МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет)_____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Сергій БЛАЖЕНКО ___	_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 20__р.	«___» _____ 20__р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності___133 «Галузеве машинобудування»_____
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми__Інжиніринг харчових виробництв _____
_____
на тему: «Удосконалення конструкції ножової рами відцентрової бурякорізки на основі досліджень міцнісних характеристик Кенінгсфельдських ножів»

Виконав: здобувач__2__ курсу, групи_ОХ-2-3М____

__Постойко Олександр Володимирович_____ _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник __Пономаренко Віталій Васильович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач_____
(підпис)

Київ – 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра *Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*
Освітній ступінь *магістр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)
Освітня програма *«Інжиніринг харчових виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК

«____» _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Постойко Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення конструкції ножової рами відцентрової бурякорізки на основі досліджень міцнісних характеристик Кенінгсфельдських ножів»

керівник проекту (роботи) Пономаренко Виталій Васильович, доц., кандидат тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» листопада 2023 р. № 940-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2024р.
3. Вихідні дані до роботи *1. Технічний паспорт обладнання.*
2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *Реферат; Зміст; Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідністю); Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкта дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел; Додатки*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 21.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	*Вступ*	03.12.2023 р.	
2	*Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження*	7.12.2023 р.	
3	*Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження*	12.12.2023 р.	
4	*Дослідна частина та узагальнення результатів*	16.12.2023 р.	
5	*Розрахункова частина*	23.12.2023 р.	
6	*Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування*	27.12.2023 р.	
7	*Заходи з охорони праці та охорони довкілля*	28.12.2023 р.	
8	*Маркетингове обґрунтування проекту*	05.01.2024 р.	
9	*Висновки*	08.01.2024 р.	
10	*Список використаних джерел*	12.01.2024 р.	
11	*Додатки*	18.01.2024 р.	
12	*Графічна частина формату А1 – 10 шт.*	29.01.2024 р.	
13	*Подача кваліфікаційної роботи на кафедру*	01.02.2024 р.	

Здобувач _____ Олександр ПОСТОЙКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Віталій ПОНОМАРЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В даному дипломному проекті було запропоновано удосконалення конструкції ножової рами відцентрової бурякорізки на основі досліджень міцнісних характеристик Кенінгсфельдських ножів.

Метою є модернізація відцентрової бурякорізки методом підвищення продуктивності та якості обробки бурякової стружки є за допомогою використання нових конструкцій ножів. При витупленні однієї ріжучої кромки ножа можна просто повернути його на 180° та продовжити роботу другою ріжучою кромкою, що підвищує тривалість роботи ножа. Оскільки нові ножі мають ширину вдвічі меншу, ніж традиційні, у типову ножову раму можна встановити два ряди ножів послідовно, а не один, що призводить до подвоєння продуктивності.

Розташування ножів в два ряди послідовно один за одним в одній ножовій рамі забезпечує точне позиціонування і запобігає вертикальному зсуву цукрових буряків під час різання.

Предмет дослідження є процесс різання бурякової стружки на відцентрової бурякорізці.

Об'єкт дослідження – бурякорізальні ножі Кенінгсфельського типу, рами

Під час виконання дипломного проекту був проведений аналіз сучасного стану цукрової промисловості, перевірено існуюче обладнання, виконані розрахунки на міцність та визначена товщина перерізу ножа. Була розроблена методика досліджень та проведена дослідна частина. Також розглянуті питання охорони праці, цивільного захисту, охорони довкілля, наведені вимоги до монтажу та представлені висновки.

Ключові слова - бурякорізка, ножі, дослідження, бурякова стружка.

ABSTRACT

The diploma project proposes the improvement of the construction of the centrifugal beet slicer blade frame based on studies of the strength characteristics of Königsfeld knives.

The goal is to modernize the centrifugal beet slicer by increasing the productivity and quality of processing beet shavings by using new designs of knives. These new knives feature an enlarged working part with a ribbed profile, allowing for sharpening on both sides. When one cutting edge of the knife becomes dull, it can be simply rotated by 180° to continue work with the other cutting edge, thus increasing the knife's durability. Since the new knives are half the width of traditional ones, it's possible to install two rows of knives consecutively in the standard blade frame instead of just one, doubling productivity. Positioning the knives in two rows consecutively within a single blade frame ensures precise alignment and prevents vertical displacement of sugar beets during cutting. This guarantees the production of high-quality beet chips with the desired profile.

The subject of the study is the process of cutting beet shavings on a Witzenger beet cutter.

The object of research is beet-cutting knives of the Keningsfel type, frames

During the execution of the diploma project, an analysis of the current state of the sugar industry was conducted, existing equipment was verified, strength calculations were performed, and the thickness of the knife cross-section was determined. A research methodology was developed and a research section was conducted. Additionally, considerations regarding labor protection, civil defense, environmental protection, installation requirements, and conclusions were presented.

Key words – beet slicer, knives, research, beet shavings.

ЗМІСТ

стор.

Реферат ……4

Вступ……7

1. Аналіз сучасного стану об’єкта дослідження, вибір і обгрунтування напрямку дослідження……9

1.1 Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень……...9

1.2 Обгрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження. ……..17

2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження……..18

2.1 Постановка завдань нового технічного рішення, визначення необхідних технічних параметрів, розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи……18

3. Дослідна частина та узагальнення результатів……...37

3.1 Об’єкт та предмет досліджень……..37

3.2 Опис експериментальної установки чи імітаційної моделі об’єкт досліджень……..39

3.3. Методика проведення досліджень……..41

3.4 Устрій та принцип роботи модернізованого об’єкту проектування. ..45

4. Розрахункова частина……...49

5. Принципи автоматизованого управління об’єктом проектування……...74

6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля……80

7. Маркетингове обгрунтування проекту висновки…….....87

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа **Пояснювальна записка**		Статус документа	
Власник документа НУХТ	Розробник документа Постойко О.В.	Назва, додаткова назва **Зміст**	221877.КР.00.000.ПЗ		
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA / Аркуш 1/1

Висновки…….90

Список використаних літературних джерел……92

Специфікації……..…108

Вступ

На цукрових заводах широко поширилися центрифужні бурякорізки, які можуть використовувати різні типи ножів для отримання різних форм бурякової стружки. Це дозволяє оптимізувати процес екстракції соку з буряків різної якості. Після аналізу роботи різних типів бурякорізальних ножів виявлені недоліки, і було запропоновано нову конструкцію ножів та спосіб їх кріплення в ножових рамах. Метою цього дипломного проекту було розробити систему різання, яка б дозволяла зменшити використання металу та підвищити тривалість роботи ножів, покращити якість бурякової стружки і збільшити продуктивність бурякорізки. У запропонованій конструкції ножів була відмінена перехідна та кріпильна частини, а також змінено спосіб їх кріплення в ножову раму з обох торців. Завдяки цьому зменшенню металоємкості таких ножів майже удвічі менше, ніж у типових моделях. Враховуючи, що ножі виготовляються з інструментальної сталі, ціна на яку відносно висока, ціна на ножі також буде знижена.

Ножі для бурякорізки мають лише зубчасту робочу частину, причому обидві ріжучі кромки робочої частини заточуються. При затупленні однієї з ріжучих кромок ножа достатньо повернути його на 180° і використовувати другу ріжучу кромку. Під час ремонту заточуються обидві ріжучі кромки робочої частини. З огляду на те, що ширина ножа зменшилась вдвічі, тепер можна встановити в типову ножову раму два ножі послідовно. Для цього необхідно змінити спосіб їх кріплення в ножовій рамі. На торцях робочої частини зубчастих ножів розміщені плоскі пластини, за допомогою яких ножі кріпляються в ножових рамах. Після їх установки ножі фіксуються в ножових рамах прижимними планками.

Розміщення ножів послідовно один за одним в одній ножовій рамі забезпечить їх точне взаємне налаштування і збереження стійкої кругової траєкторії руху буряка від першого ножа до другого. Це забезпечить нарізання бурякової стружки високої якості з бажаним профілем. За рахунок зміни кріплення ножів в стандартній ножовій рамі можна встановити два ряди ножів, що призведе до подвоєння кількості ножів у бурякорізці.

Отже, ефективність бурякорізки також збільшується удвічі.

1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження

1.1 Огляд літературних джерел

В даний час на цукрових заводах країн СНД в основному використовуються бурякорізки Смілянського машзаводу 12-ти рамні (СЦБ-12), 16-ти рамні (СЦБ-16) і 24-рамні (ПРБ-24). Найчастіше використовуються бурякорізки SCB-12 і SCB-16. Це обладнання було розроблено понад 50 років пізніше, тому не відповідає потребам цукрових заводів щодо ефективності та якості стружки. Бурякорізки СТБ-12 розраховані на продуктивність 1200-2100 т/добу, а СТБ-16 1600-2800 т/добу, з довжиною стружки 8-6 м. До недавнього часу збільшення продуктивності було можливе лише шляхом заміни СТБ-12 з СТБ -16 або ПРБ -24 і СЦБ-16 на ПРБ-24. Ця заміна дозволяє трохи підвищити продуктивність, але якість залишається такою ж, як і раніше, іноді погіршується (наприклад, після заміни СЦБ-12 на СЦБ-16), його вартість висока, але він не дуже ефективний.

Для вирішення завдання підвищення ефективності та поліпшення якості чіпсів у 2008 р. розроблено бурякорізки РДА-2-12 та РБА-2-16 (патент України № 4168) з дворядними ножовими рамами конструкції Адаменко. Рис. 1.1. При однакових розмірах і потужності ККД таких бурякорізок вдвічі вище, ніж у подрібнювачів СЦБ-12 і СЦБ-16, а якість стружки на порядок вище.

Завдяки використанню в конструкції бурякорізок газових пружин вдалося «вдихнути життя» в роботу тупих рам. У корпусі жалюзі встановлені газові пружини, які, впираючись на стрижні в поперечини, створюють силу, яка передається на ножові рами і намагається штовхнути обидві рами вгору по вікну.

Газові пружини створюють кінематичний зв'язок між рамою ролет і полотном і синхронно рухаються у вікні в цілому. У верхній частині вікна є спеціальні з'єднувачі, які обмежують вихід рам з вікна і чітко спираються на висоту вікон. Зусилля газових пружин регулюється на 15-20 кг більше, ніж вага мертвої та ножової рам. При установці ножової рами у вікно необхідно подолати цю силу, що досить легко, але завдяки зусиллю пружини при заміні ножових рам (після відпускання засувки) ножова рама виштовхує ножову раму з вікна. і автоматично замінює його порожнім кадром. Така конструкція справді дозволяє легко замінювати, чистити та перевіряти рами ножів під час роботи бурякорізки.

Рис 1.1. Барабан бурякорізка РБА-2-12 (виробництва для Олександрійського цукрового заводу)

Рама дворядного ножа являє собою дві стійки з ножами, змонтованими в суцільний корпус. Оскільки на рамі немає керуючих стрижнів, її ширина лише в 1,4 рази перевищує ширину рами звичайного ножа. Стандартні ножі встановлюються на дворядну ножову раму, чітко орієнтовану по висоті та розташовану в шаховому порядку. У першому ряду монтуються ножі з профілем А, а в другому - ножі з профілем В, завдяки чому автоматично досягається правильність профілю стружки і відпадає необхідність

регулювання висоти тримачів ножів, що дозволяє уникнути людський фактор, що впливає на якість чіпсів. Зменшена відстань між пазами рами в бурякорізках РБА-2-12 і РБА-2-16 порівняно з бурякорізками СЦБ-12 і СЦБ-16 суттєво впливає на якість стружки, отриманої в першому ряду. рама ножа. Зазори між вікнами зменшуються з 210 мм до 100 мм, що зменшує зсув і обертання корінців при їх переході від однієї рами до іншої, а профіль стружки стає більш рівномірним. Розмір зазору між рядами ножів в рамі, необхідний для виходу стружки, становить всього ~10 мм, завдяки чому коренеплоди буряка чітко потрапляють на ножі другого ряду рами без будь-якого зсуву і повороту. , що разом із чергуванням ножів створює найкращі умови для нарізки буряка. Великі корені можуть навіть торкатися ножів в обох рядах одночасно! При цьому в структурі рами ножа зберігається регулювання товщини стружки, що дозволяє змінювати поперечний переріз стружки під час руху бурякорізки за рахунок «підйому» ножів.

При використанні дворядних ножових рам у відцентрових бурякорізках рівномірність стружки подібна до такої на дискових і барабанних подрібнювачах, а також є можливість регулювати поперечний переріз стружки та контролювати її якість на кожній окремій ножовій рамі, т.к. а також їх заміна під час бурякорізки.

Рис. 1.2. Ножова рама конструкції Адаменко.

Рис. 1.3. До модернізації 12- рамна бурякорізка.

Рис.1.4. Після модернізації 20-ти рамна бурякорізка.

Модернізація традиційних для цукрових заводів СНД бурякорізок Т2М-СТСБ-12 і Т2М-СТСБ-16Б бурякорізками РБА-2-12 і РБА-2-16 з дворядними ножовими рамами конструкції Адаменко дозволяє суттєве покращення якості одержуваної стружки та збільшення продуктивності СТСБ-12 до 2400-4200 т/добу та СЦБ-16 до 3200-5600 т/добу, що при низькій вартості робить відцентрові бурякорізки серйозною конкуренцією дискові та барабанні бурякорізки.

Модернізація бурякорізок включає:

- підвищення ККД бурякорізки на 33% або 66%;

- значне покращення якості мікросхеми;

- повна регенерація барабана бурякорізки;

- найдешевший спосіб підвищення ефективності 12-ти рамних бурякорізок;

- забезпечення продуктивності понад 3500 т/добу за допомогою однієї бурякорізки;

- зниження експлуатаційних та енергетичних витрат при різанні буряків Розробка патентів

Винахідник: Адаменко Андрій Прокопович

Власник: Адаменко Андрій Прокопович Номер патенту: 41683 Номер заявки u200903734

МПК (2006): C13C 1/00. Патент опубліковано: 25 травня 2009 р., Бюл. No10/2009

Шаблон для корисної моделі.

1. Бурякорізка, що складається з барабана, змійовика, редуктора, завантажувального пристрою, приводу, ножів і глухих рам, відрізняється тим, що ножові рами виготовлені з двох обертових рядів ножів із чергуванням профілів ножів.

2. Бурякорізка по п.1, яка відрізняється тим, що ніж і глуха рама мають кінематичний зв'язок завдяки зусиллю пружин і точно відрегульовані по висоті вікон барабана бурякорізки.

Недоліками відомої бурякорізки є низька ефективність внаслідок невеликої кількості встановлених ножів та низької якості стружки, зокрема нерівномірний профіль поперечного перерізу стружки через зміщення та обертання коренеплодів під час їх руху. через значну відстань між рядами ножів, а також через відсутність чіткої опори ножових рам на висоті барабана бурякорізки та необхідність її постійного регулювання для забезпечення чергування профілю ножів у сусідніх кадрів, на що впливає людський фактор. У бурякорізці глухі рами не використовуються за призначенням через відсутність ефективного механізму, який би створював постійний кінематичний зв'язок з ножовими рамами і дозволяв глухим рамам автоматично перемішувати ножові рами, зняті з вікон барабана. . Основою корисної моделі є завдання просування продуктивність бурякорізки, підвищення якості стружки, а також забезпечення роботи за призначенням жалюзі. Завдання вирішується тим, що бурякорізка складається з барабана, редуктора, змійовика, завантажувального пристрою, приводу, ножа і глухих рам. Відповідно до корисної моделі рами ножів виконані у вигляді двох обертових рядів ножів через чергування профілів ножів. Крім того, рами ножів точно підігнані за висотою вікон барабана бурякорізки за допомогою засувок і мають кінематичний зв’язок із рамами жалюзі завдяки силі пружин.Причинно-наслідковий зв’язок полягає в тому, що бурякорізка з ножовими рамами, що складаються з двох обертових рядів ножів, має вдвічі більшу ефективність порівняно з бурякорізкою такого ж розміру та з такою ж кількістю однорядних ножів. рами завдяки встановленню удвічі більшої кількості ножів, а також характеризується кращою якістю стружки, зокрема більш рівномірним профілем стружки, завдяки зменшеному переміщенню та обертанню коренеплодів під час їх руху за рахунок зменшення міжрядь.

ножів завдяки більш широким дворядним ножовим рамам та завдяки чергуванню ножів у рамах та чіткому кріпленню ножових рамок на висоті бурякорізального барабана за допомогою з'єднувачів, які не потребують регулювання та ін. на нього впливає людський фактор. Крім того, в бурякорізці, яка має кінематичний зв'язок ножа з глухими рамами завдяки зусиллю пружин, глухі рами служать за призначенням для автоматичної заміни ножових рам у вікнах барабана під час руху бурякорізки. , що дозволяє замінювати рами ножів у вікнах барабана без необхідності зупинки бурякорізок

На рис. 1.5 зображено загальний вигляд бурякорізки.

На рис. 1.6 показано вікно барабана бурякорізки з ножовими рамами і ковпачками, пружиною і фіксатором.

Бурякорізка складається з барабана 1, в якому на валу шестерні 2 встановлено обмотку 3. Над барабаном встановлено завантажувальний пристрій 4, а

в нижній частині — привід бурякорізки 5. У вікнах барабана встановлені ножові рами 6 і глухі рами 7, закріплені на висоті барабана засувками 8 і притиснуті до засувок пружинами 9.

Бурякова косарка працює так. Через завантажувальний пристрій 4 буряк потрапляє в бурякорізку і падає на кульку 3, яка обертається на валу редуктора 2 від приводу 5. Буряк захоплюється лопатями кульки 3, відкидається відцентровими силами на внутрішню поверхню буряка. барабана 1 і рухом до ріжучих кромок нерухомі ряди ножів у 6 ножових рамах ріжуть на стружку. Зусилля пружин 9 діє на рами 7, передається на рами 6, створюючи між ними кінематичний зв'язок і притискаючи їх до засувок 8, завдяки чому рами отримують чітку фіксацію по висоті у вікнах. барабан 1.Необхідний профіль отриманої стружки забезпечується обертанням рядів ножів навколо вертикальної осі, чергуванням профілів

ножів у рядах ножових станин і чітким розташуванням ножових рамок 6 на висоті вікна барабана 1 за допомогою засувок 8. замінити ножові рами 6, засув 8 відпускається і ніж 6 і затвор 7 силою пружин 9 піднімаються вгору, при цьому ножова рама 6 виходить за вікно барабана 1, а жалюзі рама 7 автоматично замінює його, закриваючи вихід буряків у вікно барабана.

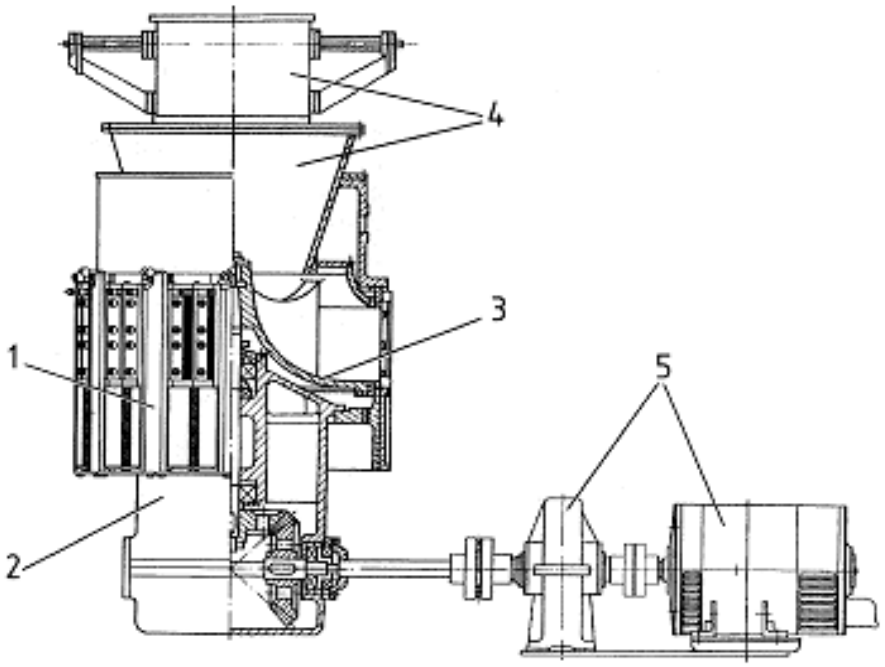


Рис.1.5.- Загальний вигляд бурякорізки.

