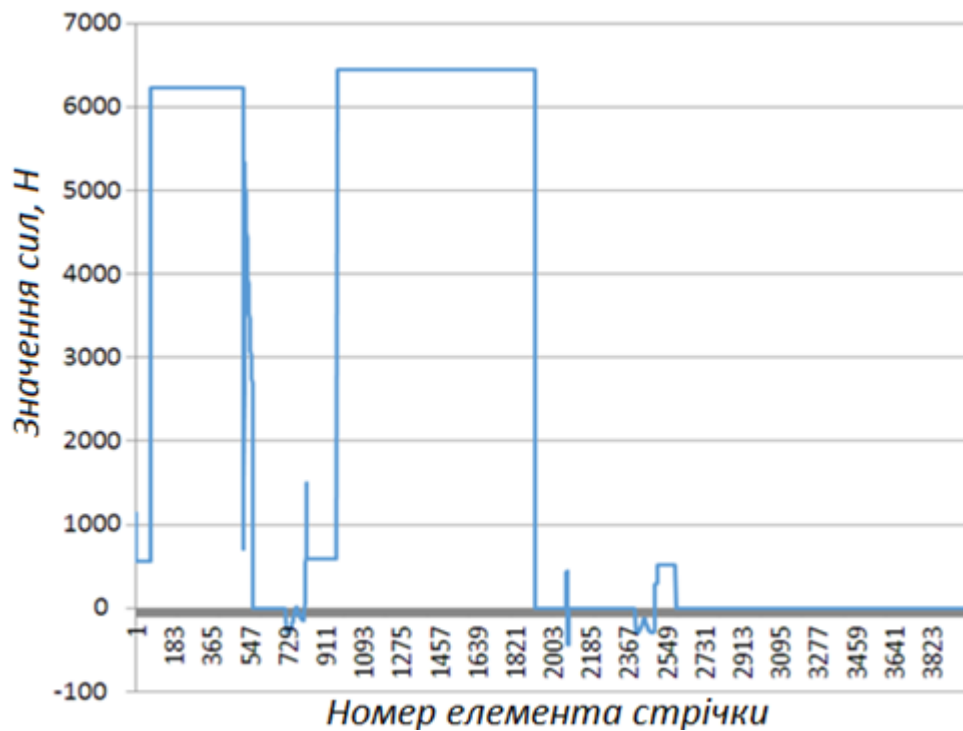


Рисунок 4.6 – Графік сум сил на елементах у момент після розриву стрічки

Відрізки графіка з негативними значеннями показують найімовірніші точки розриву стрічки. При звичайному тяговому розрахунку негативні значення натягу немає фізичного сенсу. Однак у розробленій моделі стрибки сум сил виникають через динамічні процеси при розриві стрічки конвеєра і, власне, вказують ті відрізки стрічки, на яких найбільш вірогідний розрив.

У результаті отримано перевищення натягу стрічки починаючи з елемента 1427, яке призводить до обриву та зворотного обертання непривідних барабанів. Програма також дозволяє моделювати проковзування стрічки на приводних барабанах при недостатньому натязі, що дозволяє досліджувати зносостійкість стрічки. Важливість цього завдання підкреслюється багатьма дослідниками, зокрема у [9].

Створене програмне забезпечення дозволяє досліджувати деякі цікаві режими роботи довгих конвеєрів з допомогою використання більшої обчислювальної потужності сучасного персонального комп'ютера, ніж у ранніх роботах [12]. Така модель, нескладна насправді, але що передбачає дуже великий обсяг обчислень, може використовуватися також синтезу системи керування конвеєром у позаштатних ситуаціях у сфері конкретних замовників.

РОЗДІЛ 5.
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Проведення наукового аудиту науково-дослідної роботи

Для наукових і пошукових науково-дослідних робіт зазвичай здійснюють оцінювання наукового ефекту розробки, яка розробляється.

Науковий ефект НДР можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи [1]

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення показника ступеня новизни, бали
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в цій галузі науки і техніки. Отримано принципово нові факти, закономірності; розроблено нову теорію. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	60...100
Нова	Отримано нову інформацію, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснено відомі факти, закономірності, впроваджено нові поняття, розкрито структуру змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	40...60
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами.	10...40

Продовження таб. 5.1

	В принципі, відомі положення поширено на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблено більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведено часткову раціональну модифікацію (з ознаками новизни)	
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджено або поставлено під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг порівняно з існуючим	2...10
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі та не був відомий авторам	1...2

За даними таблиці 5.1 ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{нов} = 41$ балів.

Значення показників рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах конкретно для нашого випадку наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи [1]

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали
Відкриття закону, розробка теорії	80...100
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	60...80
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	20...60
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	6...20
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	1...5

За даними таблиці 5.2 ступінь новизни науково-дослідної роботи складає $k_{теор} = 68$ балів.

Показник, який характеризує науковий ефект, визначається за виразом:

$$E_{нау} = 0,6 \cdot k_{нов} + 0,4 \cdot k_{теор} , \quad (5.1)$$

де $k_{нов}$, $k_{теор}$ – показники ступенів новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, бали;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{нау} = 0,6 \cdot 41 + 0,4 \cdot 68 = 52$$

Отримані значення порівнюємо з граничними, які наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Встановивши рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи, який є середнім, можна сказати, що розробка та її впровадження є актуальним в теперішній час.

5.2 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення комерційного та технологічного аудиту є розширення функціональних можливостей лінії для переробки картоплі, що досягається за рахунок використання конвєсра-дозатора який забезпечує рівномірну подачу картопляного пюре до сушарки та додаткового обладнання для внесення харчових

домішок.

Для проведення технологічного аудиту було залучено 3-х незалежних експертів: Веселовська Наталія Ростиславівна, Вінницький національний аграрний університет, завідувач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва інженерно-технологічного факультету, професор, д.т.н., Севостьянов Іван В'ячеславович, Вінницький національний аграрний університет, завідувач кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв інженерно-технологічного факультету, професор, д.т.н., Лотоцький Олександр Михайлович, головний інженер: ПАТ "Барський машзавод", м. Бар, Вінницька обл.

Для проведення технологічного аудиту було використано таблицю 5.4 [1] в якій за п'ятибальною шкалою використовуючи 12 критеріїв здійснено оцінку комерційного потенціалу.

Таблиця 5.4 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Продовження табл. 5.4

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Таблиця 5.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

В таблиці 5.6 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 5.6 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Веселовська Н.Р.	Севостьянов І.В.	Лотоцький О.М.
	Бали, виставлені експертами:		
1	3	2	3
2	3	3	4
3	3	3	3
4	2	3	2
5	2	4	4
6	3	3	3
7	2	2	3
8	2	3	4
9	3	2	2
10	2	3	4
11	3	2	3
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =31	СБ ₂ =34	СБ ₃ =34
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{31+34+34}{3} = 33$		

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів склала 33 бали, що згідно таблиці 4.5 вважається, що рівень комерційного потенціалу проведених досліджень є вище середнього.

Модернізація автоматичної лінії по переробці картоплі буде реалізовуватися шляхом введення до її складу конвеєра-дозатора оригінальної конструкції

оснащеного приводом із безступінчастим регулюванням та можливістю інтеграції із системою керування сушарки. Модернізація планується реалізовуватись на підприємстві ПАТ "Барський машзавод". Результати розробки можуть використати підприємства, які експлуатують подібні автоматичні лінії для переробки овочевої продукції, або ж машинобудівні підприємства, що виробляють, або модернізують подібне обладнання.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом. В якості аналога для розробки було обрано лінію по виробництву картопляних круп (сухого пюре) у вигляді пластівців ПЛКК-4 виробництва ВНИИПК.

Основними недоліками аналога є забезпечити низької стабільність та рівномірність завантаження сушарки лінії, що призводить до потреби повторного пропускання сировини через сушарку.

Також до недоліків можна віднести Також в даних лініях відсутня можливість введення харчових домішок.

У розробці дана проблема вирішується шляхом застосування конвеєра-дозатора оригінальної конструкції, який оснащений приводом із безступінчастим регулюванням та можливістю інтеграції із системою керування сушарки. Модернізовану лінію додатково оснащено установкою для змішування картопляних пластівців із різного роду харчових домішок.

Для вирішення задачі, що розглядається необхідно забезпечити високу стабільність та рівномірність завантаження сушарки лінії сировиною. Цього можна досягти шляхом застосування обладнання із можливістю точного дискретного переміщення розвантажувальних органів.

Також система випереджає аналог за такими параметрами як продуктивність та енергоефективність.

В таблиці 5.7 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 5.7 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Споживана потужність, кВт	350	280	1,25	30%
Продуктивність, кг/год	150	180	1,2	35%
Похибка, %	2	1	2	10%
Напрацювання на відмову, год	9000	11000	1,22	25%
Масо-габарити, кг	0,2	0,2	1	10%

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (5.2) та (5.3) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 5.7.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (5.2)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (5.3)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{350}{280} = 1,25;$$

$$q_2 = \frac{180}{150} = 1,2;$$

$$q_3 = \frac{2}{1} = 2;$$

$$q_4 = \frac{11000}{9000} = 1,22;$$

$$q_5 = \frac{0,2}{0,2} = 1.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначасмо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i, \quad (5.4)$$

$$K_{я.в.} = 1,25 \cdot 0,3 + 1,2 \cdot 0,35 + 2 \cdot 0,1 + 1,22 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,1 = 1,4$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 5.8 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 5.8 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Споживана потужність, кВт	350	280
Продуктивність, кг/год	150	180
Похибка, %	2	1
Напрацювання на відмову, год	9000	11000
Масо-габарити, кг	0,2	0,2
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн.	1100000	1350000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (5.5)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою (5.6)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (5.6)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{1350000}{110000} = 1,22;$$

$$K = \frac{1,4}{1,22} = 1,1.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар на 10%.

5.3 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників Z_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ (грн)} \quad (5.7)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p \approx 21...23$ дні;

t – число робочих днів роботи дослідника.

Для розширення функціональних можливостей лінії для переробки картоплі, що досягається за рахунок використання конвеєра-дозатора який забезпечує рівномірну подачу картопляного пюре до сушарки та додаткового обладнання для внесення харчових домішок. залучити інженера-конструктора з посадовим окладом 16000 грн. Кількість робочих днів у місяці складає 21, а кількість робочих днів інженера-конструктора складає 40. Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 5.9.

Таблиця 5.9 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Керівник	20000	909,1	5	4545
Інженер-конструктор	16000	727,3	40	29091
Науковий співробітник	8000	363,6	12	4364
Всього				38000

2. Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

3.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (5.8)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.9)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Таблиця 5.10 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1.Підготовчі	8	1	1	38,1	304,5
2.Монтажні	8	4	1,5	57,1	456,8
3.Складальні	40	5	1,7	64,7	2588,6
4.Налагоджувальні	20	5	1,7	64,7	1294,3
5.Випробувальні	20	4	1,5	57,1	1142,0
Всього					5786,4

4. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.10)$$

$$Z_d = 0,11 * (38000 + 5786,4) = 4816,50 \text{ (грн)}.$$

4. Нарахування на заробітну плату $H_{3П}$ дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (5.11):

$$H_{3П} = (Z_o + Z_p + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (5.11)$$

де Z_o – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

Z_p – основну заробітну плату робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов’язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{3П} = (38000 + 5786,4 + 4816,50) \cdot \frac{22}{100} = 10692,63 \text{ (грн)}$$

5. Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали (М) у вартісному вираженні розраховуються окремо для

кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n B_j \cdot C_{Bj}, \quad (5.12)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{Bj} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 5.11.

