

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр

Рівень вищої освіти

Модернізація лінії з виробництва хрусткої картоплі

Назва теми

Галузь знань – 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Машини і апарати харчових виробництв»

Шифр ДП МАХВМ 25.01.00.00

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

Підпис Прізвище

Керівник від кафедри

Нормоконтролер

Курской В.С., доц., к.т.н.

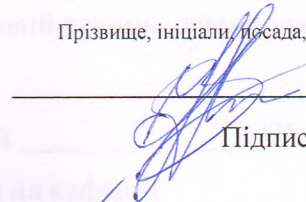
Лук'янюк М. В., доц., к.т.н.

Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь

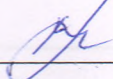
Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь



Підпис



Підпис

До захисту допускаю: зав. кафедрою  Мартинюк А.В.

Підпис

Прізвище

Хмельницький 2025

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

Рівень вищої освіти – *магістр*

Галузь знань – *13 «Механічна інженерія»*

Спеціальність – *133 «Галузеве машинобудування»*

Освітня програма – *«Машини і апарати харчових виробництв»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____ 2025

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Петровський Олександр Віталійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема проєкту *Модернізація лінії з виробництва хрусткої картоплі*

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

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

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 р. № _____

2 Термін подання студентом проєкту (роботи) на кафедру _____

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) _____

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

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

6 Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

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

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____

Підпис

О.В. Петровський _____

Ініціали, прізвище

Керівник проекту (роботи) _____ В.С. Курской _____

Підпис

Ініціали, прізвище

У дипломній роботі виконано комплексне дослідження та модернізацію технологічної лінії з виробництва картоплі хрусткої. У роботі розглянуто повний технологічний цикл виготовлення картоплі хрусткої, починаючи від приймання та підготовки сировини та завершуючи пакуванням готової продукції. У технологічній частині проекту проаналізовано основні операції виробництва, виконано підбір та обґрунтування технологічного обладнання відповідно до продуктивності лінії та вимог до якості готового продукту. Особливу увагу приділено початковим операціям підготовки сировини, зокрема миттю та очищенню картоплі, які суттєво впливають на стабільність подальших технологічних процесів і знос обладнання. У конструкторській частині розроблено технічні рішення з модернізації мийної машини шляхом встановлення додаткового ролика та зміни форми гумової накладки робочих органів. Запропоновані конструктивні зміни спрямовані на покращення контакту бульб картоплі з робочими поверхнями, інтенсифікацію процесу видалення забруднень та підвищення рівномірності миття. Виконані розрахунки підтверджують працездатність модернізованої конструкції та її відповідність умовам експлуатації в складі діючої технологічної лінії. У роботі також розглянуто питання охорони праці та безпеки виробництва. Проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з експлуатацією теплового, електричного обладнання та машин з рухомими елементами. Запропоновано організаційні й технічні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці персоналу, а також розглянуто питання екологічної безпеки та мінімізації негативного впливу виробництва на навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Загальна технологія виробництва картоплі хрусткої	8
1.2 Підбір обладнання лінії з виробництва хрусткої картоплі	9
2. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	16
2.1 Патентний пошук	16
2.2 Розрахунок параметрів мийної машини	23
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	58
3.1 Безпека роботи з тепловим обладнанням	58
3.2 Електробезпека на лінії з виробництва картоплі хрусткої	59
3.3 Безпека при поводженні з рухомими елементами технологічної лінії	60
3.4 Екологічна безпека виробництва картоплі хрусткої	62
ВИСНОВОК	64
ДОДАТКИ	66

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливої уваги заслуговує виробництво продуктів швидкого приготування та снєків, серед яких провідну позицію займає хрустка картопля. Популярність цього виду продукції серед споживачів обумовлена її зручністю у використанні, тривалим терміном зберігання та стабільними органолептичними властивостями. Водночас зростаюча конкуренція на ринку харчових продуктів диктує необхідність підвищення якості продукції, оптимізації енергоспоживання під час виробничих процесів та впровадження сучасних технологічних рішень. Процес виготовлення хрусткої картоплі складається з низки ключових етапів, які включають приймання та підготовку сировини, миття і очищення бульб, нарізання, попередню теплову обробку, зневоднення, обсмаження, охолодження і пакування готової продукції. Кожна стадія суттєво впливає на якість кінцевого продукту, його текстуру, смакові властивості та зовнішній вигляд. Особливу роль у забезпеченні високих якісних показників відіграють процеси миття, попередньої термічної обробки та зневоднення картоплі. На багатьох підприємствах виробниче обладнання часто є застарілим як морально, так і фізично, що негативно впливає на продуктивність, призводить до значних втрат сировини та порушує стабільність технологічного процесу. Тому актуальним питанням для галузі залишається модернізація окремих машин та агрегатів у складі технологічних ліній з метою покращення їх експлуатаційних характеристик і ефективності обробки сировини. Основною метою даної дипломної роботи є модернізація лінії виробництва хрусткої картоплі шляхом удосконалення конструкції окремих елементів технологічного обладнання, зокрема машин для підготовки сировини. Це дозволить оптимізувати контакт продукту з робочими органами, підвищити ефективність технологічних процесів та скоротити витрати сировини. У роботі детально розглянуто технологічні

аспекти, конструктивні особливості, техніко-економічні показники та безпекові аспекти запропонованих змін.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Технологічний розділ дипломної роботи присвячений детальному вивченню та вдосконаленню технологічного процесу виробництва хрусткої картоплі, яка є одним з найпоширеніших і популярних продуктів переробки картопляної сировини. З огляду на сучасні тенденції, харчова промисловість висуває дедалі більш високі вимоги до якості готової продукції, стабільності технологічних параметрів, енергоефективності обладнання та економного використання водних ресурсів і сировини. Аналізуючи існуючі технологічні лінії з виробництва хрусткої картоплі, було виявлено низку проблемних аспектів, що впливають на якість первинної обробки сировини, зокрема на етапі миття картопляних бульб. Недостатня ефективність очищення поверхні бульб спричиняє негативні наслідки, такі як підвищений знос технологічного обладнання на наступних етапах обробки, збільшення кількості втрат сировини та погіршення споживчих характеристик кінцевого продукту. Ці недоліки особливо суттєво позначаються на загальній конкурентоспроможності продукції в умовах сучасного ринку. У межах цього розділу проведено всебічний аналіз базової технологічної схеми виробництва хрусткої картоплі, детально охарактеризовано ключові операції процесу та обґрунтовано необхідність модернізації мийного обладнання, яке є одним з основних вузлів виробничої лінії. Запропоновані конструктивні удосконалення спрямовані на покращення ефективності процесу миття бульб, підвищення рівня взаємодії робочих органів мийної машини з поверхнею сировини, а також гарантування стабільної роботи обладнання в контексті його експлуатації на промислових потужностях. Це дозволить значно оптимізувати роботу виробничої лінії, забезпечити високоякісну продукцію та підвищити рівень ресурсозбереження, що є пріоритетним завданням для галузі переробки картоплі.

1.1 Загальна технологія виробництва картоплі хрусткої

Процес виробництва хрусткої картоплі являє собою багатоступеневу технологічну послідовність, спрямовану на перетворення свіжої картоплі у готовий продукт із певними органолептичними та фізико-хімічними характеристиками. Від ефективного виконання кожної операції в технологічній лінії, зокрема етапів підготовки сировини, значною мірою залежить якість кінцевої продукції. Процес розпочинається з приймання картоплі, її короткочасного зберігання й подачі на попередні підготовчі етапи. Першим із них є миття бульб, що дозволяє видалити залишки ґрунту й різноманітні механічні домішки. Ця операція має критичне значення, оскільки навіть незначна кількість забруднень може негативно позначитися на роботі різального обладнання та зіпсувати зовнішній вигляд готової продукції. Далі картоплю очищують від шкірки, застосовуючи механічні методи. Очищені бульби ще раз промиваються для усунення залишків шкірки і крохмалю, після чого передаються на різання. Різання є важливим етапом, адже воно дозволяє отримати тонкі скибки однакової товщини, які забезпечують рівномірне обсмажування та стабільну текстуру кінцевого продукту. Наступними стадіями є попередня теплова обробка, що включає бланшування або промивання у воді з контрольованими параметрами. Ця операція допомагає знизити рівень редукуючих цукрів, стабілізувати колір і покращити текстуру картопляних скибок. Після цього продукт піддається зневодненню або обсушуванню для видалення надлишкової вологи перед етапом смаження. Смаження є ключовою технологічною операцією, під час якої скибки картоплі занурюють у розігріту рослинну олію. В процесі смаження формується характерна хрустка структура, розкриваються смакові якості й аромат продукту. Важливо дотримуватись стабільних умов обсмажування, оскільки будь-які відхилення у параметрах можуть призвести до втрати якості чіпсів та збільшення технологічних втрат. Після обсмажування хрустку картоплю охолоджують, що дозволяє зупинити термічну обробку та закріпити структуру продукту. Завершальні етапи

включають нанесення смакових добавок і пакування готової продукції у герметичну упаковку. Це забезпечує тривале збереження всіх споживчих властивостей і якості продукту протягом усього терміну його зберігання. Таким чином, процес виробництва хрусткої картоплі є складним багатоступеневим циклом, у якому ключову роль для формування високоякісного кінцевого продукту відіграє належна організація початкових стадій, особливо миття сировини. Ефективність цих процесів безпосередньо впливає не тільки на властивості чіпсів, а й на стабільну роботу всієї технологічної лінії.

1.2 Підбір обладнання лінії з виробництва хрусткої картоплі

Для прийому та подачі сировини, зокрема картоплі, в технологічному процесі застосовуються приймальні бункери разом із транспортуючими механізмами, такими як стрічкові або ковшові транспортери. Ці пристрої виконують ключову функцію забезпечення рівномірного і контрольованого потоку картоплі, що направляється далі на етап мийки, де відбувається первинна обробка продукції.



Рисунок 1.1 – Приймальний вузол

Основні технічні характеристики

Продуктивність: 3–10 т/год (залежно від швидкості стрічки)

Місткість приймального бункера: 0,8 м³

Тип транспортера: стрічковий, похилий

Ширина стрічки: 500–800 мм

Кут нахилу транспортера: 25–35°

Швидкість руху стрічки: 0,1–0,4 м/с

Привід: електродвигун з редуктором

Потужність електродвигуна: 1,5 кВт

Матеріал робочих поверхонь: вуглецева або нержавіюча сталь, харчова гумова стрічка

Тип подачі: безперервна, рівномірна

Габаритні розміри:

довжина — 2500 мм

ширина — 900мм

висота — 2500 мм

Маса: 450 кг

На етапі початкової обробки сировини важливим елементом виступає ролик мийна машина моделі ММК-2, яка забезпечує ефективне видалення ґрунтових і механічних забруднень із поверхні бульб. Цей пристрій вирізняється простотою конструкції, високою надійністю та потенціалом для конструктивного вдосконалення, що робить його оптимальним вибором для інтеграції в оновлену виробничу лінію.

Після миття картопля подається на очисну машину, де здійснюється механічне видалення шкірки.



Рисунок 1.3 – Очисна машина

Основні технічні характеристики

Продуктивність: 300–1000 кг/год

Тривалість очищення однієї порції: 1,5–3 хв

Тип дії: періодичної або напівбезперервної

Робочий орган: абразивний диск або абразивні стінки барабана

Місткість робочої камери: 10–25 кг

Частота обертання робочого органа: 250–300 об/хв

Витрати води: 0,3–0,6 м³/год

Потужність електродвигуна: 0,75–1,5 кВт

Матеріал корпусу: нержавіюча сталь

Спосіб вивантаження: механічний або самопливом

Габаритні розміри (орієнтовно):

довжина — 600–800 мм

ширина — 600–700 мм

висота — 900–1100 мм

Маса: 70–120 кг

Для мінімізації втрат сировини та підвищення якості очищення здійснюється промивання бульб після процесу їх очищення. Потім картопля спрямовується на різальну машину, яка нарізає її на скибки заданої товщини. Це є ключовим моментом для забезпечення рівномірного смаження.



Рисунок 1.4 – Машина для бланшування

Технічні характеристики

Продуктивність 300 кг/год

Температурний режим 80–95 °С

Час обробки 1–3 хв

Тип транспортера стрічка з нержавіючої сталі

Ширина стрічки 500–800 мм

Матеріал корпусу SUS304 (харчова нержавіюча сталь)

Довжина блоку 2500–5000 мм

Потужність електродвигуна 4 кВт

Витрата води (бланшувальні ванни) 0,5 м³/год

Для забезпечення стабільності фізико-хімічних властивостей сировини в технологічній лінії передбачено обладнання для попередньої теплової обробки та видалення зайвої вологи. Цей процес сприяє зниженню рівня поверхневої вологи перед етапом смаження. Головною частиною теплової системи лінії є безперервна фритюрна установка, яка забезпечує смаження картопляних скибок у рослинній олії при строго контрольованих температурних умовах.



Рисунок 1.5 – Фритюрниця

Технічні характеристики

Тип установки	Безперервна, стрічкова
Продуктивність	300–1000 кг/год
Температура обсмаження	160–180 °С
Тривалість обсмаження	1,5–3,0 хв
Робоче середовище	Рослинна олія
Об'єм олії у ванні	800–2000 л
Тип нагріву	електричний
Потужність (електрична)	5–15 кВт
Ширина транспортера	600–1000 мм
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь SUS304
Тип транспортера	Сітчаста стрічка

Система фільтрації олії Сітчасті фільтри, шнекові уловлювачі
Система відводу парів Витяжний зонт

Після завершення смаження продукт переміщується на охолоджувальний транспортер, де відбувається процес стабілізації структури чіпсів.



