

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вузла подрібнення вальцевого верстата марки
Р6-ВС 186х2

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи МОМ-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

МАРАКІН Максим

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

ПИЛИПЕЦЬ Оксана.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

ВОРОЩУК Віктор

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

ВІТЕНЬКО Татяна.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

ПИЛИПЕЦЬ Михайло

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри обладнання
харчових технологій

«_____» _____ д.т.н., проф. Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« _____ » 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня _____ магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

студенту _____ Маракіну Максиму Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вузла подрібнення вальцевого верстата марки Р6-ВС 186х250

Керівник роботи Пилипець Оксана Михайлівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «16» листопада 2023 року № 4/7-1062

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт вальцевого верстату Р6-ВС 186х250

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасної технології виготовлення пшеничного борошна та технологічного обладнання. 2. Методи та методика досліджень. 3. Технічні вирішення з модернізації вальцевого верстату А1-Б3-2Н. 4. Дослідження впливу конструктивних параметрів валків вальцевого верстату на процес подрібнення 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Верстат вальцовий типу Р6-ВС 186х250 модернізований. Вигляд загальний. Ф.А1.

Живильний вал вальцевого верстату Р6-ВС 186х250. Складальне креслення. Ф.А1.

Складання розбирання живильного вала вальцевого верстату Р6-ВС 186х250 Ф.А1

Дослідження впливу конструктивних параметрів подрібнювального вузла вальцевого верстату на процес подрібнення 4 Ф.А1

Комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла живильного вала вальцевого верстата Ф.А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І., доц. каф ОХ, Стручок В.С.		
Нормоконтроль	Ворощук В.А, доц. каф.ОХ		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка		
	Аналіз сучасних технологічних процесів та обладнання для виготовлення борошна, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.		
	Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень для подрібнення зерна		
	Обґрунтування необхідності досліджень процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250. Мета та завдання кваліфікаційної роботи магістра.		
	Методи та методика досліджень..		
	Модернізація вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.		
	Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.		
	Загальний опис конструкції і принципу роботи модернізованого вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250. Призначення, будова та принцип роботи вальцевого верстата марки Р6-ВС185х250		
	Технологічний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.		
	Кінематичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.		
	Енергетичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.		
	Конструювання та розрахунок натяжного вузла живильного вала вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250		
	Дослідження впливу конструктивних параметрів подрібнювального вузла вальцевого верстату на процес подрібнення		
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
	Графічна частина:		
	Верстат вальцювий типу Р6-ВС 186х250 модернізований Ф.А1		
	Живильний вал вальцевого верстату Р6-ВС 186х250 Ф.А1		
	Складання розбирання живильного вала вальцевого верстату Р6-ВС 186х250 Ф.А1		
	Дослідження впливу конструктивних параметрів подрібнювального вузла вальцевого верстату на процес подрібнення 4.Ф.А1		
	Комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла живильного вала вальцевого верстата Ф.А1		

Студент

(підпис)

МАРАКІН Максим

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

ПИЛИПЕЦЬ Оксана

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Маракин М.С. Модернізація вузла подрібнення вальцевого верстата марки Р6-ВС 186х250. 133 Галузеве машинобудування. - Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. - Тернопіль, 2023

В кваліфікаційній роботі досліджено вплив конструкції подрібнювального вузла ВВ на процес подрібнення борошна, розроблено заходи з його модернізації.

Ключові слова: виробництво борошна, процес подрібнення, вальцевий верстат.

Marakin M.S. Modernization of the grinding unit of the roller press machine, model P6-BC 185x250. 133 Industrial Machinery Engineering. - Ternopil Ivan Puluj National Technical University. -Ternopil, 2023.

The impact of the grinding unit of the roller press machine design for the grain grinding process was researched in the diploma thesis; measures for its modernization was developed.

Keywords: flour production, grinding process, roller machine.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	8
1. Аналіз сучасних технологічних процесів та обладнання для виготовлення борошна, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.	10
1.1. Особливості сучасної технології виготовлення борошна	10
1.2. Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень для подрібнення зерна.	11
1.3. Обґрунтування необхідності досліджень процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250.	17
1.4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи магістра.	18
2. Методи та методика досліджень.	20
2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень.	20
2.2. Алгоритм і методики проведення математичного моделювання.	21
2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.	23
3. Модернізація вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	25
3.1. Машинно-апаратне оформлення лінії для подрібнення зерна.	25
3.2. Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	29
3.3. Загальний опис конструкції і принципу роботи	31

модернізованого вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	
3.3.1 Призначення, будова та принцип роботи вальцевого верстата марки Р6-ВС185х250.	32
3.3.2 Технологічний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	35
3.3.3 Кінематичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.	36
3.3.4 Енергетичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.	41
3.3.5 Конструювання та розрахунок натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	42
3.3.6 Розрахунок гвинтового з'єднання натяжного шківка і кришки натяжного вузла вальцевго верстата Р6-ВС 185х250.	47
3.3.7 Умови технологічності конструкції деталей і вузлів вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.	49
3.4 Особливості експлуатації і технічного обслуговування вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	50
4. Дослідження впливу конструктивних параметрів подрібнювального вузла вальцевого верстату на процес подрібнення.	52
4.1. Використання регресійного методу для вибору раціональних параметрів продуктивності подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250.	52
4.2. Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.	54
4.3. Експериментальні дослідження процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250.	57
4.4 Комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла	62

	вальцевого верстата	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.	67
5.1.	Заходи з охорони праці.	67
5.2.	Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.	70
5.2.1	Основні задачі підвищення стійкості переробних підприємств	70
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Борошно є продуктом багаторазового помелу зерна різних культур. Найбільше виробляється та використовується пшеничне борошно, яке є основною сировиною для виробництва хлібобулочних, кондитерських, макаронних виробів. На підприємствах де виробляють борошно можуть вироблятися і крупи.

Традиційно борошномельні підприємства (млини) розташовують у містах і великих населених пунктах. Вони можуть переробляти більше 300 т зерна на добу, оснащені сучасним високопродуктивним обладнанням і пневмотранспортом. Із розвитком в Україні фермерських господарств виникла потреба у створенні міні підприємств, які здатні переробляти за добу значно менші кількості сировини. Відповідно, вони мали б бути забезпечені обладнанням меншої продуктивності але не менш сучасним. У результаті з'явилися агрегатні вальцеві млини, в яких в одній по суті машині відбуваються всі технологічні процеси (ТП) переробки борошна.

Сучасний стрімкий розвиток технологій ставить за мету перед виробниками харчового обладнання постійно працювати над удосконаленням як технології виробництва борошна, так і над обладнанням для її реалізації.

Мета роботи: Дослідження впливу конструкції вузла подрібнення вальцевого верстата на процес помелу борошна і розроблення заходів з модернізації.

Об'єкт дослідження: процес подрібнення зерна пшениці на ВВ.

Предмет дослідження: вплив параметрів конструкції ВВ на процес отримання борошна.

Методи дослідження: аналіз конструкції вузла подрібнення вальцевого верстата та процесу, ММ процесу помелу.

Наукова новизна: встановлено залежність якості продукту та продуктивності верстату від конструктивних особливостей вузла

подрібнення вальцевого верстата.

Практична цінність: отримані результати роботи можуть бути використані при аналізі аналогічного обладнання. Запропонована модернізація підвищить ефективність роботи верстату та покращить якість отриманого продукту.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Роботу викладено на 71 сторінці друкованого тексту, вона містить 19 рисунків, 12 сторінках додатків.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БОРОШНА, ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Особливості сучасної технології виготовлення борошна

Сучасні технології виготовлення борошна відзначаються високою автоматизацією та вдосконаленими процесами, що сприяють отриманню продукту високої якості. Основні особливості цих технологій полягають в використанні передових методів для максимальної ефективності та відповідності сучасним стандартам виробництва.

Однією з ключових особливостей є використання автоматизованих систем розмелу зерна. Сучасні млини обладнані високоефективними верстатами, які забезпечують однорідність і точність розмелу зерна пшениці.

Особливо важливим є контроль якості на кожному етапі. Технології включають системи автоматичного контролю якості, які моніторять різні параметри виробництва. Вимірювання вологості, протеїнів та зольності дозволяє забезпечити стабільність якості борошна.

Також сучасні технології використовують модульні лінії виробництва, що дозволяє швидко адаптувати виробництво до різних потреб ринку. Це забезпечує гнучкість та швидку зміну продукції. У сучасних млинах використовуються ефективні системи збереження енергії, такі як рециркуляція тепла та оптимізовані системи освітлення, що сприяють зменшенню енергоспоживання.

Деякі сучасні млини орієнтовані на сталу роботу в умовах екологічної урбанізації. Це включає в себе використання більш екологічно чистих матеріалів та методів виробництва.

Сучасні технології подрібнення зерна використовують гібридні методи розмелу, включаючи комбінацію роликкових станів та млинів для досягнення оптимального розмелу та збереження корисних властивостей борошна.

Для забезпечення чистого середовища виробництва застосовують високоефективні системами вентиляції та фільтрації, що допомагає уникнути забруднення борошна і забезпечити високу ступінь гігієни.

Деякі сучасні млини впроваджують концепцію Інтернету Речей для моніторингу та управління виробничими процесами в реальному часі.

Ці особливості виготовлення борошна відображають не тільки високий рівень технічної компетентності, але й прагнення до сталого розвитку та високих стандартів якості продукції.

1.2 Огляд літературних джерел і патентний пошук, аналіз прогресивних технологічних і конструктивних вирішень для подрібнення зерна

Вальцевий верстат APV (рис. 1.1) призначений для подрібнення зерна. Основними робочими елементами цього верстата є вальці, які розташовані горизонтально. Залежно від технічного призначення, поверхня вальців може бути рифленою або гладкою.

Міжвальцева передача може мати два варіанти: за допомогою шестерень або ременя. Використання останнього забезпечує більш плавний рух вальців.

Система відвалу-привалу автоматизує розділення та притискання вальців у випадку перерви в подачі матеріалу і їх фіксацію при відновленні потоку продукту. Ця функція сприяє тривалому терміну служби вальців, оскільки уникає їхнього зіткнення та попереджує знос рифлів на поверхні вальців. Конструкція вальцевого верстата спрощує процес заміни вальців.



Рис 1.1 Вальцевий верстат APV

Таблиця 1.1 Технічні характеристики:		
Найменування параметрів	Одиниці вимірювання	Характеристики
Продуктивність половини верстата I дертьової системи	т/добу	7-9
Довжина вальця	мм	1000
Діаметр вальців	мм	250
Швидкість обертання швидкого вальця	м/с (об/хв)	7,0 - 7,7 (420 - 460)
Габаритні розміри	мм	1900x1530x1900
Вага (без приводу, та електрообладнання)	кг	3800

Характеристики вальцевого верстата APV включають такі особливості: наявність горизонтально розташованих вальців; електронно-пневматичний механізм привалу-відвалу; автоматичне управління запуском та зупинкою живильних вальців і функцією привалу-відвалу вальців за

допомогою поплавкового датчика; можливість регулювання обертів живильних вальців за допомогою мотор-редуктора та перетворювача частоти; наявність механізму для регулювання положення заслінки живильних вальців з використанням уніфікованого електрогвинтового механізму; встановлені амперметри для приводних двигунів; наявність аварійного вимикача.

Вальцевий верстат "МУКОМОЛ" СВ 185×300 (рис. 1.2) спроектований для мелювання зерна і отримання борошна в процесі сортового і відбійного помелу пшениці та жита, а також інших сипучих сировин, які підходять для даного методу подрібнення.

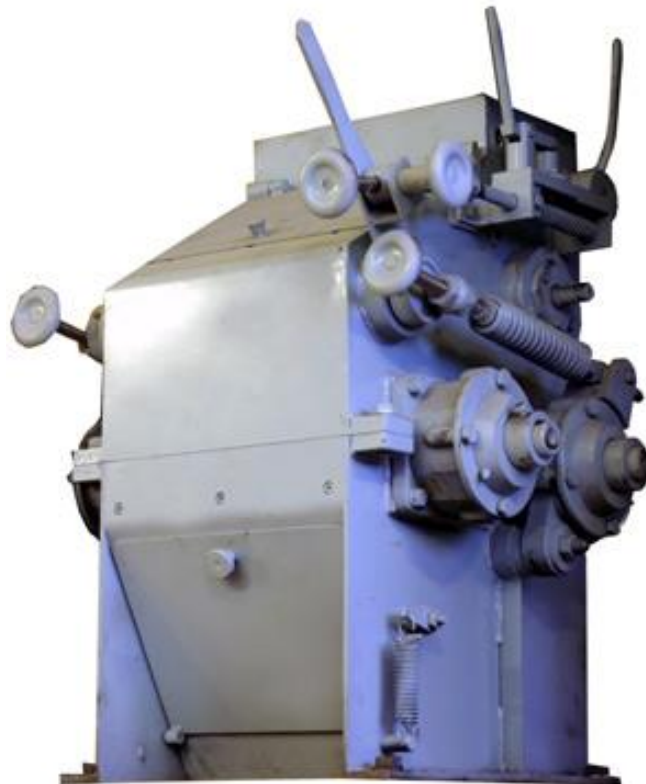


Рисунок 1.2 Вальцевий верстат "МУКОМОЛ"

Корпус верстата виготовлений у вигляді складної зварної конструкції. Усередині верстата розташована пара вальців для мелювання борошна і вал-живильник, а також заслінка, яка регулює рівномірність подачі продукту від валу-живильника до вальців для мелювання борошна. Борошномельні вальці установлені на підшипниках, які знаходяться в

спеціальних корпусах. Корпус верстата має дві кришки у верхній і нижній частині лицьового боку для візуального контролю процесу мелювання. Також є вхідний і вихідний отвір (в нижній і верхній частині корпусу) і система відвалу-привалу вальців, обладнана важелями відвалу-привалу і підпружиненими регуляторами паралельності вальців.

У верстаті присутні горизонтально розташовані борошномельні вальці, які опираються на підшипники кочення, встановлені в корпусі верстата. Корпуси підшипників для швидкого вальця закріплені нерухомо, тоді як корпус повільного вальця підвішений на пальцях і тягах механізму для регулювання паралельності вальців. Налаштування на паралельність проводиться за допомогою маховичків двох механізмів регулювання, які мають чутливість 0,125 мм на один оберт маховичка.

Таблиця 1.2 Технічна характеристика верстату “МУКОМОЛ”		
Найменування параметрів	Одиниці вимірювання	Характеристики
Продуктивність верстату на першому відбійному помелі (з вилученням до 50%)	т/добу	32
Основний вид сировини		Зерно
Номінальна частота обертання (швидкий валок)	об/хв	970
Потужність: Для дертьової системи із трьох верстатів Для помельної системи із трьох верстатів	кВт	18,5 11
Розміри робочої поверхні мелючих вальців: - діаметр - довжина	мм	185 300
Габаритні розміри: - довжина - ширина - висота	мм	Не більше 620 560 740
Вага	кг	Не більше 380

Міжвальцевий зазор регулюється поворотом маховика в механізмі привалу-відвалу. Подача зернових продуктів на вальці здійснюється за допомогою механізму живлення з одним валом і регульованою заслінкою.

Привал повільного вальця та активація механізму живлення, які зафіксовані у цьому положенні, виконуються вручну за допомогою важеля привалу. У нижній частині вальцевого верстата розташована рамка з двома щітками, призначеними для очищення поверхні вальців від залишків продуктів після розмелювання.

Вальцевий двохсекційний верстат 3М2 (рис. 1.3) із системою автоматичного регулювання продуктивності застосовують для подрібнення та розмелювання зерна.