Таблиця 5.11 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Лист гарячекатаний 2,5×1000×2000 мм (Сталь 3пс)	6515	2	13030
Смуга 40×4,0 мм (Сталь 3пс)	42,68	15	640,2
Кутик 50×50×4 (Сталь 3пс)	1155,18	45	51983,1
Швелер №6,5 (Сталь 3пс)	190,45	16	3047,2
Органічний продукт (картопля)	5,4	50	270
Масильні матеріали (типу ЦИАТИМ)	65	1	65
Захисні лако-фарбові матеріали	460	2	920
Електроди зварювальні (Моноліт-36)	345	2,5	862,5
Лист гарячекатаний 2,5×1000×2000 мм (Сталь 3пс)	6515	2	13030
Смуга 40×4,0 мм (Сталь 3пс)	42,68	15	640,2
Кутик 50×50×4 (Сталь 3пс)	1155,18	45	51983,1
Швелер №6,5 (Сталь 3пс)	190,45	16	3047,2
Органічний продукт (картопля)	5,4	50	270
Масильні матеріали (типу ЦИАТИМ)	65	1	65
Захисні лако-фарбові матеріали	460	2	920
Електроди зварювальні (Моноліт-36)	345	2,5	862,5
Всього			70818
З врахуванням коефіцієнта транспортування			77899,8

6. Витрати комплектуючі К, що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.13)$$

де N_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15).

Таблиця 5.12 – Комплектуючі, щовикористані на розробку

Найменування	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Електродвигун АИР132М2	1	7900,00	7900
Привід дебалансний (ДБЛ-14ік)	1	4560,00	4560
Болт з шестигранною головкою М14×65 ГОСТ 7798-70	40	4,20	168
Гайка шестигранна М14 ГОСТ 5915-70	40	2,50	100
Шайба А.14 ГОСТ 11371-78	80	0,80	64
Пружинна шайба 14 3×13 ГОСТ 6402-70	40	1,0	40
Манжети (МГ-14А)	22	8,40	184,8
Пилозйомники гофрові (ПЗ-14Г)	12	12,60	151,2
Комплект сит (СВ-0.1д, СВ-0.5д, СВ-0.8д)	1	270,00	270
Підшипники пилозахищені	4	84,00	336
Комплект кульок (КД-10)	1	68,00	68
Комплект кульок (КД-15)	1	78,00	78
Комплект кульок (КД-20)	1	88,00	88
Пружина вита (ПВГ-А42)	4	250,00	1000
Пружина тарілчаста (ПТГ-Х25Д)	8	165,00	1320
З врахуванням коефіцієнта транспортування			17960,80

7. Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались під час виконання даного етапу роботи

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

$$A = \frac{Ц \cdot T}{T_{кор} \cdot 12} \text{ [грн]}, \quad (5.14)$$

де Ц – балансова вартість даного виду обладнання (приміщень), грн.;

$T_{кор}$ – час користування;

T – термін використання обладнання (приміщень), цілі місяці.

Згідно пункту 137.3.3 Податкового кодекса амортизація нараховується на основні засоби вартістю понад 2500 грн. Розрахунок амортизації наведено в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
1. Персональний комп'ютер	15500	2	2	1291,67
2. Блок безперебійного живлення	3200	4	2	133,33
3. Програма LINK V9.6	2800	4	1	58,33
Всього				1483,33

8. Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховують за формулою:

$$B_{прг} = \sum_{i=1}^k Ц_{іпрг} \cdot C_{прг.i} \cdot K_i, \quad (5.15)$$

де $Ц_{іпрг}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу цього виду, грн;

$C_{\text{прг } i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

Результати розрахунку витрат на програмні засоби занесені в таблицю 5.14.

Таблиця 4.14 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
SOLIDWORKS Professional Term License - 3 Month	1	31000	31000
SMLogix	1	12800	12800
Всього			43800

9. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{впі}}}{\eta_i} \quad (5.16)$$

де W_{yt} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{\text{впі}}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{\text{впі}} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{0,5 \cdot 200 \cdot 4,1 \cdot 0,5}{0,8} = 256,25$$

10. Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{\text{CB}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{CB}}}{100\%}, \quad (5.17)$$

де H_{CB} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$V_{\text{CB}} = 0,2 \cdot (38000 + 5786,4) = 8757,2$$

12. Накладні (загальновиробничі) витрати $V_{\text{НЗВ}}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати $V_{\text{НЗВ}}$ можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

$$V_{\text{НЗВ}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{НЗВ}}}{100\%}, \quad (5.18)$$

де $H_{\text{НЗВ}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$V_{\text{НЗВ}} = (38000 + 5786,4) \cdot \frac{200}{100\%} = 97572,73 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$V = 38000 + 5786,4 + 4816,5 + 10692,63 + 77899,8 + 17960,8 + 1483,33 + 43800 + \\ + 256,25 + 8757,2 + 97572,73 = 323774,47 \text{ грн}$$

Прогнозування загальних втрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{В}{\eta}, \quad (5.19)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт $\beta = 0,5$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{323774,48}{0,5} = 647548,95 \text{ грн.}$$

5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (5.20)$$

де ΔC_o – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

C_o – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

l – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $l = 0,8333$.

p – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $p = 0,25$;

x – ставка податку на прибуток. У 2022 році – 18%.

Припустимо, що при впровадженні результатів наукової розробки покращується якість програмного продукту для формування індивідуальних тренувань. Припустимо, що ціна від зросте на 20000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 3 шт., протягом другого року – на 4 шт., протягом третього року на 4 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 1350000 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned}\Delta\P_1 &= [20000 \cdot 1 + (1350000 + 20000) \cdot 3] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 705513,45 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_2 &= [20000 \cdot 1 + (1350000 + 20000) \cdot (3 + 4)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 1658226,1 \text{ грн.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\P_3 &= [20000 \cdot 1 + (1350000 + 20000) \cdot (3 + 4 + 4)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 2594355,4 \text{ грн.}\end{aligned}$$

5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій PV, які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot ЗВ, \quad (5.21)$$

$k_{\text{інв}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ($k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$).

$$PV = 2 \cdot 647548,95 = 1295097,91$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$ згідно наступної формули:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \quad (5.22)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.23)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДЦКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{705513,45}{(1 + 0,2)^1} + \frac{1658226,1}{(1 + 0,2)^2} + \frac{2594355,4}{(1 + 0,2)^3} = 3247819,94 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{абс}} = (3247819,94 - 1295097,91) = 1952722,03 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_g . Для цього користуються формулою:

$$E_g = T_{жс} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.24)$$

$T_{жс}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{1952722,07}{1295097,91}} - 1 = 0,59 = 59\%.$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f \quad (5.25)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2022 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{min} = 0,18 + 0,05 = 0,23.$$

Так як $E_g > \tau_{min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_в} \quad (4.26)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,59} = 1,7 \text{ роки}$$

Так як $T_{ок} \leq 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

5.6 Висновки до економічного розділу

Було встановлено рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи, який є середнім, що свідчить про актуальність в теперішній час наукової розробки. Результати проведеного технологічного аудиту свідчать про те, що розширення функціональних можливостей лінії для переробки картоплі, що досягається за рахунок використання конвеєра-дозатора який забезпечує рівномірну подачу картопляного пюре до сушарки та додаткового обладнання для внесення харчових домішок є вище середнього. При порівнянні нової розробки з аналогом виявлено, що вона є якіснішою на 40% і конкурентоспроможнішою відносно аналога на 10%, а також краще по технічним і економічним показникам.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 323774.48 грн. Загальна ж величина витрат на виконання та впровадження результатів даної НДР буде складати 647548,95 грн.

Вкладені інвестиції в даний проєкт окупляться через 1.7 років при прогнозованому прибутку 3247819,94 грн. за три роки.

РОЗДІЛ 6.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Дослідження розширення функціональних можливостей обладнання автоматичної лінії з переробки картоплі відбувалося в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори :

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до визначених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

6.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

Робота з ПК супроводжується підвищеним ступенем напруженості трудового процесу. При систематичному впливі виробничих факторів, які не відповідають нормативним показникам, зростає рівень професійно зумовленої захворюваності працюючих та можуть виникнути професійні захворювання органів зору, руху, нервової системи. Таким чином, виявлення та аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробництва користувача ПК є необхідною умовою запобігання

негативних наслідків впливу небезпечних та шкідливих факторів.

Правильна організація робочих місць запобігає передчасній втомлюваності розробника і сприяє збереженню здоров'я. Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні. Площа на одне робоче місце має становити не менше ніж $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм – не менше ніж $20,0 \text{ м}^3$;

- вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням характеристик людини;

- раціональне компонування обладнання на робочих місцях;

- урахування характеру й особливостей трудової діяльності.

Для аналізу умов праці під час дослідження здійснюємо опис приміщення, у якому відбувалася робота. Досліджуваним робочим приміщенням є кімната, що містить шість робочих місць користувачів ПК.

Робочі місця у приміщенні знаходяться на відстані 1 м одне від одного. Загальна площа приміщення складає $50,4 \text{ м}^2$, а об'єм – $161,3 \text{ м}^3$. Висота стелі – три метри. Площа на одне робоче місце становить $8,4 \text{ м}^2$, а об'єм – $26,9 \text{ м}^3$, що відповідає вимогам НПАОП 0.00-7.15-18 [6].

Робочі столи виготовлені з ДСП та мають два метри завдовжки та один метр завширшки. Сидіння робочих місць відповідають ергономічним вимогам для найбільш зручного положення тіла при роботі з ВДТ, згідно ГОСТ 12.2.049-80 [3]. Відстань між користувачем та ВДТ складає приблизно 700 мм. Висота робочої поверхні столу становить 750 мм.

Вимоги охорони праці перед початком роботи на комп'ютері:

- привести в порядок робоче місце;

- впевнитися, що на ньому відсутні сторонні предмети;

- переконатися, що всі пристрої і блоки ПК під'єднані до системного блоку.

Перевірити:

- наявність та надійність захисного заземлення устаткування;

- справність вимикачів та інших органів управління ПК;

- справність роз'ємів кабелів електроживлення;

- відсутність пошкоджень ізоляції проводів живлення;
- відсутність відкритих струмопровідних частин у пристроях ПК.

6.2 Електробезпека приміщення

Лінія електромережі для живлення персональних комп'ютерів, їх периферійних пристроїв (принтер, сканер тощо) виконана як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладено від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників.

Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму тощо. Оскільки у приміщенні одночасно експлуатується більше п'яти персональних комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлено аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Персональні комп'ютери, периферійні пристрої підключені до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення.

Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника. Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристроїв до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв.