Рисунок 1.6 – Охолоджувальний транспортер

Технічні характеристики

Продуктивність 300 кг/год

Довжина охолоджувача 2 метри

Ширина стрічки 500 мм

Матеріал стрічки нержавіюча сталь / харчова сітка

Тип приводу асинхронний двигун + редуктор

Потужність двигуна 0,75 кВт

Джерело повітря вентилятори + канал охолодження

Температура охолодження 20–40°C (регульована)

Контроль PLC / частотний регулятор швидкості

Матеріал конструкції SUS304 (харчова нержавіюча сталь)

Для надання готовому продукту необхідних смакових якостей застосовують спеціальний ароматизатор або спеціалізований барабан для рівномірного нанесення приправ. Цей етап дозволяє надати картоплі не лише неповторний смак, але й забезпечити її естетичну привабливість. Завершальною стадією виробничого процесу є використання сучасного пакувального обладнання, яке гарантує герметичне упакування готового продукту у споживчу тару. Це не тільки зберігає свіжість і якість хрусткої картоплі, але й продовжує термін її придатності під час тривалого зберігання та перевезення до кінцевого споживача. У підсумку, раціонально підібраний і збалансований комплекс обладнання забезпечує реалізацію всього технологічного циклу виробництва хрусткої картоплі. Крім того, така інтеграція обладнання створює сприятливі умови для модернізації окремих елементів лінії, зокрема мийної машини. Подібні конструктивні зміни спрямовані на підвищення ефективності підготовки вхідної сировини, що позитивно впливає на загальну продуктивність та вдосконалення всього процесу виробництва.

2.КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

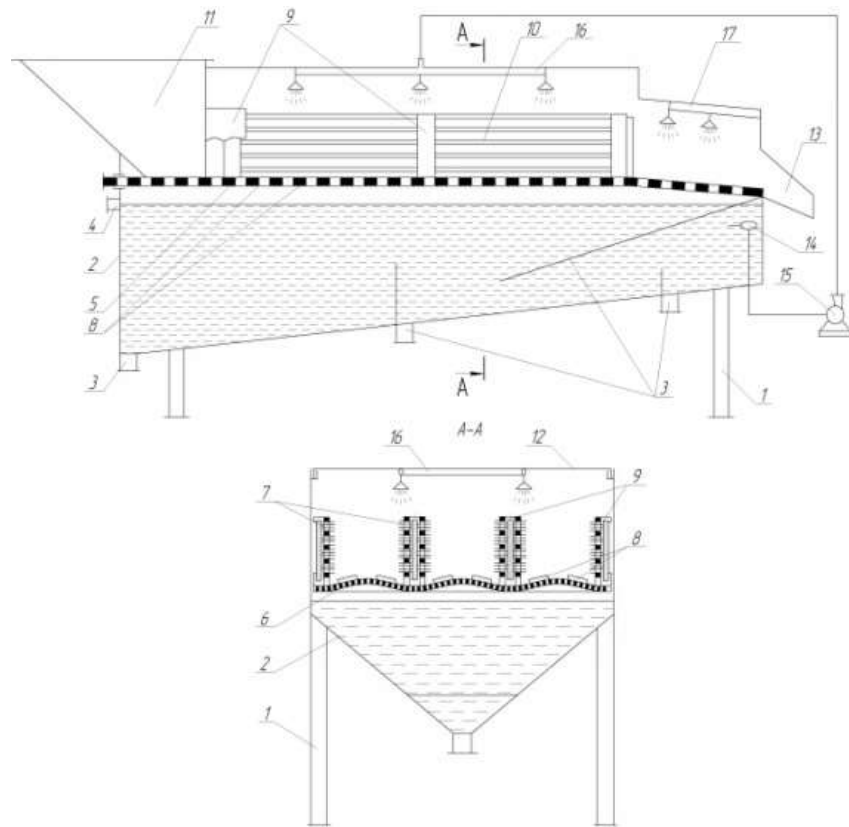
Конструкторська частина дипломного проекту зосереджена на розробці та обґрунтуванні технічних рішень для модернізації обладнання технологічної лінії з виробництва хрусткої картоплі. Її головна задача полягає в підвищенні ефективності роботи окремих машин, покращенні якості обробки сировини та забезпеченні стабільної роботи технологічного процесу. У рамках цієї частини проведено детальний аналіз існуючого обладнання, виявлено його недоліки та аргументовано необхідність конструктивних змін. Особлива увага приділяється модернізації мийної машини, адже якість миття картоплі значно впливає як на подальші технологічні процеси, так і на якість кінцевого продукту. Запропоновані конструктивні доопрацювання спрямовані на посилення процесу очищення поверхні картопляних бульб, скорочення втрат сировини та підвищення надійності функціонування обладнання. У конструкторській частині наведено всі необхідні розрахунки, що підтверджують обґрунтованість і ефективність прийнятих технічних рішень. Також враховано вимоги безпеки та реальність впровадження модернізованих конструкцій в умовах діючого виробництва.

2.1 Патентний пошук

2.1.1 Пристрій для миття коренебульбоплодів (а/с 48421 А)

Цей винахід стосується вібраційних очисних машин і може бути використаний для промивання коренеплодів. Відомий пристрій для цього процесу передбачає робочу камеру V-подібної форми, що складається із з'єднаних деталей для завантаження та розвантаження, поперечні перерізи яких поступово зменшуються у напрямку виходу. Камера має перфоровані ділянки, які занурюються частково у воду та забезпечують вібрацію. Коренеплоди піддаються дії перемішування та подрібнення, після чого здійснюється кінцеве промивання на виході з пристрою. Основна мета представленого винаходу полягає у вдосконаленні

конструкції промивного пристрою, що дозволяє підвищити інтенсивність миття, покращити якість очищення коренеплодів та зменшити навантаження на конструктивні елементи через вібрації. Рішення цієї задачі досягається шляхом модернізації пристрою, що складається з камери, всередині якої розташовані транспортуючий і мийний механізми, доповнені вертикально встановленими щітками. Щітки закріплені уздовж камери з можливістю зворотно-поступального руху по напрямних. Конструкція включає вібраційну платформу, на поверхні якої розміщено опуклі елементи в шаховому порядку із можливістю регулювання їхньої висоти. Камера закріплена на рамі, яка оснащена перегородками для відокремлення води з різним ступенем забруднення, зливною трубою для регулювання рівня води та видалення домішок, а також трубами для осадження мулу. Усередині камери розташовано конвеєрний мийний механізм, що складається з перфорованої вібрувальної платформи, чотирьох щіток, де дві зовнішні розташовані односторонньо, а дві внутрішні – двосторонньо. До платформи прикріплено клиноподібні гумові упори, розміщені біля щіток у шаховому порядку з можливістю регулювання їхньої висоти. Щітки з'єднані із серводвигунами та можуть обертатися горизонтально по напрямних, закріплених на платформі. Відстань між щітками трохи перевищує подвійний діаметр найбільшого коренеплода, при цьому платформа між ними має опуклу форму. Для захисту від стирання щітки оснащені чохлами зі стрижнями, закріпленими у напрямних. Кожна щітка рухається у протилежному напрямку щодо сусідньої, створюючи вібраційний ефект за рахунок врівноваженої системи мас.



1 – рама; 2 – камера; 3 – перегородки; 4 – зливний патрубок; 5 – патрубок для видалення осілого бруду; 6 – перфорована віброуюча площадка; 7 – щіток; 8 – гумові упори; 9 – напрямні; 10 – кожух; 11 – бункер; 12 – кришка; 13 – лоток; 14 – водозабірник; 15 – насос; 16 – колектор з насадками; 17 – колектор

Рисунок 2.1 - Пристрій для миття коренебульбоплодів

У пристрої для миття коренеплодів передбачений бункер (11), захисна кришка (12), зливний піддон (13), а також інтегрована система циркуляції промивної води, яка включає водозабір (14), насос (15), колектор із форсунками (16) і систему подачі води. Принцип роботи пристрою виглядає так: перед запуском камера заповнюється водою до рівня зливної труби (4). Далі через душовий колектор (17), що підключений до насоса (15), подається чиста вода. Водночас приводиться в рух транспортувальна платформа (6) разом із щітковим механізмом (7). Через завантажувальну воронку (11) коренеплоди надходять на платформу (6), де рівномірно розподіляються по ширині й під впливом

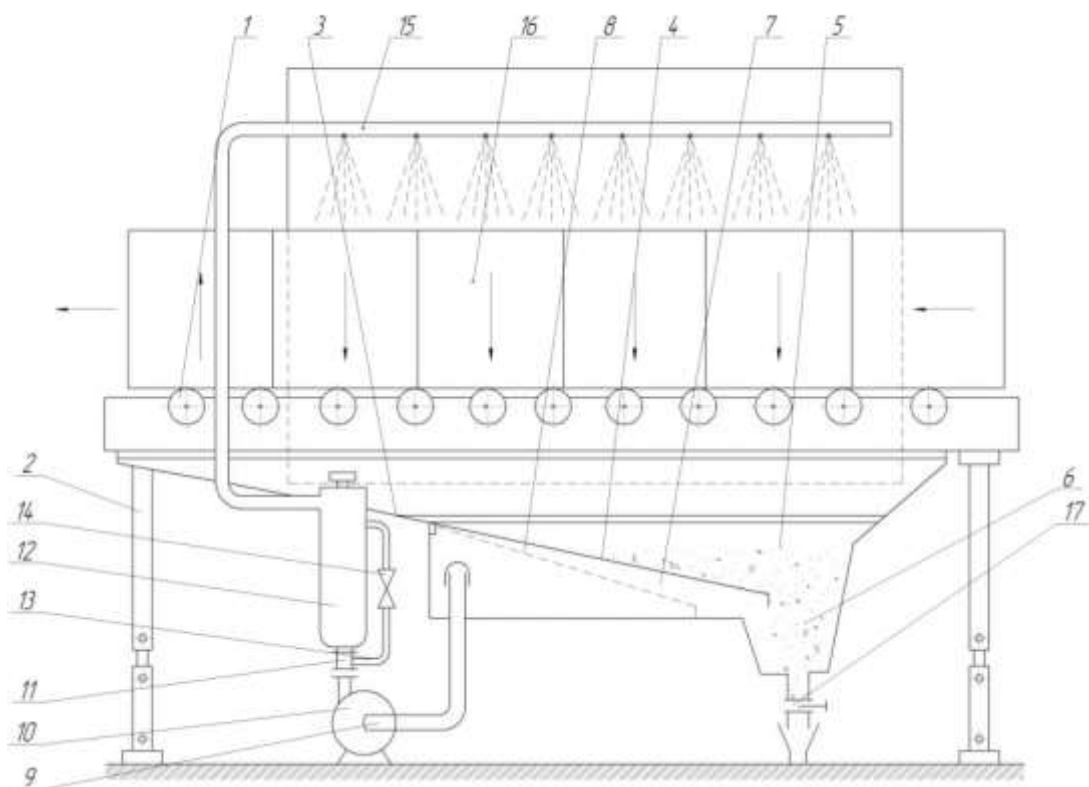
руху починається видалення часток бруду зі слабкою адгезією до поверхні. У процесі транспортування в напрямку розвантаження потік коренеплодів ділиться на три рівномірних потоки та переходить у зону дії щіток (7). Завдяки рельєфній поверхні платформи (6), коренеплоди обертаються та прилягають до щіток, що дозволяє більш ретельно очищати навіть складні місця. Рух щіток, поєднаний із гумовими обмежувачами (8), забезпечує ефективне транспортування коренеплодів до зони вивантаження. Щітки активно усувають як великі грудки ґрунту, так і дрібні забруднення, навіть у важкодоступних місцях. Промивна вода, подана через форсунковий колектор (16), сприяє розмочуванню та вимиванню бруду з поверхні коренеплодів, який опісля проходить через отвори у платформі (6) і потрапляє донизу. Важкі домішки осідають на дні камери (2) та виводяться через форсунки (5), а легкі – залишаються на верхньому шарі води і поступово видаляються через зливну трубу (4). На етапі вивантаження коренеплоди додатково промиваються чистою водою, яка подається до душового колектора (17). Регулювання висоти установки та кількості упорів (8) дозволяє відкоригувати тривалість процесу очищення, адаптуючи його до різного ступеня забрудненості коренеплодів. Інтенсивне механічне чищення за допомогою щіток дещо знижує амплітуду вібрацій самого пристрою, що зменшує навантаження на конструктивні елементи і, відповідно, підвищує його довговічність та надійність. Завдяки зазначеним конструктивним рішенням забезпечується висока ефективність процесу миття, покращується якість очищення коренеплодів від забруднень різного ступеня складності, що значно підвищує інтенсивність технологічного процесу.