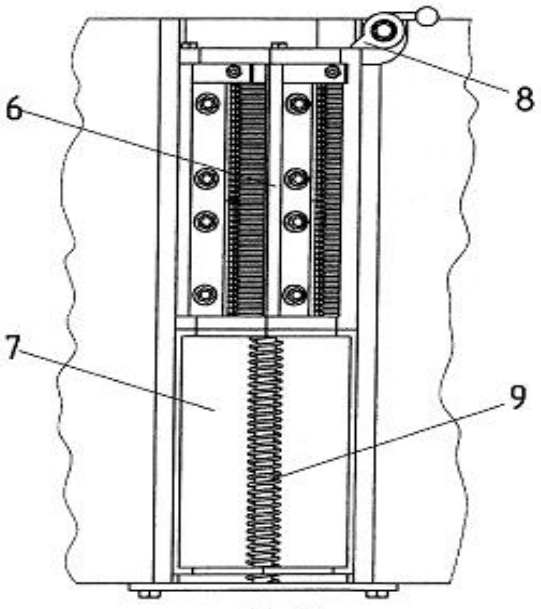


Рис.1.6.- Вікно барабана бурякорізки з ножовою та глухою рамами, пружина та фіксатор.

Запропонована бурякорізка характеризується вдвічі більшою ефективністю порівняно з бурякорізкою аналогічного розміру та з такою ж кількістю однорядних рам завдяки встановленню вдвічі більшої кількості ножів, а також характеризується кращою якістю стружки, зокрема більш рівномірний профіль стружки, завдяки меншому зміщенню та обертанню коренеплодів буряків під час їх руху, завдяки меншим відстаням між рядами ножів та завдяки чергуванню ножів у рамах та чіткому позиціонуванню ножових рамок на висота барабана бурякорізки з використанням засувок, які не потребують регулювання та не піддаються впливу людського фактору. Крім того, у бурякорізці, яка має кінематичний зв'язок між ножем і глухими рамами завдяки силі пружин, глухі рами служать за призначенням, щоб автоматично замінювати рами ножів у вікнах барабана під час руху бурякорізки, що дозволяє замінити рамки ножів у вікнах барабана без зупинки бурякорізки.

1.2 Обґрунтування актуальності досліджень

Актуальність пов'язана зі своєчасність аналізу обраного явища, так як те, що було необхідно вивчити, наприклад, в роки планової економіки, вдосконалити певні аспекти її функціонування, в умовах ринкової економіки втрачає свою гостроту. В такому аспекті інтерес зберігається лише у певного кола науковців, які зазвичай займаються ретроспективним аналізом. Добре сформульована актуальність відображає важливість і гостроту вивчення поставленого питання і важливість пошуку відповіді на нього саме сьогодні.

Для цукрової промисловості, зокрема при різанні буряків в стружку є актуальні роботи, що пов'язані зі збільшенням продуктивності за рахунок більш повного використання ножів, зменшення їх маси при зміні конструкції ножів. Основне завдання що вирішується при модернізації бурякорізки – підвищення коефіцієнта використання обладнання та збільшення продуктивності.

2. Розробка нових технічних рішень об'єкта дослідження, вибір або створення його математичної моделі

2.1 Постановка завдань нового технічного рішення, визначення необхідних технічних параметрів, розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи

Методологія дослідження - це система правил застосування методів, прийомів і способів проведення всіх видів досліджень. Найважливішою умовою здобуття нових знань є свідоме використання методів, заснованих на наукових засадах. Дослідник, який добре знає методи дослідження та можливості їх застосування, докладає менше зусиль і працює ефективніше, ніж той, хто в своїх дослідженнях покладається виключно на інтуїцію або працює за принципом «проб і помилок». Звичайно, точні та правильні методи не є єдиними елементами, які забезпечують успіх наукових досліджень. Наприклад, методи не можуть замінити творче мислення дослідника, уміння аналізувати, робити висновки та прогнозувати. Проте використання відповідних методів спрямовує думку дослідника, відкриває найкоротший шлях до досягнення мети і тим самим дає можливість раціонально використовувати енергію та час ученого. Кожен метод наукового пізнання слід розглядати як систему регулятивних принципів практичної та теоретичної діяльності людини.

Класифікація моделей

Будь-яка науково-проектна діяльність пов’язана з побудовою моделі.

Модель — об'єкт будь-якого типу, який із заданою точністю замінює досліджуваний об'єкт. Наявність етапу моделювання є науковою основою процесу проектування. В основі моделювання лежить метод аналогії, який ґрунтується на подібності певних сторін до різних об’єктів і явищ.

Моделювання – це метод наукового пізнання, який передбачає заміну предмета дослідження спеціально побудованим аналогом, що відображає особливості, що цікавлять дослідника.

Моделі:

• Фізичний;

• Символічні.

Символічні моделі, в свою чергу, поділяються на:

• Словесний опис;

• Графічний;

• Математичний

Фізичне моделювання дає можливість поглибити знання про явища і процеси, що відбуваються в технічних системах. Такі моделі найкраще і наочно відображають явища, що відбуваються в оригіналі.

Випробування методами фізичного моделювання проводяться в такому порядку:

1. Визначення основних параметрів процесу чи явища та меж їх зміни;

2. Залежно від кількості значень параметрів створюється одна або декілька фізичних моделей (лабораторних установок).

3. За допомогою пристроїв, підключених до установки, визначте значення параметрів.

4. Використовувати теорію математичної статистики для обробки значень отриманих параметрів.

Фізичне моделювання передбачає метод аналогії, який базується на подібності явищ.

Основними вимогами при фізичному моделюванні процесу є отримання необхідних модельних даних більш простим і дешевим способом.

Вербальні описові моделі використовуються для вирішення завдань маркетингу, логістики та кібернетики.

Графічне моделювання дозволяє представити досліджуваний об'єкт у вигляді розрахункової діаграми. Математичне моделювання технологічного процесу - це дослідження, яке здійснюється шляхом розв'язання системи рівнянь. Система рівнянь є математичним описом технологічного процесу. Математичний опис - це набір таблиць, діаграм і формул, які відображають зв'язок між параметром і вибраним критерієм якості процесу або машини.

Математична модель є спрощеною реальною системою. Спрощення відбувається шляхом урахування лише основних факторів, таким чином зводячи реалістичну проблему до ідеалістичної, яка підлягає математичному аналізу. Основою математичного моделювання є процес ідеалізації. Для таких завдань, які багаторазово повторюються, доцільно розробляти математичні моделі.

Метод скінченних елементів

Конструкція машин і апаратів харчової, мікробіологічної та фармацевтичної промисловості знаходиться в складному, напруженому і деформованому стані, що зумовлено взаємодією з сировиною, яка перебуває під високим тиском і температурами у в’язкому, рідкому або газоподібному стані. Сучасний рівень обчислень і проектування машин і пристроїв вимагає моделювання процесу взаємодії тіл у різних фазових станах з урахуванням технологічних особливостей і реальних умов роботи. Вирішення цієї проблеми можливе лише з урахуванням загальних взаємозв'язків між механікою суцільного середовища та її першим розділом - механікою деформації твердого тіла. Ці розділи базуються на законах механіки та термодинаміки, ефективних і універсальних чисельних методах

розв’язування диференціальних рівнянь, механіці суцільного середовища та механіці деформування твердого тіла, представленням якої є метод скінченних елементів.
Механіка твердого середовища базується на основах механіки і термодинаміки – законах фізики, які називаються законами збереження:

1. Закон збереження маси;

2. Закон збереження імпульсу;

3. Закон збереження енергії;

4. Закон збереження енергетичного балансу.

Для механіки твердого тіла характерні такі області застосування:

1. Механіка рідких і твердих тіл;

2. Механіка конструкцій із твердих тіл.

Метод скінченних елементів широко використовується в лінійній механіці твердого тіла.

Основними варіаційними принципами механіки твердого тіла є:

1. Принцип Лагранжа (мінімум повної потенціальної енергії);

2. Принцип Кастільяно (мінімум додаткової або непотрібної роботи);

3. Принцип Рейснера (характеризує комбінований варіант примітивної функції);

4. Принцип Хувашіцу (характеризує функцію гібридного виведення).

За принципом Лагранжа переміщення змінні, Кастільяно - напруга, Рейснера - переміщення і напруга, Хувашицу - переміщення, напруга і кінетичні параметри.

Порядок реалізації методу скінченних елементів:

1. Дискретизація об'єкта, тобто заміна його набором скінченних елементів заданої форми, з'єднаних між собою у вузли з кінцевим числом вузлів. Розбиття об'єкта на кінцеві елементи найчастіше здійснюється інтуїтивно або за аналогією. У місцях можливої концентрації

під дією напруг кінцево-елементна сітка згущується. Існує багато комп'ютерних програм, які в залежності від заданої точності отриманого параметра підбирають тип і щільність кінцевих елементів. Приклад кінцево-елементної сітки показано на рисунку 2.1.

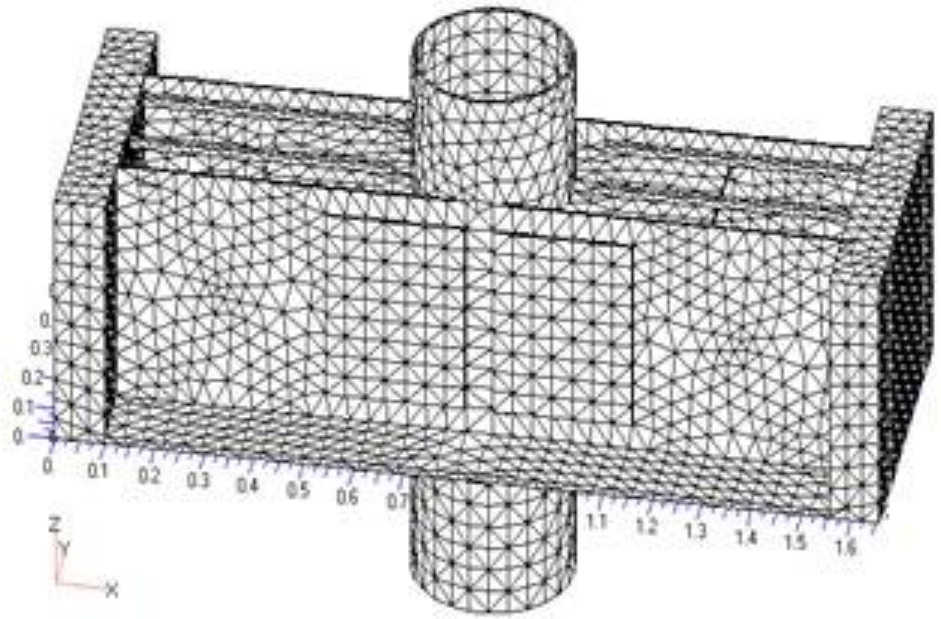


Рис. 2.1 Приклад сітки кінцевих елементів

2. Вибір варіаційного принципу.

3. Вибір апроксимуючої функції. Точність залежить від вибору апроксимаційної функції.

4. Реалізація принципу. Розрахунок матриці жорсткості елементів та побудова глобальної матриці системи рівнянь і вектора вузлових сил.

Глобальна матриця будується за допомогою таких методів:

• Безпосередній монтаж ребер жорсткості;

• Конгруентне перетворення (комбінація та суперпозиція);

• Застосування різницевих пристроїв.

5. Врахування граничних умов. Враховуючи граничні умови, глобальна матриця може бути скоригована;

6. Розв’язування системи алгебраїчних рівнянь. Розв’язування систем рівнянь найчастіше виконується за допомогою комп’ютерних програм;

7. Визначення деформацій і напружень.

2.3 Дослідження технологічних систем за допомогою багатофакторного експерименту

Експеримент - це послідовність заздалегідь запланованих дій, спрямованих на отримання результатів експериментів.

Планування експерименту — процедура вибору кількості та умов проведення дослідів, необхідних для вирішення досліджуваної задачі з достатньою точністю.

До завдань, для вирішення яких може бути використане планування експерименту, відносяться: пошук оптимальних умов, побудова інтерполяційних формул, вибір важливих факторів, що впливають на процес, визначення або вдосконалення констант теоретичної математичної моделі (коефіцієнтів тертя, відновлення та ін.).).

В експериментальній теорії вхідні параметри називаються факторами, а вихідні — зворотним зв’язком.

Розрізняють пасивні та активні експерименти. Пасивний експеримент - це традиційний метод дослідження, при якому вхідні параметри не можуть змінюватися і реєструються тільки вхідні та вихідні значення. Збір статистичного матеріалу в умовах нормальної роботи промислового об'єкта є пасивним експериментом. Обробка даних для отримання емпіричної математичної моделі здійснюється за допомогою класичних методів регресійного та кореляційного аналізу. Активний експеримент проводиться за заздалегідь складеним планом, що передбачає зміну всіх параметрів, що впливають на процес, що дозволяє визначити ступінь впливу факторів

шляхом зменшення загальної кількості дослідів. У цьому випадку можна отримати рівняння регресії з оцінкою впливу кожного фактора на вихідне значення.

За кількістю факторів досліди поділяють на однофакторні та багатофакторні. Коли змінюється лише одна вхідна змінна і записується відповідь, експеримент називають однофакторним. Якщо на процес впливає більше ніж один фактор, проводиться багатофакторний експеримент. Зазвичай процеси характеризуються впливом кількох факторів, тому в більшості випадків проводять багатофакторний експеримент. Якщо кожен фактор отримує тільки два рівні, то експеримент називають дворівневим.

Розглянемо методику проведення активного багатофакторного дворівневого експерименту.

Активний експеримент вирішує такі проблеми:

• розкриття механізму процесу або явища - побудова математичної емпіричної моделі процесу в умовах невизначеності, яка кількісно показує вплив різних факторів на початкову величину;

• оптимізація об’єкта – знаходження набору значень керуючого параметра, що забезпечує екстремум початкового значення;

• виявлення факторів із усієї сукупності змінних, які суттєво впливають на вихідне значення;

• ідентифікація об'єктів - визначення їх стану та параметрів у процесі функціонування;

• екстраполяція поведінки об'єкта в часі та просторі.

Для організації та проведення експерименту необхідно сформулювати його мету, обґрунтувати значення зворотного зв’язку, вибрати важливі незалежні вхідні фактори, що змінюються в ході експерименту, скласти план проведення експерименту, обробити отримані дані та обговорити результати. Тому розглянемо набір дій докладніше.

Постановка експерименту

Перед проведенням активного багатофакторного експерименту виконується підготовча робота – попереднє планування, яке складається з наступних етапів:

• обстеження предмета та формулювання мети експериментального дослідження;

• вибір зворотного зв'язку;

• вибір факторів і діапазонів їх мінливості;

• створення науково-дослідної та метрологічної бази.

У деяких випадках властивість може мати кілька відгуків, але найчастіше їх можна об’єднати в один загальний (зведений) огляд. Вона визначається метою експерименту і повинна відповідати таким вимогам:

• бути кількісною величиною, доступною для прямого чи непрямого вимірювання з необхідною точністю;

• мати простий фізичний зміст;

• якомога точніше характеризувати об’єкт дослідження.

Фактори - це незалежні змінні, які експериментатор може змінювати під час експерименту. Фактори можуть бути кількісними і якісними.

Кількісні фактори є фізичними величинами і їх можна виміряти. Якісні фактори неможливо виразити кількісно.

Основним завданням попереднього планування є виявлення факторів, які найбільше впливають на реакцію.

Якщо не врахувати один з основних факторів, модель не підійде до об'єкта. Під час експерименту фактори повинні відповідати таким вимогам:

• при зміні будь-якого фактора всі інші не змінюють своїх значень, тобто всі фактори повинні бути функціонально і статично незалежними;

• під час експерименту кожен фактор може приймати два або більше значень і може бути змінений у будь-який момент;

• коефіцієнти повинні бути доступні для вимірювання з точністю на порядок більшою, ніж точність відгуку.

Дослідник вирішує питання: скільки і які фактори впливають на бажану функцію. Для цього використовуються знання про теорію процесу (відомі детерміновані зв'язки) і апріорна інформація з практики використання цього або подібних процесів.

Більш коректним методом відбору факторів є метод експертної оцінки. У процесі застосування цього методу т. зв коефіцієнт відповідності (постійності) ступеня впливу факторів на бажану функцію.

Для цього всі відомі фактори розташовуються в порядку зменшення ступеня їх впливу на функцію, тобто ранжуються, а потім створюється таблиця типу 2.1.

Ранжування факторів

Джерело (спеціаліст)	Фактори та їх ранги				
	x_1	x_2	x_3	.....	x_n
1	1	3	2	…..	9
2	2	4	2	…..	7
…..	…..	…..	…..	…..	…..
m - й	5	7	1	…..	9
Сума рангів	35	27	5	…..	41

Таблиця 2.1

Цифри в таблиці відповідають місцю (рангу), присвоєному цьому фактору даним спеціалістом. Чим менша сума рангів (останній рядок таблиці), тим значимішим (впливовішим) є відповідний фактор.

Потім розраховується коефіцієнт податливості за формулою:

$$W = \frac{12 \cdot \sum \Delta^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \qquad (2.1)$$

де – сума квадратів відхилень рядових рангів від середнього рангу всієї вибірки;

m – кількість джерел;

n – кількість факторів.

Коефіцієнт узгодженості може приймати значення від 0 до 1, тобто від повної розбіжності думок (фахівців) до їх повної згоди.

Для отриманого W можна побудувати відповідні розподіли, але оскільки для n > 7 (факторів) випадкова величина m· (n – 1)·W підпорядковується розподілу $\chi 2$, гіпотезу 0-узгодженості можна перевірити за допомогою критерію Пірсона. :

Якщо кількість ступенів свободи f = n – 1, то W вважається значущим (коли n > 7)

Якщо n < 7, для випадкової величини використовується розподіл Фішера (розподіл F):

$$F_{розп} = \frac{0,5 \cdot \ln(m-1) \cdot W}{1-W}, \qquad (2.2)$$

з числом ступенів свободи

$$f_1 = n - 1 - \frac{2}{m} \text{ та } f_2 = f_1 \cdot (m-1), \quad (2,3)$$

Потім будується рангова гістограма: рівні сегменти з послідовними номерами факторів розташовуються по осі абсцис у порядку зростання рангу. Сума рангів даного фактора не ставиться на ординату, а додається до суми мінімального і максимального числа рангів даного фактора.

Як приклад, на рисунку 2.2 наведено три типи можливих діаграм – гістограм рангів факторів.