Електромережі штепсельних з'єднань та електророзеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв виконані за магістральною схемою, по 3 – 6 з'єднань або електророзеток в одному колі.

Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки монтовані на негорючих пластинах. Електромережу штепсельних розеток для живлення персональних комп'ютерів, периферійних пристроїв при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладена по підлозі поряд зі стінами приміщення в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється. Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені.

Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях.

Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;

- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам ПВЕ до переносних електропроводок;

- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;

- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання;

- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);

– використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.3.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючими організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температури навколишніх поверхонь. Тривалий вплив на людину несприятливих метеорологічних умов різко погіршує його самопочуття, знижує продуктивність праці і призводить до захворювань.

Дослідження згідно за енерговитратами відноситься до категорії I б [1]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	40-60	0,1-0,3
Холодний	20-24	75	0,2

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено централізована парова система опалення, система вентиляції приміщення, систематичне (рази за зміну) вологе прибирання.

6.3.2 Склад повітря робочої зони

Шкідливі речовини – речовини, які при контакті з організмом людини внаслідок порушення технологічного процесу викликають професійні захворювання, виробничі травми або відхилення стану здоров'я. Шкідливі речовини у повітря робочої зони поступають у вигляді пару, газів та пилу. Вплив на організм людини залежить від хімічного складу, розміру (дисперсності), форми часток та їх кількості у одиниці об'єму.

В приміщенні, де здійснюється дослідження можливими шкідливими

речовинами у повітрі є вуглекислий газ, пил та озон. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 6.2 (відповідно до [28]).

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид вуглецю	3	1	4
Озон	0,16	0,03	1
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

В повітрі зовнішнього природного середовища, як і в повітряному середовищі приміщень завжди є наявною певна кількість заряджених частинок, що називаються іонами. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.6.3).

Таблиця 6.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи вентиляції та вологого прибирання.

6.3.3 Виробниче освітлення

У приміщенні, де здійснювалось дослідження використовується штучне та природне освітлення. Освітленість робочих місць здійснюється природнім світлом – в світлі години доби і штучними в темні години.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та суміщеному освітленні зазначені у таблиці 6.4:

Таблиця 6.4 – Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, Лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Для забезпечення достатнього освітлення передбачені такі заходи:

- 1) Систематичне очищення скла від бруду – не рідше двох разів на рік.
- 2) Використання вертикальних жалюзів для регулювання світлового потоку.

6.3.4. Виробничий шум

Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу відображені в ДСН 3.3.6.037-99 [8]. Для досліджень допустимі рівні звукового тиску повинні наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкополосного шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму доцільно використовувати комп'ютери з пасивним охолодженням та встановити пластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

6.3.5 Виробничі випромінювання

Під час проведення роботи із використанням ПК на розробника діє підвищений рівень електромагнітного поля.

Електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, що генеруються ВДТ пов'язані перш за все з частотою формування елемента зображення, а також з інтенсивністю електронного променя, що зумовлює яскравість точок на екрані.

Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК (за вимогами MPR II 1990:10 Шведського національного комітету з вимірювань та досліджень та нормами TCO 9295) наведені в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Допустимі рівні випромінювань моніторів ПК

Вид поля	TCO	MPR II
Змінне електричне поле		
5 Гц – 2 кГц	10 В/м	2,5 В/м
2 кГц – 400 кГц	1 В/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо монітора
Змінне магнітне поле		
5 Гц – 2 кГц	250 нТл 200 мА/м	250 нТл 200 мА/м
Гц – 400 кГц	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора	25 нТл 20 мА/м на відстані 0,3 м від центра екрана і 0,5 м навколо монітора

Для зменшення впливу електромагнітного випромінювання на працівника слід дотримуватися раціонального режиму роботи та відпочинку.

6.3.6 Оцінка умов праці

Результати аналізу умов праці на робочому місці під час розробки мультимедійного екрану заносимо до карти умов праці (таб. 6.7)

Таблиця 6.7 – Фрагмент карти умов праці на робочому місці

Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Значення чинника (ГДК, ГДР)		3 клас - небезпечні і шкідливі умови				Тривалість дії чинника, % за зміну
	Норма	Факт	1 ст.	2 ст.	3 ст.	4 ст.	
Шкідливі хімічні речовини							
Пил нетоксичний	0,15	0,1					
Оксид вуглецю	1	0,8					
Озон	0,03	0,02					

Продовження таб. 6.7

Шум, Дб	50	65					
Мікроклімат:							
Температура повітря, °С	20...24°С	19 °С	+				
Швидкість руху повітря, м/с	0,1 м/с	0,1 м/с					
Відносна вологість, %	40...60%	55 %					
Рівень іонізації повітря в приміщенні							
n+	1500-3000	30000					
n-	3000-5000	35000					
Природне (КПО, %)	1,5	1,5					
Загальна кількість чинників			1				

Таким чином, умови праці дослідника відповідно до карти умов праці можна класифікувати як допустимі. На дослідника має вплив лише один шкідливий фактор І ступеня – понижена температура повітря. Даний недолік пов'язаний з тим, що приміщення має досить великий об'єм. Для нормалізації цього параметру слід використовувати потужнішу систему кондиціонування, яка дозволить нормалізувати температуру у приміщенні.

ВИСНОВКИ

В роботі виконані нові науково-технічні рішення, спрямовані на підвищення продуктивності автоматичної лінії для переробки картоплі, зокрема, виготовлення картопляної крупи, що досягається застосуванням конвеєрв-дозатора оригінальної конструкції, який оснащено приводом із можливістю безступінчастого регулювання швидкості стрічки.

1. На основі виконаного аналізу відомих технічних рішень **було встановлено**, що для підвищення продуктивності переробки картоплі, а саме осушення картопляного пюре до стану крупи, потрібно забезпечити стабільність та рівномірність завантаження сушарки шляхом застосування конвеєра-дозатора оригінальної конструкції, який може бути оснащено приводом із безступінчастим регулюванням, для інтеграції із системою керування сушарки.

2. Також, лінію додатково оснащено установкою для змішування картопляних пластівців, або картопляної крупи (наприклад, флейклетс) із різного роду харчових домішок, в тому числі і пастоподібних, що можуть дозуватися в бункер змішувача за допомогою додаткового шнекового екструдера. Використання додаткового обладнання дозволить отримати картопляні пластівці, або картопляну крупу із різними смаками, різної гостроти (при потребі, – різного кольору), або навіть глазурованою.

3. Створено математичну модель приводу конвеєра-дозатора на основі розрахункової схеми. Диференціальні рівняння руху механічної системи складено в проекціях на незалежні координати. Тобто, число рівнянь дорівнює числу ступенів вільності механічної системи. Під час написання математичної моделі були прийняті припущення: механічні ланки, що рухаються, розглядаються як суцільні тіла, які є абсолютно жорсткі; параметри ланок є постійними в часі та не залежать від температури зовнішнього середовища; сили, що діють на механічну ланку, прикладені до центра ваги відповідної ланки. Створена математична модель дозволяє розрахувати розтяг кожного елемента стрічки, визначити можливість

розриву стрічки на кожному елементі, визначити проковзування стрічки на приводних барабанах

4. За результатами **оцінювання** комерційного потенціалу розробки, середньоарифметична сума балів складає 33 що вказує, що рівень розробки є високим.

5. Бажаним шляхом реалізації проекту є **спільне підприємство** – підприємство, що базується на спільному капіталі суб'єктів господарської діяльності України або іноземних суб'єктів господарської діяльності, на спільному управлінні та на спільному розподілі результатів та ризиків.

6. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій становить – 1,7 років. Саме тому реалізація проекту є доцільною.

7. В розділі "Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях" було визначено основні характеристики дільниці, прийнято організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи та організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Математична модель приводу конвеєра-дозатора лінії по переробці овочевої продукції [Електронне видання] / Півторак А. А., Іскович-Лотоцький Р. Д. // Збірник тез Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи. . – Вінниця : ВНТУ, 2022
2. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
3. Сисолін, П.В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування: підруч. для студ. вищ. навч. закл.. Кн. 1: Машини для переробки / П.В. Сисолін; В.М. Сало, В.М. Кропівний; за ред. М.І. Черновола. – Київ: Урожай, 2001. - 384 с.
4. Механізація переробки і зберігання плодоовочевої продукції : Навч. Посібник. / О.В. Дацишин, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач За ред. О.В. Дацишина – К.: Мета, 2003. – 288с.
5. Ялпачик Ф.Ю. Монтаж та пусконаладження обладнання переробних підприємств / Ф.Ю. Ялпачик, О.П. Ломейко, В.О. Олексієнко, В.Г. Циб: Навч. посібник . Мелітополь, ТОВ “Видавничий будинок ММД”, 2009.–156с. (гриф МОН)
6. Ялпачик В.Ф. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств / Ялпачик В.Ф., Ломейко О.П., Циб В.Г., Ялпачик Ф.Ю., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Шпиганович Т.О. Навчальний посібник: Практикум– Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. – 235с.
7. Ревенко, І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підруч. для студ. вузів / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. - Київ: Кондор, 2009. – 730 с.
8. Севостьянов І. В. С-28 Технологічне обладнання цехів переробки продукції тваринництва. Навчальний посібник / І. В. Севостьянов, І. А. Зозуляк. – Вінниця : ВНАУ, 2020. – 127 с.
9. Кіницький, Я.Т. Теорія механізмів і машин: Підручник / Я.Т. Кіницький; Ред. М.К. Афанасьєва. - Київ: Наук. думка, 2002. - 659 с.

10. Антонюк В.Е. Конструктору верстатних пристосувань / В.Е. Антонюк – Мн.: Біларусь, 1991. – 400 с.
11. Кіницький, Я.Т. Теорія механізмів і машин: Підручник / Я.Т. Кіницький; Ред. М.К. Афанасьєва. - Київ: Наук. думка, 2002. - 659 с.
12. Василенко, П. М. Методика побудови математичних моделей функціонування мобільних машин та машинових агрегатів / П. М. Василенко, В. П. Василенко ; УААН. - Київ: Аграр. наука, 1996. - 24 с.
13. Теорія автоматичного управління: підручник для студ. вузов: В 2-х ч. Ч. 1: Теорія лінійних систем автоматичного управління / [Н. А. Бабаков, А. А. Воронов, А. А. Воронова и др.]; під ред. А. А. Воронова. - 2-е вид., перероб. і доп. - М.: Висш. шк., 1986. – 367 с.
14. Зайцев, Г.Ф. Теорія автоматичного управління: Підручник для вищих навч. закладів / Г. Ф. Зайцев, В. К. Стеклов, О. І. Бріцький; За ред. Г. Ф. Зайцева – К.: Техніка, 2002. – 686 с.
12. Fedorko G., Ivančo V., Molnár V., Husáková N. Analysis of influence of conveyor belt overhang and cranking on pipe conveyor operational characteristics // Measurement. 2015. Vol. 63. P. 168–175.
13. Fedorko G., Ivančo V., Molnár V., Husáková N. Simulation of Interaction of a Pipe Conveyor Belt with Moulding Rolls // Procedia Engineering. 2012. Vol. 48. P. 129–134.
14. He Q., Li H. Review of Dynamic Modeling and Simulation of Large Scale Belt Conveyor System // Intelligent Computing and Information Science. Series: Communications in Computer and Information Science. 2011. Vol. 134. P. 167–172.
15. Schmidt Th., Leiking L. A novel simulation model for the dimensioning of cover band conveyors // Mechanism and Machine Theory. 2009. Vol. 44, iss. 9. P. 1795–1805.
16. Дмитрієва В. В. Моделювання пуско-гальмівних режимів стрічкового конвеєра // Гірський інформ.-аналіт. бюл. 2014. № 5. С. 65–72.
17. Бухаров Р. А. Розробка і комп'ютерне моделювання алгоритму управління для оптимізації процесу гальмування магістрального стрічкового конвеєра // Горські науки і технології. 2014. № 3. С. 27–38.