2.1.2 Пристрій для обробки плодів розчинами (а/с 18190 С1)

Цей винахід належить до технологічного обладнання для підприємств із переробки фруктів та овочів, а саме до пристроїв, які застосовуються для обробки плодово-овочевої продукції захисним

розчином і її охолодження перед зберіганням. Суть винаходу полягає у збільшенні продуктивності установок та зниженні енергоспоживання завдяки стабілізації температури робочої рідини у необхідному діапазоні, що забезпечує якісну обробку продукції. Для досягнення таких результатів передбачено використання спеціального блока для обробки розчину, розташованого між насосом і душовим пристроєм. Цей блок включає секцію охолодження й змішування, поділену перегородкою з байпасною гілкою, яка пов'язує насос із входним отвором. Вихідний розчин проходить через секцію змішування, що забезпечує ретельний розподіл і регулювання температури. У секції охолодження знаходяться охолоджувальні елементи, а у змішувальній секції встановлено регулювальний механізм у вигляді рухомого конуса з турбулентними насадками. Байпасна гілка оснащена клапаном для регулювання потоку, а також передбачений набір змінних фільтрів для грубої та тонкої очистки розчину. Така конструкція дозволяє точно контролювати температуру розчину перед його подачею до душового пристрою, що сприяє підтримці оптимального режиму роботи всієї установки. Крім того, нанесення захисного шару на плоди за допомогою цього рішення виконується з максимальною ефективністю. Розташування охолоджувального елемента у системі подачі та його підключення до змішувальної секції через байпасну гілку запобігає можливому нагріванню охолодженого розчину, яке може спричинити робота насоса. Завдяки цьому тепловідведення робочого насоса відбувається безпосередньо в секції охолодження, а стабілізація температури досягається через байпасну гілку та основний потік у секції охолодження. В результаті оперативніше зменшуються енерговитрати й збільшується швидкість обробки продуктів для досягнення високої продуктивності обладнання. Ефективне управління процесом забезпечується рухомим конусом у змішувальній секції та фіксуючим клапаном у байпасній гілці. Це створює можливість тонкого регулювання потоків розчину, які

проходять крізь секцію охолодження й байпасну гілку одночасно. Врешті-решт, отримується рівномірно охолоджений і добре змішаний робочий розчин із необхідною температурою без істотного додаткового енергоспоживання. Інноваційна система фільтрації передбачає використання набірних фільтрів для грубої та тонкої очистки розчину. Це знижує гідравлічний опір, дозволяючи видаляти залишкові домішки та осад з нижньої частини баку. Грубий фільтр встановлюється безпосередньо в резервуарі для збору осаду, а тонкий — на входному отворі насоса. Така система покращує якість обробного розчину, скорочує час на повторну обробку й продовжує термін експлуатації обладнання. Впровадження даного блоку обробки дозволяє здійснювати охолодження лише частини розчину замість загального об'єму. Це забезпечує оптимізацію витрат енергії під час подачі рідини до душевого пристрою й дозволяє зменшити затрати на експлуатацію обладнання загалом. Як наслідок, підвищується продуктивність установки та якість обробленої продукції перед зберіганням. Таким чином, завдяки введенню низки нових конструктивних елементів і налаштувань системи,



1 – транспортер; 2 – опора; 3 – резервуар; 4 – піддон; 5 – розчин; 6 – осадкова камера; 7 – фільтрувальний відсік; 8 – фільтри; 9 – трубопровід; 10 – насос; 11 – лінія нагнітання; 12 – блок обробки розчину; 13 – байпасна гілка; 14 – вентиль; 15 – душовий пристрій; 16, 17 – контейнер; 18 – дренажна головка

Рисунок 2.2 – Пристрій для обробки плодів розчинами

Установка являє собою комплексне технологічне обладнання, що складається з конвеєрного транспортера, розташованого на регульованій опорі, резервуара з розчином і фільтрувальних вузлів для очищення. Конвеєрний транспортер, позначений як основний вузол 1, встановлений на регульованій опорі 2, яка дозволяє змінювати його нахил за допомогою електронних блоків. Це дає змогу забезпечити точне переміщення контейнерів 16 для обробки продукту. У нижній частині транспортера розташований резервуар 3 з розчином 5, укомплектований похилим піддоном 4 для напрямку рідини й поділу резервуара на дві секції. Система фільтрації представлена комбінацією фільтрів для грубого (8) та тонкого очищення. Розчин, що знаходиться в резервуарі, проходить кілька етапів очищення. Фільтр грубого очищення забезпечує попереднє видалення великих домішок і осаду. Для цього у нижній частині резервуара є спеціальна кишень, що сприяє додатковому осадженню часток. Водночас фільтри тонкого очищення задіяні в наступному етапі — прецизійного промивання, яке виконується через систему змінних насадок, встановлених на трубопроводі 9. Переміщений насосом 10 розчин подається до нагнітальної лінії 11, звідки він потрапляє до технологічного блоку 12. Ця секція обладнана охолоджувальними елементами та забезпечує підтримання оптимальної температури розчину, необхідної для якісної обробки продукту. Технологічний блок має загальну перегородку із вбудованим контрольним органом для моніторингу параметрів розчину. Додаткова

байпасна гілка 13 відводить частину потоку після насоса назад до системи через фіксуєчий клапан 14. Потоки з основної лінії й байпасу об'єднуються в змішувальній секції та далі спрямовуються до душевого блоку 15, у якому відбувається розподіл розчину безпосередньо на продукцію. Під час роботи установка забезпечує одночасне миття, охолодження та нанесення захисного стабілізуючого шару на продукцію в контейнері 16. Розчин рівномірно наноситься на продукт через душевий блок та проходить через плівку стабілізатора. Після цього використаний розчин повертається назад у резервуар 3, де цикл автоматично повторюється. Особливістю даної установки є можливість підтримання високої якості обробки завдяки автоматизованому регулюванню температури, концентрації стабілізаторної речовини та витрати розчину. Електронний блок керування, хоча й не показаний у схемі, відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності роботи всіх елементів системи. Наприклад, блок керування аналізує температурні параметри охолоджуючого блоку й взаємодіє з клапаном 14 та приводом, налаштовуючи напрям потоків через основну або байпасну гілку. Охолодження розчину виконується в спеціальній секції з використанням охолоджувальних елементів, таких як випарники або спіральні котушки, підключені до системи блоку охолодження. Це дозволяє досягти необхідного температурного режиму без перевитрати енергії. Для підтримання ефективної фільтрації передбачене періодичне відкривання клапана 17, через який накопичені домішки з камери осадження б скидаються у зливну воронку 18. Фільтри грубого очищення забезпечують видалення більш великого осаду, який видаляється шляхом заміни фільтра.

2.2 Розрахунок параметрів мийної машини

2.2.1 Загальний розрахунок привода

Продуктивність машини:

$$Q = \frac{V \cdot \rho}{\tau}, \quad (2.1)$$

де V - корисний об'єм камери;

ρ - густина водно-картопляної суміші, $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$;

τ - час перебування картоплі в машині, $\tau = 600 \text{ с}$.

З формули (2.2) знаходимо об'єм камери машини:

$$V = \frac{Q\tau}{\rho}, \quad (2.2)$$

$$V = \frac{Q\tau}{3600\rho} = \frac{800 \cdot 600}{3600 \cdot 500} = 0,266 \text{ м}^3.$$

Враховуючи той факт, що геометричні характеристики всіх камер ідентичні, можна зазначити, що корисний об'єм кожної окремої камери дорівнює визначеній величині, яка розрахована на основі цих уніфікованих параметрів конструкції. Цей об'єм характеризується максимально ефективним використанням внутрішнього простору камери відповідно до її функціонального призначення, забезпечуючи оптимальні умови для виконання поставлених задач:

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = \frac{V}{4} = \frac{0,266}{4} = 0,067 \text{ м}^3.$$

2.1.2 Навантаження на вал:

$$F_p = \frac{F_{\text{камери}}}{4}, \quad (2.3)$$

де $F_{\text{камери}}$ - загальна вага продукту, що обробляється в одній камері:

$$F_{\text{камери}} = V_1 \rho g = 0,67 \cdot 500 \cdot 9,8 = 328,3 \text{ Н};$$

$$F_r = \frac{328,3}{4} = 82 \text{ Н.}$$

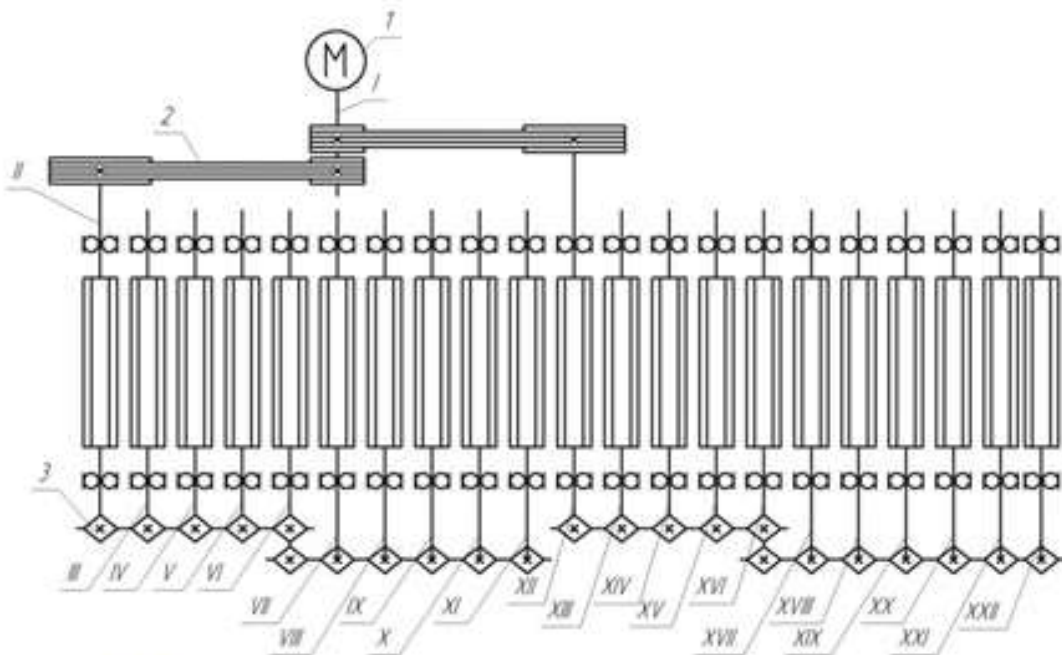
2.1.3 Момент опору одного ролика:

$$M = F_r r_p z \tag{2.4}$$

де r_p - радіус ролика, попередньо прийнято $r_p = 0,04$ мм:

$$M = 82 \cdot 0,04 = 3,28 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

2.1.4 Розрахунок потужностей



I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII – вали, 1 – електродвигун, 2 – клинопасава передача, 3 – ланцюгова передача

Рисунок 2.3 – Кінематична схема мийної машини ММК-2

Потужність для подолання сил опору одного ролика:

$$P_p = \frac{Mn}{9550}, \quad (2.5)$$

де n - частота обертання ролика $n = 250 \text{ хв}^{-1}$

$$P_p = \frac{3,28 \cdot 250}{9550} = 0,0858 \text{ кВт.}$$

Потужність на зірочці ланцюгової передачі:

$$P_{зп} = \frac{P_p}{\eta_n}, \quad (2.6)$$

де η_n - ККД пари підшипників $\eta_n = 0,995$ [1, табл.6.3, с.122]:

$$P_{зп} = \frac{0,0858}{0,995} = 0,086 \text{ кВт.}$$

Потужність на шківу пасової передачі:

$$P_{\text{вк}\Sigma} = P_I + P_{II}, \quad (2.7)$$

$$P_I = \frac{2 \cdot 5 \cdot P_{зп}}{\eta_n}, \quad (2.8)$$

$$P_{II} = \frac{2 \cdot 5 \cdot P_{зп}}{\eta_n^2}, \quad (2.9)$$

$$P_{\text{вк}\Sigma} = \frac{2 \cdot 5 \cdot P_{зп}}{\eta_n} + \frac{2 \cdot 5 \cdot P_{зп}}{\eta_n^2} = 10 P_{зп} \left(\frac{1}{\eta_n} + \frac{1}{\eta_n^2} \right),$$

де η_n - ККД ланцюгової передачі, $\eta_n = 0,95$ [1, табл.6.3, с.122]:

$$P_{ук \Sigma} = 10 \cdot 0,086 \left(\frac{1}{0,95} + \frac{1}{0,95^2} \right) = 1,89 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна:

$$P_{дв} = \frac{P_{ук}}{\eta_{нас}^2}, \quad (2.10)$$

де $\eta_{нас}$ - ККД пасової передачі, $\eta_{нас} = 0,96$ [1, табл.6.3, с.122]:

$$P_{дв} = \frac{1,89}{0,96} = 1,97 \text{ кВт.}$$

5.1.5 Вибираємо двигун : 4A112MA8Y13 , де $P = 2,2$ кВт; $\frac{T_{пукк}}{T_{ном}} = 1,8$;

$$\frac{T_{max}}{T_{ном}} = 2,2 ; n_e = 700 \text{ хв}^{-1}.$$

2.1.6 Отримуємо передаточне число:

$$u_0 = \frac{n_e}{n_p}, \quad (2.11)$$

де n_e - частота обертання двигуна;

n_p - частота обертання ролика.

$$u_0 = \frac{700}{250} = 2,8.$$

5.1.7 Розбивання передаточного числа:

$$u_0 = u_{нас} \cdot u_l, \quad (2.12)$$

де u_z - передаточне число ланцюгової передачі, прийнято $u_z = 1$;

$u_{нас}$ - передаточне число клинопасової передачі:

$$u_{нас} = \frac{u_0}{u_z} = \frac{2,8}{1} = 2,8.$$

2.1.8 Визначення потужності на валу ролика:

$$P_p = \frac{P}{2} \cdot \eta_{нас} \cdot \eta_{від}^2 = \frac{2,2}{2} \cdot 0,96 \cdot 0,995 = 1,05 \text{ кВт.}$$

2.1.9 Розрахунок частоти обертання валу ролика:

$$n_p = \frac{n_z}{u_{нас}} = \frac{700}{2,8} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

2.1.10 Крутний момент на валу:

$$T_p = 9550 \cdot \frac{P_p}{n_p} = 9550 \cdot \frac{1,05}{250} = 40,1 \text{ Нм.}$$

2.2 Розрахунок клинопасової передачі

2.2.1 Вибір типу перерізу паса

За обертовим моментом $T_p = 40,1 \text{ Нм}$ попередньо вибираємо переріз клинового паса типу А. Згідно [1, табл. 8.16, с. 195] такий пас має площу поперечного перерізу $F = 81 \text{ мм}^2$, розміри січення $a_p \times h = 11 \times 8 \text{ мм}$, базову довжину $l_0 = 1700 \text{ мм}$, та шків діаметром $d_1 = 90 \text{ мм}$.