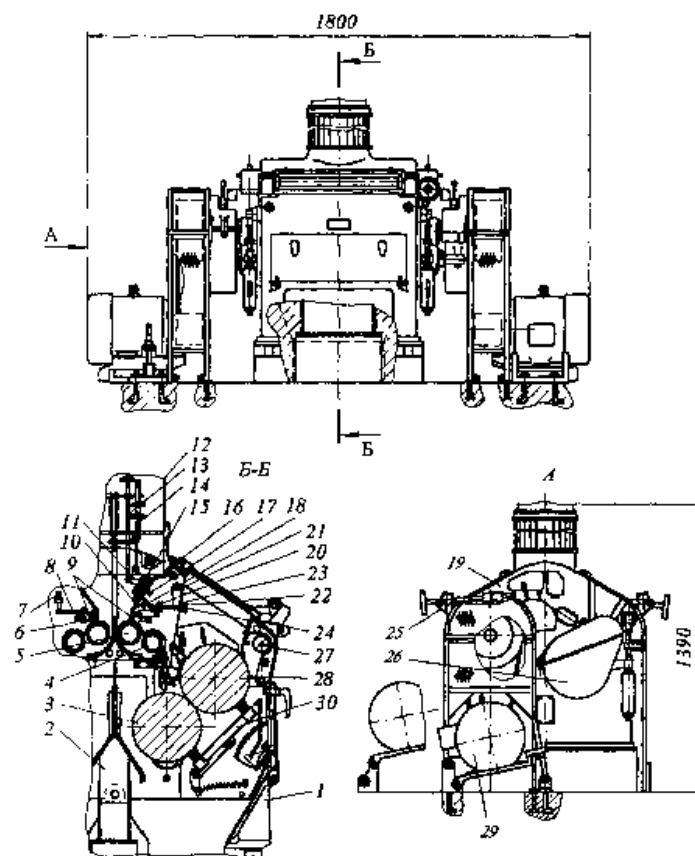


Рисунок 1.3 Двохсекційний вальцевий верстат 3М2: станина 7; вальці 3 і 28; розподільний 4 і живильний 5 вальці; аспираційний пристрій 2; важелі 6, 11, 15, 23; гвинти 7, 17, 24; планка 8; секторна заслінка 9; пружини 10, 22; живильна труба 12; датчики 13 і 14; механізм грубого привалу 19; механізм 25 регулювання і вирівнювання рухомого вальця; міжвальцьову передачу 26; ексцентриковий вал 27 і електродвигун 29.

Мелючі вальці складаються з двох сталевих піввісей і робочого барабану, виготовленого з чавуну ЧХ9Н5, з зовнішньою поверхнею, яка вибілена.

Настроювання вальців паралельно один до одного виконують за допомогою гвинтових механізмів. Ексцентриковий механізм використовується для рівномірного зближення вальців. Домішки просуваються між вальцями через тимчасове збільшення зазору, що виникає при стисканні пружини амортизатора, розташованого під важелем рухомого вальця.

Таблиця 1.3 Технічна характеристика верстатів типу 3М2		
Найменування параметрів	Одиниці вимірювання	Характеристики
Продуктивність	т/добу	60 ... 100
Частота обертання швидких вальців:	хв ⁻¹	
- рифлених		490
- гладких		390
Витрата повітря на аспірацію	м3 / г	600
Потужність електродвигуна приводу вальців однієї половини	кВт	15,0 .. 22, 0
Габаритні розміри	мм	1800x1470x1390
Маса	кг	2550 ... 3350

Вузол подрібнення вальцевого верстата для подрібнення зерна може складатися з кількох основних компонентів, які спільно забезпечують ефективний процес подрібнення зерна. Конкретний дизайн та конфігурація можуть варіюватися в залежності від типу та моделі верстата. Однак основні елементи можуть включати:

Вальці - це циліндричні металеві або жорсткі матеріали, які обертаються паралельно один одному. Зазвичай, вальці мають спеціальні текстурні поверхні або насічки, які взаємодіють з зерном, подрібнюючи

його.

Система подачі зерна - механізм для подачі зерна між вальці, може бути регульованим жолобом або іншою конструкцією, що дозволяє точно контролювати кількість та швидкість подачі.

Механізм регулювання тиску між вальцями - гідравлічні або механічні системи для зміни відстані між вальцями в залежності від характеристик зерна та вимог до подрібнення.

Система охолодження - зазвичай, вальці нагріваються від тривалої роботи. Система охолодження може включати вентиляційні системи або навіть системи подачі охолоджувального агенту для забезпечення оптимальної температури.

Система видалення відходів включає в себе механізм для видалення подрібнених відходів, щоб уникнути блокування та підтримати продуктивність.

Сучасні верстати можуть мати системи автоматичного керування та моніторингу, які дозволяють ефективно контролювати та оптимізувати процес подрібнення.

Каркас або рама, що утримує всі компоненти верстата в стійкій конструкції.

Ці компоненти працюють спільно, створюючи оптимальні умови для ефективного та продуктивного подрібнення зерна. При виборі та експлуатації верстата важливо дотримуватися інструкцій виробника та враховувати особливості конкретної моделі.

1.3 Обґрунтування необхідності досліджень процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки P6-BC 185x250

Ефективність роботи вальцевих подрібнювачів малої продуктивності, не зважаючи на їх конструкцію, а також відповідність одержаної продукції

поставленим вимогам, в першу чергу, залежать від міжвальцевого зазору, діаметру та довжини робочих органів (вальців).

Особливо це актуально для вальцевих подрібнювачів зернових матеріалів, в яких відсутність оптимально підібраних конструктивних параметрів призводить до переподрібнення зерна, утворення значної кількості мучнистої фракції, недоподрібнення зерна, втрати якості борошна, великих енергозатрат на обробку зерна.

Робочим органом вальцевого верстату при обдирному процесі є чавунні вальці, які мають сталеве покриття. Вальці обертаються назустріч один одному з різними швидкостями, які відносяться як 1:1,5; 1:2; 1:2,5 і ін.

Відстань між вальцями змінюється залежно від стану помелу. На першій системі, на яку надходить ціле зерно, вона максимальна, потім поступово зменшується.

Провівши дослідження процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250, визначаємо вплив зміни конструктивних параметрів на якість та продуктивність подрібнення зерна.

Суть модернізації вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250:

- заміна матеріалу підтримуючого шківка на фторопласт Ф-4 ГОСТ 24222-80;

- конструювання та встановлення кришки із фторопласту Ф-4 ГОСТ 24222-80 на підтримуючий шківок;

- зміна конструкції натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250

1.4 Мета і завдання магістерської роботи

Мета кваліфікаційної роботи полягає у встановленні оптимальних конструктивних параметрів верстата марки Р6-ВС 185х250 для продуктивної та якісної роботи.

Для досягнення даної мети необхідно дослідити вплив зміни робочих параметрів вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250, а також модернізувати вузол подрібнення вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.

Основними завданнями магістерської роботи є:

- аналіз конструктивних рішень вальцевих верстатів;
- розробка структурної схеми вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250
- технологічний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250;
- кінематичний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250;
- енергетичний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.
- розрахунок натяжного вузла вальцевого верстата Р6-ВС 185х250;
- розроблення заходів з експлуатації та технічного обслуговування вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250;
- дослідження впливу конструктивних параметрів подрібнювального вузла вальцевого верстату на процес подрібнення.
- комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла вальцевого верстата

2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень.

Під час проведення тих чи інших досліджень виникає необхідність створення моделей різних систем: фізичних, математичних, аналогових тощо. Моделювання спрощує дослідження, а подекуди є практично єдиним методом пізнання.

Сучасні технічні можливості, щодо здійснення наукових досліджень вимагають комплексного підходу, що базується на глибокому теоретичному осмисленні та експериментальній перевірці концепцій. Це обґрунтування та інтеграція теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень стають визначальними для досягнення високих результатів у розробці технологій, вдосконаленні інженерних рішень та реалізації інноваційних проектів.

Теоретичні дослідження спрямовані на вивчення фундаментальних принципів, які визначають функціонування об'єктів дослідження. Системний аналіз, математичне моделювання та аналітична обробка даних виступають як основні елементи теоретичного аспекту. Від докладного розгляду теоретичних засад залежить правильне формулювання гіпотез, які є почотковим етапом експериментальної роботи.

Проведення експериментальних досліджень – це ключовий етап науково-технічної діяльності. Сучасні методи дослідження, такі як імітаційне моделювання, промислові випробування та експериментальний аналіз, надають можливість перевірити гіпотези, визначити причинно-наслідкові зв'язки та отримати вірогідні дані для подальшого аналізу.

Взаємодія теоретичного і експериментального підходів визначає практичність досліджень. Інтеграція здобутих знань дозволяє розробляти нові технічні рішення, спрямовані на вирішення актуальних завдань у сфері технологій.

Обґрунтування теоретичних і експериментальних методів і засобів досліджень є кінцевим етапом дослідження. Забезпечуючи глибоку теоретичну базу та реалізуючи високоякісні експерименти, можна визначити напрямки подальших досліджень, та зробити суттєвий внесок у розвиток технічної науки та інженерії в цілому.

2.2 Алгоритм і методики проведення математичного моделювання

Розвиток технологій та постійна оптимізація процесів, потребує використання математичного моделювання. Розробка ефективних алгоритмів та методик проведення математичного моделювання стає визначальною у створенні передових рішень та вирішенні складних інженерних завдань.

Розробка адаптивних алгоритмів є основним кроком у напрямку вдосконалення математичного моделювання. Це включає в себе створення гнучких алгоритмів, здатних адаптуватися до змінних умов та вхідних даних. Використання машинного навчання дозволяє створювати моделі, що постійно вдосконалюються та відповідають динаміці реальних систем.

Впровадження методик оптимізації у математичне моделювання стає ключовим елементом для досягнення найбільш ефективних рішень. Використання алгоритмів оптимізації, таких як генетичні алгоритми чи алгоритми імітації, дозволяє знаходити оптимальні рішення в реальному часі. Математичне моделювання дозволяє аналізувати вплив різних факторів на систему та визначати оптимальні стратегії у складних умовах.

Створення інтерактивних моделей та їх візуалізація відкриває нові можливості розуміння результатів моделювання. Використання сучасних інтерфейсів та візуалізаційних інструментів дозволяє миттєво взаємодіяти з моделями, швидко змінювати параметри та спостерігати за динамікою систем.

Алгоритм та методики проведення математичного моделювання дозволяють не тільки точно відтворювати реальні процеси, але і впроваджувати інноваційні стратегії у сфері технічних рішень. Послідовне удосконалення алгоритмів та методик створює основу для розробки передових технологій та вирішення складних задач.

Застосування комп'ютерних технологій в процесі виконання кваліфікаційної роботи визнається ключовим елементом для досягнення високих результатів та вирішення складних завдань. Цей підхід дозволяє злагоджувати та покращувати якість досліджень, а також забезпечує швидке та ефективно вирішення завдань наукового характеру.

Використання комп'ютерних технологій дозволяє створювати точні та високофункціональні моделі для вивчення об'єктів та явищ, що досліджуються. Комп'ютерне моделювання дозволяє вірно відтворювати реальні умови та експериментувати з різними параметрами, що робить процес виконання кваліфікаційної роботи більш гнучким та результативним.

Використання комп'ютерних технологій дозволяє ефективно обробляти та аналізувати великі обсяги даних, що збираються під час виконання досліджень. Автоматизовані інструменти обробки даних допомагають швидко і точно виділяти та інтерпретувати основні тенденції та закономірності, що важливо для висновків кваліфікаційної роботи.

Застосування програмних інструментів допомагає в реальному часі вносити корективи, а також розвивати та вдосконалювати методи досліджень під час виконання кваліфікаційної роботи.

Використання спеціалізованих платформ для колективної роботи та обміну інформацією надає можливість ефективної комунікації та співпраці між учасниками досліджень. Це розширює можливості отримання об'єктивних результатів та сприяє виникненню нових ідей.

Застосування комп'ютерних технологій викладає фундаментальні основи для успішного виконання кваліфікаційної роботи. Інтеграція цих технологій сприяє розширенню можливостей досліджень та розвитку новаторських рішень у сучасному технічному середовищі.

2.3. Методи аналізу похибок теоретичних й експериментальних досліджень.

При проведенні досліджень виникає необхідність вдосконалення методів аналізу похибок для досягнення вищої точності та достовірності отриманих результатів.

Точність теоретичних моделей визначається адекватністю врахування реальних умов дослідження. Проведення аналізу допустимості припущень та впровадження модифікацій на основі реальних даних дозволяє підняти рівень точності теоретичних результатів.

Встановлення відповідності теоретичних моделей до початкових умов є критичним аспектом аналізу. Визначення впливу малих змін в початкових умовах на результати допомагає у визначенні границь точності моделі.

Аналіз похибок експериментальних досліджень розпочинається з калібрування використовуваних інструментів та устаткування. Відповідне визначення та корекція систематичних похибок є ключем до високої точності вимірювань.

Застосування методів статистичного аналізу дозволяє визначити розподіл похибок та їх взаємозв'язок. Врахування випадкових та

систематичних похибок в процесі аналізу сприяє підвищенню надійності отриманих результатів.

Співставлення теоретичних та експериментальних даних дозволяє визначити ступінь узгодженості та перевірити гіпотези. Виявлення розходжень є підставою для подальших коригувань та оптимізацій.

Розгляд та управління невизначеністю включає в себе врахування всіх можливих джерел похибок. Методи аналізу дозволяють зменшити ступінь невизначеності та підвищити достовірність результатів.

Аналізу похибок в теоретичних та експериментальних дослідженнях є критичним елементом для досягнення точних та достовірних результатів.

3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ВАЛЬЦЕВОГО ВЕРСТАТА МАРКИ P6-BC

3.1 Машинно-апаратне оформлення лінії для подрібнення зерна

Однією з ключових основ для визначення схеми помелу та режимів окремих технологічних операцій є "Правила організації та ведення технологічного процесу на млинах" [8]. Цей документ виступає основою для розроблення конкретної організації процесу помелу зерна. Важливо враховувати, що властивості зерна формуються під час його дозрівання в полі та під час подальшого зберігання та оброблення, таких як сушіння та очищення.

Процес отримання борошна можна порівняти з послідовним багаторазовим процесом відокремлення центральної частини (ендосперму) від оболонок. Роздрібнення зерна розпочинається створенням добротних та строкатих крупок. Добротні крупки, одержані з ендосперму, відокремлюють від строкатих, а останні піддаються шліфуванню для відокремлення частинок оболонок. Цей процес дозволяє отримати борошно різних сортів з різними характеристиками.

На виробництві оббивного борошна застосовується подрібнення всіх анатомічних часток зерна до однакового розміру. Сортове борошно відрізняється значним здрібненням ендосперму, тоді як зародок, оболонки і алейроновий шар виділяються у вигляді висівок. Важливо отримувати борошно з однорідним гранулометричним складом. Периферійні частки пшениці, які містять вітаміни групи В, можуть використовуватися для збагачення борошна корисними добавками. Такі ініціативи можуть поліпшити якість борошна та зробити його більш поживним. Важливо враховувати, що з одного партії зерна можна отримати різні сорти борошна з різними характеристиками

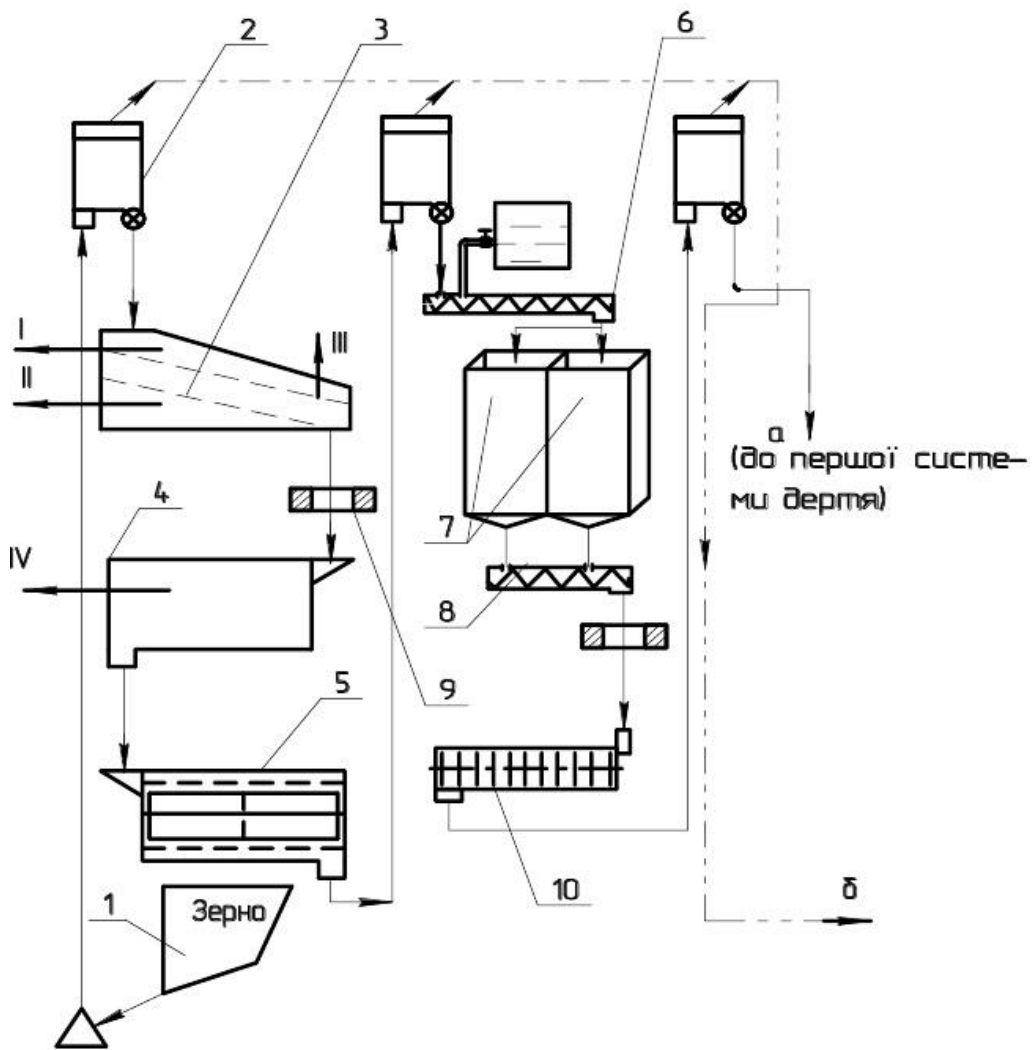


Рисунок 3.1 Машинно- апаратурна схема виробництва борошна: 1- бункер; 2- аспіратор; 3- решітний сепаратор; 4- трієр; 5- оббивальна машина; 6- зволожувач; 7- бункери відволоження; 8- гвинтовий транспортер; 9 – магнітний сепаратор; 10- щіткова машина; I- легкі домішки; II- мінеральні домішки; III- великі домішки; IV- короткі домішки.