18. Шешко Е. Е., Степанова А. Ю., Мостаков В. А. Обґрунтування величини притискного зусилля на крутонахиленому конвеєрі з притискною стрічкою // Гірський інформ.-аналіт. бюл. 2014. № S6. С. 134–146.
19. Васильев К. А., Николаев А. К., Сазонов К. Г. Транспортні машини та обладнання шахт і рудників. СПб.: Лань, 2012. 544 с.
20. Шахмейстер Л. Г., Дмитриев В. Г. Теорія та розрахунок стрічкових конвеєрів. М.: Машиностроение, 1987. 336 с.
21. Затонский А. В. Теоретический подход к управлению социально-техническими системами // Программные продукты и системы. 2008. № 1. С. 29–32.
22. Методичні вказівки до виконання студентами магістрами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22с.
23. Козловський В.О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 75с.
24. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні: навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
25. Сердюк В.Р. Збірник законодавчих і нормативних актів з питань охорони праці. – Вінниця: Континент-ПРИМ, 1995. – 231 с.
26. Штефан Б.П., Терещенко О.П., Дрончак В.О. Лабораторний практикум з дисципліни "Основи охорони праці". – Вінниця. ВДТУ, Ч. 2. – 2001. – 73 с.
27. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>
28. НПАОП 0.00-7.11-12. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>.
29. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028.

30. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_praor_0_00-7_15-18_01_ua.php

31. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

32. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ГМ,
д.т.н., проф. Л. К. Поліщук
“ ___ ” _____ 2022 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОБЛАДНАННЯ
АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ З ПЕРЕРОБКИ КАРТОПЛІ

08-27.МКР.005.00.000 ТЗ

Керівник проекту
д.т.н., проф. кафедри ГМ
Р. Д. Іскович-Лотоцький
Виконавець: ст. гр. 1ГМ-21м
Півторак А. А.

Вінниця 2022

1 Найменування і область застосування

Найменування – обладнання (автоматична лінія) для переробки овочевої продукції. Область застосування: автоматична лінія є одним із відомих типів обладнання, що застосовується галузі переробки харчових продуктів.

2 Основа для розробки

Основою для розробки даної магістерської кваліфікаційної роботи (МКР) є індивідуальне завдання на МКР та наказ ректора по ВНТУ про затвердження тем МКР.

3 Мета і призначення розробки

Метою і призначенням розробки є розширення функціональних можливостей автоматичної лінії з переробки картоплі за рахунок застосування спеціального обладнання оригінальної конструкції. Призначення розробки – переробка овочевої продукції.

4 Джерела розробки

Список використаних джерел розробки

1. Ялпачик Ф.Ю. Монтаж та пусконаладження обладнання переробних підприємств / Ф.Ю. Ялпачик, О.П. Ломейко, В.О. Олексієнко, В.Г. Циб: Навч. посібник . Мелітополь, ТОВ “Видавничий будинок ММД”, 2009.–156с. (гриф МОН)
2. Ялпачик В.Ф. Монтаж, експлуатація і ремонт машин та обладнання переробних підприємств / Ялпачик В.Ф., Ломейко О.П., Циб В.Г., Ялпачик Ф.Ю., Самойчук К.О., Олексієнко В.О., Шпиганович Т.О. Навчальний посібник: Практикум– Мелітополь: Видавничий будинок ММД, 2014. – 235с.
3. Севостьянов І. В. С-28 Технологічне обладнання цехів переробки продукції тваринництва. Навчальний посібник / І. В. Севостьянов, І. А. Зозуляк. – Вінниця : ВНАУ, 2020. – 127 с
4. Ревенко, І.І. Машини та обладнання для тваринництва: підруч. для студ. вузів / І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.І. Ребенко. - Київ: Кондор, 2009. - 730 с.
5. Кіницький, Я.Т. Теорія механізмів і машин: Підручник / Я.Т. Кіниць-

5 Технічні вимоги

5.1 Склад виробу і вимоги до конструкції

– установка має додатково до оснащуватися конвеєром-дозатором для забезпечення рівномірної подачі картопляного пюре до сушарки (подача узгоджується із системою керування сушарки) та змішувача для введення органо-лептичних домішок до готової картопляної крупи;

конструктивні вимоги до установки та її складових частин:

– орієнтовані розміри установки 13000×5600×3000 мм;

– регулювання органів керування – безступінчасте;

– вимоги монтажно-придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;

– захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;

– деталі, вузли установки, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила

5.2 Показники призначення

– продуктивність лінії – 180 кг/год;

– витрата сировини (картоплі) – 300 кг/год;

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – конструкція деталей установки повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті.

5.5 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні і управлінні.

5.6 Матеріали, що використовуються для деталей установки слід вибирати відповідно до рекомендацій, що застосовують під час виготовлення контрольно-

розподільної гідроапаратури.

5.7 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговування і ремонту:

– умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньоширотних кліматичних умовах;

– час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 год;

– вид обслуговування періодичний;

– періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 4 дні (один раз в три місяці);

5.8 Вимоги до транспортуванню і збереженню

– можливість транспортування на будь-якому виді транспортних засобів

– захист від ударів під час завантаження і розвантаження

– зберігання на складі готової продукції

– зберігання у законсервованому вигляді

– складування на стелажах.

6 Економічні показники:

– орієнтований економічний ефект від використання нової розробки становить 661712, 87грн,

– освоєння виробництва продукції,

– економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

7 Стадії і етапи розробки

7.1 Розробка технічного завдання.

7.2 Огляд конструктивних особливостей існуючих типів обладнання для переробки овочевої продукції та їх принципових схем.

7.3 Опис будови та принципу роботи модернізованої автоматичної лінії для переробки картоплі.

7.4 Математичне моделювання приводу конвеєра-дозатора.

7.5 Розрахунок основних конструктивних параметрів установки, економічних розрахунків.

- 7.6 Техніко-економічні розрахунки, розробка заходів безпеки життєдіяльності.
- 7.7 Оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту дипломного проекту.

8 Порядок контролю і прийомки

- рубіжний контроль виконання окремих розділів проекту;
- попередній захист МКР;
- захист МКР перед ЕК;

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ОБЛАДНАННЯ
АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ З ПЕРЕРОБКИ КАРТОПЛІ**

Схеми існуючих ліній переробки картоплі

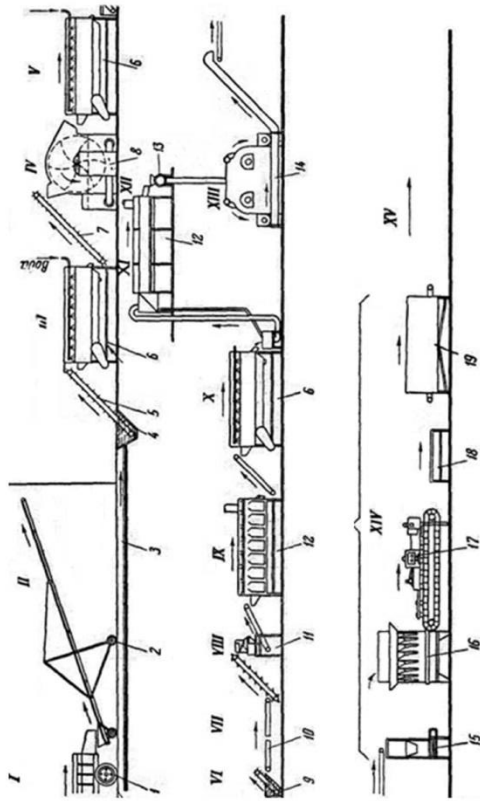


Рисунок 1 – Схема лінії для виробництва картопляних пластівців

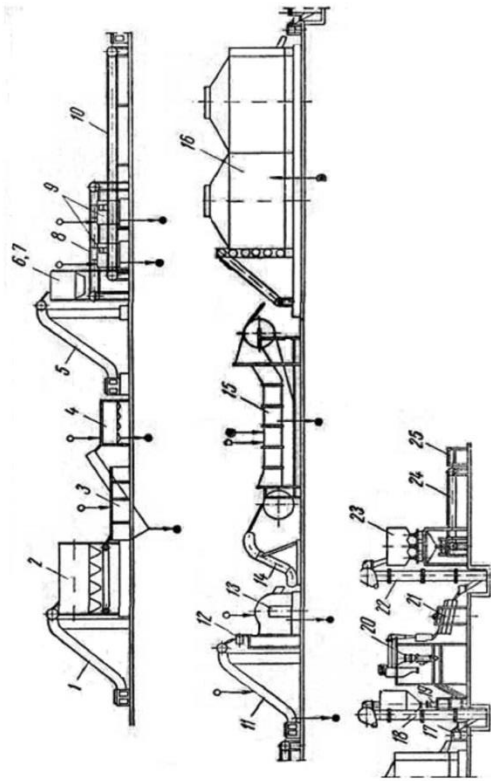


Рисунок 3 – Схема лінії по виробництву картопляної крупи способом подріднення висушеної картоплі на струменевих млинах

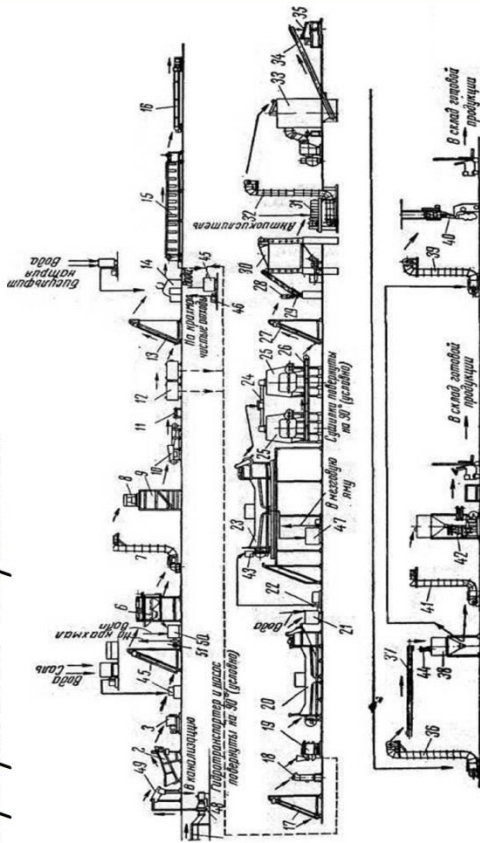


Рисунок 2 – Схема лінії для виробництва картопляної крупи способом двократної сушки