Рис. 2.2 Гістограми рангів

Якщо на основі розрахунків побудувати діаграму типу а), то природно виділити зліва першу групу факторів, які суттєво впливають на змінну у, і опустити праву;

Якщо діаграма типу b) побудована без чіткої межі між факторами, то всі фактори повинні бути включені;

Якщо побудувати діаграму типу с, то найбільш ефективним є випадок, коли ступінь впливу факторів на змінну швидко зменшується експоненціально, тоді обмежуються виділенням 3-4 найбільш значущих факторів і таким чином зменшують кількість необхідних експерименти в майбутньому [9].

Після вибору коефіцієнтів X1, X2, ..., Xi можна приступати до планування експерименту.

У зв'язку з тим, що проводиться дворівневий експеримент, кожен фактор може приймати два значення: верхній Хін і нижній Хін рівні. Набори верхніх і нижніх значень коефіцієнтів складають експериментальну область. Точність побудови поліноміальної моделі залежить головним чином від правильного вибору дослідної області.

Планування та обробка експериментальних результатів здійснюється не з використанням фізичних змінних, а закодованих змінних. Закодовану змінну x_i можна визначити за допомогою формули

$$x_i = \frac{X_i - X_i^0}{h_i}, \quad (2.4)$$

Де X_i^o – рівень основного фактора; hi — його діапазон змінності.

Якщо факторний простір обмежений верхньою та нижньою межами Хіна, то половина діапазону, в якому змінюється фактор, називається діапазоном варіації

Базовий рівень коефіцієнта визначається як:

$$h_i = \frac{1}{2}(X_{iв} - X_{iн}) \quad (2.5)$$

У дворівневому багатофакторному експерименті кожен фактор змінюється на двох рівнях, Хів і Хін, тому кодовані значення хі матимуть лише два значення: –1 і +1.

Результати факторного кодування заносяться в таблицю. 2.2.

Умови проведення експерименту

Величина	Фактори				
	X_1	X_2	X_3	…	X_i
Кодоване позначення фактора x_i					
Основний рівень X_i^0					
Інтервал варіювання h_i					
Нижній рівень $X_{ін}$					
Верхній рівень $X_{ів}$					

Таблиця 2.2

Для отримання математичної моделі найчастіше використовують багатофакторні експерименти. Найбільш поширеними є поліноміальні моделі, це пов'язано з тим, що модель може бути представлена у вигляді ортогональних поліномів, для яких процедура обробки даних значно спрощується. У загальному вигляді теоретичне рівняння такої моделі має такий вигляд:

$$\lambda = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{k} \alpha_i x_i + \sum_{ii \neq j1} \alpha_{ij} x_i x_j + \sum_{i \neq j \neq q} \alpha_{ilq} x_i x_j x_q + \ldots\ldots + \sum_{i \neq l \neq q \neq \ldots \neq k} \alpha_{ijq\ldots k} x_i x_j x_k \ldots x_k, \quad (2.6)$$

де α0 – вільний член; αi, αj, αq – коефіцієнти, що враховують вплив факторних взаємодій на реакцію відповідно лінійних, подвійних, потрійних тощо.

Грецькими літерами позначені фактичні значення відповідних невідомих. Експериментальні дані показують, що можна отримати лише оцінки коефіцієнтів α, які не є випадковими значеннями. Для визначення коефіцієнтів моделі використовується регресійний аналіз, який базується на методі найменших квадратів (LS). В результаті регресійного аналізу можна отримати оцінки попередньої моделі, які називаються рівняннями регресії і мають вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{ii \neq j1} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i \neq j \neq q} b_{ilq} x_i x_j x_q + \ldots\ldots + \sum_{i \neq l \neq q \neq \ldots \neq k} b_{ijq\ldots k} x_i x_j x_k \ldots x_k, \qquad (2.7)$$

де коефіцієнти b – оцінки відповідних коефіцієнтів α, y – оцінка відповіді λ. Для полегшення визначення коефіцієнтів регресії та підвищення точності експериментальної теорії були розроблені спеціальні конструкції. Якщо два фактори в експерименті відрізняються на двох рівнях -1 і +1, рівняння регресії набуває вигляду:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2. \qquad (2.8)$$

Для знаходження коефіцієнтів рівняння потрібно провести чотири досліди. Послідовність проведення вимірів заноситься у табл. 2.3, яка має назву – матриці планування. Для нашого випадку матриця має наступний вид:

Матриця планування двофакторного експерименту

Номер досліду N	Фактори			
	x_0	x_1	x_2	x_1x_2
1	+1	–1	–1	+1
2	+1	+1	–1	–1
3	+1	–1	+1	–1

4	+1	+1	+1	+1

Таблиця 2.3

Стовпець хо потрібен для розрахунку коефіцієнта bo, а останній стовпець є добутком другого і третього, надалі ми не будемо переходити в стовпці рівних і вищих взаємодій в матриці планування.

Для тристороннього експерименту рівняння регресії виглядає наступним чином

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3 + b_7x_1x_2x_3. \qquad (2.9)$$

У рівнянні вісім невідомих, відповідно і матриця планування матиме вісім дослідів (табл.2.4).

Матриця планування трифакторного експерименту

Номер досліду N	Фактори			
	x_0	x_1	x_2	x_1x_2
1	+1	–1	–1	–1
2	+1	+1	–1	–1
3	+1	–1	+1	–1
4	+1	+1	+1	-1
5	+1	–1	–1	+1
6	+1	+1	–1	+1
7	+1	–1	+1	+1
8	+1	+1	+1	+1

Таблиця 2.4

Тому експеримент, в якому реалізуються всі можливі комбінації факторних рівнів, називається повним факторним експериментом (FFE), а матриця планування - повним факторним планом. Загальна кількість експериментів визначається як N=2k.

Усі плани повинні мати такі властивості:

1. симетрія відносно центру - алгебраїчна сума елементів вектора-стовпця кожного фактора дорівнює нулю;

умова нормування – сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює кількості дослідів;

2. ортогональність - сума доданків будь-яких двох векторів-стовпців матриці дорівнює нулю;

3.ротабельність - точки в матриці планування вибираються таким чином, щоб точність значень відповіді була однаковою на однаковій відстані від центру експерименту і не залежала від напрямку.

2.3.2 Обробка експериментальних даних

Основним завданням обробки даних є оцінка параметрів прийнятої моделі та перевірка гіпотези про адекватність моделі експериментальним результатам. Обробка даних базується на методах математичної статистики. Використання методів математичної статистики можливе за умови нормального розподілу отриманих результатів.

Багатоваріантний дослід складається із серії дослідів за прийнятим планом. У кожному експерименті встановлюється певний набір значень факторів і вимірюється відповідь. Для підвищення точності опису моделі проводять декілька незалежних n експериментів із постійними значеннями коефіцієнтів. Такі повторювані досліди називаються паралельними.

Середнє значення паралельних експериментів розраховується за такою формулою:

$$\bar{y}_n = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{n} y_{Ni}. \qquad (2.10)$$

Наявність відхилень свідчить про мінливість паралельних дослідів. Для вимірювання цієї мінливості ми використовуємо дисперсію - середнє значення квадрата відхилень значень від середнього значення паралельних експериментів:

$$S_N^2 = \frac{1}{m-1}(\sum_{i=1}^{n} y_{Ni}^2 - \bar{y}_N^2). \quad (2.11)$$

Для подальших розрахунків необхідно, щоб отримані експериментальні дані не містили грубих помилок або пропусків. Для виключення промахів використовується

критерій р. Міс може бути найбільшим або найменшим значенням у послідовності.

Тому розраховуються мінімальне і максимальне значення критерію r:

$$r_{\min} = \frac{\bar{y}_N - y_{N\min}}{S_n\sqrt{n(n-1)}} \text{ і } r_{\min} = \frac{y_{N\min} - \bar{y}_N}{S_n\sqrt{n(n-1)}}. \quad (2.12)$$

Отримані значення порівнюють із значенням rkr для числа ступенів свободи fN =n–1 та рівня значущості α за таблицею r-розподілу.

В інженерних розрахунках зазвичай приймається рівень значущості α = 0,05.

Якщо rmin або rmax>rkr, цей результат відхиляється. Щоб забезпечити ортогональність плану експерименту, замість виключеного результату в цій точці плану виконується додатковий експеримент.

Для перевірки точності зміни відгуку в усіх точках визначається однорідність дисперсії доданків:

$$G_p = \frac{S_{N\max}^2}{\sum_{u=1}^{N} S_u^2}, \quad (2.13)$$

де – найбільша лінійна дисперсія.

Відповідно до таблиці розподілу Кохрена (додаток 2) критичне значення Gkr визначається зі ступенями вільності fN = n–1 і fs = N. Якщо Gp > Gkr, дисперсії вважаються неоднорідними і вживаються дії для досягнення однорідність.

Дисперсію всього експерименту можна отримати шляхом усереднення лінійних дисперсій. Це значення називається репродуктивною дисперсією, а

числове значення обчислюється за таким виразом:

$$S_y^2 = \frac{1}{N}\sum_{u=1}^{N} S_u^2. \qquad (2.14)$$

Потім переходимо до визначення b коефіцієнтів рівняння регресії.

Для нормально розподілених значень використовується метод найменших квадратів. Для підтвердження нормальності розподілу відхилень можна поставити серію досліджень з великою кількістю паралельних дослідів в одній із точок плану та провести статистичну обробку нормальності їх розподілу.

Через ортогональність матриці планування коефіцієнти b розраховуються за загальною формулою:

$$b_i = \frac{1}{N}\sum_{u=1}^{N} x_{iu}\,\bar{y}_u, \qquad (2.15)$$

де x_{iu} – кодовані значення факторів.

Таким чином для двохфакторного експерименту (див. табл. 2.3) b-коефіцієнти розраховуються за формулами [11]:

$$b_0 = \frac{(+1)\bar{y}_1 + (+1)\bar{y}_2 + (+1)\bar{y}_3 + (+1)\bar{y}_4}{4}; \qquad (2.16)$$

$$b_1 = \frac{(-1)\bar{y}_1 + (+1)\bar{y}_2 + (-1)\bar{y}_3 + (+1)\bar{y}_4}{4}; \qquad (2.17)$$

$$b_2 = \frac{(-1)\bar{y}_1 + (-1)\bar{y}_2 + (+1)\bar{y}_3 + (+1)\bar{y}_4}{4}; \qquad (2.18)$$

$$b_3 = \frac{(+1)\bar{y}_1 + (-1)\bar{y}_2 + (-1)\bar{y}_3 + (+1)\bar{y}_4}{4}. \qquad (2.19)$$

Серед визначених коефіцієнтів можуть бути статично незначущі. Вони не несуть корисної інформації про об'єкт дослідження і можуть бути виключені з рівняння регресії.

Для перевірки значущості розраховують величину $b_{кр}$:

$$b_{kp} = \frac{S_y^2}{Nn} t_{kp} \qquad (2.20)$$

Значення tkr вибираються з таблиць розподілу Стьюдента за кількістю ступенів свободи ft = N(n–1). Якщо bi ≤ bkr, він дорівнює нулю.

Перевірка моделі на значущі та незначущі коефіцієнти регресії називається перевіркою адекватності моделі.

Якщо коефіцієнти в рівнянні регресії незначущі, розраховується оцінка дисперсії адекватності:

$$S_{ад}^2 = \frac{n\sum_{u=1}^{N}(\bar{y}_u - \hat{y}_u)}{N-d} \qquad (2.21)$$

де d – кількість значущих коефіцієнтів регресії.

Перевірка адекватності моделі складається з перевірки відношення оцінок дисперсій відтворення і адекватності за F-критерієм:

$$F_{роз} = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2} \qquad (2.22)$$

З таблиць можна знайти критичне значення критерію Фішера Fкр

Розподіл F (додаток 4) за кількістю ступенів свободи fad = N–l та fy=N(n–1).

Гіпотеза про адекватність моделі приймається, якщо Froz < Fkr.

Якщо модель недостатня, слід провести новий експеримент, вживаючи заходів для досягнення адекватності.

Адекватність може бути досягнута:

• зменшення діапазонів варіації коефіцієнта;

• стабілізація умов експерименту;

• рандомізація дослідів;

• суворе врахування всіх факторів, що впливають на процес;

• інші заходи.

Якщо вжиті заходи не сприяють досягненню адекватності, переходять до інших типів планування (вищого порядку, симплексної сітки, D-оптимального тощо).

3. Дослідна частина та узагальнення результатів

3.1 Об’єкт та предмет дослідження

На цукрових заводах набули поширення відцентрові бурякорізки, в які можна встановлювати різні типи ножів, що дозволяє отримувати різні форми бурякової стружки, найбільш оптимальні для виймання буряків різної якості. Проаналізовано вплив різних типів бурякорізальних ножів на якість стружки, отриманої в бурякорізальних машинах. Виявлено недоліки та запропоновано нову конструкцію ножів і спосіб їх кріплення в обоймах.

Проаналізовано взаємне розташування рамних ножів відцентрових бурякорізок та вплив на якість бурякової стружки. Пропоновані ножі не мають переходу або кріпильної частини. Зменшення металоємності запропонованих бурякових ножів було перевірено шляхом порівняння маси ножів зі стандартними ножами.

Всім відомо, що для обмеження втрат сахарози в жомі необхідно нарізати бурякову стружку певного профілю і високої якості. Для отримання стружки із заданим профілем необхідне чітке взаємне розташування ножів у відцентрових бурякорізках. Основним елементом бурякорізки, який може забезпечити якісне нарізання буряка на стружку, є конструкція самого ножа.

Я придумав нову конструкцію ножа для різання буряка, який можна зробити за допомогою існуючих інструментів і стандартних ножів.

Пропонована конструкція ножа не містить перехідної та кріпильної частини. Змінено спосіб кріплення ножів в ножовій рамі по торцях ножів. У зв'язку зі зміною способу кріплення ножів типова рама ножів має два ряди ножів. Послідовне складання ножів по одному в одній ножовій

рама забезпечить їх точне взаємне регулювання та дотримання постійної кругової траєкторії руху буряка від першого ножа до другого. Таким чином буде нарізана якісна бурякова стружка із заданим профілем.

Змінюючи спосіб кріплення ножів, два ряди ножів встановлюються в типову ножову раму, завдяки чому кількість ножів у бурякорізці збільшується вдвічі, і, як наслідок, ефективність бурякорізки подвоюється.

Розрахунок сил тиску, що діють на стінки ножа та барабана.

Силу тиску цукрових буряків PY (в Гн) на ножі, рами ножів і броньовані шайби, розташовані в корпусі бурякорізки, розраховують за формулою:

$$P_Y = f_y \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot 2 \cdot L \cdot K_k = 8989 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}6 \cdot 2 \cdot 0{,}165 \cdot 0{,}9 = 10060 \text{ Н}$$

де: R – зовнішній радіус шару буряків, м;

υ – швидкість різання, м/с;

L – довжина ножа, м;

$K_к$ – конструктивний коефіцієнт;

ρ – насипна щільність буряків, кг/м^3 (див. таблицю 3.3);

ω – кутова швидкість, с$^{-1}$.

f_y– питомий тиск на внутрішню стінку корпусу, Па, розраховується за формулою:

$$f_y = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot R^2}{3} = \frac{550 \cdot 11.67^2 \cdot 0.60^2}{3} = 8989 \text{ , Па}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3.14 \cdot 111.5}{30} = 11.67 \text{ , об/хв}$$

Сумарне зусилля різання буряків визначимо з рівняння:

$$F = f \cdot L \cdot n \cdot \eta \cdot K_k = 142 \cdot 0.165 \cdot 48 \cdot 0.55 \cdot 0.9 = 371.13 \text{ Н}$$

де: f – питоме зусилля різання, Н/м ;

L – довжина одного ножа, м;

n – кількість ножів, шт.;

$\eta_{прош}$ – безрозмірна величина, що враховує повітряні прошарки між цукровими буряками;

$K_к$ – конструктивний коефіцієнт .

$$\eta_{прош} = \frac{\rho}{\rho_1}$$

де: ρ – насипна щільність буряків, кг/м^3 ;

ρ_1 – густина бурякової м'якоті, кг/м^3 (≈1000 кг/м^3);

Отже, сумарні зусилля, які діють на ніж розрахуємо за формулою:

$F_{сум} = F + P_y = 10060 + 371 = 10.43$ кН

3.2 Опис експериментальної установки чи імітаційної моделі об'єкту досліджень.

За допомогою пакету програм Autodesk Inventor 2013 розроблено 3D модель нового бурякорізального ножа. Після розрахунку сили, що діє на ніж під час процесу різання, ми змоделювали прикладення зусиль до ножа та отримали результати міцнісних та робочих характеристик.

Після виготовлення моделі нового ножа за допомогою програми я застосував і визначив величину сил, що діють на ніж при різанні бурякової стружки. Було змодельовано навантаження та отримано результати у вигляді графіків.

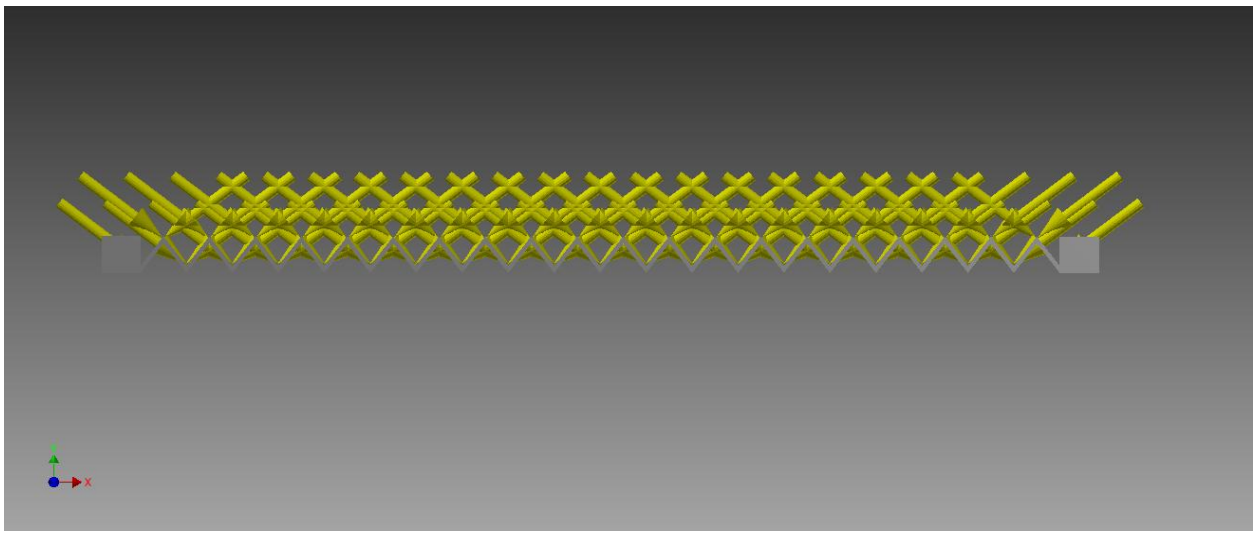


Рис.3.1. Схема прикладання дії сил, які виникають внаслідок тиску буряків в бункері та відцентрової сили при їх розкручуванні.

Виготовлення ножа без кріплень і перехідних елементів знижує жорсткість ножа. Розрахунки показують, що відхилення ножа в центрі за рахунок сил, що виникають від відцентрових сил, що діють на буряк, і тиску буряка в ємності становить приблизно 4 мм. Такий значний прогин ножа призведе до зниження якості стружки, отриманої такими ножами.