Машинно-апаратурна схема подрібнення зерна включає пневматичний сепаратор, зерноочисний агрегат, машину зволоження зерна, машини для м'якого оббивання зерна, системи вальцевих верстатів та інші компоненти. Важливо правильно налаштувати швидкість повітря та інтенсивність продування зерна для ефективного очищення.

Пневматичний сепаратор використовується для очищення зерна від легких домішок за допомогою аеродинамічних властивостей.

Зерноочисний агрегат включає зерновий сепаратор та циліндричний трієркулевідбірник для подальшого відділення домішок та вибірки. Система ефективно очищує зерно та готує його до подальшого оброблення.

Це лише деякі аспекти технологічного процесу помелу зерна, і є багато факторів та деталей, які важливо враховувати при розробці оптимальної схеми помелу.

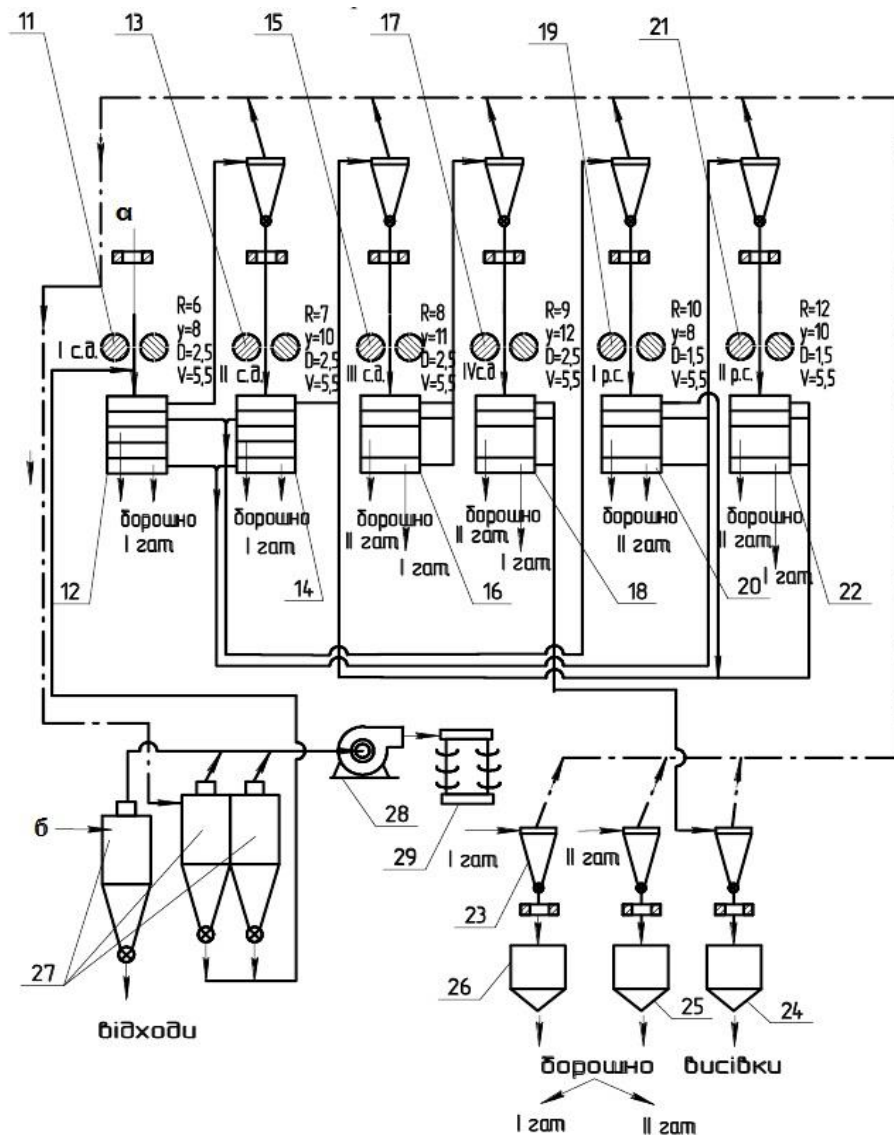


Рисунок 3.2 Машинно-апаратурна схема виробництва борошна(продовження): 11,13,15,17,19,21- вальцеві верстати ВС 185x250; 12,14,16,18,20,22- секції розсіювача; 23- циклон-розвантажувач; 24,25,26- бункери для борошна і висівки; 27- батарея циклонів; 28- вентилятор; 29- фільтр.

Жорстке відбивання грає ключову роль в очищенні поверхні зерна від пилу, грудок землі та відділення верхніх плодових оболонок. Цей етап використовує циліндричний вал із лопатевим механізмом для обертання. Регулювання кількості подаваного повітря відбувається за допомогою засувки.

Після цього зерно подається в другий пневматичний сепаратор для подальшого очищення від легких домішок перед зволоженням. Зволоження зерна здійснюється вузлом зволоження зерна, який використовує крапельно-рідкий стан води. Кількість води регулюється краном.

Зволожене зерно подається на м'яке зернове відбивання (ЗВМ). Цей етап використовує барабан з бічевим валом, що обертається. Внаслідок тертя зерна об бічі і взаємодії між собою відбувається очищення покрову зерна. Після обробки в м'якому оббиванні зерно подається в третій пневматичний сепаратор для подальшого очищення від легких домішок перед подрібненням.

Самобалансуючий шестиприймний розсів веретенного типу використовується для просіювання та сортування продуктів помелу. Розсів має два кузови з ситовими рамками, які здійснюють коливальні рухи в горизонтальній площині. Продукти помелу просіюються та подаються на фасування в мішки та пакети.

Для переміщення зерна та продуктів використовуються пневмотранспортні установки, гвинтові транспортери, труби та вентилятор ЦП-30 №6. Пневмосистема зерноочисного обладнання включає три продуктопроводи, пневмосепаратори, циклон для очищення повітря та інші компоненти.

Пневмосистеми подрібнюючого, просіюючого та відбійного відділень включають в себе восьмий продуктопровід з розвантажувачами, систему повітропроводу, циклони Ц-400 та інші компоненти.

Електродвигуни загальною потужністю 26,4 кВт забезпечують привід машин на млині, з'єднані в групу відповідно з технологічним взаємозв'язком машин. Керування машиною здійснюється за допомогою пульта керування, а індивідуальний тепловий захист всіх електродвигунів, а індивідуальний тепловий захист всіх електродвигунів і блокування машин дозволяють ефективно керувати процесом та уникнути аварій.

3.2. Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250

Деталі вузлів вальцевого верстата Р6-ВС 185х250 в основному виготовлені з конструкційних сталей, таких як 40ХН, 45Г, 45Л. Дані марки сталей є доцільними у вальцевому верстаті оскільки експлуатуються в не агресивному середовищі. Заміна матеріалу підтримуючого шківка натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250 може позитивно вплинути на продуктивність та ефективність роботи верстату.

В нашому випадку запропоновано замінити деякі металеві деталі натяжного вузла вальцевого верстата Р6-ВС 185х250 на полімерні з фторопласту це позитивно вплине на зменшення металомісткості натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

Оскільки заміна матеріалу впливає не тільки на зміну ваги (в нашому випадку зменшення), а й на зміну робочих характеристик шківка. Тому розрахуємо крутний момент привідного шківка натяжного вузла вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250.

Підшипникові кришки необхідні для герметизації підшипникових вузлів, осьової фіксації підшипників, сприйняття від підшипників осьових навантажень та передачі цих навантажень корпусу редуктора.

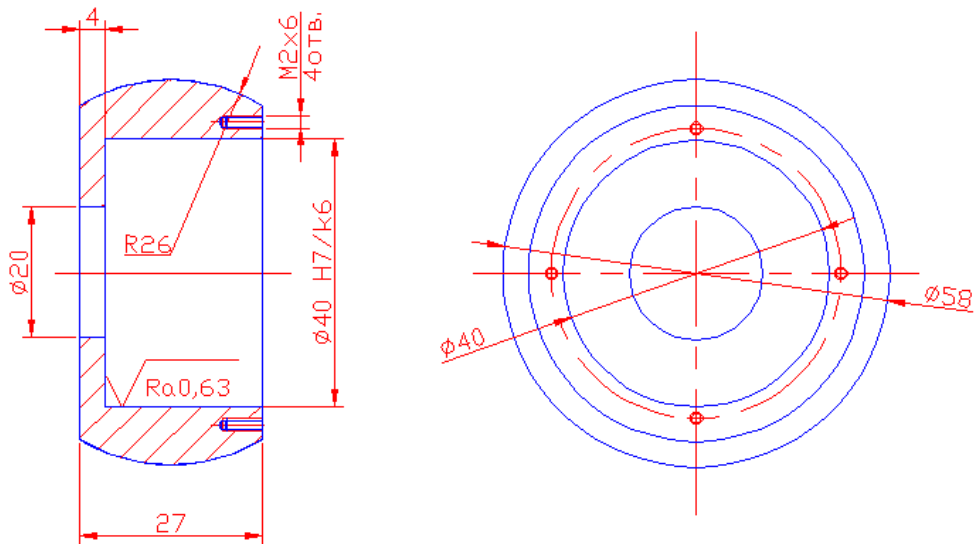


Рисунок 3.3 Графічне зображення підтримуючого шківка натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

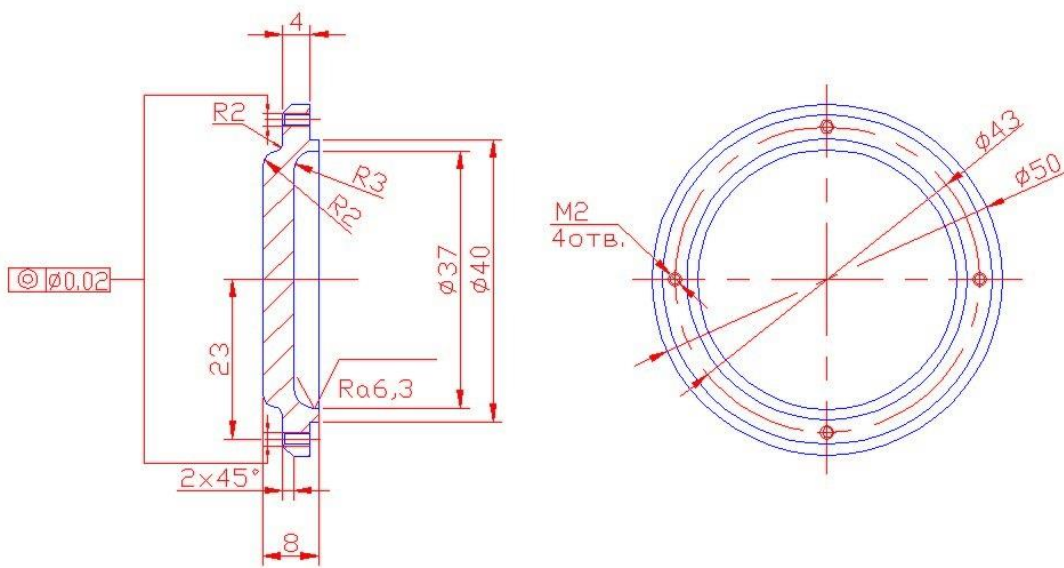


Рисунок 3.4 Графічне зображення глухої кришки підтримуючого шківка натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

В нашому випадку валик натяжного шківка не є закритим кришкою, тому попадання сторонніх предметів, осідання пилу та інших речовин швидко виведуть вузол з ладу. Необхідно підібрати глуху кришку під підтримуючий шківок натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

3.3 Загальний опис конструкції і принципу роботи модернізованого вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

Вальцевий верстат Р6-ВС 185х250 представляє собою ключовий елемент подрібнюючого обладнання у харчовому виробництві. Використовується для помелу різних видів зернових культур, таких як пшениця, жито, ячмінь, гречка і знаходить своє застосування в подрібнюючих відділеннях підприємств.

Створення такої машини починається з визначення її структури, яку можна представити у вигляді структурної схеми. Ця схема відображає основні розміри машини, здійснює компоновочні рішення та накидує кінематичну схему.

Процес створення структурної схеми включає нанесення та з'єднання умовних позначень лініями. Починаючи від двигуна і продовжуючи через передачі, вали робочих органів і механізмів, структурна схема подає послідовність з'єднань.

У випадку вальцевого верстата Р6-ВС 185х250, його робочий процес реалізується завдяки електродвигуну з потужністю 7,5 кВт. Зусилля передається від ведучого до веденого шківка через пасову передачу. Подальше передачу зусиль відбувається через зубчасту передачу між робочими валами.

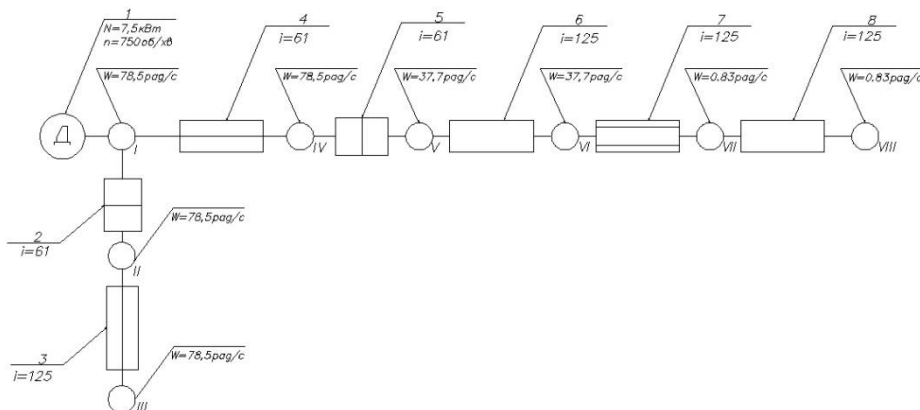


Рис 3.5 Структурна схема вальцевого верстата Р6-ВС 185х250

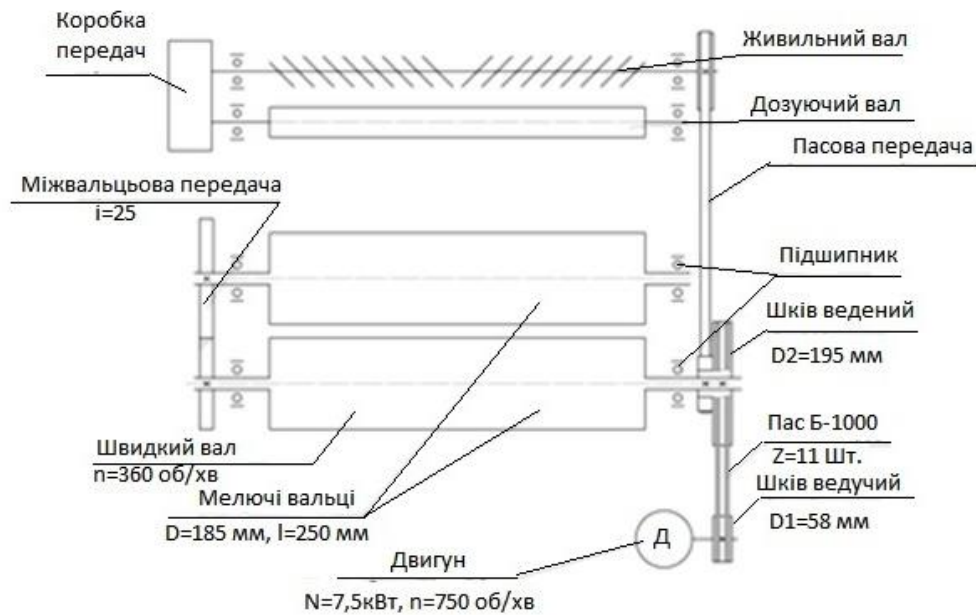


Рисунок 3.6 Кінематична схема вальцевого верстата Р6-ВС 185х250

Дозуючий вал у верстаті активується за допомогою пасової передачі, а муфти на робочих валах дозволяють передавати обертовий рух між ними. На структурній схемі, зображеній на рисунку 3.5, видно електричний двигун, пасову, ланцюгову та зубчасту передачі, редуктор та робочі органи, такі як подрібнюючі вальці та живильний вал. Ця схема є ключовим інструментом для розуміння принципів роботи вальцевого верстата та оптимізації його функціональності.