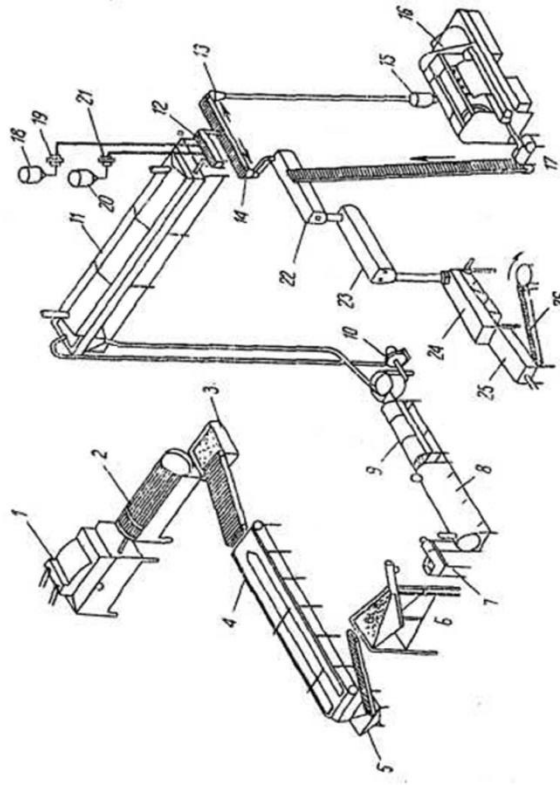


Рисунок 4 – Схема лінії для виробництва сухого картопляного пюре «Флейкеттс»

Конструктивна схема та конструктивні характеристики лінії із переробки картоплі

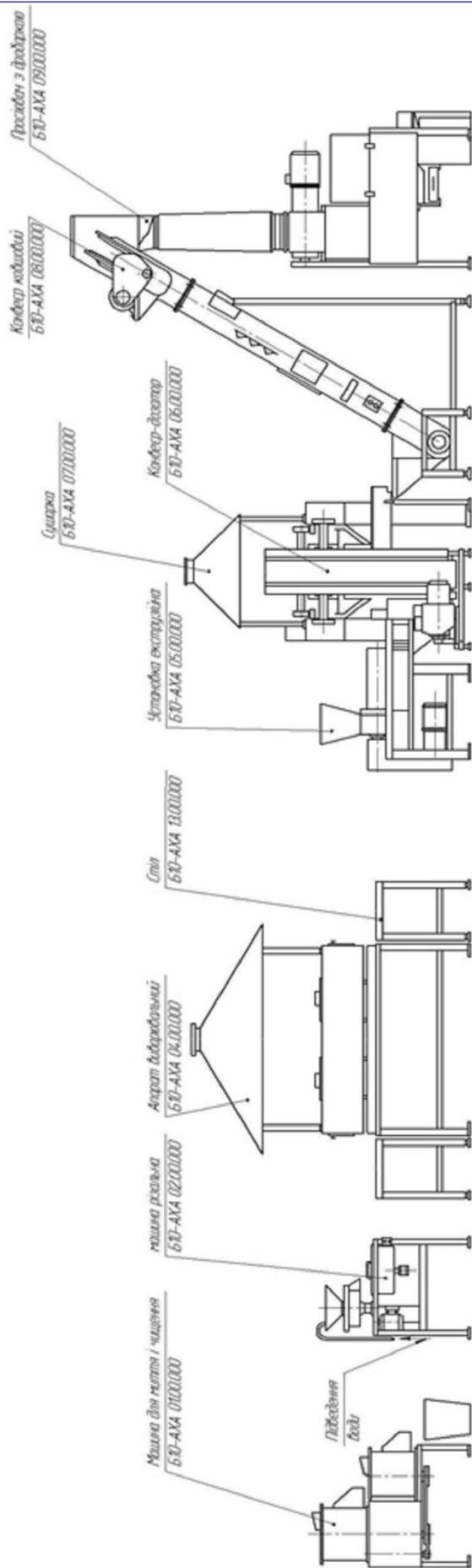


Рисунок 5 – Конструктивна схема лінії виробництва картопляного пюре

Технічна характеристика лінії:

Продуктивність лінії, кг/год	25
Потужність, кВт	44
Габаритні розміри, мм:	
довжина	13000
ширина	5600
висота	3000
Займаєма площа, м ²	56
Маса, кг	3500
Коефіцієнт автоматизації	0,8
Витрата води, м ³ /год	0,8
Кількість обслуговуючого персоналу, чел	4
Витрата сировини: картопля, кг/год	200
моноглицериди дистильовані, кг/год	0,9