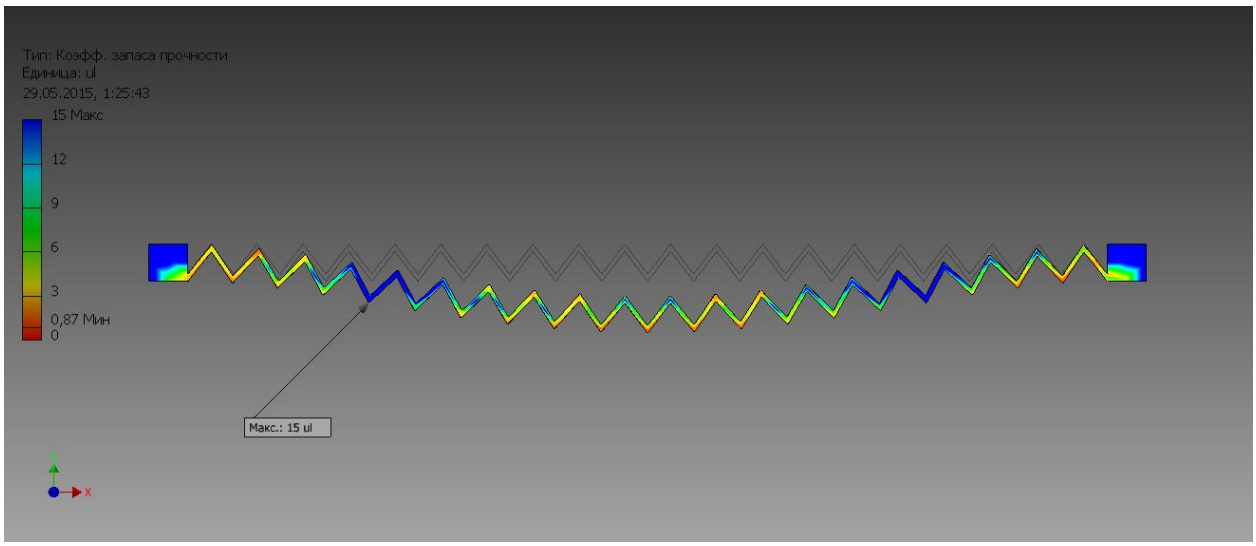


Рис.3.2. Діаграма коефіцієнту запасу міцності.

З даної діаграми (рис.3.2), можна зробити висновок, що ніж не витримає заданого навантаження. Коефіцієнт запасу міцності дорівнює майже нулю.

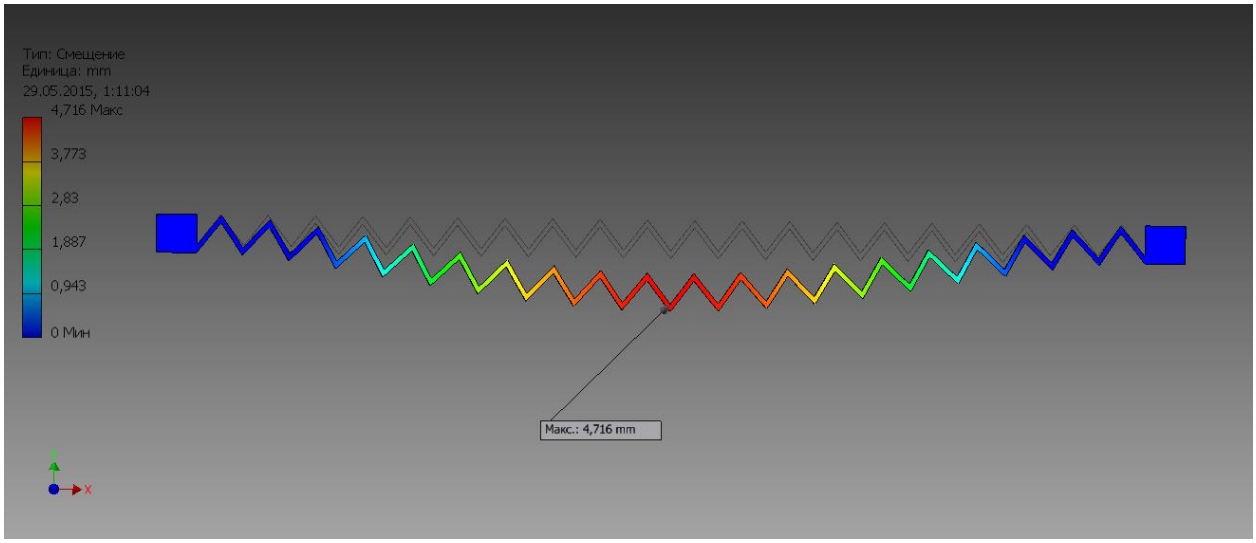


Рис.3.3. Епюра прогину ножа від дії тиску буряків та сили різання.

Щоб забезпечити міцність і жорсткість ножа, я розробив ніж з новим дизайном. Поперечний переріз — балкова конструкція з потовщеною центральною частиною до 6 мм.

3.3 Методика проведення досліджень.

Після моделювання ножового навантаження були отримані такі результати:

Як видно на графіку (рис. 3.4), запас запасу становить 4,8, тому ніж витримає навантаження, викликані тиском буряків і відцентровою силою в розкрученому стані.

З діаграми прогину нового ножа (рис. 3.5) можна зробити висновок, що максимальний прогин ножа в критичній точці під дією зусиль, що виникають при різанні буряка, становитиме 0,057 мм, що майже відповідає прогину буряка. ніж, виготовлений традиційним способом з частин переходу, затиску та ріжучого леза Фрезерування кромки ножа, в цьому випадку забезпечує плавний вихід зрізаної стружки з ножів

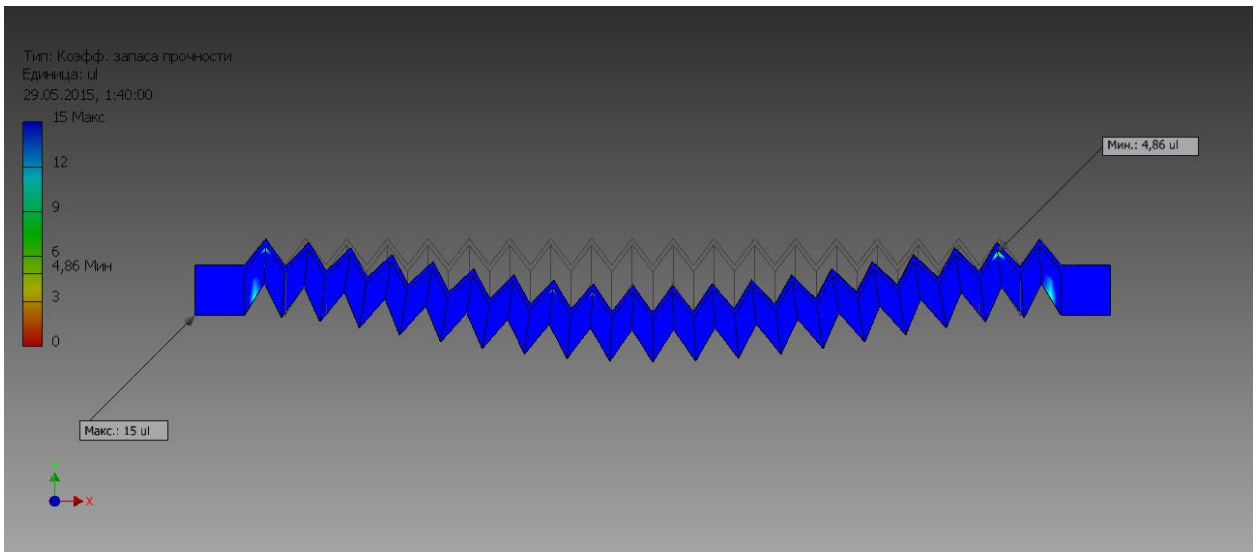


Рис.3.4. Діаграма коефіцієнту запасу міцності потовщеного ножа.

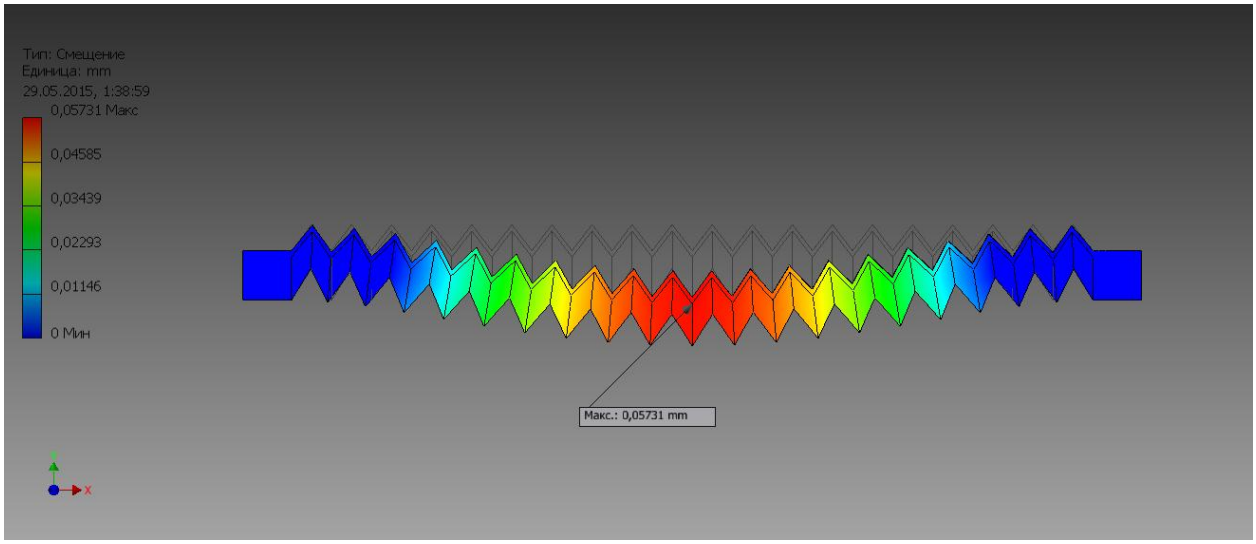


Рис.3.5. Епюра прогину потовщеного ножа від дії тиску буряків та сили різання.

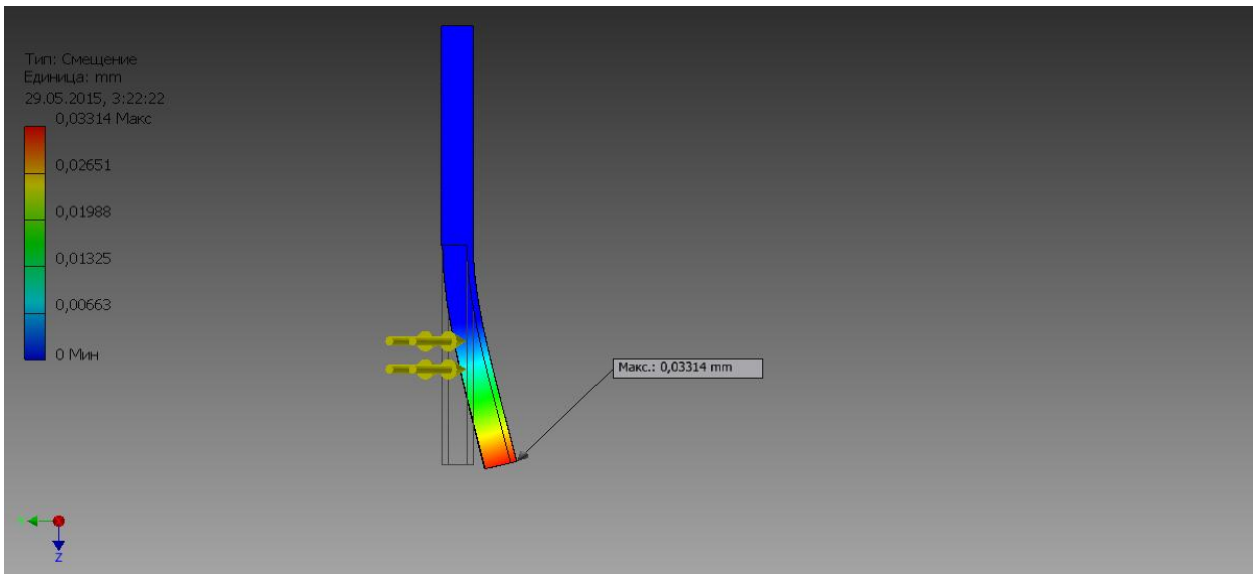


Рис.3.6. Діаграма прогину стандартного ножа.

Максимальний прогин стандартного ножа в критичній точці від сил, що виникають при зрізанні буряків, складає 0,033 мм.

Продуктивність бурякорізки визначається за наступною формулою:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot S \cdot m \cdot n \cdot \upsilon \cdot \rho \cdot K_k \cdot K_\epsilon}{1000}, m/д$$

де: S – площа поперечного перерізу 1 стружини, м^2;

m – кількість “пер” ножа, шт;

n – кількість ножів в бурякорізці, шт. ;

υ – швидкість різання, м/с;

ρ – насипна щільність буряків, кг/м^3 ;

$K_к$ – конструктивний коефіцієнт ;

K_ϵ– експлуатаційний коефіцієнт.

$$m = \frac{L}{p} = \frac{165}{8,25} = 20 \text{ шт}$$

де: L – довжина ножа, мм;

p – крок ножа, мм.

Значення величин υ, ρ, $K_к$, $K_є$. для відцентрових бурякорізок

υ, м/с	ρ, кг/м^3	$K_к$	$K_є$.	
			при наявності резервної бурякорізки	при відсутності резервної бурякорізки
4-9	550-600	0,9	0,9	0,85

Табл.3.1

Аналізуючи цю формулу, можна зробити висновок, що підвищити ККД бурякорізки можна за рахунок збільшення поверхні різання, причому ефективність зростатиме прямо пропорційно збільшенню поверхні різання. Збільшення поверхні різання можна досягти збільшенням кількості ножів у бурякорізці. Тому конструкцією передбачена установка двох рядів ножів, що дозволить збільшити площу ріжучої поверхні.

Завдяки зміні способу кріплення ножів два ряди ножів встановлюються в типову раму ножів, що подвоює кількість ножів у бурякорізці. Це означає, що при тій самій кількості ножових рам ми отримуємо в бурякорізці вдвічі більше ножів, що вдвічі збільшує поверхню різання.

Кількість ножів до модернізації – 24 шт.

Кількість ножів після модернізації – 48 шт.

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

Продуктивність бурякорізки до модернізації:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,000020 \cdot 20 \cdot 24 \cdot 7 \cdot 550 \cdot 0,9 \cdot 0,9}{1000} = 2586 \text{ , т/д}$$

Продуктивність бурякорізки після модернізації:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,000020 \cdot 20 \cdot 48 \cdot 7 \cdot 550 \cdot 0,9 \cdot 0,9}{1000} = 5173 \text{ , т/д}$$

Порівнявши отримані значення, робимо висновок, що ККД зростає прямо пропорційно збільшенню кількості ножів бурякорізки.

Таким чином, при використанні бурякорізальних ножів запропонованої конструкції в відцентрових бурякорізках підвищується ефективність, збільшується термін служби вдвічі за рахунок наявності двох ріжучих кромок, а також зменшується знос металу ножів.

Підвищення якості бурякових чіпсів покращить дифузію сахарози з них і збільшить виробництво товарного цукру, обмежуючи при цьому втрати сахарози з жому.

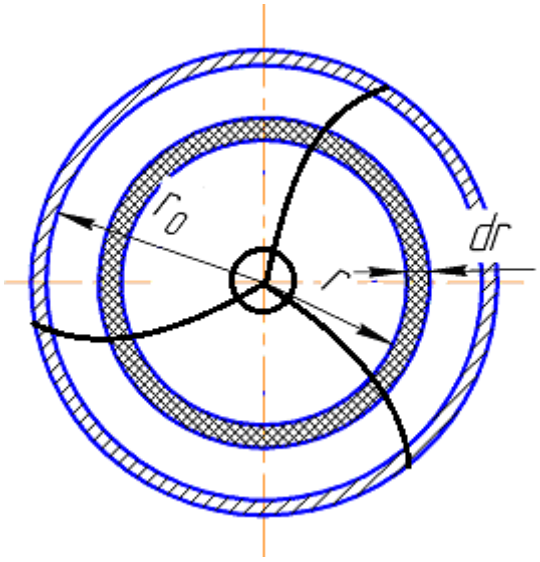
3.4 Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування.

Циліндрична обичайка ротора бурякорізки

При розрахунку міцності попереднього надрізу на нього впливає радіальне інерційне навантаження елементів бурякорізки та продукту.

Знайдемо тиск на стінку, який змушує кільце продукту і ротор обертатися зі швидкістю ω.

Розглянемо елементарний шар виробу товщиною dr на відстані r від осі обертання.



r_0 – зовнішній радіус кільця продукту,

r_1 – внутрішній радіус кільця продукту,

H - висота продукту в роторі бурякорізки.

Виділимо елемент dr кільцевим перерізом радіусом r і $(r + rd)$.

На елементарний циліндричний елемент товщиною *dr* діє радіальна сила:

$dP = m \times \omega^2 r$ (1)

Маса елемента $m = 2\pi r \cdot dr \cdot H\rho_p$ (2)

ρ_p – насипна густина буряків, кг/м^3

$$dP = 2\pi H\rho_p \cdot rdr \cdot \omega^2 r \quad (3)$$

або тиск на одиницю поверхні елементарного шару

$$dP = \frac{dP}{F} = \rho_P \omega^2 r dr \quad (4)$$

(Площа поверхні бурякорізки: $F = 2\pi rH$

Інтегруємо рівняння (4): ліву частину – від 0 до р – тиск на відстані *r*

праву – від r_1 до *r:*

$$P = \frac{\rho_P \omega^2}{2} \cdot \left(r^2 - r_1^2\right) \quad (5)$$

r_1 – внутрішній радіус завитка на валу бурякорізки.

Тоді тиск на стінку бурякорізки (при $r = r_0$)

$$P_0 = \frac{\rho_P \omega^2}{2} \cdot \left(r_0^{\,2} - r_1^2\right) \quad (6)$$

Перетворимо вираз (6):

Помножимо і розділимо на r_0^2

r_0 – зовнішній радіус кільця продукту (радіус бурякорізки).

$$P_0 = \frac{\rho_P \omega^2 r_0^2}{2} \cdot \frac{\left(r_0^{\,2} - r_1^2\right)}{r_0^2} \quad (7)$$

Позначимо

$f = \frac{\left(r_0^{\,2} - r_1^2\right)}{r_0^2}$ - степінь завантаження ротора. (8)

Для сепараторів – $f = 1$

Враховуючи, що $v = \omega r_0$ – колова швидкість продукту, що обертається разом з ротором, рівняння (7) матиме вигляд:

останнє рівняння матиме вигляд:

$$P_0 = \frac{\rho_P \mathrm{v}^2}{2} \cdot f \qquad (9)$$

Знайдемо нормальну напругу на стінку барабану бурякорізки.

є сума $\sigma_{мат}$ – напруга в обичайці від матеріалу,

$\sigma_б$ - напруга на стінку барабану від шару буряків.

1. Напругу від матеріалу в обичайці знайдемо по рівнянні Лапласа:

$$\frac{\sigma_к}{\rho_к} + \frac{\sigma_m}{\rho_м} = \frac{P}{\delta}, \qquad (10)$$

Де $\sigma_к$ -

Для циліндричної обичайки : $\rho_м = \infty$; $\frac{\sigma_m}{\rho_м} = 0$ (11)

$$\sigma_к = \frac{\mathrm{P} \times \rho_к}{\delta},$$

де P=P_0 - тиск на барабан матеріалу,

$\rho_к = r_0$ – радіус барабану,

δ – товщина стінки барабану.