2.2.2 Розрахунок діаметра веденого шківa

$$d_2 = d_1 \cdot u_1; \quad (2.13)$$

$$D_2 = 90 \cdot 2,8 = 252 \text{ мм.}$$

Прийнято $d_2 = 250 \text{ мм}$ [1, табл. 8.13 с. 193].

Перевірка відхилення передаточного числа

$$|\Delta U| = \left| \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \xi) \cdot U} - 1 \right|; \quad (2.14)$$

$$|\Delta U| = \left| \frac{250}{90 \cdot (1 - 0,02) \cdot 2,8} - 1 \right| = 0,01 \leq 0,03.$$

2.2.3 Швидкість паса

$$v = \frac{\pi d_1 n_e}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,09 \cdot 700}{60} = 3,2 \text{ м/с.}$$

2.2.4 Попередній розрахунок міжосьової відстані передачі

$$A = 0,96 d_2 = 0,96 \cdot 250 = 240 \text{ мм.}$$

2.2.5 Довжина паса передачі

$$L = 2A \cos \gamma + \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) + \gamma (d_2 - d_1), \quad (2.15)$$

де γ - кут нахилу пасу до лінії центру передачі:

$$\sin \gamma = \frac{d_2 - d_1}{2A} = \frac{250 - 90}{2 \cdot 240} = 0,333,$$

$$\gamma = \arcsin 0,333 = 19,45^\circ = 0,339 \text{ рад.}$$

$$L = 2 \cdot 240 \cdot \cos 0,339 + \frac{3,14}{2} (250 + 90) + 0,339(250 - 90) = 1040 \text{ мм.}$$

Прийнято $L = 1060$ мм [1, табл. 8.16, с. 195].

2.2.6 Міжосьова відстань передачі

$$A = \frac{1}{2 \cos \gamma} \left[L - \frac{\pi}{2} (d_2 + d_1) - \gamma (d_2 - d_1) \right] =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot \cos 0,339} \left[1060 - \frac{3,14}{2} (250 + 90) - 0,339(250 - 90) \right] = 308 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань вибрано міжосьову відстань $A = 680$ мм

а) мінімальна міжосьова відстань при встановленні паса:

$$A_{\min} = A - 0,015L = 680 - 0,015 \cdot 1060 = 664,1 \text{ мм;}$$

б) максимальна відстань для компенсації розтягування ременя передачі:

$$A_{\max} = A + 0,015L = 680 + 0,015 \cdot 1060 = 695,9 \text{ мм.}$$

2.2.7 Кут охоплення ременя

$$\alpha_1 = (\pi - 2\gamma) \cdot 57,3^\circ = (3,14 - 2 \cdot 0,339) \cdot 57,3^\circ = 141^\circ$$

2.2.8 Колове зусилля передачі

$$P = \frac{1000 \cdot 1,05}{3,2} = 328 \text{ Н.}$$

2.2.9 Вибір поправочних коефіцієнтів:

Прийнято $C_\alpha = 0,9$ - поправочний коефіцієнт кута обхвату [1, табл.8.10, с.192];

$C_v = 1,045$ - поправочний коефіцієнт швидкості [1, табл.8.11, с.192];

$C_p = 0,9$ - поправочний коефіцієнт режиму роботи [1, табл.8.12, с.192];

2.2.10 Допустимі корисні напруження

$$K = K_0 C_\alpha C_v C_p, \quad (2.16)$$

де K_0 - корисне напруження, прийнято $K_0 = 1,5 \text{ Н/мм}^2$ при $\sigma_0 = 1,4 \text{ Н/мм}^2$ [1, табл.8.17, с.195];

$$K = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1,045 \cdot 0,9 = 1,27 \text{ Н/мм}^2.$$

2.2.11 Число пасів

$$z = \frac{P}{KF} = \frac{328}{1,27 \cdot 81} = 3.$$

2.2.12 Початковий натяг комплексу пасів

$$S_0 = \sigma_0 F_z C_p = 1,4 \cdot 81 \cdot 3 \cdot 0,9 = 306 \text{ Н.}$$

2.2.13 Зусилля на вали

$$Q = 2S_0 \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 306 \cdot \sin \frac{141^\circ}{2} = 576 \text{ Н.}$$

2.2.14 Кут відхилення

$$\theta = \arctg \left(\frac{K}{2\sigma_0} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_1}{2} \right) = \arctg \left(\frac{1,27}{2 \cdot 1,4} \operatorname{arctg} \frac{141^\circ}{2} \right) = 9^\circ 7'.$$

2.2.15 Визначення розмірів шківів

Вибираємо розміри шківів по [1, табл.8.19, с.197]:

$$C = 3,5 \text{ мм}; e = 12,5 \text{ мм}; t = 16 \text{ мм}; S = 7 \text{ мм.}$$

2.2.15.1 Кут канавки на ведучому шківу дорівнює $\varphi_{02} = 38^\circ$, а на веденому шківу - $\varphi_{01} = 34^\circ$.

2.2.15.2 Ширина канавки:

$$b = a_p + 2 \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}, \quad (2.17)$$

- на ведучому шківу:

$$b = 11 + 2 \operatorname{ctg} 38^\circ = 13,6 \text{ мм};$$

- на веденому шківу:

$$b = 11 + 2ctg 34^\circ = 14$$

2.2.15.3 Зовнішні діаметри передачі

- на веденому шківу:

$$d_{s1} = d_1 + 2C = 90 + 2 \cdot 3,5 = 97 \text{ мм};$$

- на ведучому шківу:

$$d_{s2} = d_2 + 2C = 250 + 2 \cdot 3,5 = 257 \text{ мм.}$$

2.2.15.4 Внутрішні діаметри шківів

- на веденому шківу:

$$d_{e1} = d_1 - 2e = 90 - 2 \cdot 12,5 = 65 \text{ мм};$$

- на ведучому шківу:

$$d_{e2} = d_2 - 2e = 250 - 2 \cdot 12,5 = 225 \text{ мм.}$$

2.2.15.5 Ширина шківа передачі

$$B = (z - 1)t + 2S = (3 - 1)16 + 2 \cdot 7 = 46 \text{ мм.}$$

2.2.16 Зусилля в клинопасовій передачі

2.2.16.1 Попередній натяг ременів

$$F_0 = \frac{0,85P_p c_1}{v c_a c_p}, \quad (2.18)$$

де c_1 - коефіцієнт фактичної довжини ременя:

$$c_1 = \sqrt[6]{\frac{L}{l_0}} = \sqrt[6]{\frac{1060}{1700}} = 0,92.$$

$$F_0 = \frac{0,85 \cdot 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,92}{3,2 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 316 \text{ Н.}$$

2.2.16.2 Навантаження на вали з боку ременів

$$F = 2F_0 \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) = 2 \cdot 316 \cdot \sin\left(\frac{141}{2}\right) = 596 \text{ Н.}$$

2.3 Розрахунок ланцюгової передачі

2.3.1 В залежності від передаточного числа приймаємо число зубців меншої зірочки [1, с.228, табл.9.7]

$$z_1 = 35.$$

2.3.2 Число зубців відомої зірочки

$$z_2 = u \cdot z_1 = 1 \cdot 35 = 35.$$

2.3.3 Визначаємо коефіцієнт експлуатації:

$$K_e = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (2.19)$$

де K_1 - коефіцієнт, який враховує характер навантаження, при навантаженні $K_1 = 1,25 \div 1,5$, прийнято $K_1 = 1,3$;

K_2 - коефіцієнт, який враховує спосіб регулювання натягу ланцюга, при регулюванні натяжними роликami $K_2 = 1,1$;

K_3 - коефіцієнт, який враховує міжосьову відстань, попередньо приймаємо $K_3 = 1,0$ так, як міжосьова відстань поки що не відома;

K_4 - коефіцієнт, який враховує нахил передачі до горизонту, при куті до 70° $K_4 = 1,0$;

K_5 - коефіцієнт, який враховує спосіб змащення передачі, при крапельному змащенні $K_5 = 1,0$;

K_6 - коефіцієнт, який враховує тривалість роботи, при неперервній роботі $K_6 = 1,5$;

$$K_e = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,1.$$

2.3.4 Середнє значення допустимого середнього тиску в шарнірі при $n = 250$ хв.⁻¹ [1, с.229, табл. 9.8]

$$[p] = 16,85 \text{ Н/мм}^2.$$

2.3.5 Визначаємо попереднє значення кроку ланцюга:

$$t = 620 \sqrt[3]{\frac{P_p K_e}{z_1 n_1 [p] m}} = 620 \sqrt[3]{\frac{1,05 \cdot 2,1}{35 \cdot 250 \cdot 16,85 \cdot 1}} = 15,3 \text{ мм.}$$

Прийнято $t = 15,875$ мм [1, с.221, табл.9.1].

2.3.6 Визначаємо параметри ланцюга

Вибираємо ланцюг ПР -15,875-2300-1 з кроком $t = 15,875$, $d = 5,08$ мм, $B = 10,11$ мм, $q = 0,80$ кг/м, $Q = 22600$ Н.

2.3.6 Швидкість ланцюга:

$$v = \frac{z_1 m_1}{6 \cdot 10^4} = \frac{35 \cdot 15,87 \cdot 250}{6 \cdot 10^4} = 2,3 \text{ м/с.}$$

2.3.7 Розрахунок орієнтовної міжосьової відстані

$$A' = 40t = 40 \cdot 15,875 = 635 \text{ мм.}$$

2.3.8 Визначення кількості ланок ланцюга

$$w' = \frac{2A'}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{t(z_2 - z_1)^2}{A'(2\pi)^2} = \frac{2 \cdot 635}{15,875} + \frac{35 + 35}{2} + \frac{15,875(35 - 35)^2}{635(2 \cdot 3,14)^2} = 115.$$

Прийнято $w = 116$.

2.3.9 Розрахункова міжосьова відстань

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{t}{4} \left(w - 0,5(z_1 + z_2) + \sqrt{\frac{[w - 0,5(z_1 + z_2)]^2 - 8(z_2 - z_1)^2}{4\pi^2}} \right) = \\ &= \frac{15,875}{4} \left(116 - 0,5(35 + 35) + \sqrt{\frac{[116 - 0,5(35 + 35)]^2 - 8(35 - 35)^2}{4 \cdot 3,14^2}} \right) = 373 \text{ мм} \end{aligned}$$

Міжосьова відстані горизонтальної передачі з умови забезпечення провисання веденої вітки ланцюга:

$$A = A_0 - 0,003A_0 = 373 - 0,003 \cdot 373 = 372 \text{ мм.}$$

2.3.10 Дільний діаметр зірочок

$$d_1 = \frac{t}{\sin(\pi/z_1)} = \frac{15,875}{\sin(180/35)} = 177 \text{ мм.}$$

$$d_2 = \frac{t}{\sin(\pi/z_2)} = \frac{15,875}{\sin(180/35)} = 177 \text{ мм.}$$

2.3.11 Корисне навантаження ланцюга

$$F_t = \frac{2T_2}{d_1} = \frac{2 \cdot 250}{177 \cdot 10^{-3}} = 2825 \text{ Н.}$$

2.3.12 Максимальне корисне навантаження

$$F_{\text{max}} = kF_t = 1,3 \cdot 2825 = 3673 \text{ Н.}$$

2.3.13 Максимальна сила, що діє на вали передачі

$$F'_{b\text{max}} = 1,15F_{\text{max}} = 1,15 \cdot 3673 = 4224 \text{ Н.}$$

2.4 Розрахунок валів

2.4.1 Основний розрахунок II вала

Зусилля, яке діють на вал ролика:

- від клинопасової передачі: $F'_{b\text{max}} = 3F = 3 \cdot 596 = 1788 \text{ Н.}$
- від ланцюгової передачі: $F'_{b\text{max}} = 4224 \text{ Н.}$
- від оброблюваного продукту: $F_p = 82 \text{ Н.}$

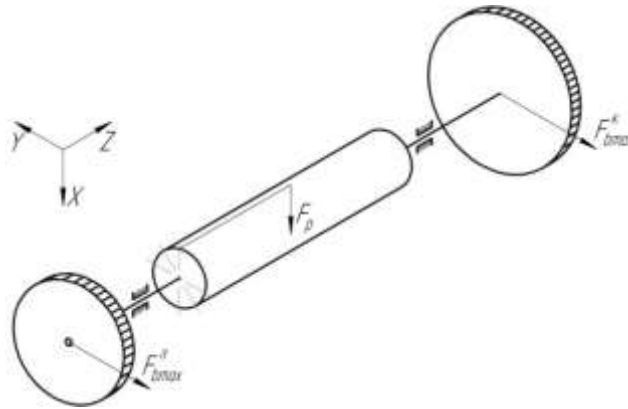


Рисунок 2.2 - Силова схема валу II ролика

2.4.1.1 Реакції в опорах валів від сил у вертикальній площині

$$\sum M_B = -R_{AX} \cdot 0,761 - F_p \cdot 0,3805 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.20)$$

$$R_{BX} = -\frac{F_p \cdot 0,385}{0,78} = -\frac{82 \cdot 0,3805}{0,761} = -41 \text{ Н.}$$

$$R_{BX} = F_p - R_{AX} = 82 - 41 = 41 \text{ Н.}$$

2.4.1.2 Згині моменти в перерізі III в вертикальній площині

$$M_{III} = R_{AX} \cdot 0,3805 = 41 \cdot 0,3805 = 15,6 \text{ Нм.}$$

2.4.1.3 Реакції в опорах валів від сил в горизонтальній площині

$$\sum M_B = -F_{bmax}^n \cdot 0,8145 + R_{AY} \cdot 0,761 + F_{bmax}^k \cdot 0,0645 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.21)$$

$$R_{AY} = \frac{F_{bmax}^n \cdot 0,8145 + F_{bmax}^k \cdot 0,0645}{0,761} = \frac{4224 \cdot 0,8145 - 1788 \cdot 0,0645}{0,761} = 4369 \text{ Н.}$$

$$R_{BY} = R_{AY} - F_{b\max}^n - F_{b\max}^k = -4369 + 4224 + 1788 = 1643 \text{ Н.}$$