Кінематична схема приводу конвеєра-дозатора

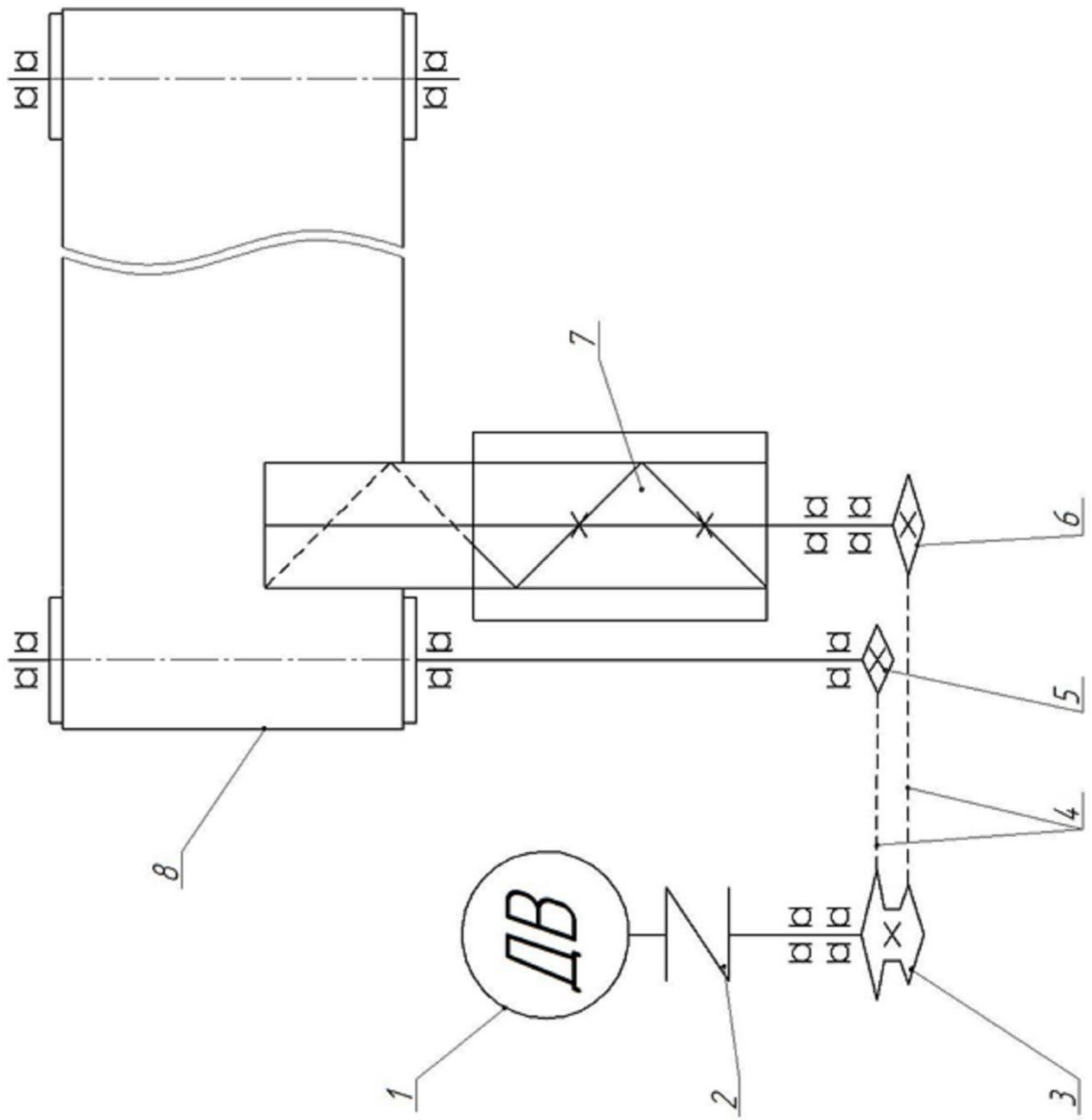


Рисунок 6 – Кінематична схема приводу конвеєра-дозатора

Розрахункова схема та математична модель приводу конвеєра-дозатора

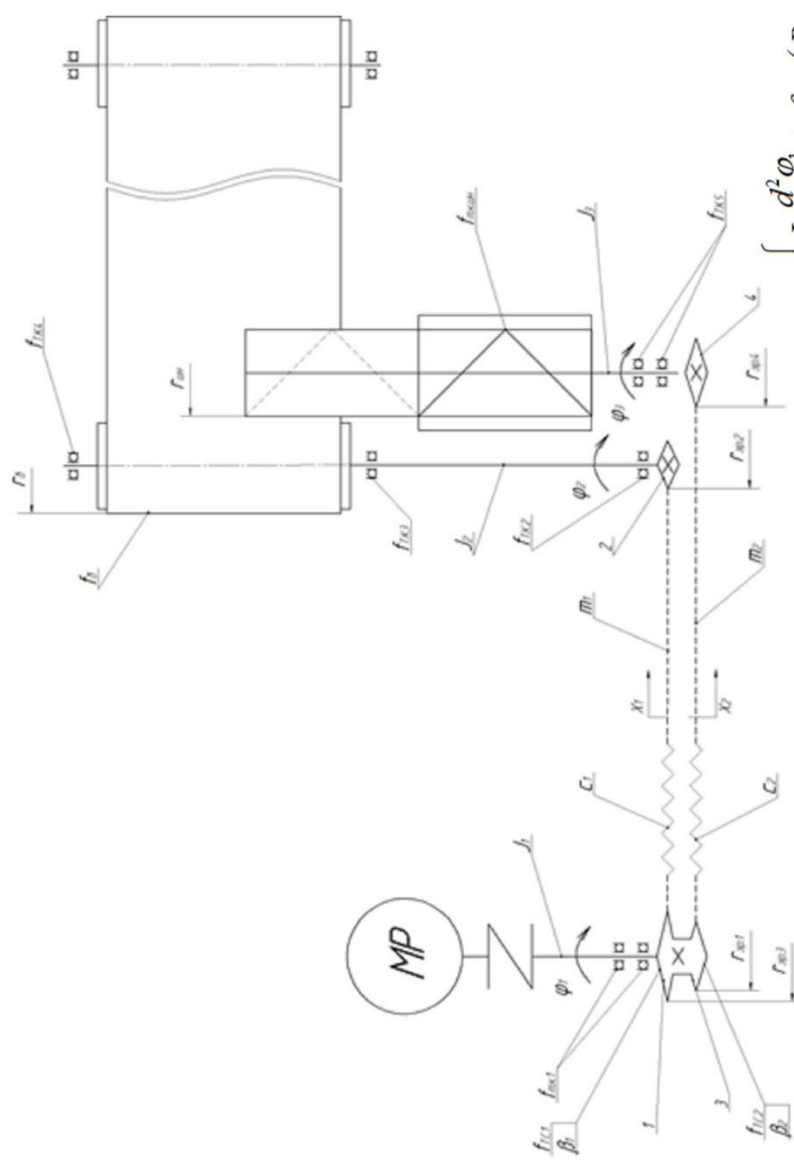


Рисунок 7 – Розрахункова схема приводу конвеєра-дозатора

$$\left. \begin{aligned}
 J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + f_{m.к.} (R_{он1} + R_{он2}) \text{sign} \frac{d\varphi_1}{dt} &= M_{дв} - (F_{тв1} \cdot r_{тв1} + F_{тв3} \cdot r_{тв3}); \\
 m_1 \frac{dx_1}{dt^2} + \beta_1 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_1}{dt} &= F_{тв1} - F_{тв1} - F_{тв1} - c(\varphi_1 \cdot r_{тв1} + \varphi_2 \cdot r_{тв2}); \\
 m_2 \frac{dx_1}{dt^2} + \beta_2 \frac{dx_1}{dt} + N \cdot \text{sign} \frac{dx_2}{dt} &= F_{тв2} - F_{тв2} - c(\varphi_1 \cdot r_{тв1} + \varphi_2 \cdot r_{тв2}); \\
 J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} + f_{m.к.} (R_{он1} + R_{он2} + R_{он3} + R_{он4}) \text{sign} \frac{d\varphi_2}{dt} &= F_{тв2} \cdot r_2 - F_{тв6} \cdot r_6; \\
 J_3 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} + f_{m.к.} (R_{он1} + R_{он2} + R_{он3} + R_{он4}) \text{sign} \frac{d\varphi_2}{dt} &= F_{тв2} \cdot r_2 - F_{тв6} \cdot r_6.
 \end{aligned} \right\}$$

Рисунок 8 – Математична модель приводу конвеєра-дозатора

Результати математичного моделювання приводу конвеєра-дозатора

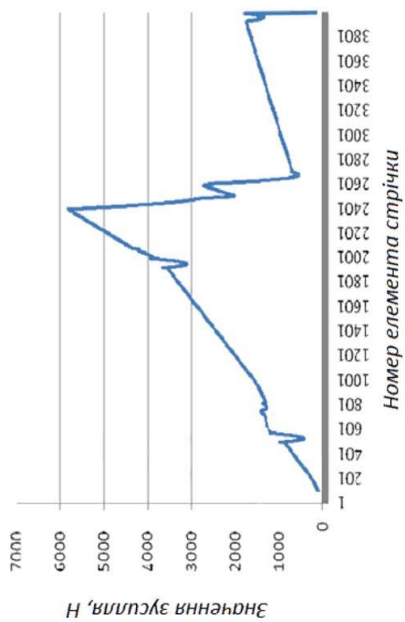


Рисунок 9 – Графік зусиль за нормального режиму роботи

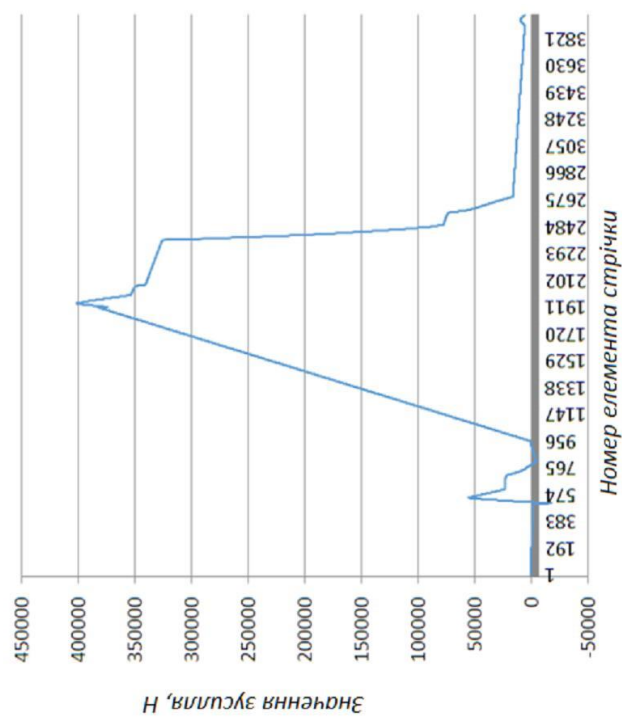


Рисунок 10 – Графік тягових зусиль при наближенні до розриву стрічки

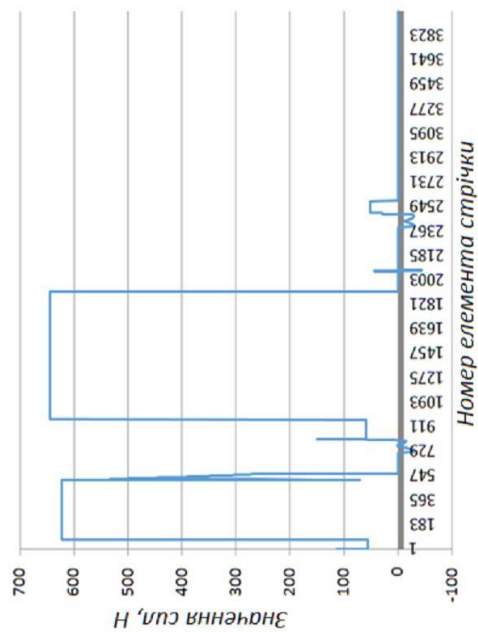
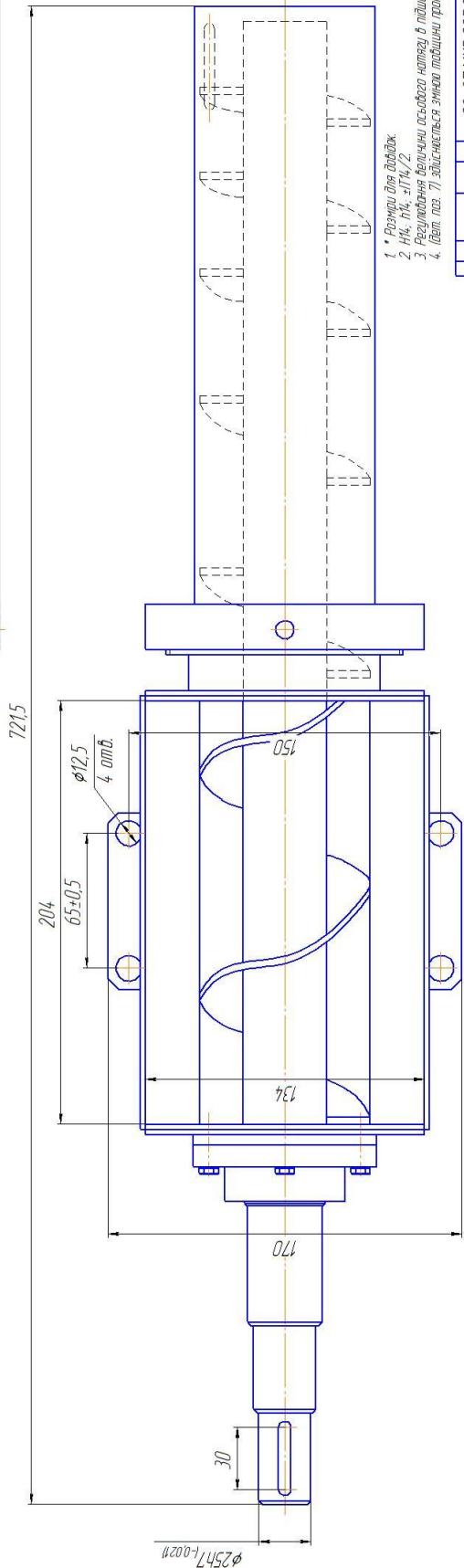
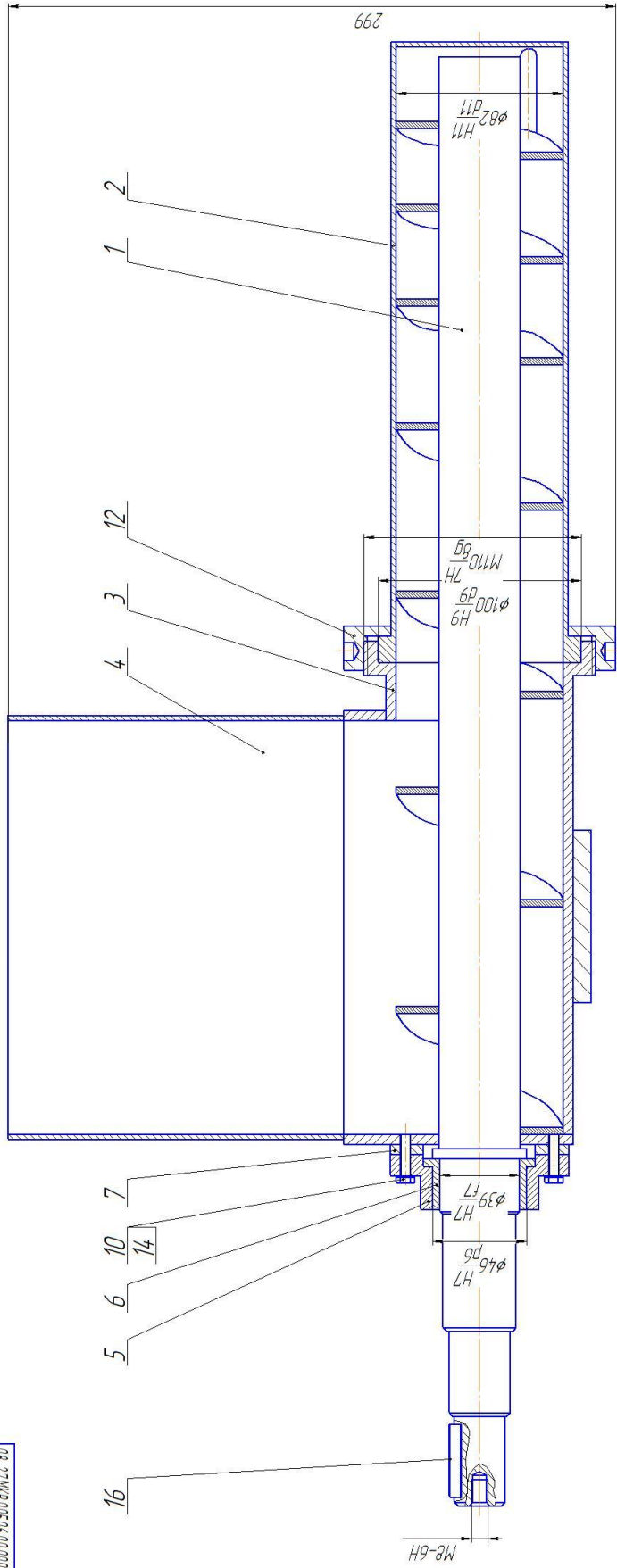