З врахуванням позначень та підставивши (9) в (11) найдемо напругу на стінку барабану від матеріалу в бурякорізці:

$$\sigma_{мат} = \sigma_к = \frac{\rho_p v^2}{2} \cdot f \cdot \frac{r_0}{\delta}$$ – кільцева напруга. (12)

Напруга від маси шару буряка, що знаходиться в бункері бурякорізки:

$$\sigma_б = (\sigma_к)_{мах} = \frac{\left(\frac{\pi d_б^2}{4} \cdot H_б\right) \cdot \rho \cdot g}{2\pi r_0 \cdot H} \qquad (13)$$

ρ – насипна густина буряка.

Напруга на стінку бурякорізки від маси матеріалу, що обертається в роторі та напруги шару буряка в бункері:

$$\sigma_\tau = \frac{\rho_p \cdot v^2 \cdot f}{2} \cdot \frac{r_0}{\delta} + \frac{\left(\frac{\pi d_б^2}{4} \cdot H_б\right) \cdot \rho \cdot g}{2\pi r_0 \cdot H} \qquad (14)$$

Приймаємо гіпотезу найбільших дотичних напружень

(для $\sigma_1 = \sigma_\tau$, $\sigma_2 = \sigma_м$, $\sigma_3 = \sigma_r = 0$)

σ_1 - найбільша напруга,

σ_3 - найменша наруга, (радіальна напруга, по товщині стінки барабану)

Або

$\sigma_е = \sigma_\tau$ - еквівалентна напруга

З рівняння напруг (14) знаходиться товщина обичайки δ. Для нашого випадку це є товщина ножа, що забезпечує його міцність

$$\delta = \frac{r_0}{2} \times \frac{\lambda \times f}{\left(\frac{\sigma_\tau}{\sigma_0} - 1\right)} = \frac{r_0}{2} \times \frac{\lambda \times f \times \sigma_0}{(\sigma_\tau - \sigma_0)} \qquad (15)$$

$$K = \frac{d}{s},$$

d – приведений діаметр отвору,

s – крок вирізів.

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n_т = \frac{\sigma_т}{\sigma_\tau} \times (1 - к)$$

$\sigma_т$ - межа текучості матеріалу,

σ_τ – найбільша напруга (тангенціальна) в стінці ротора.

Рекомендовано, щоб коефіцієнт безпеки nτ для випадку отворів у стінці становив 6. Тоді можна розрахувати найвищі напруги в стінці бурякорізального барабана. Найбільша дотична напруга повинна бути більшою за напругу, що виникає від буряка на стінці бурякорізки. У цьому випадку міцність забезпечена.

4. Розрахункова частина

У процесі створення та експлуатації бурякорізок проводять проектно-перевірочні розрахунки їх ефективності, енергоємності та вибирають раціональні режими роботи для отримання якісної бурякової стружки.

Ефективність роботи бурякорізки визначається кількістю зрізаних нею буряків за певний час при збереженні заданої якості бурякової стружки, яка залежить від сумарної довжини ріжучих лез ножів, які беруть участь у роботі, швидкості різання. товщина стружки та об'ємна маса буряків у стані в корпусі бурякорізки та значення конструктивно-експлуатаційних факторів, характерних для даного типу бурякорізки

Визначаємо продуктивності бурякорізки:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot K_K \cdot K_e}{1000} \text{ т/добу,}$$

де L - загальна довжина ріжучих країв ножів, м;

h - товщина стружки, м;

v - швидкість різання, м/с;

ρ - маса стружки в одиниці об'єму, кг/ м^3;

$K_к$ - конструктивний коефіцієнт;

$K_е$ - експлуатаційний коефіцієнт

Визначаємо загальну довжину ріжучих ножів:

$L = m * L_{1=} = 48 * 0.165 = 7.92 мм$

де $m = 12 * 4 = 48$ - кількість ножів;

$L_1 = 0{,}165 мм$ - ширина ножової рами.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Пономаренко В.В.	Вид документа **Пояснювальна записка**		Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Постойко О.В.	Назва, додаткова назва **Розрахункова частина**	221877.КР.30.004.ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 1/1

Швидкість різання, м/с / Товщина стружки, м	4	5	6	7	8
0,002	2640	3240	3960	4560	5280
0,003	3960	4920	5880	6960	7920
0,004	5280	6600	7920	9240	10560

Таблиця 4.1 Продуктивність бурякорізки (т/добу), в залежності від швидкості різання та товщини стружки

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot L \cdot h \cdot v \cdot \rho \cdot K_K \cdot K_e}{1000} =$$

$$= \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.002 \cdot 5 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 3240 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.002 \cdot 6 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 3960 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.002 \cdot 7 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 4560 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.002 \cdot 8 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 5280 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.002 \cdot 4 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 2640 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.003 \cdot 5 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 4920 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.003 \cdot 6 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 5880 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.003 \cdot 7 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 6960 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.003 \cdot 8 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 7920 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.003 \cdot 4 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 3960 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.004 \cdot 5 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 6600 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.004 \cdot 6 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 7920 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.004 \cdot 7 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 9240 m / добу;$$

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 7.92 \cdot 0.004 \cdot 8 \cdot 550 \cdot 0.9 \cdot 0.98}{1000} = 10560 m / добу;$$

Кінематичний розрахунок приводу і вибір електродвигуна

Вихідні дані:

Рдв= 71 кВт,

Nв= 109 об /с,

$\beta = 160$ град.

Визначаємо загальний ККД приводу:

$$\eta = \eta^2_{цк} \times \eta_{кк} \times \eta^3_{пк} = 0{,}98^2 \times 0{,}98 \times 0{,}99^3 = 0{,}90;$$

де

$\eta_{цк}$ - ККД пари циліндричних коліс, $\eta_{цк}$ =0,98;

$\eta_{кк}$ - ККД пари конічних коліс, $\eta_{кк}$ =0,97 ;

$\eta_{пк}$ - ККД підшипників кочення, $\eta_{цк}$ =0,99.

Потрібна потужність електродвигуна:

$$P_B = P_{пм} \times \eta = 71 \times 0,9 = 64 \text{ кВт.}$$

Частота обертання вихідного валу трансмісії:

$$\omega_{â} = \frac{П \times \eta_B}{30} = \frac{3,14 \times 109}{30} = 11,40 \text{ рад/сек.}$$

По потрібній потужності P_B=64кВт вибираємо електродвигун приводу 2ПФ250МГУ4, М101 з синхронною частотою обертання 1000 об/хв. і параметрами $\boldsymbol{P_{дв}}$ = 71 кВт і ковзанням 2,8%(ГОСТ 19523-81).

Номінальна частота обертання η_B=1000-42=972 об/хв., а кутова швидкість

$$\omega_{дв} = \frac{П \times \eta_B}{30} = \frac{3,14 \times 972}{30} = 101,73 \text{ рад/с.}$$

Визначимо загальне передаточне відношення:

$$j = \frac{\omega_{дв}}{\omega_в} = \frac{101,73}{11,40} = 8,92,$$

Згідно до ГОСТ 2185-66 приймаємо передаточні відношення:

- для конічної пари, $u_{кп}$=1,2
- для циліндричної пари, $u_{цп}$=2,24.

Визначаємо обертові моменти:

- на валу двигуна (1вал редуктора):

$$T_1 = T_{ДВ} = \frac{P_{ДВ}}{\omega_{ДВ}} = \frac{64 \times 10^3}{101,73} = 629,11 \times 10^3 \text{ Н·мм}$$

- на 2 валу редуктора:

$$T_2 = T_1 \times u_{ЦП} = 629,11 \times 10^3 2,24 = 1409,2 \times 10^3 \text{ Н·мм}$$

- на 3 валу редуктора:

$$T_3 = T_2 \times u_{ЦП} = 1409,2 \times 10^3 \times 2,24 = 3156,60 \times 10^3 \text{ Н·мм}$$

- на валу 4 трансмісії:

- $T_4 = T_3 \times u_{КП} = 3156,60 \times 10^3 \times 1,2 = 3787,92 \times 10^3$ Н·мм

Частота обертання:

- 1 вал редуктора: $n_1 = n_{дв} = 977$ об/хв.

- 2 вал редуктора: $n_2 = \frac{n_1}{u_{цп}} = \frac{972}{2,24} = 433,92$об/хв.

- 3 вал редуктора: $n_3 = \frac{n_2}{u_{цп}} = \frac{433,92}{2,24} = 193,71$об/хв.

- 4 вал трансмісії: $n_4 = n_B =$ 109 об/хв. (див. вище)

Визначаємо кутову швидкість:

- на 1 валу редуктора: $\omega_1 = \omega_{дв} = 101,73$ рад/с;

- на 2 валу редуктора: $\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{цп}} = \frac{101,73}{2,24} = 45,41$ рад/с;

- на 3 валу редуктора: $\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{цп}} = \frac{45,41}{2,24} = 20,27$ рад/с;

- на 4 валу трансмісії: $\omega_4 = \omega_в = 11,40$ рад/с.

Отримані результати зводимо до таблиці 4.1:

Пара-Метр Вал	Частота обертання, об/хв	Кутова швидкість, рад/с	Крутний момент, Н·мм	Потужність, кВт
1	972	101,73	$629{,}11 \cdot 10^3$	71
2	433,92	45,41	$1409{,}2 \cdot 10^3$	68,53
3	193,71	20,27	$3156{,}6 \cdot 10^3$	66,15
4	109	11,40	$3787{,}92 \cdot 10^3$	64

Таблиця 4.1 Результати розрахунку основних параметрів приводу трансмісії.

Конструкційні розрахунки

Розрахунок потужності приводу бурякорізки

Конструкція приводу повинна забезпечувати зміну швидкості різання. При завитку, розміщеному в барабані діаметром 1,2 м, і бажаній зміні швидкості в межах 4-8 м/с:

Потужність, що витрачається на розгін цукрових буряків до швидкості різання:

$$N_1 = \frac{(G_T + Q) \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot 102} = \frac{(740 + 760) \cdot 7^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 102} = 36.73 \text{ , кВт}$$

де: G_T – маса рухомих буряків, що знаходиться над завитком, кг;

- Q – маса завитка, кг;
- υ – швидкість різання, м/с;
- g – прискорення вільного падіння, g = 9,81м/с^2.

Потужність, що витрачається на різання цукрових буряків:

Сумарне зусилля різання буряків визначимо з рівняння:

$$F = f \cdot L \cdot n \cdot \eta \cdot K_k = 142 \cdot 0.165 \cdot 48 \cdot 0.55 \cdot 0.9 = 371.13 \text{ Н}$$

де: f – питоме зусилля різання, Н/м;

L – довжина одного ножа, м;

n – кількість ножів, шт;

$\eta_{прош}$ – безрозмірна величина, що враховує повітряні прошарки між цукровими буряками;

$K_к$ – конструктивний коефіцієнт.

$$\eta_{прош} = \frac{\rho}{\rho_1}$$

де: ρ – насипна щільність буряків, кг/м^3 (550 кг/м^3);

ρ_1 – густина бурякової м'якоті, кг/м^3 (≈1000 кг/м^3);

Момент сили різання відносно осі обертання:

$$M_1 = F \cdot R = 371.13 \cdot 0.60 = 222.60 \text{ Н},$$

де: R– радіус різання, м.

Потужність, що витрачається на різання буряків:

$$N_2 = \frac{M_1 \cdot n}{975} = \frac{222.60 \cdot 111.5}{975} = 25.46 \text{ , кВт}$$

де: M_1 – момент сили різання, Н·м;

n – частота обертання завитків, об/хв.

Частота обертання завитка виражена через швидкість різання обраховується за формулою:

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 7}{3.14 \cdot 1.2} = 111.5 \text{ , об/хв}$$

де: D - діаметр корпуса, м.

Потужність, що витрачається на подолання сил тертя між буряками та нерухомими частинами бурякорізки.

Ця потужність залежить від повного зусилля притискання цукрових буряків P_Y (в Н) до ножів, ножових рам та броньових накладок розташованих в корпусі бурякорізки. Зусилля притискання розраховується за формулою:

$$P_Y = f_y \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot 2 \cdot L \cdot K_k = 8989 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}6 \cdot 2 \cdot 0{,}165 \cdot 0{,}9 = 10060 \text{ Н}$$

де: f_y– питомий тиск на внутрішню стінку корпусу, Па, розраховується за формулою:

$$f_y = \frac{\rho \cdot \omega^2 \cdot R^2}{3} = \frac{550 \cdot 11.67^2 \cdot 0.60^2}{3} = 8989 \text{ , Па}$$

де: R – зовнішній радіус шару буряків, м;

υ – швидкість різання, м/с;

L – довжина ножа, м;

$K_к$ – конструктивний коефіцієнт;

ρ – насипна щільність буряків, кг/м^3;

ω – кутова швидкість, с$^{-1}$.

Крутний момент M_2 (Н·м), необхідний для подолання сил тертя між буряками і нерухомими частинами бурякорізки розраховується за формулою:

$$M_2 = P_Y \cdot \mu \cdot R = 10060 \cdot 0.225 \cdot 0.6 = 1358 \text{ , Н} \cdot \text{м}$$

де: μ – коефіцієнт тертя цукрових буряків по сталі (μ=0,175…0,225);

Необхідна потужність N_3 (в кВт) для подолання сил тертя буде розраховуватися за формулою:

$$N_3 = \frac{M_Y \cdot \omega}{1000} = \frac{1358 \cdot 11.67}{1000} = 15.85 \text{ , кВт}$$

Сила подолання сил тертя між шарами буряка.

Після надходження в кутер цукрові буряки перевертають. Цей рух відбувається безпосередньо над локонами. Тут утворюється нерухомий верхній шар цукрових буряків і рухомий нижній.

Сила тертя між шарами буряків залежить від величини поперечного перерізу каналу, через який буряки потрапляють у бурякорізку, і від їх якості (у разі переробки мерзлих або гнилих буряків тертя між шарами буряків зменшується).

Для відцентрових подрібнювачів з конусним баком і діаметром нижнього наскрізного отвору 0,7 - 0,8 м величину потужності на подолання сил тертя між шарами буряка (N4) приймають за таблицею 4.2.

Потужність,що затрачується на подолання сил тертя між буряками

Продуктивність бурякорізки, т/добу	до 1000	1100-2000	2100-3000	3100-4000	4100-5000
Потужність на подолання сил тертя між шарами буряків, кВт	8	7	6	5	4

Табл. 4.2.

Потужність, що витрачається на тертя в механічних вузлах бурякорізки та привода.

Приріст потужності на подолання сил тертя в механічних вузлах (N_5) складає 3,0…3,2 % від сумарної потужності і обраховується за формулою:

$$N_5 = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot 0.03 = (36.73 + 25.46 + 15.85 + 4) \cdot 0.03 = 2.46 \text{ , кВт}$$

Отже сумарне значення потужності обраховується за наступною формулою:

$$N_\Sigma = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = 36.73 + 25.46 + 15.85 + 4 + 2.46 = 85.5 \text{ , кВт}$$

Розрахунок приводу

Розрахунок закритої конічної передачі

Приймаємо для шестерні і колеса одну і ту ж марку сталі з різною термообробкою (вважаючи, що діаметр заготовки шестерні не перевищить 540 мм).

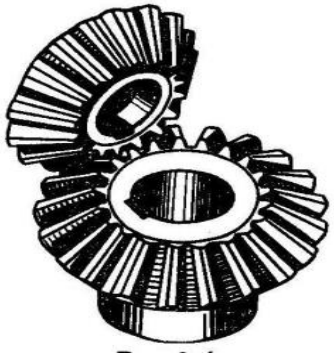


Рис. 4.1

Приймаємо для шестерні сталь 40Х покращену з твердістю НВ270; для колеса сталь 40Х покращену з твердістю НВ245.

Допустимі контактні напруження :

$$[\sigma_н] = \frac{\sigma_{H\lim b} \cdot K_{HL}}{[S_H]} = \frac{560 \cdot 1}{1{,}15} = 485 \text{ МПа.}$$

Тут приймаємо для колеса

$$\sigma_{H\lim b} = 2HB + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560 \text{Мпа.}$$

При тривалій експлуатації коефіцієнт довговічності K_{HL}=1.

Коефіцієнт безпеки приймаємо $[S_H]$=1,15.

Коефіцієнт $K_{H\beta}$ при консольному розміщенні шестерні - $K_{H\beta} = 1{,}35$.

Коефіцієнт ширини вінця по відношенню до зовнішньої конусної відстані. Зовнішній ділильний діаметр колеса:

$$d_{e2} = K_d \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta} \cdot u}{[\sigma_H]^2 \cdot (1 - 0{,}5\psi_{bR_e})^2 \cdot \psi_{bR_e}}};$$

В цій формулі для косозубих передач $K_d = 99$; передаточне число $u = u_{кп} = 1{,}2$;

$$d_{ê2} = 99 \sqrt[3]{\frac{1409{,}2 \times 10^3 \times 1{,}35 \times 1{,}2}{485^2 \times (1 - 0{,}5 \times 0{,}285)^2 \times 0{,}285}} = 530 \text{ мм}$$

Приймаємо по ГОСТ 12289-76 найближче стандартне значення

$d_{ê2}$ = 528,36 мм.

Приймаємо число зубів шестерні Z_1=39.

Число зубів колеса

$$Z_2 = Z_1 \cdot u = 39 \cdot 1{,}2 = 47$$

Оскільки числа зубів отримано без заокруглень, то відхилення від заданого передаточного відношення не проводимо.

Зовнішній коловий модуль

$$m_e = \frac{\partial_{e2}}{Z_2} = \frac{528,36}{47} = 11,24 \approx 11 \text{ мм}$$

Уточнюємо значення

$$\partial_{e2} = m_e \cdot z_2 = 11 \cdot 47 = 517 \text{ мм}.$$

Відхилення від стандартного значення складає, $\frac{528,36 - 528,36}{528,36} \cdot 100 = 1\%$, що допустимо, так як менше допустимих 2%.

Кути ділильних конусів

$$ctg\ \delta_1 = u = 2,24 \quad ; \delta_1 = 25°34';$$

$$\delta_2 = 90° - \delta_1 = 90° - 25°34' = 64°26'$$

Зовнішня конусна відстань R_e і довжина зуба b:

$$R_{å} = 0,5 m_{å} \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = 0.5 \cdot 11 \sqrt{39^2 + 47^2} = 236 \text{мм};$$

$$b = \psi_{\beta R} \cdot R_{å} = 0,285 \cdot 236 = 67,26 \text{ мм}$$

Приймаємо b=68 мм.

Зовнішній ділильний діаметр шестерні:

$$d_{e2} = m_e \cdot Z_1 = 4 \cdot 39 = 156 \text{ мм}$$

Середній ділильний діаметр шестерні:

$$d_1 = 2 \cdot \left(R_e - 0,5b\right) \cdot \sin\delta_1 = 2\left(110 - 0,5 \cdot 32\right) \cdot \sin 25°34' = 81,2 \text{ мм}$$

Зовнішні діаметри шестерні і колеса (по вершинам зубів):

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2m_e \cdot \cos\delta_1 = 100 + 2 \cdot 3,6 \cdot 0,9 = 106,5 \text{ мм},$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2m_e \cdot \cos\delta_2 = 202 + 2 \cdot 3,6 \cdot 0,43 = 205,3 \text{мм},$$

Середній коловий модуль:

$$M=\frac{\partial_1}{Z_1}=\frac{430}{39}=11{,}02\text{мм}.$$

Коефіцієнт ширини шестерні по середньому діаметру:

$$\psi_{bd}=\frac{b}{d_1}=\frac{32}{81{,}2}0{,}39.$$

Середня колова швидкість коліс:

$$v=\frac{\omega_1\cdot d_1}{2}=\frac{152{,}6\cdot 81{,}2}{2}=6{,}5\ \text{м/с}$$

Для конічних коліс, як правило, призначають 7-у степінь точності.