3.3.1 Призначення, будова та принцип роботи вальцевого верстата марки Р6-ВС185х250

Вальцевий верстат ВС 185х250, що використовується в харчовій промисловості для подрібнення зерна в борошно на млинах, визначається своєю надійністю та універсальністю.

Вальцевий верстат марки ВС 185х250 (рис 3.7) застосовують в харчовій промисловості на млинах для подрібнення зерна в борошно. Даний агрегат також може працювати для подрібнення інших зернових та

виробництва комбікормів.

Вальцевий верстат ВС 185x250 складається з станини 1, між швидким та повільним валками 2, 3 розміщена міжвалкова передача 4. Для регулювання розміщення валків встановлено механізм регулювання 5.

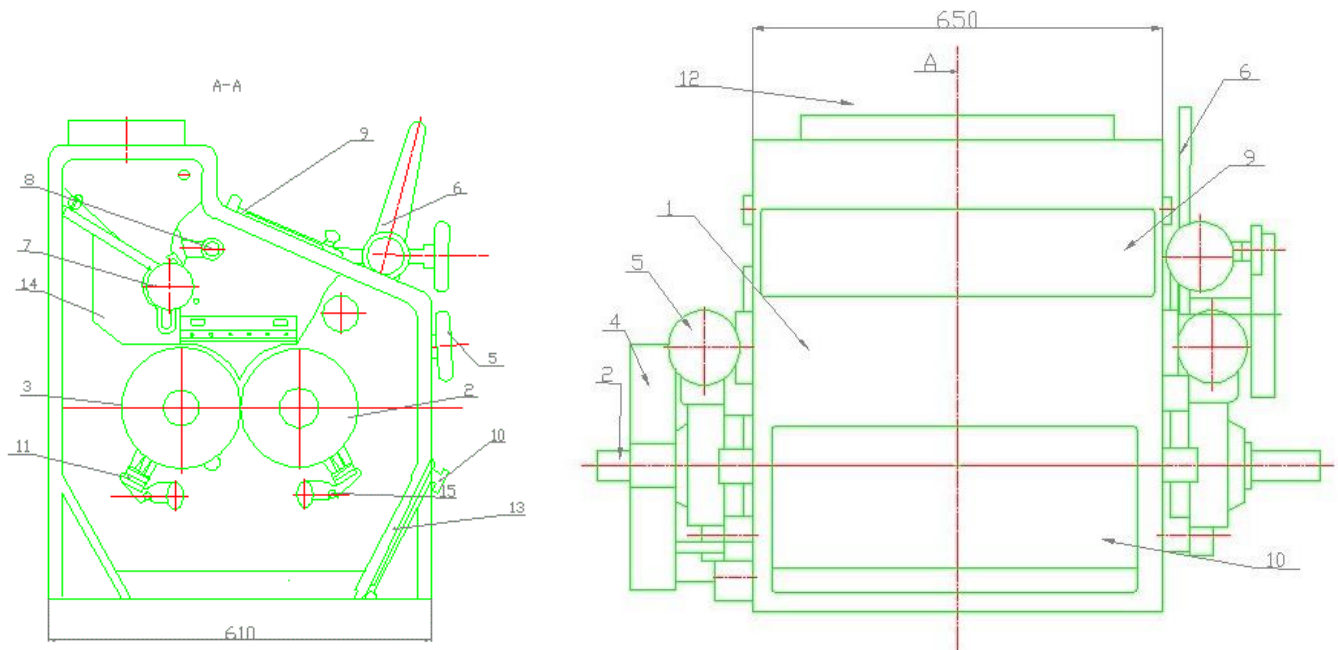


Рисунок 3.7. Вальцевий верстат марки P6-BC 185x250: 1- станина; 2- швидкий вал; 3- повільний вал; 4- міжвалкова передача; 5- механізм настроювання валків на паралельність; 6- привало-відкидний механізм; 7- живильний вал; 8- механізм регулювання живлення; 9- верхня дверка; 10- нижня дверка; 11- щітка; 12- живильна труба; 13- заслінка; 14- накладка; 15- вісь.

Відкидний механізм 6 забезпечує виконання наступних операцій: відкид і підхід рухомого мелючого валка; закриття та відкриття засипного каналу. Живильний валок 7 забезпечує подачу зерна для подрібнення.

Живильний механізм має два валки, із частотою обертання, що регулюється регулятором швидкості 8. Засипний канал можна регулювати вручну за допомогою гвинтів, а заслінка 13 автоматично відкриває та закриває засипний канал 12 разом із відвалом та привалом рухомого подрібнюючого валка.

Заслінка 13 закриває і відкриває засипний канал автоматично разом з відвалом і привалом рухомого подрібнюючого валка. Вальці між собою зв'язані зубчастою, ланцюговою або ремінною передачею. Паралельне зближення (доведення) вальців виконують ексцентриковим механізмом. Поверхня вальців очищається за допомогою щітки або скребки 11, встановлені під вальцями на станині. Живильна труба 12 верстата розділена перегородкою на два відсіки, кожен з яких живить продуктом свою половину верстата. У кожному відсіку встановлений датчик привально-відвального механізму. У верхній і нижній частині даного верстату встановлені дверцята 9, 10.

Технічні характеристики

Технічна продуктивність ВВ	т/добу	32
Номінальна довжина бочки вальця	мм	250
Встановлена потужність електродвигунів приводу	кВт	3,0
Габаритні розміри, мм:		
довжина		610
ширина		650
висота		750
Маса верстату (без електроприводу)	кг	320

Важливим аспектом є можливість ефективного регулювання відстані між валками та їхній паралельний рух, який забезпечується ексцентриковим механізмом. Рифлені поверхні валків сприяють оптимальному подрібненню зерна, дозволяючи уникнути непотрібного пошкодження оболонок.

Вальцевий верстат ідеально підходить для розмелювання крупок, формуючи борошно високої якості. Комплексний розмельний процес на різних системах дозволяє отримати борошно різних сортів, а контроль за якістю здійснюється на розсійниках за зольністю.

Вимелювання висівок здійснюється на спеціальних машинах, де правильно налаштований проміжок між щітками чи бичами та ситовою поверхнею забезпечує ефективне відокремлення частинок від висівок.

У процесі обдирного оброблення на вальцевому верстаті ключовим елементом є робочий орган - чавунні вальці зі стальним покриттям. Ці вальці обертаються в різних напрямках один відносно одного з різними швидкостями, установленими у відношенні 1:1,5; 1:2; 1:2,5 і так далі. Розмір відстані між вальцями змінюється в залежності від ступеня подрібнення. На початковій стадії, коли зерно проходить між вальцями вперше, ця відстань максимальна, а потім поступово зменшується.

Поверхня вальців обладнана рифлями, глибина яких також зменшується від першої до наступних систем. Оскільки вальці в системах обертаються з різною швидкістю, зерно не просто розплющується між вальцями, а, скоріше, обертається навколо своєї осі. Цей процес допомагає зберегти оболонку зерна, і мінімізує утворення дрібних часток.

У системах дертьового оброблення важливо враховувати, що зерно, яке проходить через вальці, не розмелюється до розміру, що відповідає борошну, в один прохід. Тому процес розмелювання проводять на кількох системах підряд. Крупки розмелюються на спеціальних розмелювальних системах, де використовуються гладкі валки та сита з отворами, розміри яких відповідають розмірам борошна [12].

3.3.2 Технологічний розрахунок вальцевого верстата марки Р6-ВС 185x250

Продуктивність вальцевого верстата визначається за формулою [6]:

$$Q_{в.в} = 3,6 * \gamma l \vartheta_{пр} b_{пр} \varphi \quad (1)$$

де γ - ОМП до подрібнення, кг/м³ ;

l - довжина вальців, м;

v_{np} - середня швидкість продукту на ділянці подрібнення, м/с;

b - зазор між вальцями, м;

φ - коефіцієнт заповнення ілянки подрібнення, ($\varphi = 0,1..0,2$).

Середня швидкість помелу визначається за формулою:

$$V_{np} = \frac{Q}{3600 \cdot b \cdot L \cdot \gamma \cdot \Psi}, \text{ м/с} \quad (2)$$

$$V_{np} = \frac{800}{3600 \cdot 0,00075 \cdot 0,25 \cdot 700 \cdot 0,7} = 2,42 \text{ м/с}$$

$$Q_{в.в} = 3,6 * 700 * 0,25 * 2,42 * 0,00045 * 0,12 = 823 \text{ кг/год}$$

3.3.3 Кінематичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185х250.

Розрахунок клинопасової передачі.

Вихідні дані:

Частота обертання вальця $n_2=360$ об/хв.

Потужність електродвигуна $N=7,5$ кВт.

Частота обертання $n_1=750$ об/хв.

Визначаємо кутову швидкість і номінальний обертовий момент на ведучому валу.

$$\omega_1 = \frac{\pi n_1}{30}, (\text{рад/с}) \quad (3)$$

$$M_1 = \frac{N}{\omega_1}, (\text{Н} \cdot \text{м}) \quad (4)$$

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 750}{30} = 78,5 \text{ рад/с}$$

$$M_1 = \frac{7500}{78,5} = 95,54 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо передавальне відношення, без врахування ковзання:

$$i = \frac{n_1}{n_2}, \quad (5)$$

$$i = \frac{750}{360} = 2,08$$

За відомими значеннями розмірів шнеків визначимо міжосьову віддаль:

$$D_1=58 \text{ мм}, D_2=195 \text{ мм}.$$

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h, \text{ мм} \quad (6)$$

$$a_{\max} = 2 \cdot (D_1 + D_2), \text{ мм} \quad (7)$$

де h - висота паса, $h=13,5$ мм.

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (58 + 195) + 10,5 = 149,65 \text{ мм}$$

$$a_{\max} = 2 \cdot (58 + 195) = 506 \text{ мм}$$

Приймаємо $a=300$ мм.

Визначимо розрахункову довжину паса:

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 \cdot a}, \text{ мм} \quad (8)$$

$$L_p = 1013 \text{ мм}.$$

Найближче стандартне значення довжини паса $L=1000$ мм.

Визначимо середній діаметр:

$$D_{cp} = 0,5 \cdot (D_2 + D_1), \text{ мм} \quad (9)$$

$$D_{cp} = 0,5 \cdot (195 + 58) = 127 \text{ мм} \quad (10)$$

Визначаємо нове значення міжосьової віддалі:

$$a = 0,25 \cdot \left[L - \pi \cdot D_{cp} + \sqrt{(L - D_{cp})^2 - 2 \cdot (D_2 - D_1)^2} \right], \text{ мм} \quad (11)$$

$$a = 0,25 \cdot \left[1000 - 3,14 \cdot 127 + \sqrt{(1000 - 127)^2 - 2 \cdot (195 - 58)^2} \right] = 250,1 \text{ мм}$$

При монтажі передачі для легшого встановлення паса на шків необхідно забезпечити зменшення міжосьової віддалі на $0,01 \cdot L$; натяг пасу збільшують шляхом збільшення міжосьової віддалі на $0,025 \cdot L$. У нашому випадку дані параметри: в більшу сторону $0,025 \cdot 1000 = 25$ мм, в меншу

сторону $0,01 \cdot 1000 = 10$ мм.

Кут обхвату МШ:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60 \cdot \frac{D_2 - D_1}{a}, \quad (12)$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60 \cdot \frac{195 - 58}{250,1} = 147,1^\circ$$

Швидкість паса:

$$V = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot D_1, \text{ м/с} \quad (13)$$

$$V = 0,5 \cdot 78,5 \cdot 0,195 = 7,6 \text{ м/с}$$

Визначаємо величину КЗ яке передається одним пасом:

$$p_0 = 322 \text{ Н} \quad (14)$$

Допустиме КЗ на один пас рівне:

$$[p] = p_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_P, \text{ Н} \quad (15)$$

Тут C_α -коефіцієнт, враховуючий кут обхвату МШ:

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - \alpha_1), \quad (16)$$

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - 147,1) = 0,901$$

C_L - коефіцієнт, який враховує довжину паса:

$$C_L = 0,3 \cdot \frac{L}{L_0} + 0,7, \quad (17)$$

$$C_L = 0,3 \cdot \frac{1000}{1000} + 0,7 = 1,0$$

C_P - коефіцієнт, який враховує режим роботи паса: $C_P = 1$

$$[p] = 322 \cdot 0,901 \cdot 1,0 \cdot 1 = 290,2 \text{ Н}$$

Визначимо колове зусилля:

$$P = \frac{N}{V}, \text{ Н} \quad (18)$$

$$P = \frac{7500}{7,6} = 987 \text{ Н}$$

Розрахункове число пасів:

$$Z = \frac{P}{[p]}, \text{шт} \quad (19)$$

$$Z = \frac{987}{290,2} = 3,27 \text{шт}$$

Отже, приймаємо кількість пасів $Z=3$ шт. Визначаємо зусилля в пасовій передачі, прийнявши натяг від попереднього навантаження $\sigma_0 = 1,6 \text{Н/мм}^2$.

Попереднє навантаження кожної гілки паса:

$$S_0 = \sigma_0 \cdot F, \text{Н} \quad (20)$$

$$S_0 = 1,6 \cdot 138 = 220,8 \text{Н}$$

РН ведучої гілки:

$$S_1 = S_0 + \frac{P}{2 \cdot Z}, \text{Н} \quad (21)$$

$$S_1 = 220,8 + \frac{1364}{2 \cdot 5} = 254,8 \text{ Н}$$

РН веденої гілки:

$$S_1 = S_0 - \frac{P}{2 \cdot Z}, \text{Н} \quad (22)$$

$$S_1 = 220,8 - \frac{1364}{2 \cdot 5} = 186,8 \text{ Н}$$

Визначимо зусилля на вали:

$$Q = 2 \cdot S_0 \cdot Z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}, \quad (23)$$

$$Q = 2 \cdot 368 \cdot 4 \cdot \sin \frac{159,2}{2} = 1954 \text{ Н}$$

Визначимо довжину вальця:

$$L = \frac{Q}{q} = \frac{800}{40} = 20 \text{ см}$$

Оскільки вальці для компенсації температурного розширення, виконуються конусними біля кінців, то збільшимо розрахункову довжину

вальця, прийнявши $L=25$ см. З формули визначимо швидкість продукту в зоні помелу.

$$V_{np} = \frac{Q}{3600 \cdot b \cdot L \cdot \gamma \cdot \Psi}, \text{ м/с} \quad (23)$$

$$V_{np} = \frac{800}{3600 \cdot 0,00075 \cdot 0,25 \cdot 700 \cdot 0,7} = 2,42 \text{ м/с}$$

Зв'язок між швидкістю швидкого і повільного вальців і швидкістю продукту в зоні помелу визначають за формулою:

$$V_{np} = \frac{V_{\sigma} + V_m}{2} = \frac{V_{\sigma} \left(\frac{\kappa + 1}{\kappa} \right)}{2} \text{ м/с} \quad (24)$$

де V_{σ} - колова швидкість швидкого вальця, V_m - колова швидкість повільного вальця, κ - диференціал (для нарізних вальців $\kappa=2,5$)

$$V_{\sigma} = \frac{2 \cdot \kappa \cdot V_{np}}{\kappa + 1} = \frac{2 \cdot 2,5 \cdot 2,42}{2,5 + 1} = 3,46 \text{ м/с}$$

Визначимо діаметр вальця:

$$D > \frac{d \left(\frac{\kappa - 1}{\kappa} \right)}{2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}}; \text{ мм} \quad (25)$$

де d - діаметр частинки для помелу, мм, $\kappa=d/\sigma$ - коефіцієнт подрібнення, рівний відношенню діаметра частинки до зазору між вальцями, γ - кут тертя між частинкою і матеріалом вальця.

$$\gamma = \arctg f \quad (26)$$

де f - коефіцієнт тертя, для зерен пшениці по сталі та чавуну $f=0,21-0,44$, $\gamma=11,9-23,7^\circ$

Еквівалентний діаметр зерна пшениці визначимо за формулою:

$$d = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot l}, \text{ мм} \quad (27)$$

де $l=4,2-8,6$ мм – довжина зерна.