Рисунок 11 – Графік сум сил на елементах у момент після розриву стрічки

08-27.МКР.005.06.00.000.СК

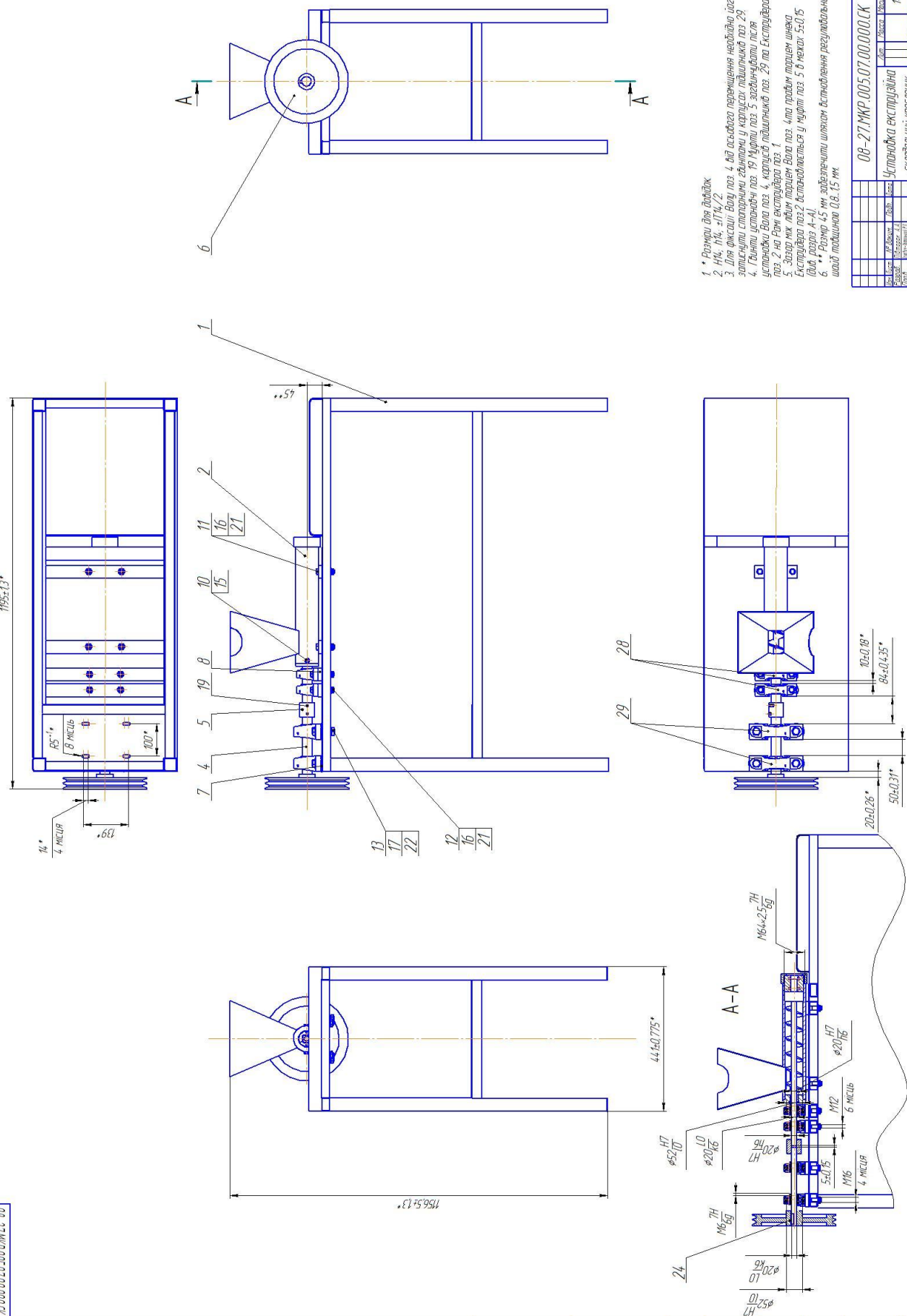


- 1 - Размеры для доводки
- 2 - НЧ, 1Ч, ±Г/Ч/2
- 3 - Регулировка величины осевого натяга в подшипнике координат
- 4 - Дет. поз. 7) выполняется з/наим. по таблице графика поз. 10.

08-27.МКР.005.06.00.000.СК	
Исполн.	Провер.
Дет. поз.	Материал
11	Ст. 08.11.14-2.МК
Дозатор шнековой	
Лист	Всего листов
11	11
60303671	

08-27МКР.005.07.00.00.00.СК

1156±13*

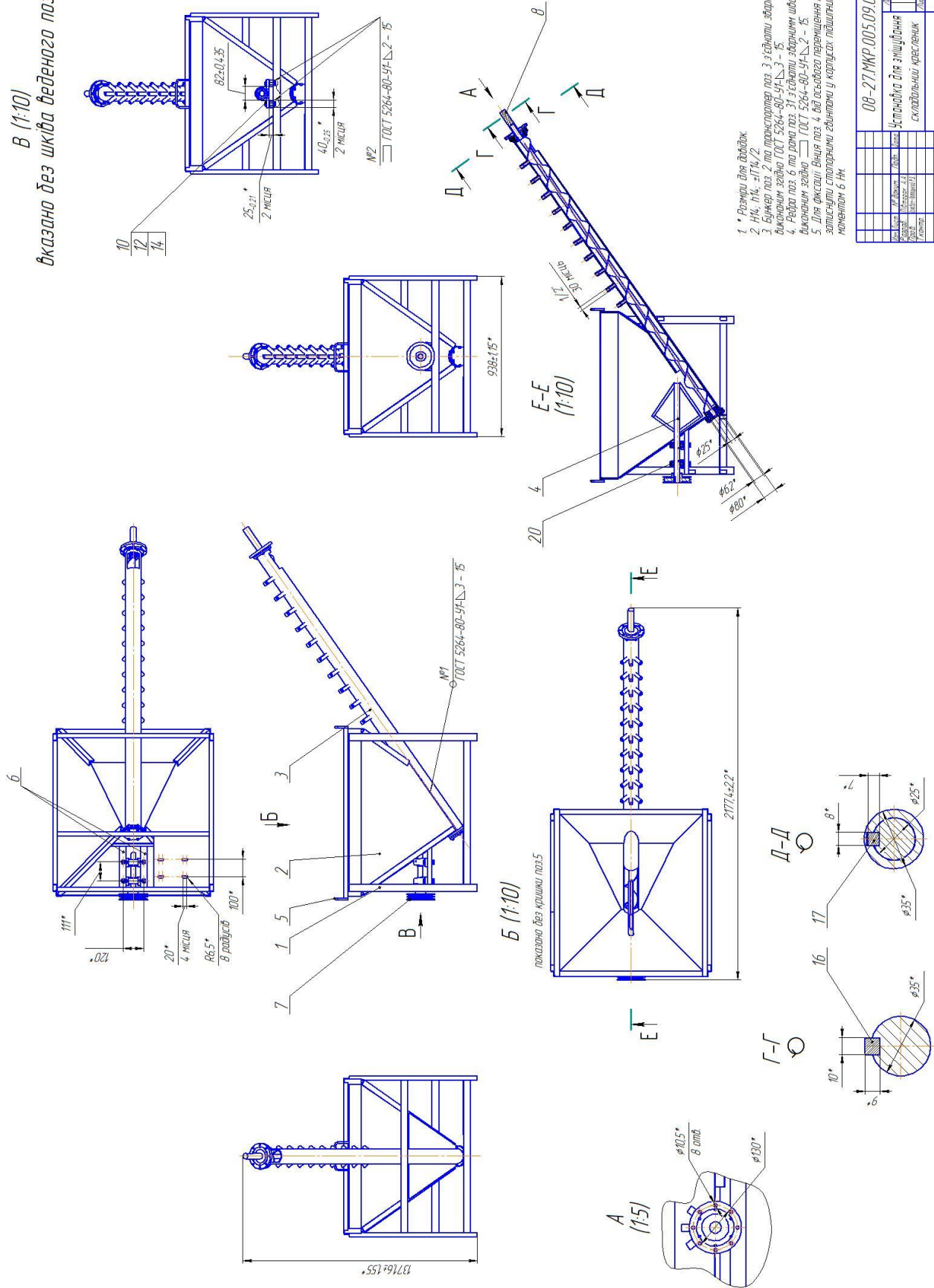


- 1 * Размеры для выбора
- 2 М16, М14, М12
- 3 Для фиксации втулки в корпусе подшипника поз.29
- 4 Гайка Усталович поз.19 втулка поз.5 подшипник поз.29
- 5 Усталович поз.4, карусель подшипник поз.29 поз.29
- 6 Шайба между торцами втулки поз.4 и торцом торцевой шайбы
- 7 Экструдер поз.2 устанавливается у втулки поз.5 в местах 5±0.15 (для разреза А-А)
- 8 Резьба 45 мм забегнута шлягой встраивания регулирующей шайбы толщиной 08-15 мм

08-27МКР.005.07.00.00.00.СК	
Исполнитель	Усталович Александр
Проверенный	Склякович Кристина
Дата	15
Лист	1
Всего листов	1
Ст. экз.	174-214
Экз.	1

08-27 МКР 005 09 00 000 СК

В (1:10)
вказано без шків веденого поз. 7

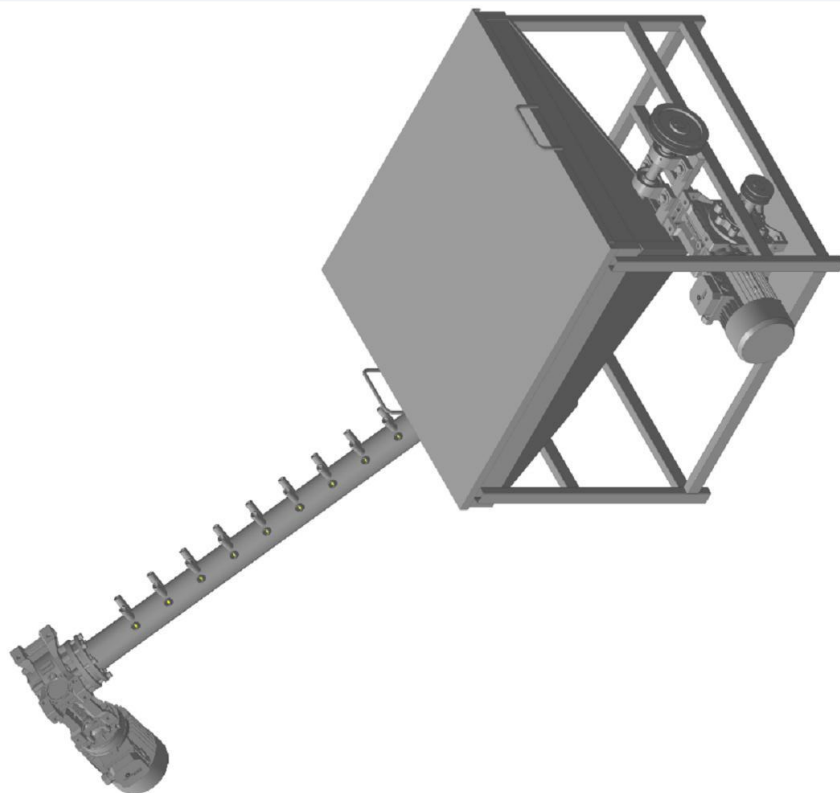


- 1 * Вказано для довідки.
- 2 №6, №4, -Г/№2
- 3 Буквар поз. 2 та трамплетер поз. 3 з'єднати зборним швом №1
- 4. Редуктор поз. 6 та база поз. 3 з'єднати зборним швом №2
- 5. Для фіксації вантаж поз. 4, від осьового переміщення необхідно його записати спеціальними зв'язками у корпусі підвищеного поз. 20 моментом 6 Нм