Для перевірки контактних напружень визначаємо коефіцієнт навантаження:

$$K_H=K_{H\beta}K_{H\alpha}K_{Hv}$$

Приймаємо $\psi_{bd}=0{,}39$, консольному розміщенні коліс і твердості $HB<350$ коефіцієнт, враховуючий розподілення навантаження по довжині зуба, $K_{H\beta}=1{,}15$. Коефіцієнт, що враховує розподілення навантаження між прямими зубами, $K_{H\alpha}=1$.

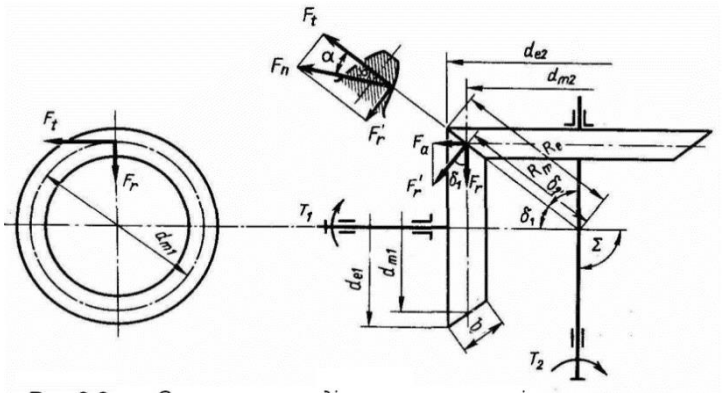


Рис. 4.2 Схема сил, що діють у зачепленні

Коефіцієнт, який враховує динамічне навантаження в зачепленні, для косозубих коліс при $v\geq 5$ м/с $K_{Hv}=1{,}07$.

Таким чином, $K_H = 1{,}15 \cdot 1 \cdot 1{,}07 = 1{,}2$.

Перевіряємо контактне напруження:

$$\sigma_H = \frac{335}{R_e - 0{,}5b}\sqrt{\frac{T_2 \cdot K_H \sqrt{\left(u^2+1\right)^3}}{b \cdot u^2}},$$

$$\sigma_H = \frac{335}{110 - 0{,}5 \cdot 32}\sqrt{\frac{161{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}2\sqrt{(2{,}24^2+1)^3}}{32 \cdot 2{,}24^2}} \approx 474 < \left[\sigma_{\text{н}}\right] = 485 \text{ МПа}.$$

Сили в зачепленні:

- колова $F_t = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 72 \cdot 10^3}{82} = 1756$ Н;
- радіальна для шестерні, рівна осьовій для колеса,

$$F_{r1} = F_{a2} = F_t \cdot tg\alpha \cdot \cos\delta_1 = 1756 \cdot tg20° \cdot \cos 25°34' \approx 572{,}2 \text{ Н}$$

- осьова для шестерні, рівна радіальній для колеса,

$$F_{a1} = F_{r2} = F_t \cdot tg\alpha \cdot \sin\delta_1 = 1756 \cdot tg20° \cdot \sin 25°36' \approx 296 \text{ Н}$$

Перевірка зубів на витривалість по напруженням згину:

$$\sigma_F = \frac{F_t K_F Y_F}{\vartheta_F bm} \le \left[\sigma_F\right].$$

Коефіцієнт навантаження

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{Fv}.$$

Буде становити при $\psi_{bd} = 0{,}39$, консольному розміщенні коліс, валах на роликових підшипниках і твердості $HB < 350$ значення $K_{F\beta} = 1{,}2$.

При твердості $HB < 350$, швидкості $v = 6{,}5$м/с і 7-й степені точності $K_{Fv} = 1{,}5$ (значення взято для 8-ї степені точності).

Тоді, $K_F = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8$.

Y_F - коефіцієнт форми зуба вибираємо в залежності від еквівалентних чисел зубів:

- для шестерні $z_{v1} = \frac{z_1}{\cos \delta_1} = \frac{25}{\cos 25°36'} \approx 28$;

- для колеса $z_{v2} = \frac{z_2}{\cos \delta_2} = \frac{56}{\cos 64°26'} \approx 130$.

При цьому $Y_{F1} = 3,85$ і $Y_{F2} 3,60$.

Допустиме напруження при перевірці зубів на витривалість по напруженням згину:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma^0_{F\lim b}}{[S_F]}$$

Для сталі 40Х покращеної при твердості $HB < 350$

$$\sigma^0_{F\lim b} = 1,8HB.$$

Для шестерні $\sigma^0_{F\lim b} = 1,8 \cdot 270 \approx 490$ МПа.

Для колеса $\sigma^0_{F\lim b} = 1,8 \cdot 245 \approx 440$ МПа.

Коефіцієнт запасу міцності

$$[S_F] = [S_F]'[S_F]''$$

Обираємо $[S_F]' = 1,75$; для поковок і штамповок $[S_F]'' = 1$. Таким чином, $[S_F] = 1,75 \cdot 1 = 1,75$.

Допустимі напруження при розрахунку зубів на витривалість:

- для шестерні $\left[\sigma_{F1}\right]=\frac{490}{1,75}=280$ МПа;

- для колеса $\left[\sigma_{F2}\right]=\frac{440}{1,75}=250$ МПа.

Для шестерні відношення $\frac{\left[\sigma_{F1}\right]}{Y_{F1}}=\frac{280}{3,85}=72,7$ МПа.

Для колеса - $\frac{\left[\sigma_{F2}\right]}{Y_{F2}}=\frac{250}{3,6}=69,9$ МПа.

Подальший розрахунок ведемо для зубів колеса, так як отримане відношення для нього менше.

Перевіряємо зуб колеса:

$$\sigma_{F2}=\frac{1756\cdot 1,8\cdot 3,6}{32\cdot 3,2}\approx 111,1 \text{ МПа} < \left[\sigma_{F2}\right]=250 \text{ МПа}.$$

Розрахунок валів по еквівалентним моментам

Розрахунок виконуємо на кручення по пониженим допустимим напруженням.

Крутні моменти в поперечних перерізах валів:

- ведучого (I) $T_{K1}=T_1=628,11\cdot 10^3$ Н·мм;
- веденого (II) $T_2=1409,2\cdot 10^3$ Н·мм;
- веденого (III) $T_3=3156,6\cdot 10^3$ Н·мм;
- валу трансмісії (IV) $T_4=3787,92$ Н·мм.

Ведучий вал I.

Діаметр вихідного кінця при допустимому напруженні $[\tau_K]$=25 МПа:

$$d_{в1}=3\sqrt{\frac{T_{K1}}{0.2[\tau_K]}}=3\sqrt{\frac{629{,}11\times10^3}{0{,}2\times25}}=50\text{мм}.$$

Щоб ведучий вал редуктора можна було приєднати за допомогою МУВТ з валом електродвигуна $d_{ДВ}$=48мм, приймаємо $d_{в1}$=50мм.

Ведений вал II.

Діаметр валу II (посадочне місце під підшипник) при допустимому напруженні $[\tau_K]$=25 МПа:

$$d_2=3\sqrt{\frac{T_2}{0.2\times[\tau_K]}}=3\sqrt{\frac{1409{,}2\times10^3}{0.2\times25}}=76\text{ мм}.$$

Ведений вал III.

$$d_{в3}=3\sqrt{\frac{T_3}{0.2\times[\tau_K]}}=3\sqrt{\frac{3156{,}6\times10^3}{0.2\times20}}=92\text{ мм}.$$

Вал трансмісії IV.

$$d_4=3\sqrt{\frac{T_3}{0.2\times[\tau_K]}}=3\sqrt{\frac{3787{,}92\times10^3}{0.2\times25}}=95\text{ мм}.$$

Підбір шпонок і перевірка шпонкових з'єднань

Для редуктора підбираємо шпонки призматичні із заокругленими торцями. Матеріал шпонок – сталь 45 нормалізована.

Напруження зминання і умова міцності:

$$\sigma_{зм}^{max}\approx\frac{2T}{d(h-t_1)(l-b)}\le[\sigma_{зм}];$$

Допустимі напруження зминання при стальній маточина $\left[\sigma_{зм}\right]=100\div120$ МПа, при чавунній $\left[\sigma_{зм}\right]=50\div70$ МПа.

Ведучий вал: d=50мм, b×h=12×10 мм, t_1=7, довжина шпонки $l=70$мм (при довжині маточини півмуфти МУВП 80мм, див табл. 11.5 [1]); момент на ведучому валу $T_1=72\cdot10^3$ Н·мм;

$$\sigma_{зм}^{max}\approx\frac{2\cdot73\cdot10^3}{32(8-5)(70-10)}=25,4\text{МПа}<\left[\sigma_{зм}\right].$$

(матеріал муфт МУВП чавун марки СЧ 20).

Проміжний вал: з двох шпонок – для двох циліндричних шестерень – більш навантажена перша (менша довжина маточини, а отже і шпонки) b=76мм, $b\text{x}h=12\text{x}8$, t_1=7, довжина шпонки $l=40$мм при довжині маточини зірочки 44 мм.; момент $T_2=161,5\cdot10^3$ Н·мм;

$$\sigma_{зм}^{max}\approx\frac{2\cdot161,5\cdot10^3}{38(8-5)(40-12)}=101\text{ МПа}<\left[\sigma_{зм}\right].$$

Вихідний вал: : з двох шпонок – під циліндричним колесом і півмуфтою – більш навантажена друга, d=92мм, b×h=12×10, t_1=8 довжина шпонки I=95мм; момент $T_3=361,7\cdot10^3$ Н·мм;

$$\sigma_{зм}^{max}\approx\frac{2\cdot361,7\cdot10^3}{45(9-5,5)(80-14)}=69,6\text{ МПа}<\left[\sigma_{зм}\right]$$

Вибір і перевірка муфти

Типорозмір муфти вибираємо за діаметром вала і по величині розрахункового крутного моменту:

$$T_P=kT_{НОМ}\le\left[T\right];$$

де k - коефіцієнт, який враховує умови експлуатації, $k = 1,4$;

$T_{ном}$ - номінальний крутний момент на валу;

$[T]$ - допустиме значення крутного моменту.

Для приводу трансмісії потрібно 2 муфти, в процесі роботи яких можливе деяке зміщення. Тому обираємо жорсткі втулочно-пальцеві муфти (МУВП) по ГОСТ 21424-75.

Для з'єднання електродвигуна з редуктором підбираємо муфту, яка підходить по діаметру з'єднуваних кінців валів: d=50мм, D=180мм, $[T]$=250 Н·м. Перевіряємо: $T_P = 1,4 \cdot 72 = 100,8$ Н·м $\leq [T] = 250$ Н·м.

Для з'єднання редуктора з валом трансмісії підбираємо муфту з наступними параметрами: d=95мм, D=360мм, $[T]$=750Н·м.

Перевіряємо: $T_P = 1,4 \cdot 556 = 778,4$ Н·м $\leq [T] = 1000$ Н·м.

Отже, обрані муфти задовольняють умовам міцності.

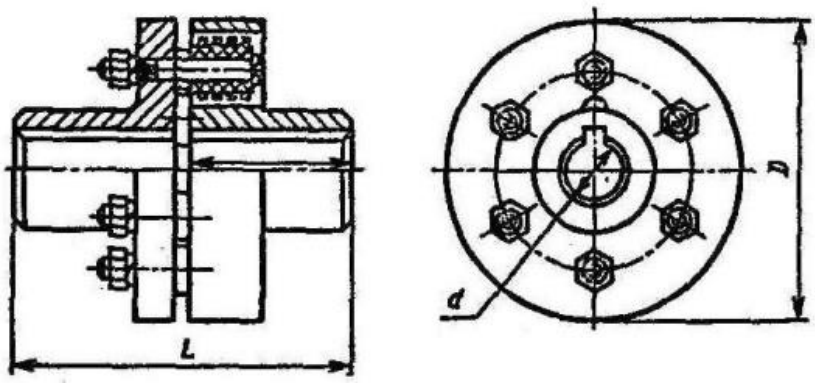


Рис. 4.3 Основні розміри муфти МУВП (ГОСТ21424-75)

Технологія машинобудування

Технологічний процес складання має свої особливості, які залежать від конструкції машини або агрегату. Незважаючи на різноманітність устаткування харчової промисловості, основні напрямки технології його складання можна узагальнити на всі складальні підприємства і цехи заводів харчового машинобудування. Технологічний процес складання полягає в з'єднанні деталей у певному порядку в складальні одиниці, а складальних одиниць і окремих деталей у механізми (вузли) і в цілому в машини.

Деталь — це основний елемент виробу, виготовлений з однорідного матеріалу без застосування складальних операцій, але з нанесенням у необхідних випадках захисних або декоративних покриттів.

Складальна одиниця (вузол) - це елемент виробу, що складається з двох або більше складових частин (деталей), з'єднаних між собою складальними роботами на виробничому підприємстві.

Розробка технологічного процесу складання пневмоприводу.

Для регулювання надходження буряка з ємності, а також для припинення надходження буряка в корпус слайсера встановлено засувку, яка переміщується за допомогою пневмоприводу. Ми підключаємо шланги з роз’ємами до передньої та задньої кришки розподільних клапанів. Через одну з них надходить стиснене повітря, а через іншу повітря викидається в атмосферу. Поршень зі штоком поршня рухається під дією стисненого повітря. Для запобігання витоку стисненого повітря використовуються гумові ущільнювачі та манжети 7 і 16. Нерухомість усіх деталей забезпечується з’єднанням їх гвинтами 15, шпильками 10 і гайками 11.

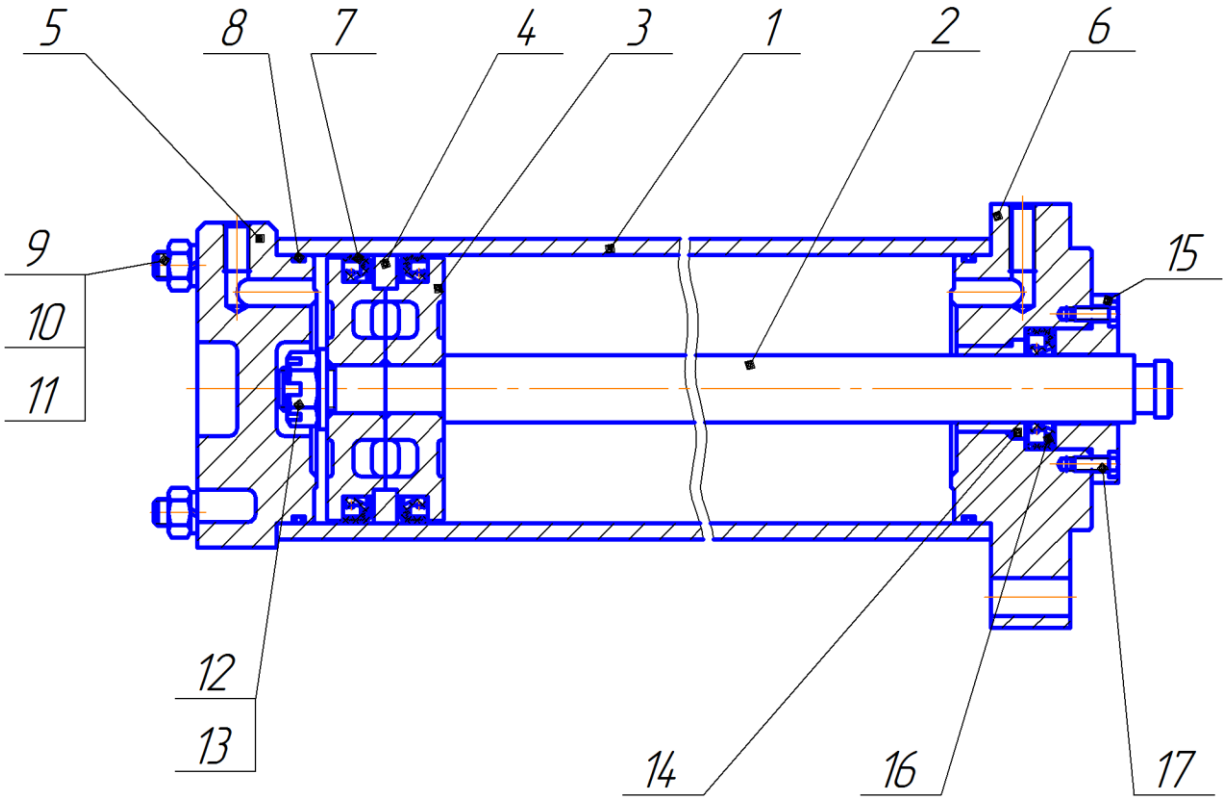


Рис. 4.4 Пневмоциліндр шибера

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус	1	10	Гайка М10×1,5	4
2	Шток	1	11	Шайба 10	4
3	Поршень	1	12	Гайка М16×1,5	1
4	Втулка	1	13	Шайба 16	1
5	Задня кришка	1	14	Втулка	1
6	Передня кришка	1	15	Кришка ущільююча	1
7	Манжета 1.1-80х105-1	2	16	Манжета 1.1-25х42-1	1
8	Кільце	2	17	Болт М5×14	4
9	Шпилька М10×42	8			

Таблиця 4.4. Подетальний склад пневмоциліндра

З аналізу конструкції пневмоциліндра (рис.4.4) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – поршень, Ск.3 – кришка передня, Ск.4 – кришка задня, а також окремі стандартні деталі – кільце8, шайби 11 і гайки 10.