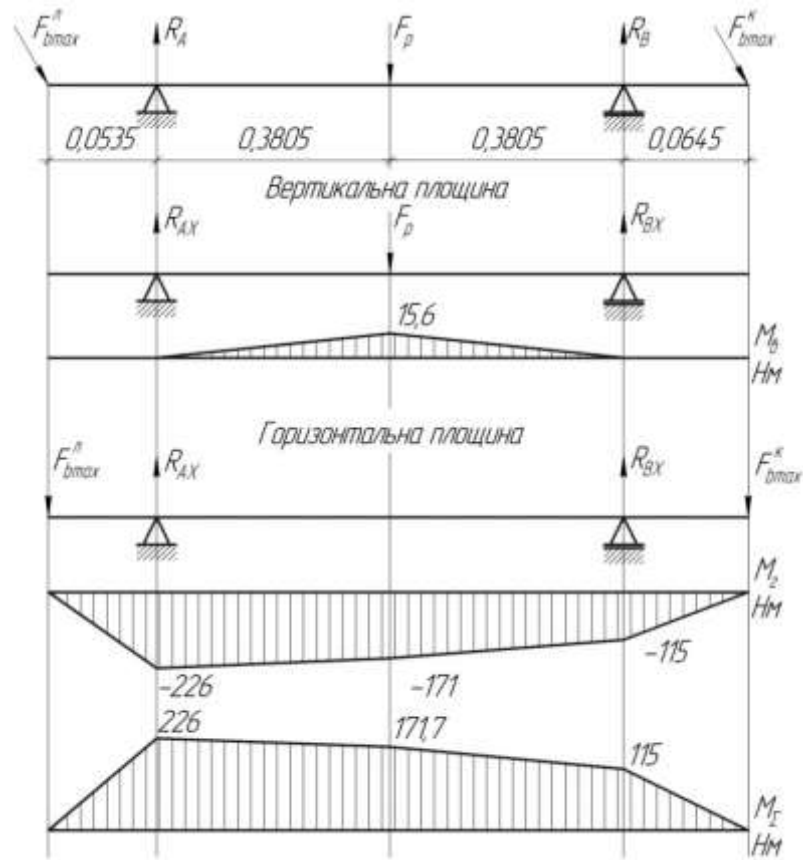


Рисунок 2.3 – Епюра навантаження вала II

2.4.1.4 Моменти згину в перерізах II, III, IV, які розташовані в горизонтальній площині, визначаються як ключові характеристики напружено-деформованого стану конструкції. Для кожного з цих перерізів необхідно враховувати розподіл внутрішніх зусиль, що виникають внаслідок дії зовнішніх навантажень, а також геометрію конструкційних елементів і їхню матеріальну властивість. Важливим аспектом є врахування зміни величини і напрямку моментів у різних перерізах залежно від прикладеного моменту або сили. Це дозволяє більш точно оцінити стійкість та міцність елементів конструкції під дією експлуатаційних умов. Отримані результати аналізу можуть бути корисними як для виявлення критичних зон, так і для забезпечення оптимізації конструктивного проектування.

$$M_{IIY} = -F_{b_{\max}}^n \cdot 0,0535 = -4224 \cdot 0,0535 = -226 \text{ Нм};$$

$$M_{IIIY} = -F_{b_{\max}}^n \cdot 0,434 + R_{AY} \cdot 0,3805 = -4224 \cdot 0,434 + 4369 \cdot 0,3805 = -171 \text{ Нм};$$

$$M_{IVY} = -F_{b_{\max}}^k \cdot 0,0645 = -1788 \cdot 0,0645 = -115 \text{ Нм}.$$

2.4.1.5 Сумарні згинальні моменти в перерізах II, III і IV

$$M_{II} = |M_{IIY}| = 226 \text{ Нм};$$

$$M_{III} = \sqrt{M_{IIIx}^2 + M_{IIIY}^2} = \sqrt{(15,6)^2 + (-171)^2} = 171,7 \text{ Нм};$$

$$M_{IV} = |M_{IVY}| = 115 \text{ Нм}.$$

2.4.2 Основний розрахунок III вала

Зусилля, яке діють на вал ролика:

- від ланцюгової передачі: $F_{b_{\max}}^n = 4224 \text{ Н}$;

- від оброблюваного продукту: $F_p = 82 \text{ Н}$.

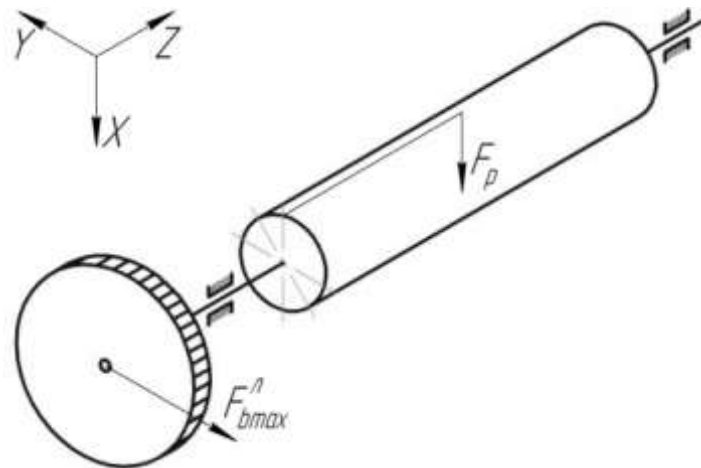


Рисунок 2.4 - Силова схема валу III ролика

2.4.2.1 Реакції в опорах від сил у вертикальній площині

$$\sum M_B = -R_{AX} \cdot 0,761 - F_p \cdot 0,3805 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.22)$$

$$R_{AX} = -\frac{F_p \cdot 0,385}{0,78} = -\frac{82 \cdot 0,3805}{0,761} = -41 \text{ Н.}$$

$$R_{BX} = F_p - R_{AX} = 82 - 41 = 41 \text{ Н.}$$

2.4.2.2 Згині моменти в перерізі III в вертикальній площині

$$M_{III} = R_{AX} \cdot 0,3805 = 41 \cdot 0,3805 = 15,6 \text{ Нм.}$$

2.4.2.3 Реакції в опорах валів від сил в горизонтальній площині

$$\sum M_B = -F_{b\max}^n \cdot 0,8145 + R_{AY} \cdot 0,761 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.23)$$

$$R_{AY} = \frac{F_{b\max}^n \cdot 0,8145}{0,761} = \frac{4224 \cdot 0,8145}{0,761} = 4521 \text{ Н.}$$

$$R_{BY} = -R_{AY} + F_{b\max}^n = -4521 + 4224 = -297 \text{ Н.}$$

2.4.2.4 Моменти згину в перерізах II, III, в горизонтальній площині

$$M_{II} = -F_{b\max}^n \cdot 0,0535 = -4224 \cdot 0,0535 = -226 \text{ Нм};$$

$$M_{III} = -F_{b\max}^n \cdot 0,434 + R_{AY} \cdot 0,3805 = -4224 \cdot 0,434 + 4521 \cdot 0,3805 = -113 \text{ Нм};$$

2.4.2.5 Сумарні згинальні моменти в перерізах II і III

$$M_{II} = |M_{IIY}| = 226 \text{ Нм};$$

$$M_{III} = \sqrt{M_{IIIx}^2 + M_{IIIy}^2} = \sqrt{(15,6)^2 + (-113)^2} = 114 \text{ Нм}.$$

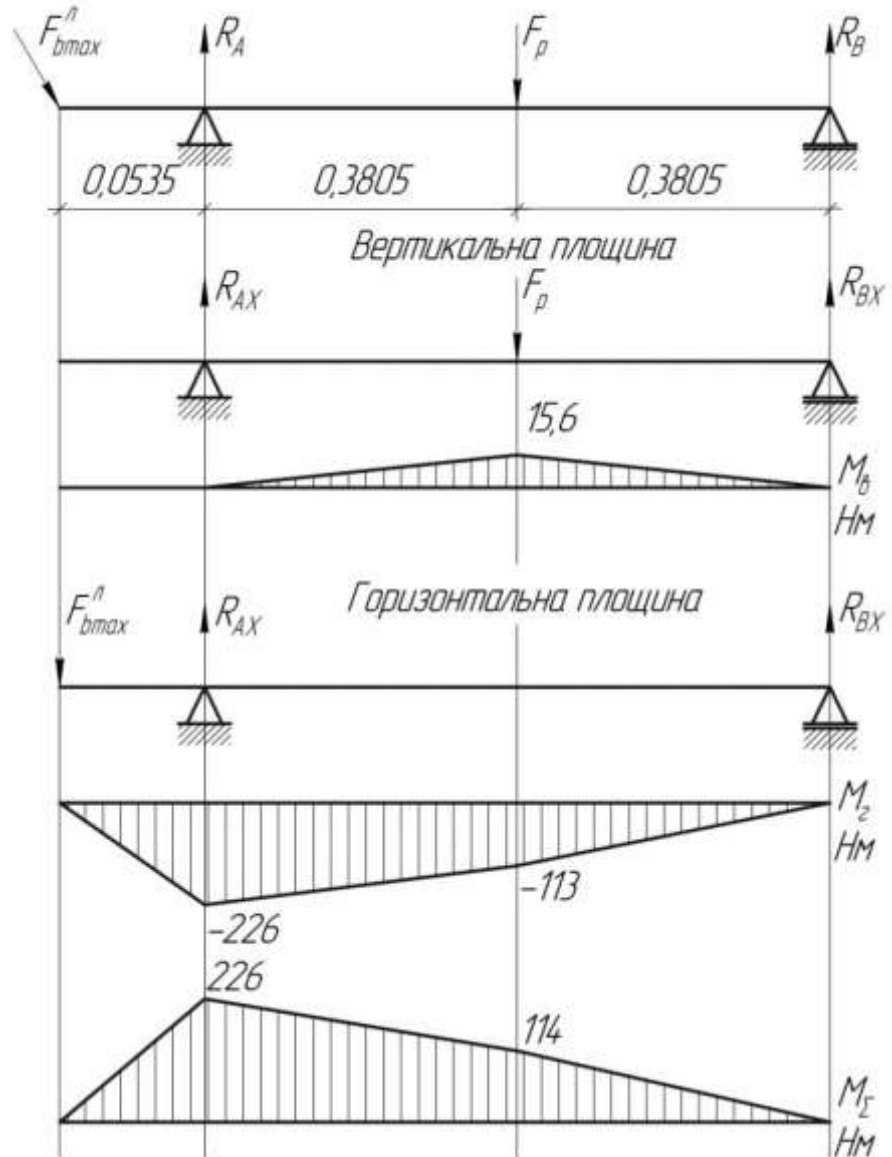


Рисунок 2.5 – Епюра навантаження на вал III

2.4.3 Основний розрахунок VI вала

Зусилля, яке діють на вал ролика:

- від ланцюгової передачі: $F_{bmax}^n = 4224 \text{ Н}$;

- від оброблюваного продукту: $F_p = 82 \text{ Н}$.

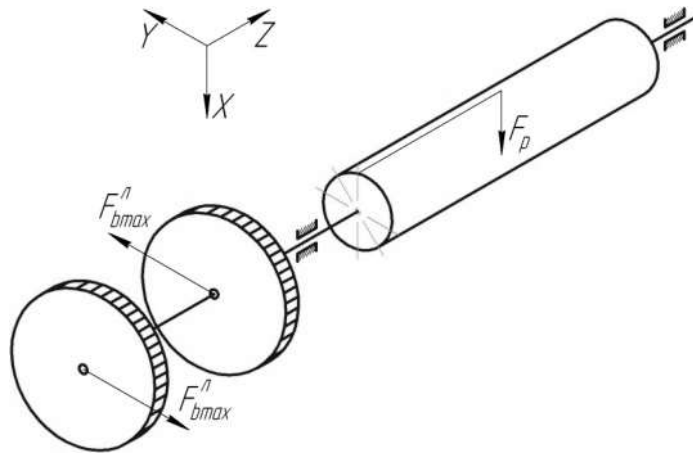


Рисунок 2.6 - Силова схема валу VI ролика

2.4.3.1 Реакції в опорах валів від сил у вертикальній площині

$$\sum M_B = -R_{AX} \cdot 0,761 - F_p \cdot 0,3805 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.24)$$

$$R_{AX} = -\frac{F_p \cdot 0,385}{0,78} = -\frac{82 \cdot 0,3805}{0,761} = -41 \text{ Н.}$$

$$R_{BX} = F_p - R_{AX} = 82 - 41 = 41 \text{ Н.}$$

2.4.3.2 Згині моменти в перерізі III в вертикальній площині

$$M_{III X} = R_{AX} \cdot 0,3805 = 41 \cdot 0,3805 = 15,6 \text{ Нм.}$$

2.4.3.3 Реакції в опорах від сил в горизонтальній площині

$$\sum M_B = -F_{b\max}^n \cdot 0,8545 + F_{b\max}^n \cdot 0,8145 + R_{AY} \cdot 0,761 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.25)$$

$$R_{AY} = \frac{F_{b\max}^n \cdot 0,8545 - F_{b\max}^n \cdot 0,8145}{0,761} = \frac{4224 \cdot 0,8545 - 4224 \cdot 0,8145}{0,761} = 222 \text{ Н.}$$

$$R_{BY} = -R_{AY} + F_{b\max}^n - F_{b\max}^n = -222 + 4224 - 4224 = -222 \text{ Н.}$$