$a=1,6-4,0$ мм – ширина зерна.

$b=1.5-3.8$ мм – товщина зерна.

$$d = \sqrt[3]{8,6 \cdot 4,0 \cdot 3,8} = 5,08 \text{ мм}$$

$$D > \frac{5,08 \cdot \left(\frac{5,64 - 1}{5,64} \right)}{2 \sin^2 \frac{20}{2}} = 69,3 \text{ мм}$$

Оскільки для забезпечення стійкого процесу подрібнення необхідно виключити можливість прогину вальця під час роботи, збільшуємо його діаметр та приймаємо рівним $D=185$ мм.

Знаючи швидкість швидкого вальця та його діаметр, визначимо частоту обертання за формулою:

$$n = \frac{60 \cdot V_6}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (28)$$

$$n = \frac{60 \cdot 3,46}{3,14 \cdot 0,185} = 357,4 \text{ об/хв}$$

Приймаємо частоту обертання $n = 360$ об/хв

3.3.4 Енергетичний розрахунок вальцевого верстата Р6-ВС 185x250

Потужність, яка затрачається на привід верстату, визначимо за формулою:

$$N = \frac{n \cdot L}{\eta_{ст}}, \text{ кВт}$$

де n – питома потужність на одиницю довжини вала, кВт/см, $n=0,185-0,2$ кВт/см; $\eta_{ст}$ - ККД передач верстату, $\eta_{ст}=0,85$

$$N = \frac{0,2 \cdot 25}{0,85} = 5,9 \text{ кВт}$$

У відповідності з розрахованою потужністю на привід та частотою обертання швидкого вала, приймаємо двигун асинхронний АИРХ160S8 У2 380 В, 50 Гц, ІМ1081 ТУ16-526.621-85 з номінальною частотою обертання 750 об/хв і потужністю 7,5 кВт.

3.3.5 Конструювання та розрахунок натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250

Розрахуємо підтримуючий шків НВ ВВ марки Р6-ВС 185х250:

Деталі вузлів вальцевого верстата Р6-ВС 185х250 в основному виготовлені з конструкційних сталей, таких як 40ХН, 45Г, 45Л. Дані марки сталей є доцільними у вальцевому верстаті оскільки експлуатуються в не агресивному середовищі. Заміна матеріалу деталі може позитивно вплинути на продуктивність та ефективність роботи верстату.

В нашому випадку запропоновано замінити деякі металеві деталі НВ ВВ Р6-ВС 185х250 на полімерні з фторопласту це позитивно вплине на зменшення металомісткості вузла.

Оскільки заміна матеріалу впливає не тільки на зміну ваги (в нашому випадку зменшення), а й на зміну робочих характеристик шківка. Тому розрахуємо крутний момент привідного шківка натяжного вузла вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250 рис 3.3.

Потужність на ВШ $P_1=7.5$ кВт; частота обертання ВШ $n=750$ об/хв; діаметр ВШ $d_1=58$ мм; діаметр веденого шківка $d_2=195$ мм.

ККД пасової передачі: $n = 0,94..0,96$

Визначимо передаточне відношення:

$$u = \frac{d_2}{d_1(1 - \varepsilon)} = \frac{195}{58 * (1 - 0,02)} = 3,43;$$

Де $\varepsilon = 0,01..0,02$ - коефіцієнт пружного ковзання

Визначимо потужність на веденому шківі:

$$P_2 = P_1 * n = 7,5 * 0,94 = 7,05\text{кВт}$$

Частота обертання веденого шківка:

$$n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{360}{3,43} = 104,96 \text{ об/хв}$$

Визначимо крутний момент на ведучому шківі:

$$T_1 = 9555 \cdot \frac{P_1}{n_1} = 9555 \cdot \frac{7,5}{750} = 95,55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент на веденому шківі:

$$T_2 = T_1 \cdot u \cdot \varepsilon = 95,55 \cdot 3,43 \cdot 0,94 = 308,07 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахуємо на міцність валик НВ ВВ марки Р6-ВС 185х250:

Валик НВ ВВ Р6-ВС 185х250 зображено на рисунку 3.6

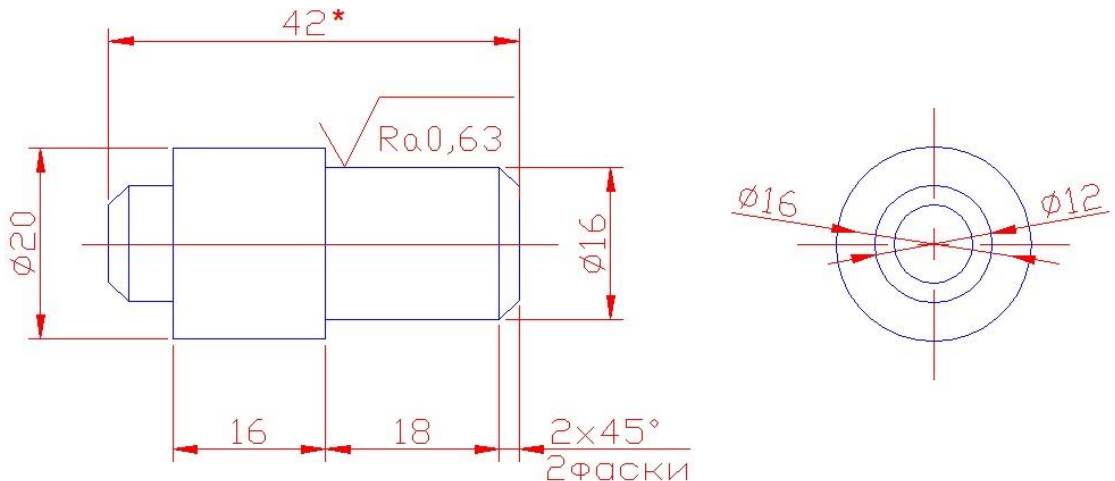


Рисунок 3.6 Валик НВ ВВ Р6-ВС 185х250

Визначимо крутний момент на валу за формулою:

$$M = M_{\text{эл}} = \frac{30N_{\text{эл}}^p}{\pi \cdot n};$$

де $N_{\text{эл}}^p = 7,5$ кВт, тип електродвигуна - асинхронний АИРХ160S8 У2 380 В, 50 Гц, ІМ1081 ТУ16-526.621-85 з номінальною частотою обертання 750 об/хв і потужністю 7,5 кВт

$$M = \frac{30 \cdot 7,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 750} = 95,5 \text{ (Нм)}$$

Вибираємо матеріал вала:

Вал – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, нормалізація, покращення.

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi[\tau]_{\text{кр}}}}$$

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 95,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 60}} = 19,87 \text{ мм}$$

Прийmemo діаметр вала по ГОСТ 12080-66 $d_{\text{в}} = 20$ мм.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2M_{\text{кр}}}{d(h-t)l} \leq [\sigma_{\text{см}}]; [\sigma_{\text{см}}] = 100 \text{ МПа}$$

Попередній підбір підшипника

Вибираємо підшипник шариковий однорядний з захисними шайбами по ГОСТ 7242-81: Підшипник 60203 ($d=17, D=40, B=12, r=1,0$)

Визначимо реакції в опорі підшипника і корпусі:

Сили в зачепленні:

Колова сила $F_t = 1148,58 \text{ Н}$;

сила тиску на вал, $F_B = 2055 \text{ Н}$

Реакції опор в площині xz

$$R_{x2} * c = F_t * f;$$

$$R_{x2} = F_t \frac{f}{c} = 987 \frac{7}{15} = 460,6 \text{ Н};$$

$$R_{x1} * c = F_t * (f + c);$$

$$R_{x1} = F_t \frac{c+f}{c} = 987 \frac{15+7}{15} = 1447,6;$$

Перевірка: $R_{x2} - R_{x1} - F_t = 460,6 - 1447,6 - 987 = 0$

Реакції опор в площині yz

$$-R_{y2} * c + F_T f - F_B \frac{d}{2} = 0$$

$$R_{y2} = \frac{F_T f - F_B \frac{d}{2}}{c} = \frac{987 \cdot 7 - 1954 \cdot \frac{20}{2}}{15} = 1763,3 \text{ Н};$$

$$R_{y1} * c + F_T (f + c) - F_B \frac{d}{2} = 0;$$

$$R_{y1} = \frac{F_T (f+c) - F_B \frac{d}{2}}{c} = \frac{987 \cdot (7+15) - 1954 \cdot \frac{20}{2}}{15} = 144,9 \text{ Н};$$

Перевірка $R_{y1} + R_{y2} - F_{r2} = 144,9 + 1763 - 1907,9 = 0$

За відомими силами в зачепленні і знайденими реакціями опор будуємо розрахункову схему валу натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185x250. На розрахунковій схемі будуємо епюри згинаючих і крутних моментів. (рисунок 3.7)

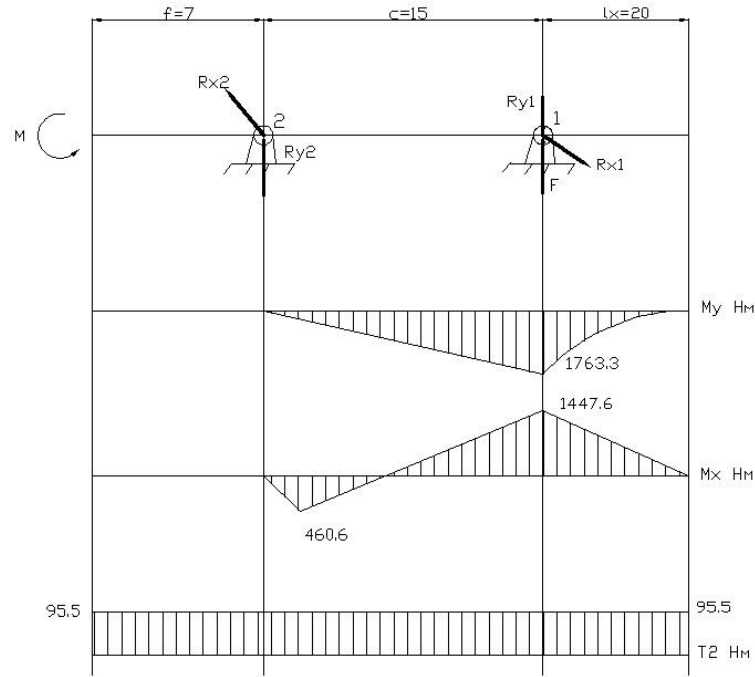


Рисунок 3.7 Епюра згинаючих і крутних моментів ВН вузла ВВ Р6-ВС 185x250

За даними реакцій опор в окремих площинах знаходимо сумарні реакції опор:

$$\text{в точці 1: } P_{r1} = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{1447,6^2 + 144,9^2} = 1592,5 \text{ Н;}$$

$$\text{в точці 2: } P_{r2} = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{460,6^2 + 1763,3^2} = 2223,9 \text{ Н;}$$

Коефіцієнт запасу міцності (КЗМ) НВ ВВ Р6-ВС 185x250:

Уточнений провірочний розрахунок, що заключається у визначенні КЗМ s в небезпечних перерізах в нашому випадку в місці з'єднання шківів з валом через шпонку [1 стор.162]:

$$s = \frac{S_{\sigma} S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}},$$

де S_{σ} - КЗМ за нормальними напруженнями [1, стор.162]:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_{\sigma}}{\epsilon_{\sigma} \beta} \sigma_v + \psi_{\sigma} \sigma_M}$$

де σ_{-1} - границя стійкості сталі, для сталі 40 $\sigma_{-1}=0,43 \sigma_B=0,43 \cdot 780=335,4$ МПа [1, стор.34 табл.3.3];

k_{σ} - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень, $k_{\sigma}=1,9$ [1, стор.163 табл. 8.2];

ε_{σ} - масштабний фактор для нормальних напружень $\varepsilon_{\sigma}=0,78$ [1, стор.163 табл. 8.2];

β - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні, при $Ra=2,5$ мкм $\beta=0,9$ [1, стор.162];

σ_B - амплітуда циклу нормальних напружень, $\sigma_B=3,75$ МПа;

σ_M - середнє напруження циклу нормальних напружень, $\sigma_M=0$, оскільки осьова загрузка на вал відсутня;

Тоді:

$$S_{\sigma} = \frac{335,4}{\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,78} 3,75} = 33,044 \text{ МПа}$$

S_{τ} - коефіцієнт запасу міцності по дотичним напруженням [1, стор.164]:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m}$$

τ_{-1} - межа текучості сталі при симетричному циклі кручення, $\tau_{-1}=0,58\sigma_{-1}=335,4 \cdot 0,58=578$ МПа;

ε_{τ} - масштабний фактор для нормальних напружень $\varepsilon_{\tau}=0,67$ [1 стор.163 табл. 8.2];

k_{τ} - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень, $k_{\tau}=1,45$ [1 стор.163 табл. 8.2];

τ_v - амплітуда циклу дотичних напружень [1 стор.166];

$$\tau_v = \tau_m = 0,5 \tau_{max} = \frac{0,5 T}{W_k} = \frac{0,5 \cdot 232,196}{\frac{3,14 \cdot 0,06^3}{16}} = 2902450 \text{ Па} = 2,9 \text{ МПа}$$

$$S = \frac{33,04 \cdot 2,9}{\sqrt{33,04^2 + 2,9^2}} = \frac{95,816}{33,17} = 2,88$$

Отримане значення $S=2,88$ достатнє, так як КЗМ повинен бути не менше $[S]=2,5$.

3.3.6 Розрахунок гвинтового з'єднання натяжного шківка і кришки натяжного вузла вальцевого верстата Р6-ВС 185х250

Натяжний шківок є привідним, і відповідно навантаження на нього будуть високі. Кришка повинна бути добре закріплена, тому розрахуємо і підберемо гвинт для необхідного з'єднання.

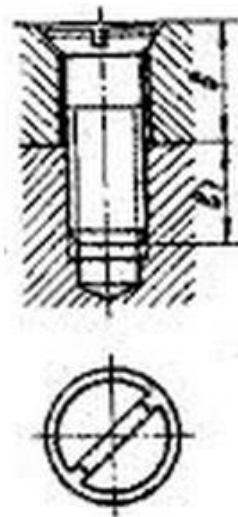


Рисунок 3.9 Гвинтове з'єднання натяжного шківка і кришки

Припустимо, що гвинтове з'єднання має різь М2-М4, тоді згідно таблиці табл 38. ст 157 [9] приймаємо $[S] = 2.5$. Розрахуємо загальне навантаження на гвинти:

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[S]} = \frac{650}{2.5} = 260 \text{ МПа}$$

Визначаємо навантаження на один гвинт:

$$F_{\text{ГВ}} = \frac{F}{z} = \frac{8 * 10^3}{4} = 2000 \text{ Н}$$

Визначаємо внутрішній діаметр гвинта з умови міцності:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1.3 * 4 * F_{ГВ}}{\pi * [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{1.3 * 4 * 2000}{3.14 * 260}} = 3.56 \text{ мм.}$$

За табл 24. ст 135 [9] вибираємо різь М2 з кроком 0,8 і внутрішнім діаметром 3,808 мм.

Конструювання кришки натяжного шківка натяжного вузла вальцевого верстата Р6-ВС 185х250:

Підшипникові кришки необхідні для герметизації підшипникових вузлів, осової фіксації підшипників, сприйняття від підшипників осьових навантажень та передачі цих навантажень корпусу редуктора.