Схема складання пневмоциліндра представлена діаграмою на рис.4.4. Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді; Вр –

складання на верстаті; К – кантування;С – свердлильні роботи; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

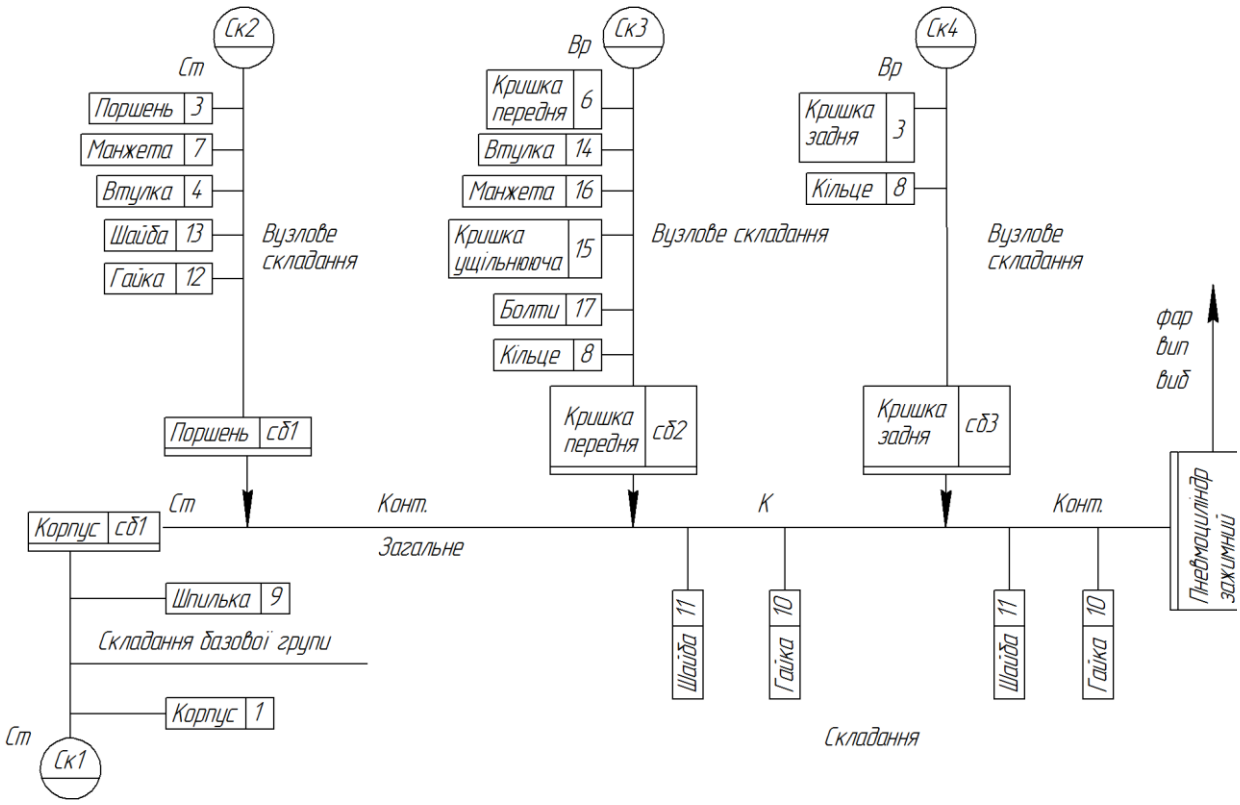


Рис. 4.5. Технологічна схема складання пневмоциліндра

Таблиця 4.5 Технологічний маршрут складання пневмоциліндра

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1. Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки 10.(3-6). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта) 10.7. Переустановити корпус і закріпити 10.(8-11). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта)
20. Збирання поршня	20.1. Установити поршень на складальному стенді і закріпити його 20.2. Очистити канавки поршня

(Ск. 2)	20.3. Надіти манжету1.1-80х105-1 на задню частину поршня 20.4. Надіти втулку на задню частину поршня 20.5. Надіти манжету1.1-80х105-1 на передню частину поршня 20.6. З'єднати передню та задню частини поршня 20.7. Встановити шток в поршень 20.8. Встановити шайбу на шток 20.9. Накрутити гайку М16 притримуючи шток від провертання 20.10. Встановити складальний вузол «поршень Ск. 2» в «корпус Ск. 1».
30. Збирання передньої кришки	30.1 Установити передню кришку на складальному стенді і закріпити її 30.2. Очистити отвір підведення стисненого повітря 30.3. Очистити отвори для болтів від стружки 30.4. Встановити втулку 30.5. Встановити манжету 1.1-25×42-1 30.6. Встановити ущільнюючу кришку 30.7. Закрутити болт М5×14 30.8. Встановити ущільнююче кільце 30.9. Встановити складальний вузол «передня кришка Ск. 3» в «корпус Ск. 1». 30.(10-13). Встановити шайби на шпильки 30.(13-16). Накрутити гайки М10×1,5
40.	40.1 Установити задню кришку на складальному стенді і закріпити її

Збирання задньої кришки	40.2. Очистити різьбові отвори та отвір підведення стисненого повітря від стружки 40.3. Встановити ущільнююче кільце 40.4.Встановити складальний вузол «задня кришка Ск. 4» в «корпус Ск. 1». 40.(5-8). Встановити шайби на шпильки 40.(9-12). Накрутити гайки М12×1,5
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування

Основною зміною в бурякорізці є рама ножа, ножі та їх кріплення в рамі ножа. Пропоновані ножі не мають перехідної та кріпильної частини, тому його металоємність майже вдвічі менша, ніж у типового ножа. Для забезпечення міцності і жорсткості ніж виготовлений з потовщеним профілем від ріжучих країв до центральної частини. Завдяки цьому сила, що створюється тиском маси буряка в накопичувачі, і відцентрова сила, що виникає при обертанні буряків протягом літа, не призведуть до відхилення ножа, що дозволить отримати бурякову стружку заданого профілю. і якість. Ножі для бурякорізок мають тільки потовщену ребристу робочу частину, причому обидві сторони робочої частини заточені. Коли одна ріжуча кромка ножа затупиться, просто поверніть її на 180° і продовжуйте працювати іншою ріжучою кромкою ножа. Під час ремонту також заточують обидві ріжучі кромки робочої частини. Оскільки ніж удвічі ширший, типова рама ножа може вмістити два ряди ножів замість одного. Для цього змінюється їх кріплення в рамі ножа. На кінцях ребристої робочої частини ножів виконані кріпильні стрижні, які встановлюються на відповідних кріпильних поверхнях на торцях станин ножів. Після установки ножів їх кріплять за допомогою притискних планок. Розташування ножів у два ряди один за одним в одній рамі ножів забезпечує точне взаємне вирівнювання та запобігає вертикальному переміщенню цукрових буряків під час різання. Таким чином буде нарізана бурякова стружка високої якості та певного профілю. Завдяки зміні способу кріплення ножів два ряди ножів встановлюються в типову раму ножів, що подвоює кількість ножів у бурякорізці. Таким чином потужність бурякорізки також збільшується вдвічі.

Пропоноване рішення пояснюється кресленням, на якому на рис. 5.1 зображено загальний вигляд бурякорізки, на рис. 5.2 – рама ножа з ножами, на рис. 5.3 – бурякорізальний ніж.

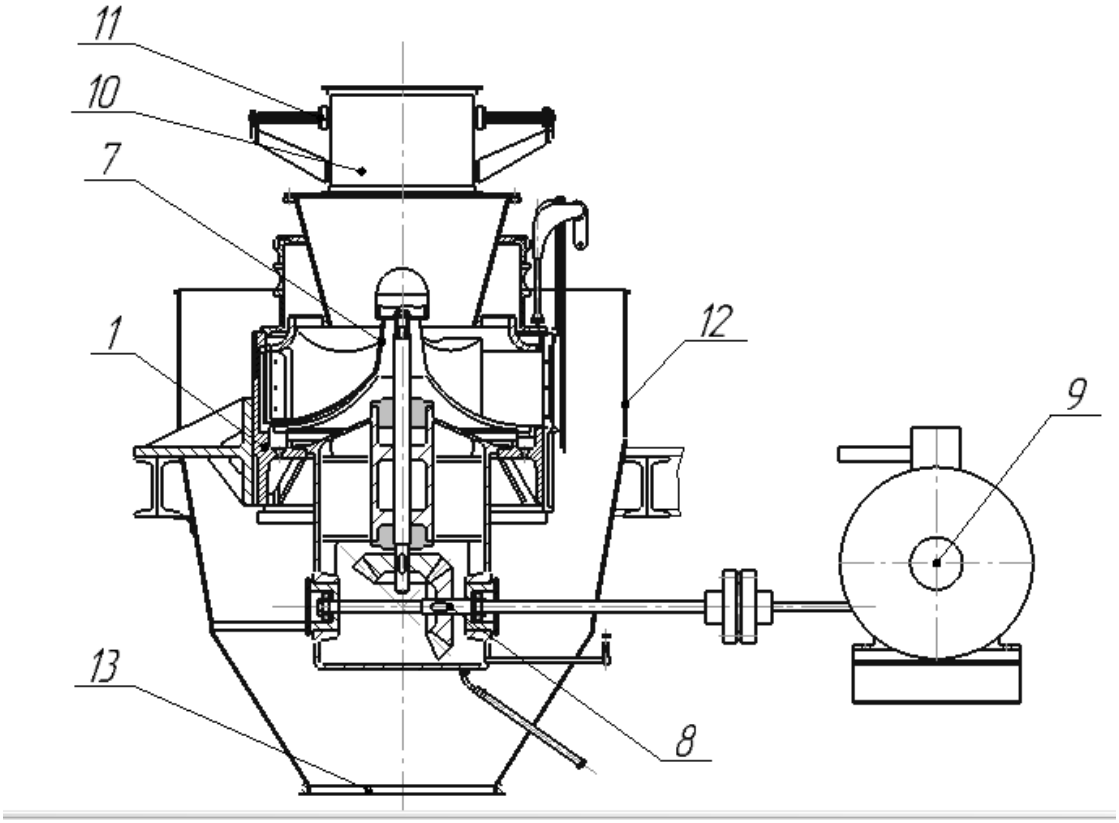


Рис.5.1. Відцентрова бурякорізка Т2М-СЦБ-12.

Бурякорізка (рис. 5.1) складається з циліндричного корпусу 1 з вирізами для держаків ножів 2. В рамах ножів (рис. 5.2) містяться ножі 3 з двома ріжучими кромками та планками кріплення 4. Ножі в рамах ножів кріпляться за допомогою затискні планки 5. Висота ножів регулюється за допомогою гвинтів 6 (рис. 5.2). У вирізах корпусу бурякорізки 1 встановлена рама ножа 2. Всередині бурякорізки на валу встановлено трилопатевий скручувач 7, який приводиться в рух конічним редуктором 8 і електродвигуном 9. Він служить для завантаження буряка в циліндричний корпус бурякорізки Завантажувальний бункер 10, в якому встановлено механізм ковзання 11. Бурякова стружка надходить через зазор між циліндричним корпусом 1 і корпусом 12 і надходить на виробництво через конічний вихідний патрубок. 13

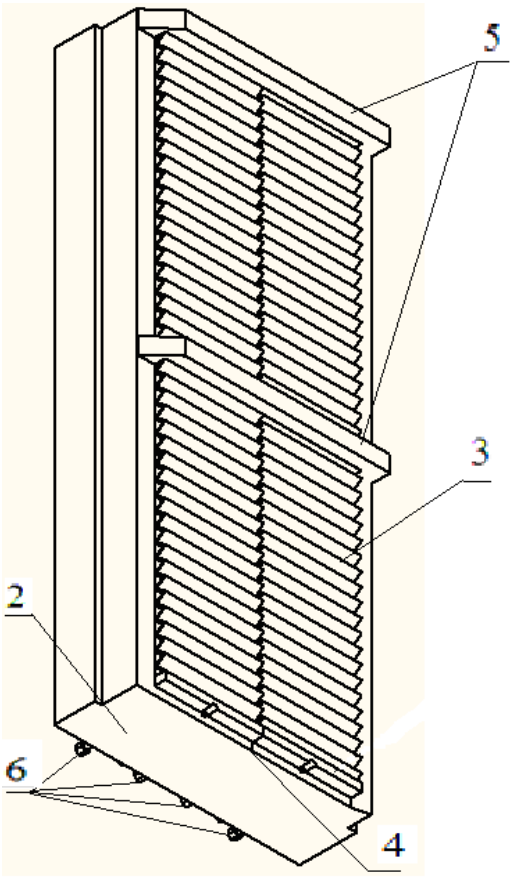


Рис.5.2. Ножова рама з ножами.

Бурякорізка працює наступним чином.

Буряконожі з кріпильними планками 4 встановлені в станині 2, скріплені притискними планками 5, а висота підйому регулюється гвинтами 6. Ножева рама із зібраними в ній ножами змонтована в корпусі відцентрової бурякорізки. Через завантажувальний бункер 10 із встановленим у ньому механізмом ковзання 11 буряки надходять у циліндричний корпус бурякорізки 1, де відгвинчуються за допомогою трилопатевого намотувального пристрою. Під дією відцентрової сили коренеплоди буряка притискаються до внутрішньої поверхні корпусу бурякорізки, потрапляють у клиноподібний зазор між завитком і корпусом бурякорізки і розрізаються ріжучою кромкою встановлених згодом ножів. Отримана таким чином бурякова стружка матиме оптимальний поперечний переріз, який очікується від відповідної установки

ножів, і буде виводитися через отвір 13. Крутка приводиться в рух конусним редуктором 8 і електродвигуном 9.

Ножеві рами з ножами щільно, без промахів сидять у пазах корпусу бурякорізки. Щоб рами створювали внутрішню поверхню з таким же радіусом, як і корпус бурякорізки, після установки їх свердлять разом з корпусом. На корпусі бурякорізки є ремонтні колодки, що дозволяють проводити багаторазову заточку. Як правило, робочу і запасну рами разом з корпусом бурякорізки заточують один раз за цукровий сезон.

Рамки ножів на бурякорізці замінюють без зупинки машини. На місце знятої робочої рамки ставиться порожня. Рейковий механізм проходить уздовж верхнього краю корпусу та монтується над будь-якою робочою рамою.

Якщо в різак потрапив сильний бруд і необхідно припинити подачу буряка, спрацьовує пальчиковий повзунок, який блокує доступ буряка до корпусу.

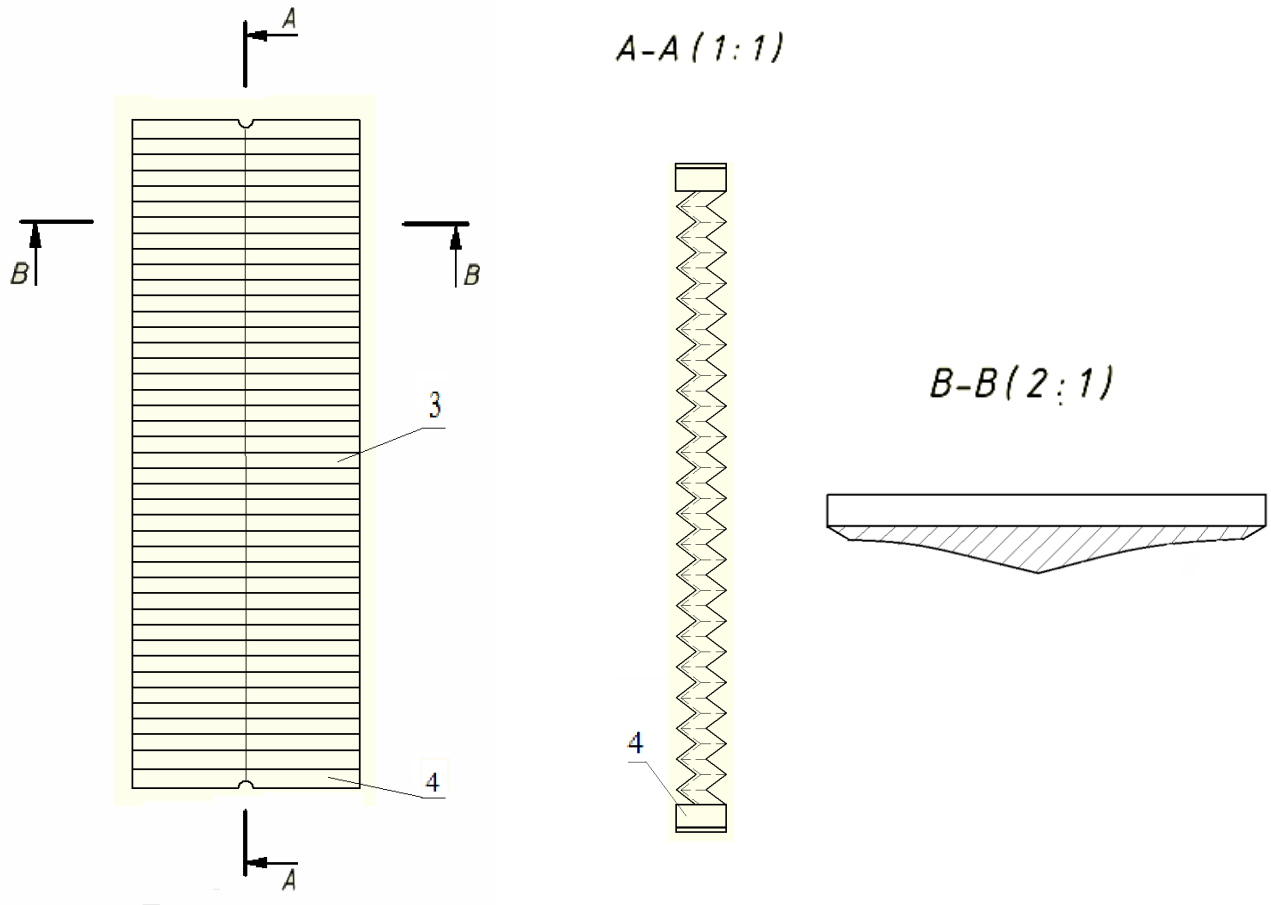


Рис.5.3. Бурякорізальний ніж

При переробці волокнистих буряків дифузійні ножі часто засмічуються волокнами і неможливо отримати якісну стружку. Для очищення ножі обдуваються парою або стисненим повітрям.

Основним елементом бурякорізки, який може забезпечити якісне нарізання буряка на стружку, є конструкція самого ножа. Виготовлення ножа без кріплень і перехідних елементів знижує жорсткість ножа. Розрахунки показують, що відхилення ножа в центрі за рахунок сил, що виникають від відцентрових сил, що діють на буряк, і тиску буряка в ємності становить приблизно 0,2 мм. Такий значний прогин ножа призведе до зниження якості стружки, отриманої такими ножами.
Тому запропонована конструкція ножа враховує цей фактор і запропонований профіль ножа, показаний на рис. 5.3, розріз В-В.

Поперечний переріз ножа являє собою балкову конструкцію з потовщеною центральною частиною до 6 мм.

Прогин ножа в середині від сил, що виникають при різанні буряка, буде мінімальним і не перевищуватиме прогину ножа, традиційно виготовленого з перехідних, кріпильних і ріжучих частин. Фрезерування кромки ножа в цьому випадку забезпечує плавний вихід зрізаної стружки з ножів.

Якщо ріжуча кромка ножів затуплюється (стандартний час роботи ножів до перезаточування 4 години), ніж повертається на 180°, встановлюється в раму ножа і продовжує працювати.

Якщо стандартний час роботи ножа з однією ріжучою кромкою становить 32 години, то запропонований ніж має вдвічі більший термін служби.

Таким чином, конструкція відцентрової нарізки з дворядною ножовою рамою, в якій встановлено вдвічі більше двосторонніх ножів запропонованої конструкції, дозволяє вдвічі збільшити ефективність бурякорізки та підвищити якість бурякової стружки.

Технічний ефект від застосування відцентрової різки з ножами нової конструкції, встановленими один за одним в рамі ножа, полягає в підвищенні ефективності бурякорізки, збільшенні довговічності ножів і зниженні їх металоємності. Підвищення якості бурякової стружки покращить роботу дифузійного апарату та збільшить виробництво товарного цукру.

6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля

Право на здоров'я та безпечні умови праці є невід'ємним правом кожної людини в кожній країні світу. Згідно зі статистичними даними Міжнародної організації праці, щорічно у світі реєструється приблизно 15 мільйонів нещасних випадків на виробництві, кожні три хвилини один працівник помирає внаслідок виробничих травм.

Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

При роботі в районі бурякорізки спостерігається підвищений рівень шуму. Оскільки бурякорізка працює від електродвигуна, існує ризик ураження електричним струмом. Будьте обережні з частинами, що обертаються в приводі бурякорізки. Випускаючи пару на ножі, будьте обережні, щоб не обпектися. Під час різання буряків бурякова стружка викидається на робочу площадку, надаючи їй слизьку поверхню. При обслуговуванні бурякорізок поводьтеся з ножами акуратно.

На апаратно-технологічній схемі (рис. 9.1) показано вплив зазначених факторів, що виникають під час роботи пристрою.