2.4.3.4 Моменти згину в перерізах II, III, в горизонтальній площині

$$M_{IIY} = -F_{b\max}^n \cdot 0,04 = -4224 \cdot 0,04 = -169 \text{ Нм};$$

$$M_{IIY} = -F_{b\max}^n \cdot 0,0935 + F_{b\max}^n \cdot 0,0535 = -4224 \cdot 0,0935 + 4224 \cdot 0,0535 = 169 \text{ Нм};$$

$$M_{IVY} = R_{BY} \cdot 0,3805 = -222 \cdot 0,3805 = -84 \text{ Нм}.$$

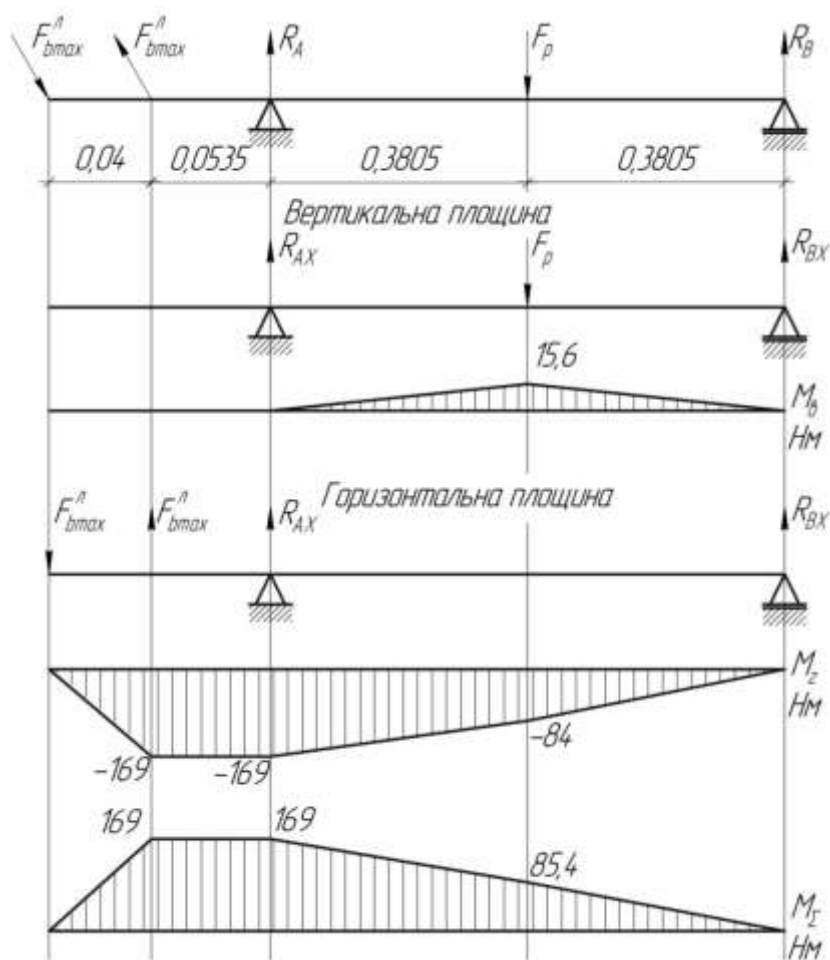


Рисунок 2.7 – Епюра навантаження вала VI

2.4.3.5 Сумарні згинальні моменти в перерізах II і III

$$M_{II} = |M_{IIY}| = 169 \text{ Нм};$$

$$M_{ш} = |M_{шy}| = 169 \text{ Нм};$$

$$M_{IV} = \sqrt{M_{IVX}^2 + M_{IVY}^2} = \sqrt{(15,6)^2 + (-84)^2} = 85,4 \text{ Нм}.$$

2.4.4 Основний розрахунок VII вала

Зусилля, яке діють на вал ролика:

- від ланцюгової передачі: $F_{bmax}^s = 4224 \text{ Н}$;
- від оброблюваного продукту: $F_p = 82 \text{ Н}$.

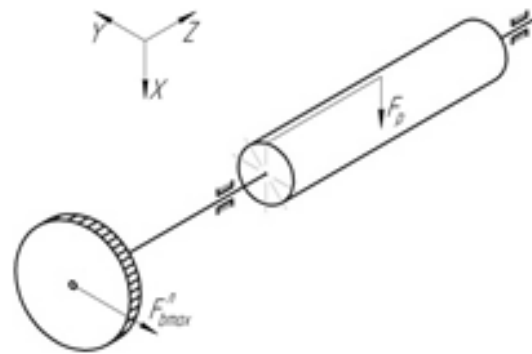


Рисунок 2.8 - Силова схема валу VII ролика

2.4.4.1 Реакції в опорах від сил у вертикальній площині

$$\sum M_B = -R_{Ax} \cdot 0,761 - F_p \cdot 0,3805 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.26)$$

$$R_{Ax} = -\frac{F_p \cdot 0,385}{0,78} = -\frac{82 \cdot 0,3805}{0,761} = -41 \text{ Н}.$$

$$R_{ax} = F_p - R_{Ax} = 82 - 41 = 41 \text{ Н}.$$

2.4.4.2 Момент згину в перерізі III в вертикальній площині

$$M_{\max} = -R_{Ax} \cdot 0,3805 = -41 \cdot 0,3805 = -15,6 \text{ Нм.}$$

2.4.4.3 Реакції в опорах від сил в горизонтальній площині

$$\Sigma M_B = -F_{b\max}^x \cdot 0,8545 + R_{Ay} \cdot 0,761 = 0 \text{ Нм;} \quad (2.27)$$

$$R_{Ay} = \frac{F_{b\max}^x \cdot 0,8545}{0,761} = \frac{4224 \cdot 0,8545}{0,761} = 4743 \text{ Н.}$$

$$R_{By} = -R_{Ay} + F_{b\max}^x = -4743 + 4224 = -519 \text{ Н.}$$

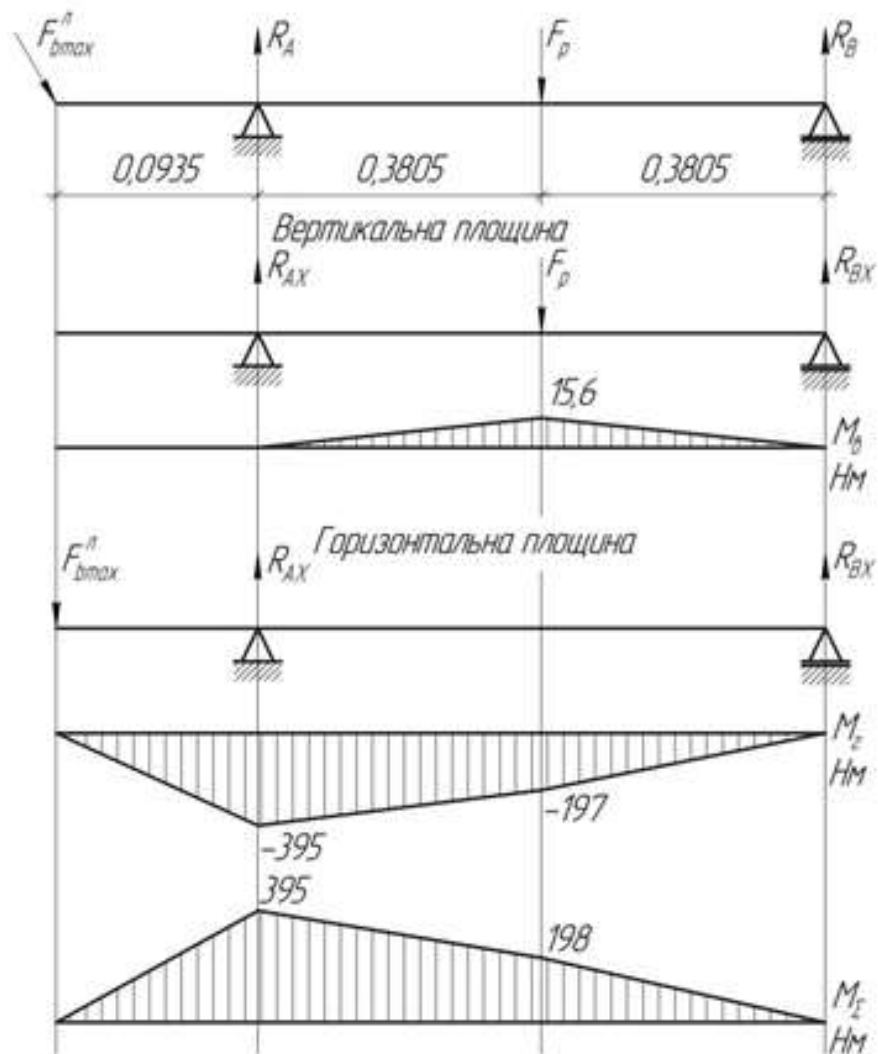


Рисунок 2.9 – Епора навантаження на вал VII

2.4.4.4 Моменти згину в перерізах II, III, в горизонтальній площині

$$M_{\text{ш}} = -F_{b \text{ max}}^s \cdot 0,0935 = -4224 \cdot 0,0935 = -395 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{ш}} = R_{\text{ш}} \cdot 0,3805 = -519 \cdot 0,3805 = -197 \text{ Нм}.$$

2.4.4.5 Сумарні згинальні моменти в перерізах II і III

$$M_{\text{ш}} = |M_{\text{ш}}| = 395 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{ш}} = \sqrt{M_{\text{ш}}^2 + M_{\text{ш}}^2} = \sqrt{(15,6)^2 + (-197)^2} = 198 \text{ Нм}.$$

2.4.5 Основний розрахунок XII вала

Зусилля, яке діють на вал ролика:

- від ланцюгової передачі: $F_{b \text{ max}}^s = 4224 \text{ Н}$;
- від клинопасової передачі: $F_{b \text{ max}}^k = 3F = 3 \cdot 596 = 1788 \text{ Н}$;
- від оброблюваного продукту: $F_p = 82 \text{ Н}$.

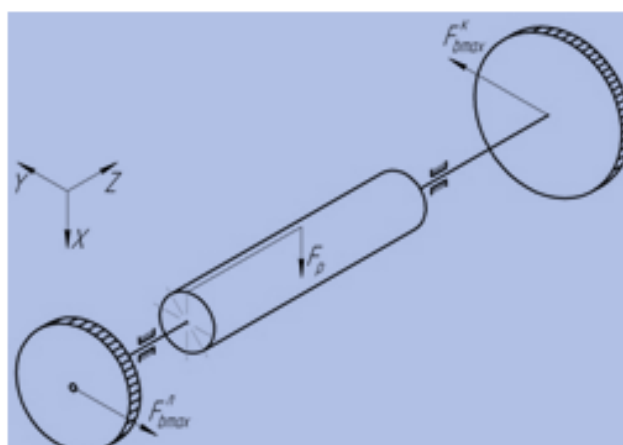


Рисунок 2.10 - Силова схема валу XII ролика

2.4.5.1 Реакції в опорах від сил у вертикальній площині

$$\sum M_B = -R_{AX} \cdot 0,761 - F_p \cdot 0,3805 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.28)$$

$$R_{AX} = -\frac{F_p \cdot 0,385}{0,78} = -\frac{82 \cdot 0,3805}{0,761} = -41 \text{ Н.}$$

$$R_{BX} = F_p - R_{AX} = 82 - 41 = 41 \text{ Н.}$$

2.4.5.2 Згині моменти в перерізі III в вертикальній площині

$$M_{III} = R_{AX} \cdot 0,3805 = 41 \cdot 0,3805 = 15,6 \text{ Нм.}$$

2.4.5.3 Реакції в опорах валів від сил в горизонтальній площині

$$\sum M_B = -F_{b\max}^n \cdot 0,8145 + R_{AY} \cdot 0,761 - F_{b\max}^k \cdot 0,1105 = 0 \text{ Нм}; \quad (2.29)$$

$$R_{AY} = \frac{F_{b\max}^n \cdot 0,8145 + F_{b\max}^k \cdot 0,0645}{0,761} = \frac{4224 \cdot 0,8145 + 1788 \cdot 0,1105}{0,761} = 4781 \text{ Н.}$$

$$R_{BY} = R_{AY} - F_{b\max}^n + F_{b\max}^k = 4781 - 4224 + 1788 = 2345 \text{ Н.}$$