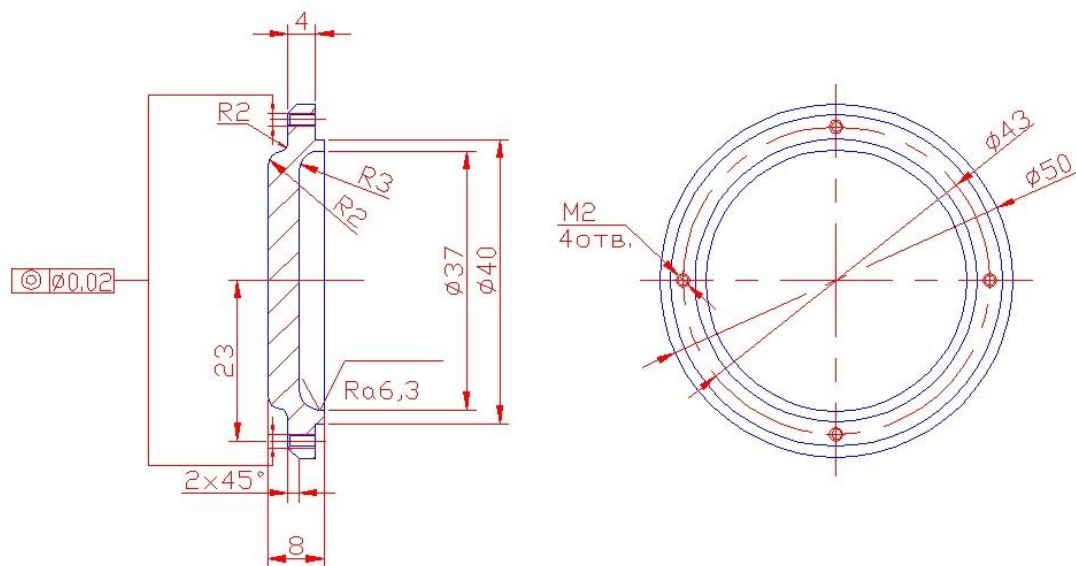


Рисунок 3.10 Графічне зображення глухої кришки натяжного шківка

В нашому випадку валик натяжного шківка не є закритим кришкою, тому попадання сторонніх предметів, осідання пилу та інших речовин швидко виведуть вузол з ладу. Необхідно підібрати глуху кришку під натяжний шківок.

Заставні кришки (на відміну від деяких різновидів накладних) не стандартизовані. Зовнішній діаметр кришок для утримування мастила виконують з допуском по h8. Ширину b виступу приймають у межах $b = (0,9 \dots 1,0) \delta$ з округленням бажаних чисел. Товщину стінки кришки δ

призначають по табл. 10.1 [ст.147]. Висота виступу C повинна бути невеликою. Зазвичай приймають $C = 0,5d$. Оскільки посадковий діаметр 50, то товщину стінки приймаємо $\delta = 5$.

3.3.7 Умови технологічності конструкції деталей і вузлів вальцевого верстата Р6-ВС 185x250

Технологічність конструкції виробу, згідно ГОСТ 14.205-83, являє собою сукупність властивостей конструкції, які визначають її пристосовуваність до досягнення оптимальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті.

Основні задачі аналізу технологічності полягають в можливому зменшенні трудомісткості та матеріаломісткості, можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

Якісна оцінка технологічності. На основі якісної оцінки технологічності конструкції деталі необхідно зробити наступні висновки:

- складність геометричної форми деталі;
- чи відповідає значення шорсткості поверхонь класам точності їхніх розмірів і методам обробки цих поверхонь;
- чи співпадає вісь основного отвору з віссю деталі, і чи осі кріпильних отворів паралельні осі деталі;
- які операції досить використовувати для обробки деталі;
- чи забезпечує конструкція деталі вільний доступ інструменту до оброблюваних поверхонь;
- чи контроль виконавчих розмірів не викликає труднощів і чи може здійснюватись з використанням універсальних засобів і методів;

На основі цих критеріїв в цілому можна зробити висновок щодо якісної оцінки конструкції деталі на технологічність і можливість застосування високопродуктивних методів обробки поверхонь.

3.4. Особливості експлуатації і технічного обслуговування вальцевого верстата марки P6-BC 185x250.

Ефективна експлуатація та регулярне технічне обслуговування гарантують тривалий та надійний робочий процес. Нижче подано деякі загальні поради та аспекти, які важливо враховувати:

Перед тим щоб приступити до роботи з верстатом варто вивчити інструкції та керівництво, які надає виробник верстата, для ефективного використання та обслуговування, та досягнення максимальної продуктивності та тривалості його служби

Огляд верстату потрібно проводити перед початком та по закінченню його роботи. Під час роботи верстату потрібно постійно слідкувати за робочим процесом та звертати увагу на будь-які зміни в продуктивності чи якості подрібнення.

Усі роботи з верстатом потрібно проводити з дотриманням усіх правил безпеки при експлуатації та обслуговуванні верстата. При потребі потрібно застосовувати захисне обладнання, важливо навчити обслуговуючий персонал правилам безпеки.

Для початку необхідно перевірити розмір зерна та встановити необхідний режим подрібнення ті відрегулювати верстат відповідно до вимог для отримання бажаного розміру частинок. В працюючому верстаті забороняється відкривати кришки та здійснювати будь-які роботи, що не передбачені технологічним процесом і є безпечними.

Регулярно очищувати систему вентиляції від пилу та інших домішок, перевіряти роботу вентиляційних отворів для уникнення перегріву верстата.

Ретельно перевіряти стан валків та переконатися, що вони не мають подряпин або пошкоджень. Замінювати валки при необхідності та дотримуйтеся рекомендацій щодо їх обслуговування.

Слідкувати за роботою гідравлічної системи та вчасно обслуговувати або замінювати гідравлічні компоненти.

Проводити періодичні технічні перевірки верстата, спрямовані на виявлення потенційних проблем або зносу частин. Вчасно виправляти виявлені несправності. Регулярно змащувати рухомі частини, такі як валки та підшипники, високоякісними змащувальними матеріалами з дотриманням рекомендацій виробника.

Огляди і ремонти проводять відповідно до плану затвердженого інженером підприємства, але не через більші терміни ніж передбачені заводом-виробником.

Огляди і ремонти проводяться при відключеному від мережі двигуні.

Порядок роботи вальцевого верстату марки Р6-ВС 185x250:

1)Провести зовнішній огляд. Впевнитись у справності всіх механізмів та вузлів.

2)Встановити відповідний зазор між мелючими вальцями.

3)Провести пуск двигуна.

4)Заповнити завантажуючий бункер продуктом.

5)Провести привал повільних вальців.

6)Після закінчення подачі продукту і відкиду повільного вальця провести зупинку двигуна.

7)Видалити з прийомного бункера продукт помелу.

8)Очистити верстат.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ВУЗЛА ВАЛЬЦЕВОГО ВЕРСТАТУ НА ПРОЦЕС ПОДРІБНЕННЯ

4.1 Використання регресійного методу для вибору раціональних параметрів продуктивності подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250.

На якість і продуктивність подрібнення впливають різні змінні фактори, котрі впливають на ступінь подрібнення та продуктивність верстата.

Тому потрібно дослідити вплив змінних параметрів (b , l , V_{np}) на процес подрібнення зерна у вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250 (див. дод.Б).

Експерименти планували на основі багатфакторного аналізу, тобто одночасної зміни всіх змінних факторів $X_1(b)$, $X_2(l)$, $X_3(V_{np})$. При цьому необхідно визначити постійну складову b_0 і коефіцієнти b_1 , b_2 , b_3 .

План проведення дослідів передбачає дві серії по шість дослідів в кожній із них – чотири основні та два додаткові. Вибір параметрів подрібнення проводили таким чином, щоб спростити кодування з врахуванням можливостей вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250 (табл.4.1).

Таблиця 4.1 Параметри подрібнення зерна і кодові позначення

Значення	Оберти вала.	Параметри подрібнення			Кодові позначення		
		b , м	l , м	V_{np} , м/с	X_1	X_2	X_3
Верхнє	1000	0,00035	0,23	2,2	1	1	1
Середнє	800	0,00055	0,25	2	0	0	0
Нижнє	600	0,00075	0,27	1,8	-1	-1	-1

Результати серії 12 дослідів подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250 заносили в таблиці та будували графіки.

Таблиця 4.2 Умови подрібнення, кодові значення і продуктивність верстату

№ досліджу	№ серії	Параметри подрібнення			Кодові позначення			Q, кг/год	y=lnQ
		b, м	l, м	V _{пр} , м/с	X ₁	X ₂	X ₃		
1	2	0,00075	0,27	1,8	-1	-1	-1	1102	7,01
2	1	0,00035	0,27	1,8	1	-1	-1	514	6,24
3	1	0,00075	0,23	1,8	-1	1	-1	938	6,84
4	2	0,00035	0,23	1,8	1	1	-1	438	6,08
5	1	0,00075	0,27	2,2	-1	-1	1	1137	7,03
6	2	0,00035	0,27	2,2	1	-1	1	628	6,44
7	2	0,00075	0,23	2,2	-1	1	1	1147	7,04
8	1	0,00035	0,23	2,2	1	1	1	535	6,28
9	1	0,00055	0,25	2	0	0	0	765	6,63
10	1	0,00055	0,25	2	0	0	0	849	6,74
11	2	0,00055	0,25	2	0	0	0	826	6,71
12	2	0,00055	0,25	2	0	0	0	956	6,86

Отже кінцева формула для визначення продуктивності вальцевого верстата марки Р6- ВС 185х250 з уточненими коефіцієнтами має вигляд:

$$Q_{\text{в.в розр.}} = 3,6 * \gamma l^{0,92} \vartheta_{\text{пр}}^{0,63} b^{0,97} \varphi \quad (4.1)$$

Проведемо перевірку отриманого рівняння на адекватність:

Для перевірки формули (4.1) на адекватність, розрахуємо продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250 за теоретичною формулою та розрахунковою:

$$Q_{\text{в.в}} = 3,6 * 700 * 0,25 * 2,42 * 0,00045 * 0,12 = 823 \text{ кг/год}$$

Підставляючи значення степенів у формулі (4.10) отримаємо вираз:

$$Q_{\text{в.в розр.}} = 3,6 * 700 * 0,25^{0,92} * 2,42^{0,63} * 0,00045^{0,97} = 852 \text{ кг/год}$$

Отриманий результат не перевищує похибки 5%, тому зробимо висновок, що розрахункова формула є адекватною.

Як видно із формули (4.1) на продуктивність та якість подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6- ВС185х250 суттєво впливають такі параметри як довжина вальців(l), приведена швидкість в зоні подрібнення($\vartheta_{\text{пр}}$), а також міжвальцевий зазор(b).

Розроблена методика дослідження процесу подрібнення зерна при

різних параметрах вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250 і на основі цих параметрів проведені дослідження дозволили вивести аналітичну залежність для визначення продуктивності вальцевого верстата Р6-ВС 185х250, та встановити значення показників степенів параметрів подрібнення.

4.2 Розрахунок конструктивних та технологічних параметрів вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250

Для визначення конструктивних і технологічних параметрів процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250 проведено комплекс досліджень зі змінними параметрами. Дослідження здійснювали за послідовної зміни факторів дослідження.

Змінні параметри:

x_0 - величина постійного коефіцієнта заповнення ділянки подрібнення ($\varphi = 0,1..0,2$);

x_1 - D – діаметри вальців, мм;

x_2 - b - міжвальцевий зазор, мм;

x_3 - d – діаметр зерна, мм;

y – L - довжина шляху подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250;

Неповне поліномне рішення для експерименту визначали за залежністю

$$\ln y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4, \quad (4.2)$$

де x_0 – постійне значення, $x_0 = 0,1..0,2$;

b_i – коефіцієнти при відповідних значеннях x .

Отримана План матриця ПФЕ 2³ показана у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 План матриця ПФЕ 2³

Номер експерименту	x_1	x_2	x_3	$x_{1 \times 2}$	$x_{1 \times 3}$	$x_{2 \times 3}$
1	-	-	-	+	+	+
2	+	-	-	-	-	+
3	-	+	-	-	+	-
4	+	+	-	+	-	-
5	-	-	+	+	-	-
6	+	-	+	-	+	-
7	-	+	+	-	-	+
8	+	+	+	+	+	+

Коефіцієнти регресії визначали за залежностями

$$\left. \begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{y}_u; \\ b_i &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \bar{y}_u; \\ b_{ij} &= \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u, \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

де x_{iu} – значення i –го кодованого фактора в рядку матриці в u –му досліді;

x_{ju} – значення j –го кодованого фактора в рядку матриці в u –му досліді.

Таблиця 4.5 Кодування факторів

Кодоване значення факторів	D X_1	b X_2	d X_3
X_{i0}	$0.5*(\ln 0.12 + \ln 0.05)$	$0.5*(\ln 500 + \ln 250)$	$0.5*(\ln 1.5 + \ln 0.5)$
ΔX_i	$0.5*(\ln 0.12 - \ln 0.05)$	$0.5*(\ln 500 - \ln 250)$	$0.5*(\ln 1.5 - \ln 0.5)$
X_{imax}	$\ln 0.12$	$\ln 500$	$\ln 1.5$
X_{imin}	$\ln 0.05$	$\ln 250$	$\ln 0.5$

В натуральних координатах:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \left(\frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X} \right). \quad (4.4)$$

Дисперсія S_u^2 :
$$\sum_{u=1}^8 S_u^2 = 0.0552 .$$

Оцінка відтворюваності за критерієм Кохрена

$$G_{X_{cep}} = \frac{0.0113}{0.0552} = 0,20471 .$$

Табличне значення критерію Кохрена становить $G_T(0,05;8;16)=0,246$, умова відтворення процесу виконується $G < G_T$.

Дисперсія відтворюваності

$$S_y^2 = \frac{0,0552}{8} = 0.0069 .$$

Рівняння регресії має такий вигляд:

$$y = 3.149 + 0,416x_1 - 0,062x_2 + 0,549x_3 + 0.035x_1x_2 + 0.029x_1x_3 - 0.03x_2x_3$$

Дисперсія адекватності $S_{ad}^2 = 0.006046$.

Адекватність рівняння перевіряли за критерієм Фішера.

$$F = 0.006046 / 0.0069 = 0.876 < F(0.05;4;72) = 2$$

Отримане рівняння лінійної регресії адекватно відтворює результати експерименту.

Перевірка значущості коефіцієнтів регресії.

Число ступенів вільності дисперсії відтворюваності: $f_y = 8(10 - 1) = 72$.

Критерій Стюдента $t(0,05;72) = 2$.

Середнє квадратичне значення $S_y = (6.9 * 10^{-3})^{0.5} = 0.0831$.

Довірчий інтервал $\Delta b = 2 * 0.083 / 80.5 = 0.029368$.

Усі коефіцієнти рівняння менші довірчого інтервалу відкидаємо, тому рівняння регресії набуває такого вигляду:

$$y = 3.149 + 0,416x_1 - 0,062x_2 + 0,549x_3. \quad (4.5)$$

В натуральних координатах рівняння лінійної регресії має такий вигляд:

$$Pz = 877.79 S^{0.95} V^{0.18} t. \quad (4.6)$$

4.3 Експериментальні дослідження процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250

На продуктивність подрібнення впливає характеристик зерна що подрібнюється. Чинники, що впливають на втрату енергії для приводу вальців ВВ:

- 1) Фактична пропускна здатність в парі вальців;
- 2) Ступінь подрібнення;
- 3) Структурно-механічні властивості зерна;
- 4) Геометричні властивості;
- 5) Стан робочої поверхні вальців

Кінематичні параметри представляють собою ключовий фактор, що визначає важливі характеристики процесу подрібнення. Основні параметри впливають на результативність та якість подрібнення, забезпечуючи оптимальні умови для ефективної обробки сировини.

Величина нахилу ліній рифлів до твірних вальців є важливим показником, який вимірюється у відсотках. Оскільки рифлі обертаються з різними швидкостями, їхні нахил ідентичний, і вони перетинаються під подвійним кутом. Кількість рифлів та їх форма залежать від конкретного виду продукту та типу подрібнення.

Одним з ключових визначників ефективності є співвідношення між зусиллям тиску та зсувом. Дослідження встановили, що досягнення високої продуктивності досягається в умовах відсутності ковзання продукту по поверхні вальців. Це підкреслює важливість правильного налаштування та оптимізації кінематичних параметрів для досягнення оптимальних результатів у процесі подрібнення.

Ділянка подрібнення зерна буде мати вигляд зображений на рисунку 4.1.