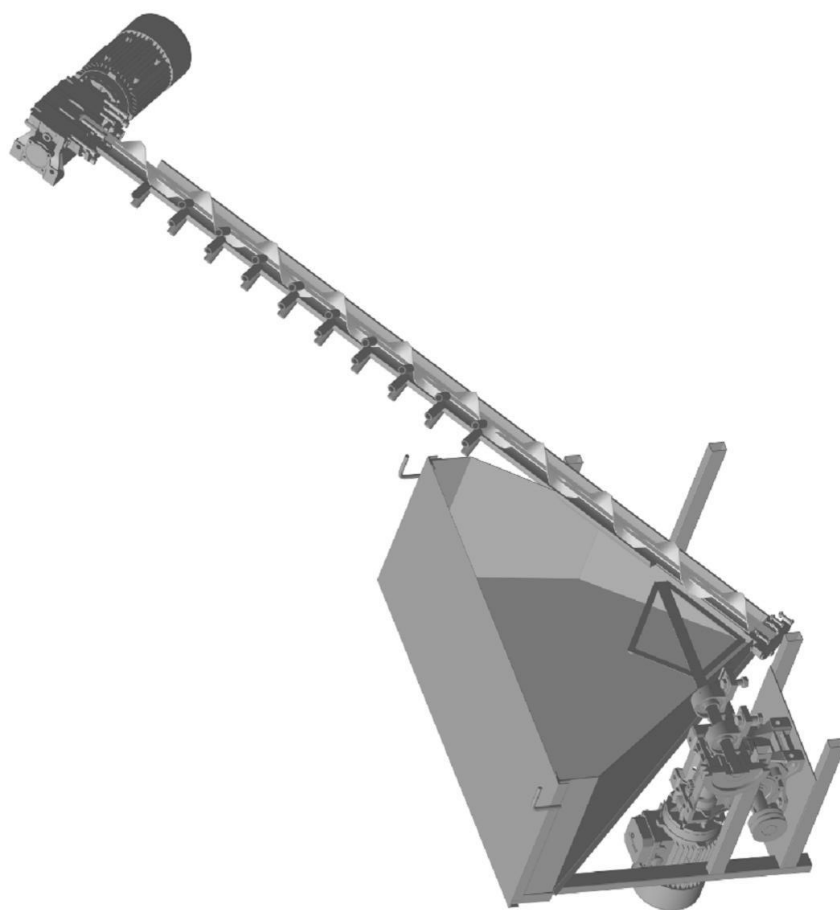
08-27 МКР 005 09 00 000 СК	
№ зм.	№ докум.
110	110
Установка для змішування	
складальний креслений	
Лист	Листів
1	7
Ст. вкл. 174-214	
Формат А1	

3D-модель установки для змішування

Загальний вигляд:



Вигляд в розрізі:



Додаток В

СПЕЦИФІКАЦІЇ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-27.МКР.005.06.00000.СК	Складальне креслення	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
<u>Деталі</u>						
A4	1		08-27.МКР.005.06.00.001	Шнек	1	
A4	2		08-27.МКР.005.06.00.002	Гільза	1	
A3	3		08-27.МКР.005.06.00.003	Корпус	1	
A4	4		08-27.МКР.005.06.00.004	Горловина	1	
A4	5		08-27.МКР.005.06.00.005	Кришка	1	
A4	6		08-27.МКР.005.06.00.006	Втулка	1	
A4	7		08-27.МКР.005.06.00.007	Кільце	1	
<u>Стандартні вироби</u>						
				Болт ГОСТ 7808-70		
		10		M8-8dх20.48.019	8	
				Гайка ГОСТ 8381-73		
		12		M110-6H	1	
				Шайба 2 в/л ГОСТ 6402-70	8	
				Шпонка ГОСТ 10748-79		
		16		6 x 6x 36	1	
08-27.МКР.005.06.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Лікторак А.А.			Лист	Листов
Проб.		Екавич-Лопатський Р.Д.			1	2
Н.контр.		Екавич-Лопатський Р.Д.			ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21м	
Утв.		Поліщук Л.К.			Формат А4	

Копіював

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-27.МКР.005.07.00.000.СК	Складальне креслення	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
A1	1		08-27.МКР.005.07.01.000.СК	Рама екструдера		
A1	2		08-27.МКР.005.07.02.000.СК	Екструдер		
<u>Деталі</u>						
A4	4		08-27.МКР.005.07.00.001	Вал	1	
A4	5		08-27.МКР.005.07.00.002	Муфта	1	
A3	6		08-27.МКР.005.07.00.003	Шків ведений 2	1	
A4	7		08-27.МКР.005.07.00.004	Шайба регульовальна 1	4	
A4	8		08-27.МКР.005.07.00.005	Шайба регульовальна 2	4	
<u>Стандартні вироби</u>						
				Болт ГОСТ 7808-70		
	10			M8-8gx16.48.019	2	
	11			M12-8gx50.48.019	4	
	12			M12-8gx65.48.019	4	
08-27.МКР.005.07.00.000						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Підторак А.А.			Лист	Листов
Проб.		Екабич-Лопатський Р.Д.			1	2
Н.контр.		Екабич-Лопатський Р.Д.			ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21м	
Утв.		Поліщук Л.К.			Формат А4	

Копіював

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		13		M16-8gx60.48.019	4	
				Гайка ГОСТ 15916-70		
		15		M8.7H5.019	2	
		16		M12.7H5.019	8	
		17		M16.7H5.019	4	
				Гвинт установочний ГОСТ Р ИСО 4027		
		19		M6 x 10	4	
				Шайба ГОСТ 6402-70		
		21		12Л	8	
		22		6Л	4	
				Шпонка ГОСТ 23360-78		
		24		10x9x32	1	
				<i>Інші вироби</i>		
				Корпус підшипників		
		28		snr ucpr202	2	
		29		snr ucpr206	2	

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Підп. і дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

08-27.МКР.005.07.00.000

Лист
2

Копіював

Формат А4

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-27.МКР.005.08.00.000.СК	Складальне креслення	1	
<u>Деталі</u>						
б/к	1		08-27.МКР.005.08.00.001	Ніжка Труба 40x40x2,0 ГОСТ 8639-82 09Г2 ГОСТ 13663-86 l = 850мм;	4	
б/к	2		08-27.МКР.005.08.00.002	Редра 1 Труба 40x25x2,0 ГОСТ 8639-82 09Г2 ГОСТ 13663-86 l = 1140мм;	2	
б/к	3		08-27.МКР.005.08.00.003	Редра 2 Труба 40x25x2,0 ГОСТ 8639-82 09Г2 ГОСТ 13663-86 l = 842мм;	1	
A4	4		08-27.МКР.005.08.00.004	Редра 3	4	
A4	5		08-27.МКР.005.08.00.005	Редра 4	2	
A4	6		08-27.МКР.005.08.00.006	Редра 5	2	
б/к	7		08-27.МКР.005.08.00.007	Кутник 1 Кутник 30x30x3 ГОСТ 8509-93 Ст3пс5 ГОСТ 535-2005 l = 1060мм;	2	
б/к	8		08-27.МКР.005.08.00.008	Кутник 2 Кутник 30x30x3 ГОСТ 8509-93 Ст3пс5 ГОСТ 535-2005 l = 378мм;	1	
б/к	9		08-27.МКР.005.08.00.009	Кутник 3 Кутник 30x30x3 ГОСТ 8509-93 Ст3пс5 ГОСТ 535-2005 l = 361мм;	2	
08-27.МКР.005.08.00.000.СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Лікторак А.А.			Лит.	Лист
Проб.		Екабу+Лопачький Р.Д.				1
Н.контр.		Екабу+Лопачький Р.Д.				2
Утв.		Поліщук Л.К.			ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21м	
Рама екструдера						
Копіравал						
Формат А4						

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			08-27.МКР.005.09.00.000 СК	Складальне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
A1	1		08-27.МКР.005.09.01.000.СК	Рама змішувача		
A1	2		08-27.МКР.005.09.02.000.СК	Бункер		
A2	3		08-27.МКР.005.09.03.000.СК	Транспортер		
A2	4		08-27.МКР.005.09.04.000.СК	Вінець		
A1	5		08-27.МКР.005.09.05.000.СК	Кришка		
<i>Деталі</i>						
A4	6		08-27.МКР.005.09.00.001	Редьор	2	
A3	7		08-27.МКР.005.09.00.002	Шків ведений 1	1	d=160мм
A3	8		08-27.МКР.005.09.00.003	Перехідник	1	
<i>Стандартні вироби</i>						
	10			Болт ГОСТ 7808-70 M16-8gx55.48.019	4	
08-27.МКР.005.09.00.000						
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.		Підторак А.А.			Лист	Листов
Проб.		Екабч-Лопатський Р.Д.			1	2
Н.контр.		Екабч-Лопатський Р.Д.			ВНТУ, ст. гр. 1ГМ-21м	
Утв.		Поліщук Л.К.			Формат А4	

Копіював

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		12		Гайка ГОСТ 15916-70 М16.7Н5.019	4	
		14		Шайба ГОСТ 6402-70 16/1	4	
		16		Шпонка ГОСТ 23360-78 8x7x32	1	
		17		10x9x70	1	
				<i>Інші вироби</i>		
		20		Корпус підшипників snr ucр206	2	

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дідл.	Підп. і дата

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

08-27.МКР.005.09.00.000

Лист
2

Копіював

Формат А4

Додаток Г

**ПОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)
РОБОТИ**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Розширення функціональних можливостей обладнання автоматичної лінії з переробки картоплі»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ Кафедра «Галузевого машинобудування», ФМТ, ІГМ-21м
(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Науковий керівник Іскович-Лотоцький Р. Д., професор кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

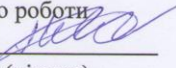
Показники звіту подібності

Plagiat.pl (StrikePlagiarism)		Unicheck	
КП1		Оригінальність	97,1%
КП2			
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	2,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

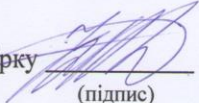
- ✓ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення с недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор  Півторак А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Ознак академічного плагіату не виявлено

Особа, відповідальна за перевірку  Шенфельд В. Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Експерт _____
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)