2.4.5.4 Згині моменти в перерізах II, III, IV в горизонтальній площині

$$M_{II} = -F_{b\max}^n \cdot 0,0535 = -4224 \cdot 0,0535 = -226 \text{ Нм};$$

$$M_{III} = -F_{b\max}^n \cdot 0,434 + R_{AY} \cdot 0,3805 = -4224 \cdot 0,434 + 4781 \cdot 0,3805 = -14 \text{ Нм};$$

$$M_{IVY} = F_{b\max}^k \cdot 0,1105 = 1788 \cdot 0,1105 = 198 \text{ Нм.}$$

2.4.5.5 Сумарні згинні моменти в перерізах II, III і IV

$$M_{II} = |M_{IIY}| = 226 \text{ Нм;}$$

$$M_{III} = \sqrt{M_{IIIx}^2 + M_{IIIY}^2} = \sqrt{(15,6)^2 + (-14)^2} = 21 \text{ Нм;}$$

$$M_{IV} = |M_{IVY}| = 198 \text{ Нм.}$$

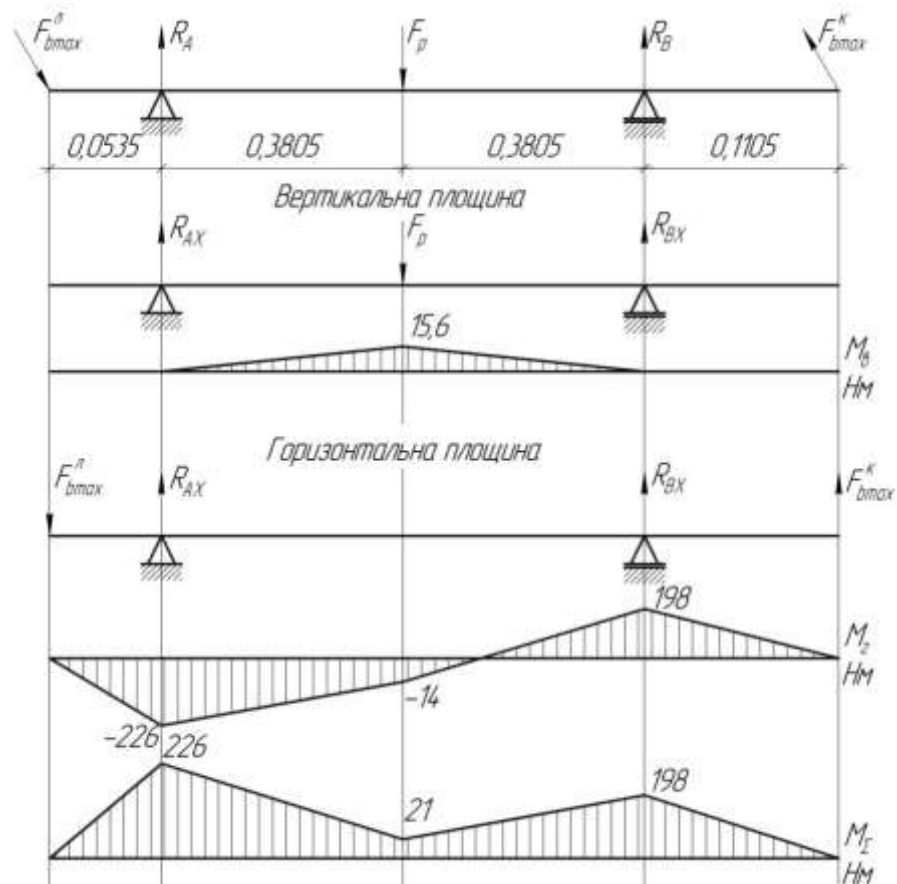


Рисунок 2.11 – Епюра навантаження вала XII

2.4.6 Матеріал вала

Для виготовлення вала прийнято сталь 45 нормалізовану з границею міцності $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$, границею текучості $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$,

твердістю $HВ173...241$, допустимим напруженням кручення $[\tau_k] = (0,03..0,04)\sigma_B = (18,3...24,4)$ МПа,

Приймаємо $[\tau_k] = 20$ МПа

2.4.7 Розрахунок діаметрів різних ділянок вала

2.4.7.1 Діаметр вихідного кінця вала

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]_{кр}}}, \quad (2.30)$$

де T – обертовий момент на валу, $H\cdot m$,

$[\tau]$ – понижене допустиме напруження, $[\tau] = 18..35$ МПа, прийнято $[\tau] = 18$ МПа.

Діаметр ділянки вала посадки шківів та зірочки

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{40,1}{0,2 \cdot 18 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м.}$$

Прийнято $d_1 = 30$ мм.

Для вільного проходу підшипника на посадочний діаметр d_n , його розмір повинен бути більшим за d_1 і кратним 5.

$$d_n = 1,2 \cdot d_1 = 1,2 \cdot 30 = 36 \text{ мм.}$$

Прийнято $d_n = 35$ мм.

$$d_p = 1,2 \cdot d_n = 1,2 \cdot 35 = 42 \text{ мм.}$$

Прийнято $d_p = 45$ мм.

2.4.8 Напруження в перерізах вала

Оскільки діаметри валів рівні, розрахунок напружень у перерізах проводимо для валу VI, який зазнає найбільшого навантаження.

$$\sigma_1 = \frac{M_I}{W_0} = \frac{32 \cdot M_I}{\pi \cdot d_1^3}; \quad (2.31)$$

$$\sigma_1 = \frac{32 \cdot 0}{3,14 \cdot 30^3} = 0 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{II}}{W_0} = \frac{32 \cdot M_{II}}{\pi \cdot d_1^3}; \quad (2.32)$$

$$\sigma_2 = \frac{32 \cdot 169 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30^3} = 63,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{M_{III}}{W_0} = \frac{32 \cdot M_{III}}{\pi \cdot d_n^3}; \quad (2.33)$$

$$\sigma_3 = \frac{32 \cdot 621 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 35^3} = 148 \text{ МПа};$$

$$\sigma_4 = \frac{M_{IV}}{W_0} = \frac{32 \cdot M_{IV}}{\pi \cdot d_p^3}; \quad (2.34)$$

$$\sigma_4 = \frac{32 \cdot 311 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 45^3} = 34,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_5 = \frac{M_V}{W_0} = \frac{32 \cdot M_V}{\pi \cdot d_n^3} \quad (2.35)$$

$$\sigma_5 = \frac{32 \cdot 0}{3,14 \cdot 35^3} = 0 \text{ МПа.}$$

Напруження в 3 перерізі є небезпечне (під підшипником)

$$\sigma_{\sigma\bar{a}} = \frac{M_{IVe}}{W_0} = \frac{32 \cdot M_{IVe}}{\pi \cdot d_i^3}, \quad (2.36)$$

$$\sigma_{\sigma\bar{a}} = \frac{32 \cdot 621 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 35^3} = 148 \text{ МПа.}$$

Кручення

$$\tau_{KP} = \frac{16 \cdot T_p}{\pi \cdot d_n^3}; \quad (2.37)$$

$$\tau_{KP} = \frac{16 \cdot 40,1 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 35^3} = 1,6 \text{ МПа.}$$

Сумарне (еквівалентне) напруження

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{\sigma\bar{a}}^2 + 4\tau_{KP}^2}; \quad (2.38)$$

$$\sigma_e = \sqrt{10,01^2 + 4 \cdot 1,6^2} = 10,5 \text{ МПа.}$$

Максимальне еквівалентне напруження

$$\sigma_{e \max} = \sigma_e \cdot k_n; \quad (2.39)$$

де $k_n = 1,5$.

$$\sigma_{e \max} = 1,5 \cdot 10,5 = 15,75 \text{ МПа.}$$

Допустиме еквівалентне напруження

$$[\sigma]_e = 0,8 \sigma_T; \quad (2.40)$$

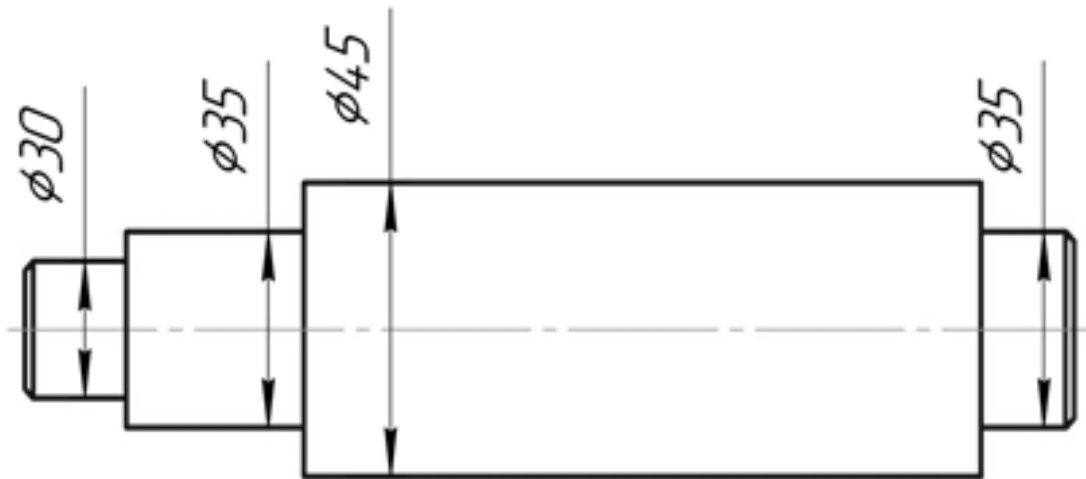
$$[\sigma]_e = 0,8 \cdot 750 = 600 \text{ МПа.}$$

Отже, умова статичної міцності виконується, оскільки

$$\sigma_{e \max} = 15,75 \text{ МПа} \leq [\sigma]_e = 600 \text{ МПа}.$$

2.4.9 Ескізи валів

- вал I:

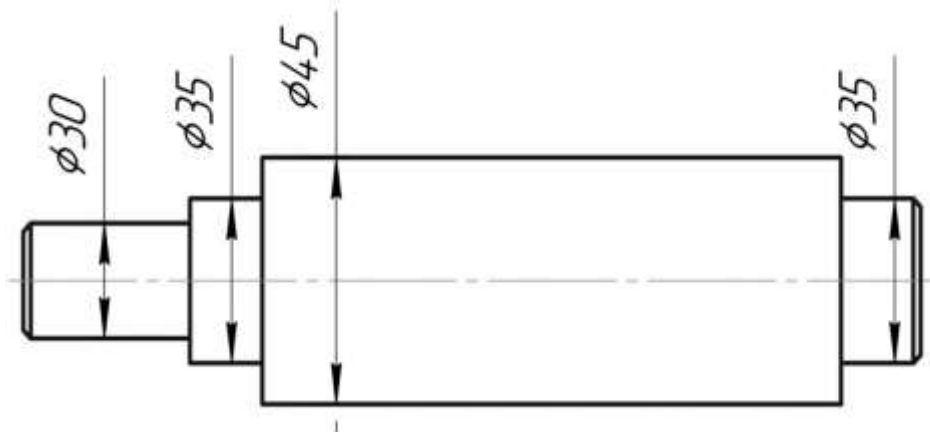


- вал II:

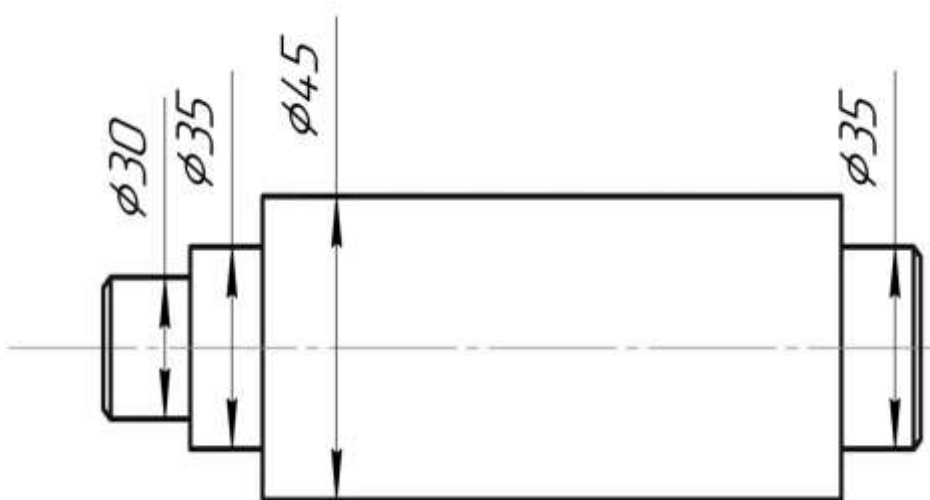
- вал III:



- вал IV:



- вал V:



2.5 Конструювання зірочки ланцюгової передачі

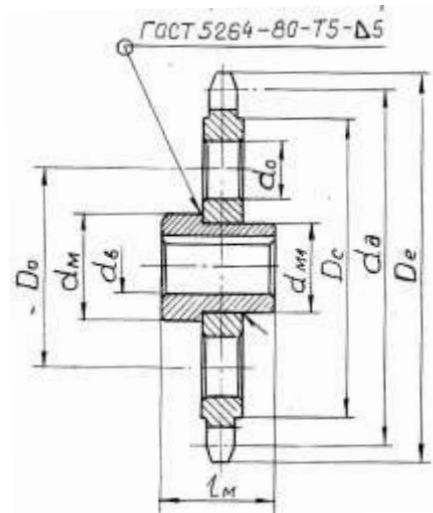


Рисунок 2.12 – Геометричні параметрів зірочки передачі

2.5.1 Дані для розрахунку передачі

$t = 15,875$ мм – крок ланцюга передачі;

$z = 35$ - число зубців зірочки;

$d = 177$ мм – ділильний діаметр зірочки.

2.5.2 Діаметр кола виступів:

$$D_e = t \left(0,5 + ctg \frac{180}{z} \right) = 15,875 \left(0,5 + ctg \frac{180}{35} \right) = 184 \text{ мм.}$$

Оскільки $D_e < 200$ мм., то зірочка виготовляється простою.

2.5.3 Діаметр кола впадин зірочки

$$D_i = d - 2 \cdot r, \quad (2.41)$$

де r – радіус впадини:

$$r = 0,502 \cdot d_1 - 0,05 = 0,502 \cdot 9 - 0,05 = 4,468 \text{ мм.}$$

d_1 - діаметр ролика, прийнято $d_1 = 9 \text{ мм}$.

$$D_i = 177 - 2 \cdot 4,468 = 168,064 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D_i = 168 \text{ мм}$.

2.5.4 Діаметр проточки зірочки

$$D_c = t \cdot \operatorname{ctg} \frac{180}{z} - 1,3 \cdot h = 15,875 \cdot \operatorname{ctg} \frac{180}{35} - 1,3 \cdot 18 = 153 \text{ мм.}$$

де h – ширина пластини ланцюга, $h = 18 \text{ мм}$ [2, табл.Т60, с.76].