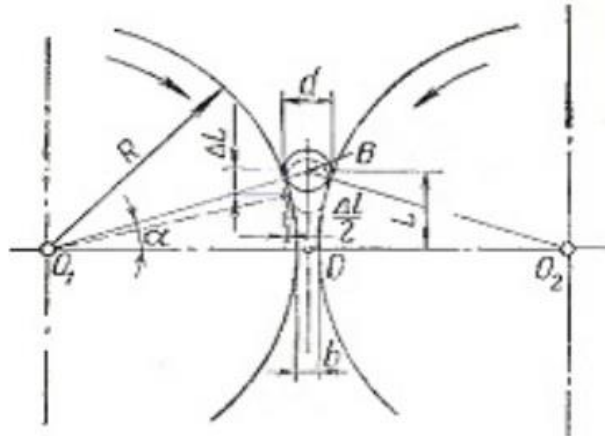


Рис 4.2 Схема ділянки подрібнення

Ділянка подрібнення зерна визначається за формулою:

$$L = BO = \sqrt{\left(\frac{D}{2} + \frac{d}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} + \frac{b}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{D}{2}(d - b) + \frac{d^2 - b^2}{4}}$$

Визначимо довжину шляху подрібнення (L) при змінні діаметра вальців (D) та сталих значеннях міжвальцевого зазору (b= 0.65) та при діаметрі зерна d= 3.5 мм:

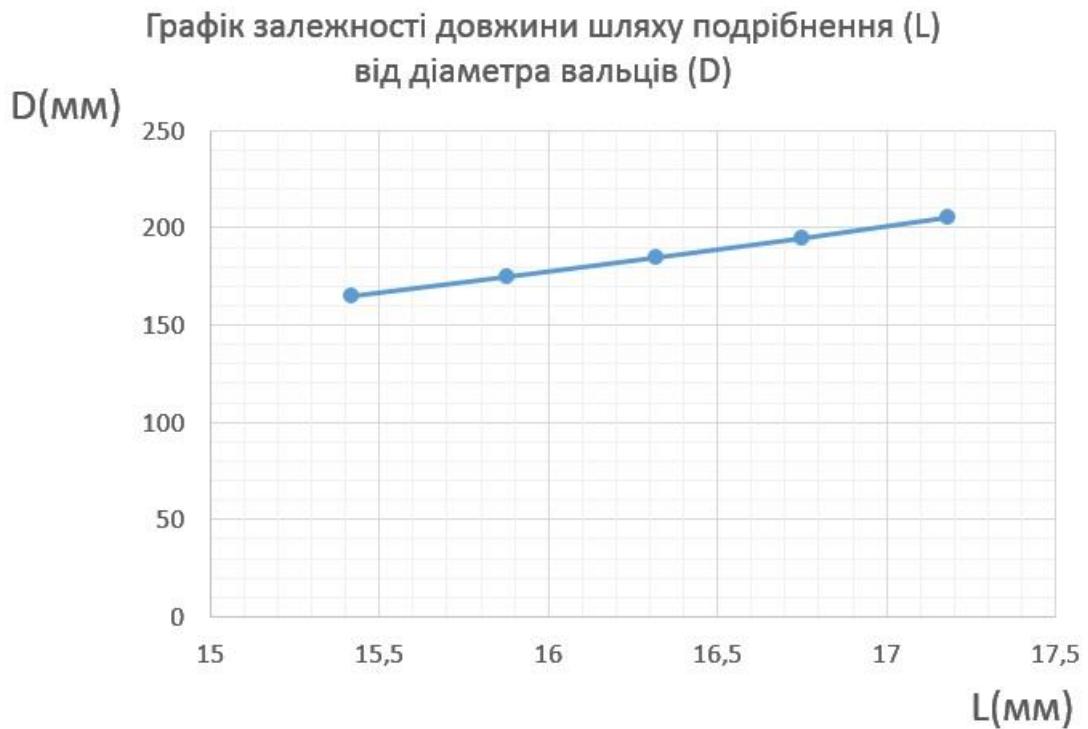


Рис 4.3 Графік залежності впливу діаметру вальців (D) на довжину шляху подрібнення зерна (L).

З отриманих результатів можна зробити висновок, що більший D , d і b - однакові, отримаємо ріст шляху обробки. Постійне b та збільшенні діаметру D вальців зростає загальне вилучення продуктів. Залежність впливу діаметру вальців (D) на довжину шляху подрібнення зерна (L) зображено на рис 4.3.

Використовуючи регулюючий параметр b (міжвальцевий зазор) у вальцевий верстат Р6-ВС 185х250 при різних діаметрах вальців (D) можна отримати приблизно однаковий результат. Для цього проведемо розрахунок впливу зміни міжвальцевого зазору (b) при різних діаметрах (D):

ГРАФІК ЗАЛЕЖНОСТІ ДОВЖИНИ ШЛЯХУ ПОДРІБНЕННЯ (L) ВІД МІЖВАЛЬЦЬОВОГО ЗАЗОРУ b (ММ)

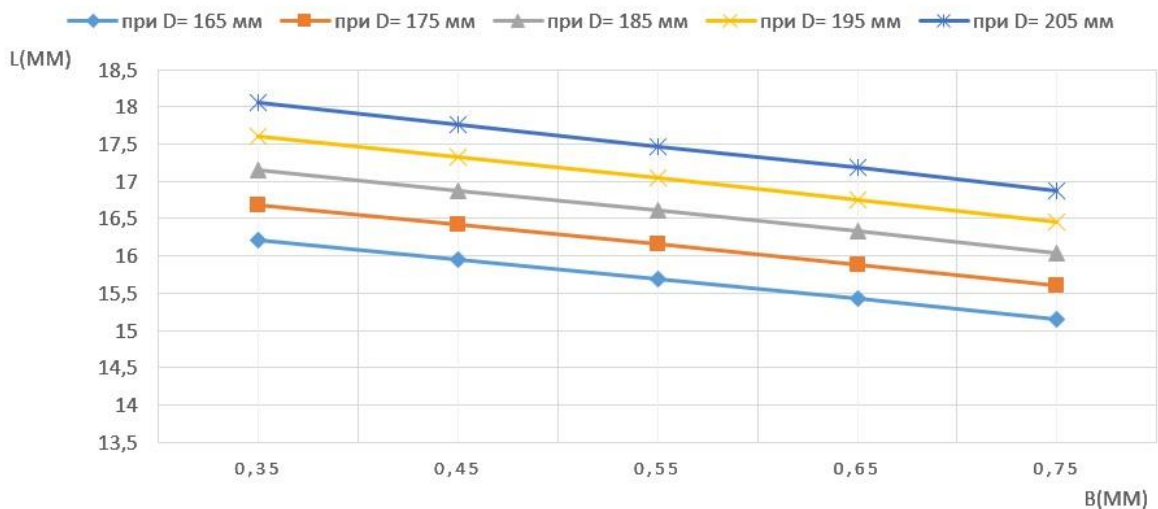


Рис 4.5 Графік залежності зміни міжвальцевого зазору (b) на довжину шляху подрібнення зерна (L). 1- при $D=165$; 2- при $D=175$; 3- при $D=185$; 4- при $D=195$; 5- при $D=205$.

Отже ДШП L залежить від міжвальцевого зазору b . Шлях подрібнення зерна (L) збільшується при збільшенні діаметра ПВ і зменшенні зазору (b), при чому найменший зазор між вальцями може бути $b=0.1$ мм. На рис 4.5 зображено залежність впливу зміни міжвальцевого зазору (b) на

ступінь подрібнення та якість готового продукту.

Продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250 залежить від регульованих параметрів. Зміна цих параметрів може призвести до зміни продуктивності в гіршу чи кращу сторону, при цьому необхідно врахувати якість подрібнення зерна.

Розрахуємо вплив міжвальцевого зазору на продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250. Для цього за формулою продуктивності верстата змінюємо (збільшуємо) значення міжвальцевого зазору (b), при цьому всі інші параметри залишаємо сталими.

Продуктивність вальцевого верстата визначається за формулою:

$$Q_{в.в} = 3,6 * \gamma l \vartheta_{пр} b \varphi$$

де γ - об'ємна маса продукту до подрібнення, кг/м^3 ;

l - довжина вальців, м;

$\vartheta_{пр}$ - середня (розрахункова) швидкість продукту на ділянці подрібнення, м/с;

b - величина зазору між вальцями, м;

φ - коефіцієнт заповнення обсягу ділянки подрібнення. ($\varphi = 0,1..0,2$)

Підставивши значення $b=0,00035...0,00075(\text{м})$ визначимо продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

Провівши розрахунки внаслідок збільшення міжвальцевого зазору (b) на рис. 4.6 спостерігаємо підвищення продуктивності вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250. Слід зауважити, що зміна міжвальцевого зазору (b) для I, II, та III дертьових систем можлива в межах $b=0,00045...0,00075$, а для подрібнюючих систем в межах $b=0,00010...0,00045$. Тому не у всіх випадках продуктивність буде важливіша ніж якість подрібнення зерна.

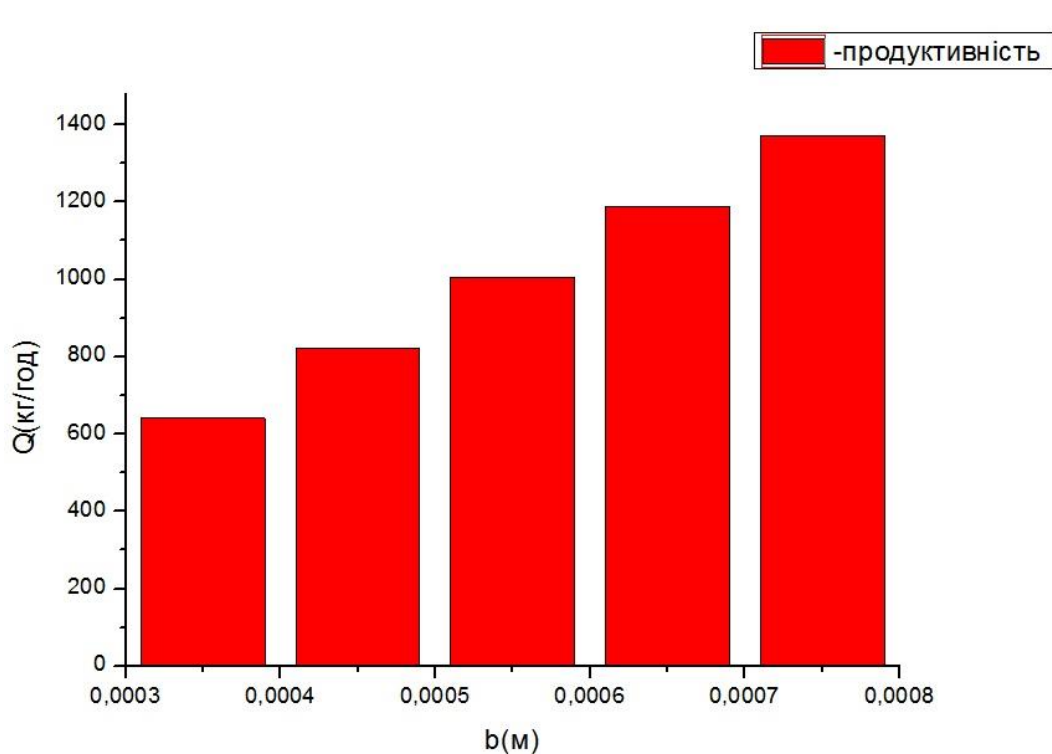


Рис. 4.6 Графік впливу зміни міжвальцевого зазору (b) на продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

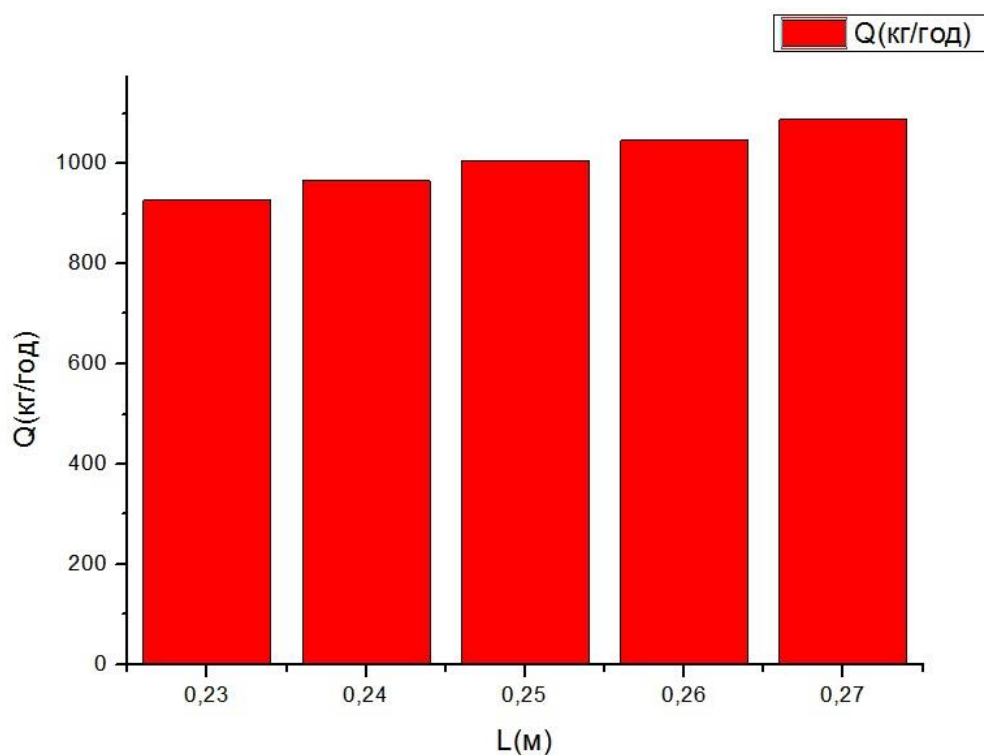


Рис. 4.7 Графік впливу зміни довжини робочих органів l (вальців) на продуктивність вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

Змінюючи параметр довжини робочих органів(вальців) визначимо продуктивність верстата при $l = 0,23 \dots 0,27$ (м), інші параметри верстата залишимо сталими:

Змінюючи параметр довжини вальців (l), як бачимо з рис 4.7 зростає продуктивність вальцевого верстата, і якість продукту подрібнення не знижується. Але змінюючи довжину вальців ми змінюємо конструктивні параметри вальцевого верстата марки Р6- ВС 185x250, що може призвести до зміни періоду ремонтів, а також безперервності роботи верстата.

4.4. Комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла вальцевого верстата

Дослідження валка натяжного вузла вальцевого верстата під дією навантаження провели за допомогою програмного комплексу SolidWorks. Розрахунки та їх аналіз подані нижче. Спрощена розрахункова схема валка представлена на рис. 4.8. Вказано схематично кріплення і навантаження. На рис. 4.9. представлена сітка на основі кривизни. На рис.4.10 –рис.4.19 наведено результати розрахунків для валка зі сталі та ABS.