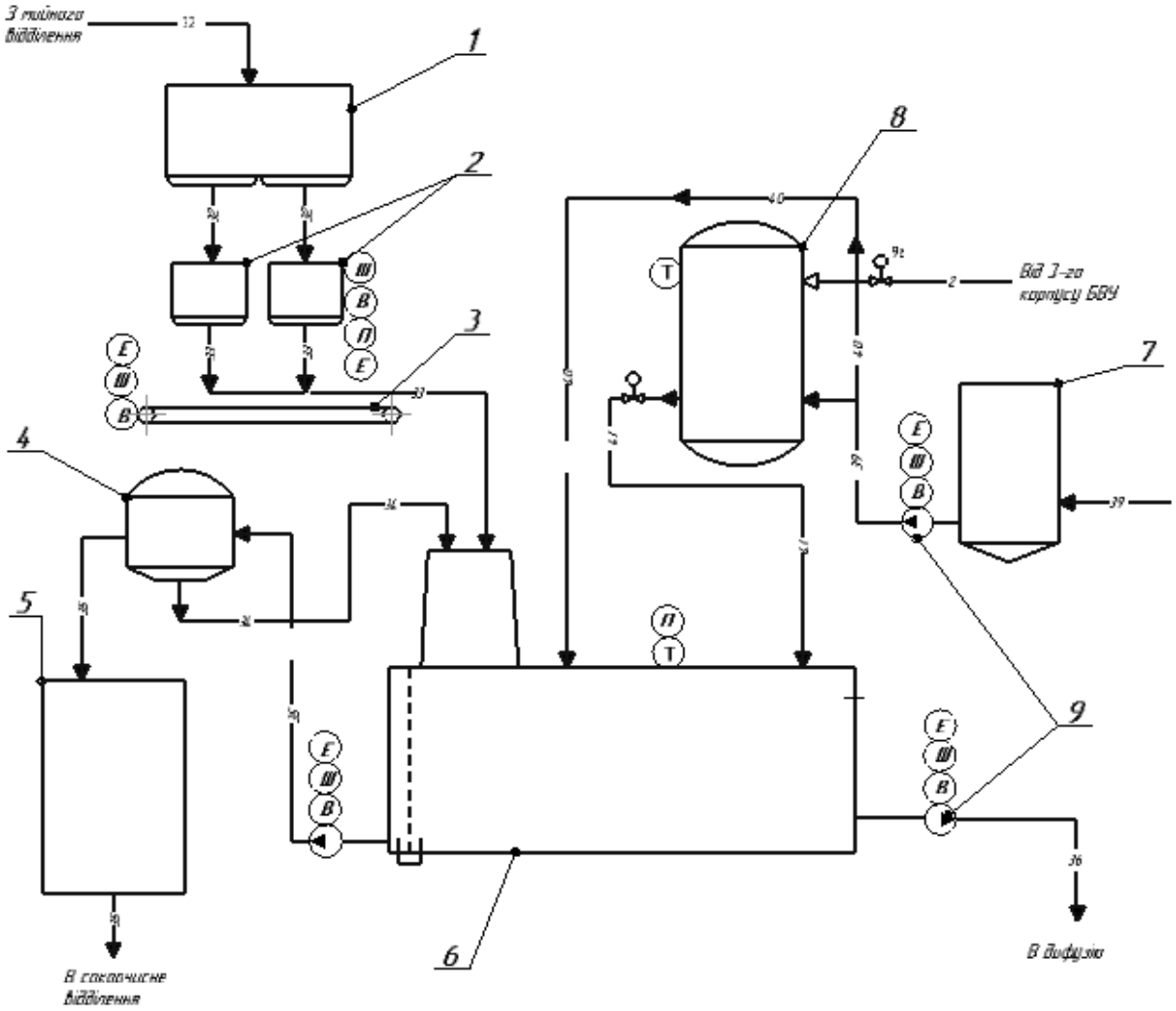


Рис.9.1. Апаратурно-технологічна схема бурякорізального відділення.

1 – бункер над бурякорізками

2 – бурякорізка

3 – транспортер

4 – мезгоуловлювач

5 – збірник дифузійного соку

6 – ошпарювач

7 – пісковловлювач

8 – підігрівач

9 – насос

[Е] – електронебезпека

[Ш] – шум

[В] – вібрація

[Т] – тепловиділення

[П] – паровиділення

Мікроклімат виробничого середовища

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміється клімат внутрішнього середовища виробничих приміщень, який визначається сумарним впливом на організм людини температури, вологості, швидкості руху повітря і теплового випромінювання.

Опалювально-вентиляційні установки цукрових заводів повинні відповідати вимогам протипожежних норм СНиП 2.01.02-85, «Санітарних норм при проектуванні промислових підприємств» СНиП 245-84, «Строительных норм и правил СНиП 2.04.05-91, СНиП». 2.04.07 -86.

У місцях експлуатації технологічного обладнання, де неможливо створити нормативні санітарні умови за рахунок загальнообмінної вентиляції, слід передбачати припливну механічну вентиляцію, зокрема на бурякосійних станціях. На пунктах різання вони виконують роботи, віднесені до категорії середньої важкості IIа. У теплу пору року температура повинна бути не нижче +18°С і не вище +27°С, швидкість руху повітря не вище 0,2-0,4 м/с, відносна вологість повітря - 65 %. температура +26°С. У холодну пору року температура повинна бути не нижче +17°С і не вище +23°С, швидкість руху повітря не вище 0,3 м/с, відносна вологість повітря повинна бути 75%.

Шум і вібрація

Допустимі значення виробничого шуму повинні відповідати ГОСТ 12.1.003-83. Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати 80 дБ.

Допустимі рівні вібрації повинні відповідати ГОСТ 12.1.012-90.

Колективні та індивідуальні заходи, що застосовуються для зниження рівня шуму і вібрації працівників, повинні відповідати ГОСТ 12.4.046-78, ГОСТ 12.1.029-80 і СНиП 11-2-77.

Шумозахист структурно-акустичним методом проектується на підставі акустичних розрахунків і вживає наступних заходів для зниження рівня шуму: використання звукоізоляції оточуючих конструкцій;

ущільнення по периметру вікон, воріт і дверей;

акустична ізоляція місць перетину оточуючих конструкцій з інженерними комунікаціями;

обладнання звукоізоляційних кабін для спостереження та дистанційного керування, сховищ, чохлів;

використання звукопоглинальних конструкцій і екранів;

застосування шумоглушників, звукопоглинаючих покриттів у газоповітряних каналах, вентиляційних установках з механічним приводом, системах кондиціювання повітря та гідродинамічних установках.

Використовувані в проектах звукопоглинальні, шумопоглинальні та звукоізоляційні матеріали повинні бути вогнестійкими. Виробниче обладнання, яке створює шум і вібрацію, повинно мати паспорт, в якому вказуються шумові характеристики і рівень вібрації під час роботи цього обладнання.

Вентиляція промислових приміщень

Вентиляція виробничих приміщень типового цукрового заводу механічна, припливно-витяжна, призначена для забезпечення необхідних санітарних норм у житлових будинках. Це робиться штучно шляхом встановлення дефлекторів на даху будівлі. Припливне повітря надходить у приміщення через щілини в дверях і спеціальні канали, створені в нижній частині будівельних панелей, попередньо очищені у фільтрах, що забезпечує стерильне середовище в приміщенні.

Охорона довкілля

Діяльність цукрових заводів у сфері охорони навколишнього природного середовища повинна регулюватися вимогами Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» ГОСТ 172302-88, СН 245-71 «Санітарні норми щодо проектування промислових підприємств»» Правила охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами».

Екологічна безпека під час експлуатації водопровідних, водовідвідних, очисних та інших водогосподарських споруд цукрових заводів повинна забезпечуватися відповідно до вимог «Інструкції з водного господарства цукрового заводу».

Для вирішення проблем охорони навколишнього середовища на кожному цукровому заводі має бути створена природоохоронна служба.

У своїй діяльності природоохоронна служба повинна керуватися нормативними актами та послідовними інструкціями.

Кожне підприємство повинно мати «Екологічний паспорт цукрових заводів», складений згідно з ГОСТ 17.0.0.04-90.

Кожне підприємство має розробити нормативи щодо гранично допустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря (ГДВ). Підприємства незалежно від форм власності повинні забезпечити:

проведення санітарно-технічного обстеження приміщень і споруд;

санітарно-хімічний контроль гранично допустимих викидів

промислові стічні води в навколишнє середовище, рівні шкідливих речовин

вплив фізичних і біологічних факторів;

безпечне зберігання та утилізація шкідливих відходів виробництва.

Підприємства повинні розробляти поточні та перспективні плани раціонального та економічного використання природних ресурсів (атмосферного повітря, підземних і поверхневих вод, земельних ділянок тощо).

Для виконання екологічних вимог при використанні природних ресурсів компанії повинні впроваджувати:

нові, маловідходні технології, що забезпечують економію енергії та ресурсів;

заходи щодо ефективного використання води, палива та землі

ділянки;

заходи біологічного та хімічного очищення води, які вони забезпечують

охорона навколишнього середовища та безпека здоров'я населення;

вентиляційні та газоочисні установки, що забезпечують ГДК викидів шкідливих речовин в атмосферу;

очисне обладнання та пристрої для видалення забруднених речовин

переробка речовин і відходів;

прилади для контролю кількості і складу забруднюючих речовин і характеристик шкідливих факторів.

Підприємства зобов’язані дотримуватись правил транспортування, зберігання та застосування засобів захисту рослин, стимуляторів росту рослин, мінеральних добрив, отруйних і хімічних речовин та інших препаратів. Підприємства повинні забезпечити екологічно безпечне виробництво, зберігання, транспортування, використання, знищення, знешкодження та утилізацію мікроорганізмів, інших біологічно активних речовин та об'єктів біотехнології.

Власники транспортних засобів зобов'язані розробити та здійснити комплекс заходів, спрямованих на усунення токсичності та знезараження викидів і викидів транспортних засобів, перехід на менш токсичні види енергії та палива, дотримання режиму роботи транспортного засобу тощо. Обладнання цукрового заводу, під час роботи якого утворюються або можуть викидатися в атмосферу виробничих приміщень шкідливі забруднювачі (пил, шкідливі речовини, водяна пара тощо), має бути максимально герметичним, закритим і обладнаним аспірацією, а також потім очищають від забруднень, що містяться в ньому.

Відпрацьовані гази котельні та сушарки слід викидати в атмосферу після очищення їх від хімічних речовин і твердих домішок, відповідно до проектно-технічної документації.

Після очищення повітря (газ) з вентиляційних і газоочисних пристроїв необхідно виводити в атмосферу окремим каналом, який виводиться над дахом приміщення на висоті не менше 2 м.

Промислові стічні води цукрових заводів однакові за фізичними властивостями, хімічним складом і ступенем забруднення, слід виділити три категорії.

Вода I і II категорії після відповідної обробки використовується в системах оборотного водопостачання. До III категорії стічних вод належать господарсько-побутові стічні води, які складаються із суміші стічних вод головного корпусу заводу, ТЕЦ, промислового району та робітничого селища.

Підприємство повинно забезпечити щоденний лабораторний контроль ефективності очищення промислових і побутових стічних вод.

7. Маркетингове обґрунтування проекту

Основою маркетингового рішення має бути маркетинг і економічне обґрунтування. Маркетингове обґрунтування має надати відповідь на питання: чи потрібен ринковий проект чи суб'єкт маркетингу знайде свій споживача Необхідно проводити маркетингове дослідження з наступних позицій: макросередовище, мезосередовище та мікросередовище. Щоправда, за винятком кожне маркетингове рішення має маркетингове обґрунтування бути виправданим з фінансово-економічних причин. Якщо маркетинг обґрунтування відповідає на запитання: чи підходить маркетингове рішення? позиції на ринку, попит, задоволення потреб споживачів, то фінансово-економічне обґрунтування маркетингового проекту покаже, чи окупиться він чи принесе проект прибутки чи буде прибутковим. Враховуючи такі підходи, будь-який проект розвитку підприємства можна вважати маркетинговим проектом.

Основними маркетинговими проектами компанії можуть бути:

- проекти збільшення обсягів продажів і ринків збуту, збільшення заповнюваності

відсоток ринку;

- проекти збільшення прибутку;

- проекти забезпечення обґрунтованості прийнятих рішень в

галузі виробничо-торговельної діяльності;

- проекти підвищення рівня конкурентоспроможності підприємства і

окремі товари;

- проекти, пов'язані зі зниженням собівартості продукції та загального рівня цін,

тобто забезпечення цінової конкурентоспроможності.

Загальний принцип оцінки результатів кожного проекту такий: порівняння витрат, необхідних для реалізації конкретного проекту, з результатами, що від нього очікують.

Оцінку економічної ефективності проекту можна умовно розділити на:

наступні етапи:

1 етап: обґрунтування доцільності проекту.

2 етап: передбачає визначення загальної суми інвестиційних витрат, що

необхідні для реалізації проекту і повинні включати: вартість нових активів включаючи їх придбання, транспортування, монтаж, тестування, дизайн, складські та будь-які інші витрати, пов'язані з новим активи; витрати на демонтаж старих активів, які зняті з балансу та не зняті пов'язані з вартістю нових активів; надходження від реалізації знесеного майна за вирахуванням витрат на впровадження; бухгалтерський баланс (інше) вартість демонтованих активів, що збільшує загальні інвестиційні витрати; збільшення (зменшення) вартості оборотних активів за рахунок зміни обсягів виробництво (реалізація) очікуваної продукції.

Однак, якщо інвестиційні кошти вкладаються не одноразово, а поетапно,

тоді слід передбачити можливі втрати вартості інвестицій через чинники часу, тобто збільшення загального обсягу інвестицій. 3 етап: передбачає визначення очікуваних результатів та їх якості поточний чистий грошовий потік, який складається з очікуваного чистого грошового потоку прибутку та збільшення амортизаційних відрахувань.

Крок 4: порівняти витрати з результатами разом із заявкою методи оцінки знижок за показниками ефективності: скоригований чистий прибуток (різниця між скоригованим до поточного (реальна) вартість за величиною чистого грошового потоку за період діяльності проект та розмір інвестиційних витрат, пов'язаних з його реалізацією); індекс (коефіцієнт) рентабельності (дозволяє співвіднести величину інвестиційних витрат з майбутній чистий грошовий потік для проекту, і це цілком може бути використовується не тільки для порівняльної оцінки, а й як критерій при прийнятті інвестиційного рішення про доцільність реалізації проекту); індекс прибутковості, що характеризує прибутковість проекту; період відшкодування, що є одним із найпоширеніших і зрозумілих оціночних показників ККД розрахунок цього показника можна здійснити двома способами методи - статичний (облік) і дисконтування.

Порівняння розрахункових показників з нормативними значеннями а їх аналіз дозволяє зробити висновок про доцільність реалізації проекту або його відхилення.

ВИСНОВОК

За результатами виконання дипломного проекту на тему «удосконалення конструкції ножової рами відцентрової бурякорізки на основі досліджень міцнісних характеристик Кенінгсфельдських ножів» було модернізовано шляхом розробки різального вузла з використанням ножів нової конструкції, які виконані у вигляді ребристої робочої частини з двома протилежними краями леза та центральна частина ножів потовщена на 8 мм, а на кінцях ножів є кріпильні планки, які використовуються для кріплення ножів у ножівниках в два ряди один за одним, з можливістю регулювання висоти.

Пропоновані ножі не мають переходу і кріплення, тому їх металоємність майже вдвічі менша, ніж у типового ножа.

Ножі для бурякорізок мають тільки потовщену ребристу робочу частину, причому обидві сторони робочої частини заточені. Коли одна ріжуча кромка ножа затупиться, просто поверніть її на 180° і продовжуйте працювати іншою ріжучою кромкою ножа. Під час ремонту також заточують обидві ріжучі кромки робочої частини.

Оскільки ніж удвічі ширший, типова рама ножа може вмістити два ряди ножів замість одного. Для цього змінюється їх кріплення в рамі ножа.

Розташування ножів у два ряди один за одним в одній рамі ножів забезпечує точне взаємне вирівнювання та запобігає вертикальному переміщенню цукрових буряків під час різання. Таким чином буде нарізана бурякова стружка високої якості та певного профілю.

Завдяки зміні способу кріплення ножів два ряди ножів встановлюються в типову раму ножів, що подвоює кількість ножів у бурякорізці. Таким чином потужність бурякорізки також збільшується вдвічі.

Технічний результат використання відцентрової бурякорізки з ножами нової конструкції, встановленими в ножовій рамі в два ряди один за одним, полягає в наступному:

- збільшення ККД бурякорізки на 50%;

- збільшення ресурсу ножів в 2 рази;

- зниження металомісткості на 50%

Підвищення якості бурякової стружки покращить роботу дифузійного апарату та збільшить виробництво товарного цукру.

Отже, з наведених вище техніко-економічних розрахунків та їх результатів видно, що запропоновані дії щодо заміни бурякорізальних рам на цукрових заводах є економічно доцільними (індекс рентабельності становить -2,94, а можливості на цукровому заводі очікуються :

• Отримати додатковий прибуток 247 362 грн.;

• Зниження собівартості виробництва 1 т цукру на 7,8 грн.;

• Заробляйте 1,24 року після впровадження заходу.

Тому реалізація даного проекту є доцільною на цукрових заводах, що в свою чергу призведе до збільшення обсягів виробництва та зниження матеріальних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко А.П. Отримання бурякової стружки. Київ. : Харчова промисловість , 2002.-26 с .

2. Башта А.В. Опір матеріалів у розрахунках на міцність, жорсткість і стійкість: Навч.-метод. посібник. – К.: НУХТ, 2008. – 216 с.

3. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей “Основи охорони праці” – Вид. 2-е, стериотипне. – Львів: Афіша, 2000. – 348 с.

4. Закон України «Про охорону праці». – К.: 1993-40 с.

Мирончук В.Г., Лагода В.А., Пушанко М.М. Вибір та розрахунок обладнання цукробурякових заводів.- К.: УДУХТ, 1999.- 60с.

5. Осокин В.В., Сорока І.В. Охорона праці. – Донецьк. 1997. – 458с.

6. Прокопенко В.І. “Трудове право України”: Підручник. – Х.: Фірма “Консум”, 1998. – 480 с.

7. Сухенко Ю.Г., Бойко Ю.І. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум: Навч. посібник / За ред. проф. Ю.Г.Сухенка. – К.: НУХТ, 2009. – 262 с.

8. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П. Паламарчук, В.В.Яськов – Львів: Вид-во. Нац. ун-т Львівська політехніка, 2004. – 336 с.

9. Пальчевський, Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація) / Б.О.Пальчевський – Львів: Світ, 2001. – 232 с.

10. EHEDG Document No.8, Second Edition. Hygienic equipment design criteria. / G. Hauser, G.J. Curiel, H.-W. Bellin at al. – 2004. – 14 p.

11. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П.Паламарчук, П.С.Берник, З.А.Стоцько, В.В.Яськов. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 368 с.

12. Хоменко М.Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку.: Навч. посібник. – К.: ІПДО НУХТ, 2006. – 65 с.

13. Мирончук, В.Г. Вибір та розрахунок обладнання цукробурякових заводів. / Мирончук В.Г., Лагода В.А., Пушанко М.М. – К.: УДУХТ, 1999, – 56 с.

14. Кривопляс-Володіна Л.О. Основи наукових досліджень у прикладних задачах: навч. посіб. для студ. вищ. навч. зак. / Кривопляс-Володіна Л.О., Гавва О.М., Яровий В.Л., Токарчук С.В. – К.: Сталь, 2016. – 271 с.

15. Соколенко, А.И. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко – К.: Арт Эк. 2004 – 304 с.

16. Сухенко, Ю.Г. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ / Ю.Г.Сухенко, О.А. Литвиненко, В.Ю. Сухенко. — К.: НУХТ, 2010. — 547 с.

17. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 648с.