2.5.5 Ширина зуба зірочки

$$b = 0,9B_{\text{вн}} - 0,15 \text{ мм} \quad (2.42)$$

де $B_{\text{вн}}$ – відстань між внутрішніми площинами пластин ланцюга, $B_{\text{вн}} = 15$ [2, табл.Т60, с.76].

$$b = 0,9 \cdot 15 - 0,15 = 13,35 \text{ мм.}$$

2.5.6 Розмір фасок

$$f = 0,2 \cdot b = 0,2 \cdot 13,35 = 2,67 \text{ мм} \quad \gamma \approx 20^\circ.$$

2.5.7 Ширина диска

$$B_1 \geq B. \quad (2.43)$$

де B – ширина внутрішньої ланки ланцюга, $B = 10,11$ мм [1, табл.9.1, с.221].

Прийнято $B_1 = 14$ мм.

2.5.8 Діаметр маточини

$$d_m = (1,6 \dots 1,7)d_g = (1,6 \dots 1,7) \cdot 30 = 48 \dots 51 \text{ мм.}$$

Прийнято $d_m = 50$ мм.

2.5.9 Діаметр посадочної поверхні маточини

$$d_{m1} = d_m - 5 = 50 - 5 = 45 \text{ мм.}$$

2.5.10 Довжина маточини

$$l_m = 1,5d_g = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ мм.}$$

3.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Охорона праці на підприємствах харчової промисловості є ключовим аспектом організації виробничого процесу, спрямованим на забезпечення здоров'я, життя та працездатності персоналу. Виробничі лінії з виготовлення хрусткої картоплі характеризуються використанням механічного, електричного і теплового обладнання, що висуває високі вимоги до дотримання правил безпеки та встановлених норм. У процесі роботи працівники стикаються з ризиками, пов'язаними з рухомими елементами машин, підвищеною температурою, електричними напругами, надмірним рівнем шуму та слизькими поверхнями в зонах миття й очищення сировини. З огляду на це, створення безпечних умов праці вимагає комплексного підходу. Це передбачає правильний вибір і подальшу експлуатацію обладнання, впровадження технічних і організаційних заходів з безпеки, а також регулярне проведення інструктажів із питань охорони праці.

3.1 Безпека роботи з тепловим обладнанням

Теплове обладнання для виробництва картопляних чипсів, включаючи фритюрні установки, бланшувачі та системи підігріву олії, належить до джерел підвищеної небезпеки. Це зумовлено високими робочими температурами, наявністю гарячих поверхонь і використанням горючих рідин. Порушення правил експлуатації такого обладнання може призвести до термічних опіків, загоряння олії або пошкодження самого обладнання. Тому суворе дотримання вимог охорони праці є обов'язковим для запобігання аварійним ситуаціям. Перед початком роботи необхідно перевірити стан теплового обладнання, звернувши особливу увагу на працездатність нагрівальних елементів, систем автоматичного регулювання температури, запобіжних і блокувальних механізмів. Забороняється використовувати обладнання у разі несправності чи відсутності терморегуляторів, аварійних

вимикачів або захисних кожухів. У процесі роботи персонал зобов'язаний дотримуватися встановлених температурних режимів, не допускаючи перегріву олії, який може спричинити її займання. Завантаження та вивантаження продуктів необхідно виконувати лише за допомогою спеціально передбачених пристроїв, уникаючи контакту з гарячими поверхнями. Працівники мають використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема термостійкі рукавиці, спеціальний одяг і взуття з підошвою, яка запобігає ковзанню. Робочі зони навколо теплового обладнання повинні бути оснащені місцевою витяжною вентиляцією для видалення парів і продуктів термічного розкладання олії. У приміщеннях слід розмістити ефективні первинні засоби пожежогасіння, такі як вогнегасники, пристосовані для ліквідації загорянь горючих рідин. Після завершення роботи теплове обладнання необхідно вимкнути від усіх джерел енергопостачання, зачекати, доки воно повністю охолоне, а потім провести його очищення відповідно до інструкцій з експлуатації. Дотримання цих заходів дозволяє мінімізувати виробничі ризики та створює безпечні умови праці під час експлуатації теплового обладнання.

3.2 Електробезпека на лінії з виробництва картоплі хрусткої

Електробезпека є ключовим елементом охорони праці на виробничих лініях для хрусткої картоплі, адже технологічний процес передбачає активне використання електрифікованого обладнання, такого як мийні установки, очисні й різальні машини, транспортери, теплові агрегати та системи автоматичного управління. Недотримання норм електробезпеки може спричинити ураження струмом, короткі замикання або створити пожежонебезпечні ситуації. Усі електричні пристрої мають відповідати чинним стандартам і бути оснащені справним заземленням або зануленням. Електропроводка повинна враховувати специфіку умов експлуатації, зокрема підвищену вологість у зонах миття та очищення сировини, із застосуванням

вологозахищених кабелів та герметичних електричних з'єднань. Електрообладнання повинно бути оснащене захисними механізмами, такими як автоматичні вимикачі, запобіжники та пристрої захисного відключення, які блокують подачу живлення у випадку перевантажень або витоку струму. Пускові та керуючі апарати необхідно встановлювати у зручних, безпечних для обслуговування зонах, забезпечуючи їх чітке маркування. Під час використання електрообладнання категорично заборонено проводити ремонтні або налагоджувальні роботи під напругою. Технічне обслуговування і ремонт мають виконувати тільки кваліфіковані фахівці, які пройшли відповідне навчання та інструктаж із електробезпеки. Працівники, що обслуговують обладнання, зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту й дотримуватися встановлених правил безпечної експлуатації. Закінчивши роботу на обладнанні, його слід обов'язково відключити від мережі. У разі аварійної ситуації необхідно оперативно застосовувати аварійні вимикачі. Дотримання електробезпеки суттєво знижує ризики ураження струмом і забезпечує стабільну та безпечну роботу технологічного процесу виробництва хрусткої картоплі.

3.3 Безпека при поводженні з рухомими елементами технологічної лінії

Технологічна лінія із виробництва хрусткої картоплі передбачає використання великої кількості спеціалізованого обладнання, яке включає в себе численні рухомі та обертові елементи. До таких компонентів належать різноманітні транспортери, роликові машини для миття, установки для очистки та нарізання продукту, привідні механізми, а також редуктори. Особливості конструкції цих машин вимагають підвищеної уваги до заходів безпеки, оскільки контакт працівників із рухомими або обертовими частинами може створювати загрозу травматизму, особливо за недотримання основних правил охорони праці. Для забезпечення безпеки всі рухомі частини обладнання, які можуть бути доступними під час його експлуатації,

повинні обов'язково оснащуватися захисними кожухами або огороженнями. Подібні захисні елементи покликані мінімізувати ризик випадкового контакту працівників із небезпечними зонами механізмів. Експлуатація обладнання без наявності встановлених або у разі пошкодження цих захисних пристроїв категорично заборонена. Усі огороження мають бути надійно закріплені, забезпечуючи високу стійкість до зовнішніх впливів, але при цьому вони не повинні ускладнювати нормальну роботу машин або обслуговуючих їх технічних засобів. Забезпечення режиму безпеки передбачає чітку регламентацію процедур увімкнення та відключення обладнання. Ці процеси мають виконуватися виключно за допомогою спеціально передбачених органів керування. У зонах із підвищеним рівнем небезпеки обов'язковим є встановлення аварійних вимикачів. Вони дозволяють негайно припинити роботу обладнання та знеструмити його у разі виникнення аварійної ситуації або іншої загрози для здоров'я працівників. Перед початком виконання будь-яких технічних або обслуговуючих робіт, наприклад очищення чи ремонту машин, обладнання повинно бути повністю зупинене. Додатково слід переконатися у його повному відключенні від джерел живлення, щоб унеможливити раптовий запуск механізмів. У ході роботи транспортерів і роликів механізмів категорично забороняється вручну видаляти сторонні предмети або сировину, що могла застрягти між рухомими вузлами. Для таких ситуацій необхідно використовувати тільки призначені для цього інструменти, виконуючи роботи виключно після повного зупинення устаткування. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню працівників відповідним спеціальним одягом. Робочий одяг має бути правильно підібраний за розміром і не мати вільних елементів чи частин, які можуть зачепитися за деталі обладнання під час його роботи. Це дозволить уникнути критичних ситуацій та додасть рівень безпеки під час виконання посадових обов'язків. Дотримання встановлених правил та вимог охорони праці у роботі з рухомими та обертовими компонентами технологічної лінії значно знижує

ризик виробничих травм. Це є запорукою створення безпечних та комфортних умов для праці персоналу, що дозволяє забезпечувати стабільну продуктивність обладнання для виробництва хрусткої картоплі без загрози для життя і здоров'я працівників.

3.4 Екологічна безпека виробництва картоплі хрусткої

Екологічна безпека є однією з ключових складових процесу організації виробництва картоплі хрусткої. Її основною метою є максимальне зниження можливого негативного впливу, який технологічний процес може чинити на довкілля. В ході роботи виробничих ліній неминуче утворюються промислові відходи, забруднені стічні води та викиди в атмосферу. Це висуває нагальну потребу у впровадженні комплексу заходів, спрямованих на їхнє регулювання, контроль та скорочення. Одним із найбільших джерел формування стічних вод у процесі виготовлення хрусткої картоплі є операції, пов'язані з очищенням та миттям сировини. Для забезпечення екологічної рівноваги передбачається впровадження ефективних систем механічної очистки стоків. Це включає застосування відстійників і технологічних фільтрів, які дозволяють вилучати ґрунтові домішки та залишки органічного походження. Наступним кроком може бути повторне використання очищеної води у замкнених або частково замкнених технологічних циклах, що значно знижує обсяг споживаних природних водних ресурсів і сприяє ощадному ставленню до довкілля. Під час виробничих процесів утворюються не лише рідкі, але й тверді відходи, наприклад, шкірка картоплі чи некондиційні бульби, які відбраковуються на різних етапах. Їх збирання та утилізація здійснюються у суворій відповідності до екологічних норм і вимог. Такі відходи можуть стати вторинною сировиною й застосовуватися для виробництва кормів або у біоенергетичній сфері. Це дозволяє не лише раціонально використовувати ресурси, але й значно зменшити загальне навантаження на екосистему. Не менш важливим аспектом є вплив процесів теплової обробки на стан повітря в робочих приміщеннях і за їх межами. При

експлуатації теплового обладнання можливе виділення парів, різноманітних запахів чи продуктів розкладання олії. Для зменшення цього впливу важливо обладнати виробничі приміщення ефективними вентиляційними системами та використовувати справне і своєчасно обслуговане обладнання. Застосування сучасних технологій дозволяє мінімізувати кількість викидів у повітря, що позитивно відображається як на екологічній ситуації, так і на санітарних умовах праці. Раціональне використання енергоресурсів також відіграє значну роль у зменшенні негативного впливу виробництва на довкілля. Регулярне технічне обслуговування обладнання разом із впровадженням енергоефективних рішень дозволяє оптимізувати споживання енергії. Це сприяє значному скороченню як витрат ресурсів, так і обсягу шкідливих викидів. Дотримання усіх заздалегідь розроблених заходів екологічної безпеки забезпечує відповідність виробничого процесу виготовлення картоплі хрусткої чинним нормам з охорони природи. Більше того, така стратегія сприяє не лише захисту навколишнього середовища, а й сталому розвитку самого підприємства, підвищуючи його конкурентоспроможність та соціальну відповідальність перед суспільством.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі проведено всебічне дослідження та виконано модернізацію технологічної лінії для виробництва хрусткої картоплі. Це завдання є надзвичайно актуальним через зростання попиту на подібну продукцію та необхідність підвищення ефективності харчових виробництв. У дослідженні проаналізовано увесь технологічний цикл виготовлення хрусткої картоплі — від приймання та підготовки сировини до пакування готового продукту. У технологічній частині роботи детально розглянуто ключові виробничі операції, здійснено вибір та обґрунтування використання відповідного технологічного обладнання, враховуючи продуктивність лінії та вимоги до якості кінцевого продукту. Значна увага приділена початковим етапам обробки сировини, зокрема миттю і очищенню картоплі, які суттєво впливають на стабільність подальших процесів та зношуваність обладнання. У конструкторській частині запропоновано технічні рішення щодо модернізації мийної машини, включаючи встановлення додаткового ролика та зміну форми гумових накладок робочих органів. Ці конструктивні вдосконалення спрямовані на покращення контакту бульб картоплі з робочими елементами, посилення процесу очищення від забруднень і забезпечення рівномірності миття. Виконані розрахунки підтверджують ефективність запропонованої конструкції, її працездатність і придатність до використання в існуючих умовах експлуатації технологічної лінії. Окрім цього, значна увага присвячена питанням охорони праці та безпеки виробничих процесів. Проведено аналіз основних небезпечних і шкідливих факторів, які виникають при роботі з тепловим, електричним обладнанням та машинами з рухомими елементами. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів для забезпечення безпеки праці персоналу. Окремо розглянуто аспекти екологічної безпеки з метою мінімізації впливу виробництва на навколишнє середовище. Результати дослідження демонструють, що модернізація мийної машини сприяє підвищенню ефективності підготовки сировини, зменшенню втрат картоплі на наступних

етапах обробки та дозволяє покращити техніко-економічні показники виробництва загалом. Запропоновані технічні рішення можуть бути впроваджені на підприємствах харчової промисловості з мінімальними капітальними витратами та слугувати основою для подальшого вдосконалення обладнання виробничих ліній для виготовлення хрусткої картоплі.

ДОДАТКИ