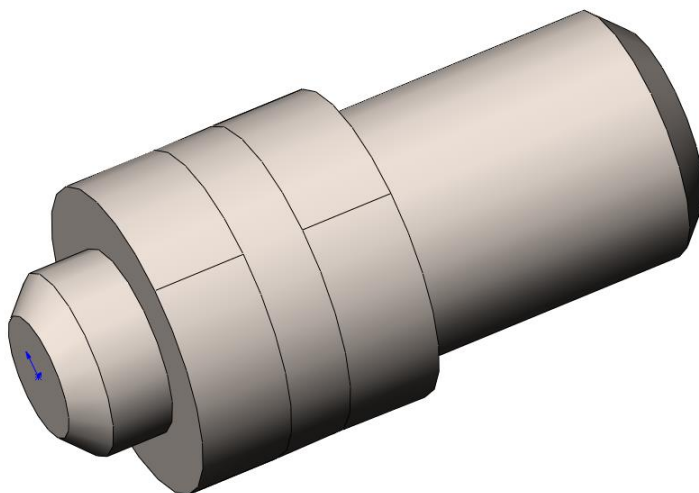


Рис. 4.8. Конструктивна схема

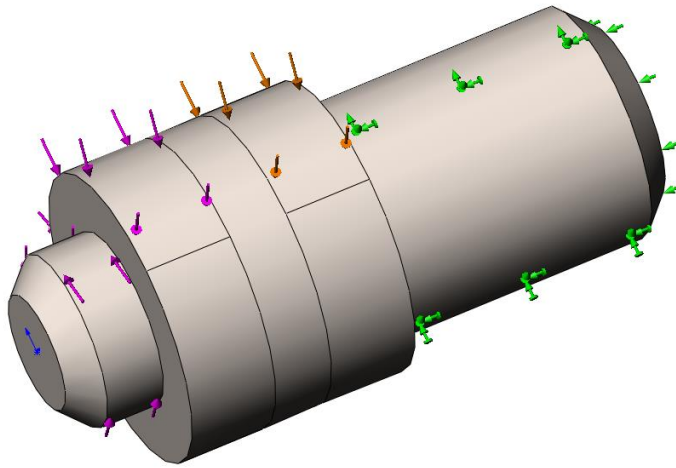


Рис. 4.9. Розрахункова схема

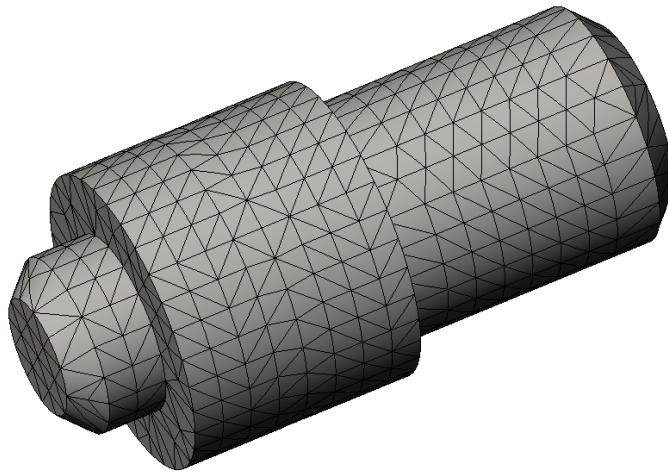


Рис. 4.10. Розрахункова сітка

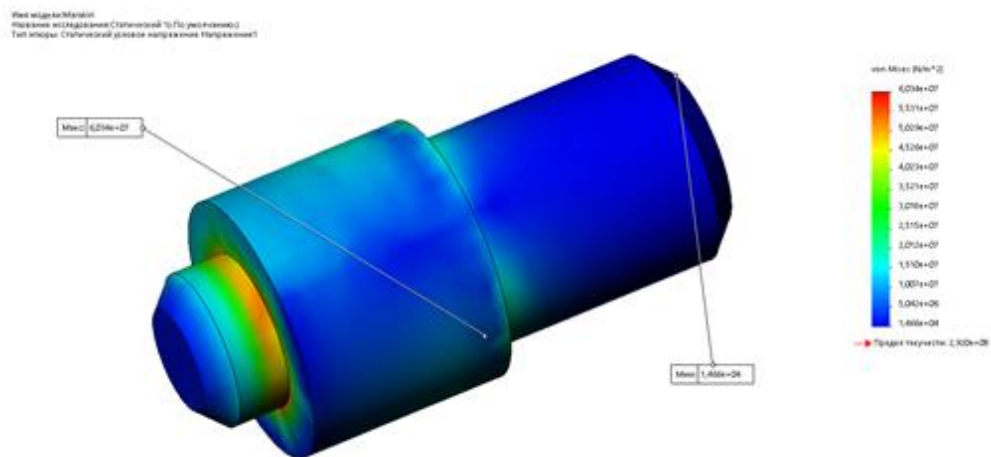


Рис. 4.11. Напруження за фон Мізесом для валка зі сталі.

Имя модели:Magaki1
 Название исследования:Статический 1(По умолчанию)
 Тип элэмов: Статическое перемещение (Перемещение)

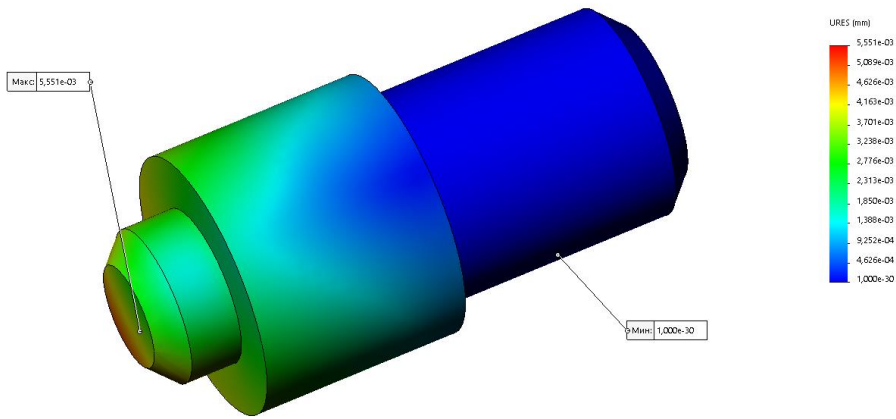


Рис 4.12. Статичне переміщення для валка зі сталі

Имя модели:Magaki1
 Название исследования:Статический 1(По умолчанию)
 Тип элэмов: Статическая деформация (Деформация)

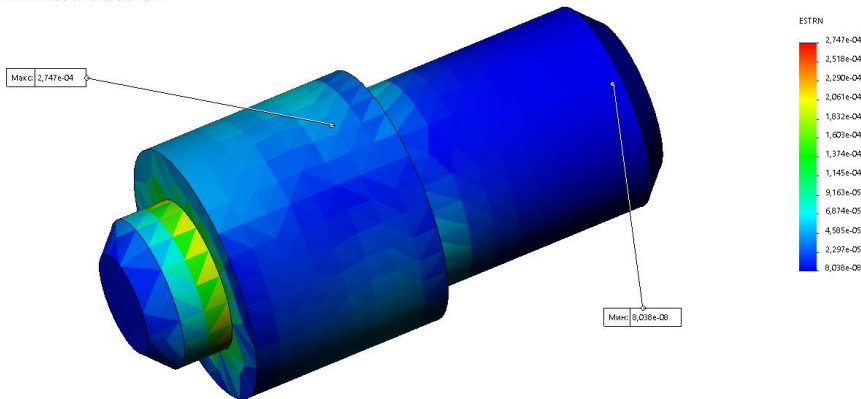


Рис 4.13. Статична деформація для валка зі сталі.

Имя модели:Magaki1
 Название исследования:Статический 1(По умолчанию)
 Тип элэмов: Запас прочности (Запас прочности)
 Критерий : Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 4,8

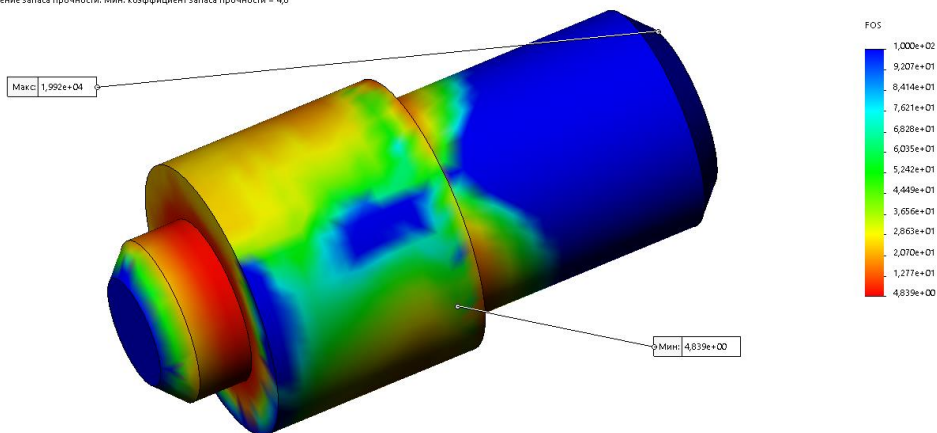


Рис. 4.14. Запас міцності (FOS) для валка зі сталі.

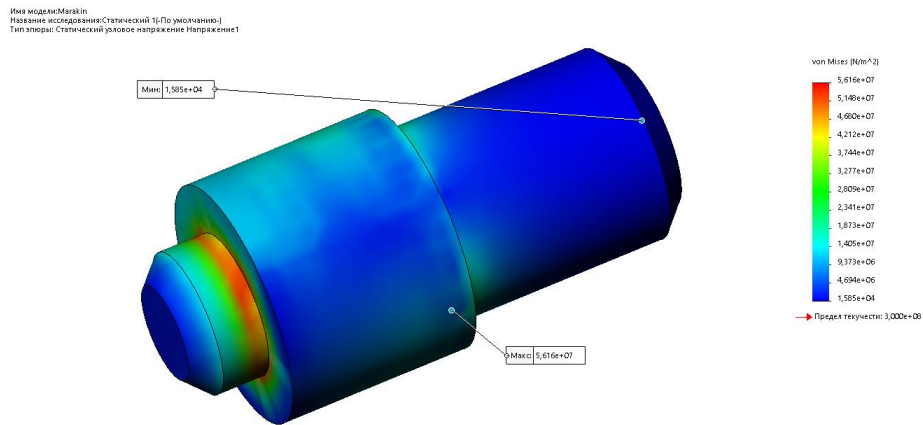


Рис. 4.15. Напряжения за фон Мизесом для валка ABS.

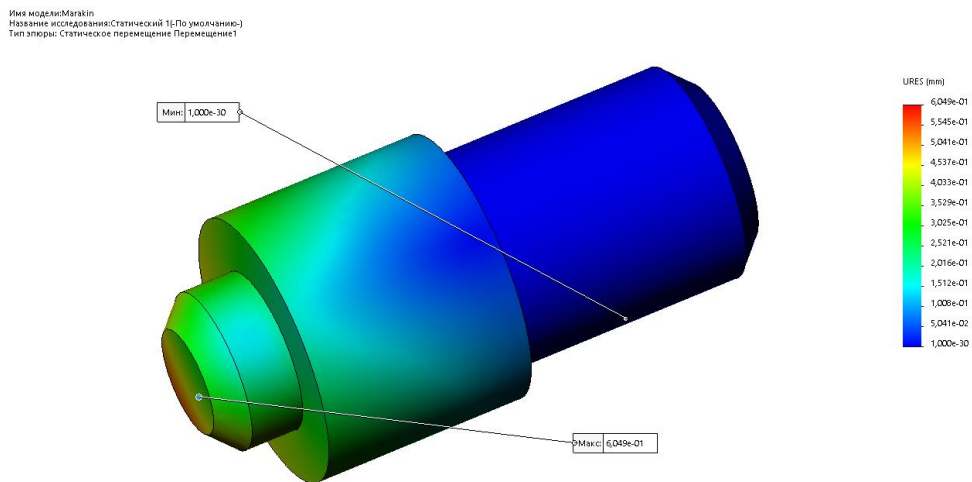


Рис 4.16. Статичне переміщення для валка зі ABS.

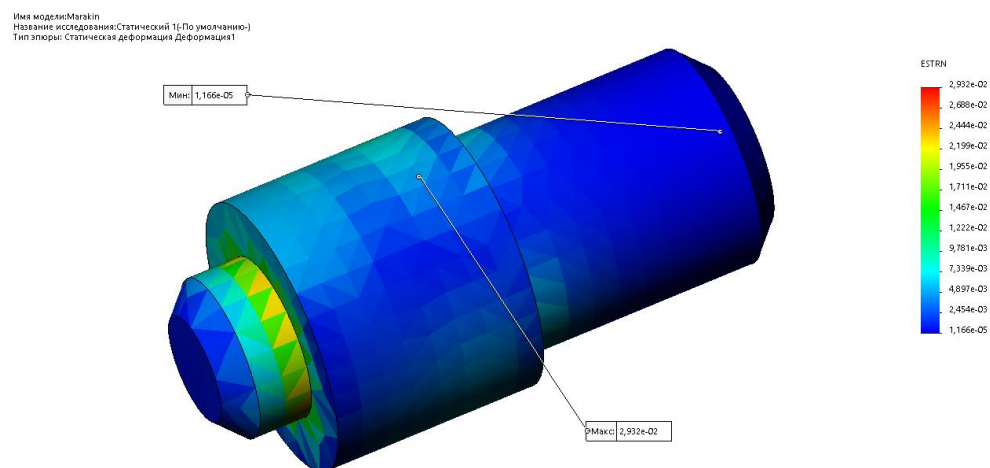


Рис 4.17. Статична деформація для валка зі ABS.

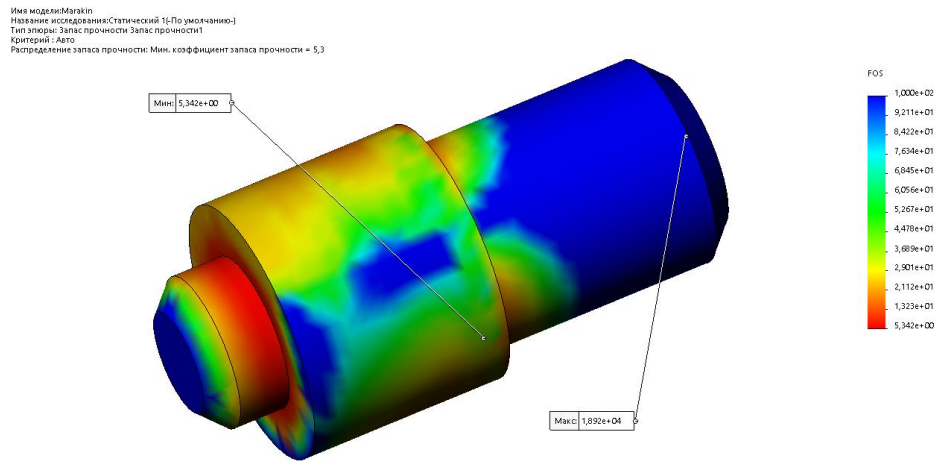


Рис. 4.18. Запас міцності (FOS) для валка зі ABS.

Валок натяжного вузла має достатній запас міцності, що підтверджує доцільність заміни матеріалу деталі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В процесі розробки кваліфікаційної роботи розглянуто такі основні питання по дослідженню процесу подрібнення зерна, технічному обслуговуванні, модернізації вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250:

- Проаналізовано технологію виготовлення борошна, будову та принцип роботи вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250.

- Розроблено нові технічні рішення по збільшенню продуктивності вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

- Проведено технологічний, кінематичний та енергетичний розрахунки вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х25.

- Сконструйовано та розраховано модернізовані деталі натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

- Розраховано показники надійності натяжного вузла вальцевого верстата Р6-ВС 185х250 на міцність.

- Проаналізовано та розраховано математичні моделі процесу подрібнення зерна на вальцевому верстаті марки Р6-ВС 185х250.

- Розраховано конструктивні та технологічні параметри вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250.

- Проведено комп'ютерне моделювання валка натяжного вузла вальцевого верстата.

- Визначено заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях та охорони праці.

У процесі виконання дипломної роботи доведено раціональність вибраних методик вирішення виробничих питань.

Завдяки прийнятим в роботі рішенням покращуються конструктивні параметри вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250, зменшується металомісткість натяжного вузла вальцевого верстата марки Р6-ВС 185х250, збільшується довговічність, продуктивність та якість роботи

вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250. В результаті відбувається якісне подрібнення зерна, збільшення продуктивності праці і ефективності використання вальцевого верстату марки Р6-ВС 185х250.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закалов О.В., Ворошук В.Я. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв. Навчальний посібник. – Тернопіль, ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 350 с
2. Мерко І. Т. Технології мукомельного і круп`яного виробництва [Текст]: підручник для студентів вищ. навч. закл., що навчаються за спец. «Технологія зберігання та переробки зерна» / Мерко Іван Тимофійович. - Вид. 2-ге, перероб. та допов. - Одеса : Друк. дім, 2010. - 472 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 466-468. - ISBN 978-966-389-303-7.
3. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001р. –576с.
4. Технологічне обладнання борошномельних і круп'яних підприємств. Підручник. О.І.Гапонюк, Л.С. Солдатенко, Л.Г. Гросуд. В.Ф. Петько, В.М. Петров, І.І. Гапонюк. Херсон: Олді-плюс, 2018.-752 с.
5. Вальцьове подрібнююче обладнання / Петров В.М – Одеса: ОДАБА, 2019.- 227 с.
6. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
7. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
8. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. Київ. ВІПОЛ.1998.
9. Стадник І.Я. Параметри шнеково-роторних дробарок/ І.Я. Стадник, О.М.Пилипець/"Міжнародна науково-технічної конференція

присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича „Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин. Т.: ФОП Паляниця В. А., 2021.-с.44

10. Лясота О. Підвищення якості підготовки зерна до переробки./ Матеріали XVI наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Том II. Матеріалознавство та машинобудування. ТНТУ, 2012.- с.121

11. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навчальний посібник.- Львів “Новий світ-2000”, 2020- 230с.

12. Лясота О. Аналіз процесу подрібнення зерна на вальцьових верстатах/ О. Лясота, Ю. Лозовський/ Матеріали XVIII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. Т: ТНТУ, 2014 -с.188

13. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.

14. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.

15. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. -220 с.

16. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш., О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.

17. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І.Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.

18. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.

19. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.-156с.

20. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022.-150с.

21. М. Маракін Аналіз процесу подрібнення зерна на вальцьових верстатах/ Маракін М.С., Чайківський І./ Матеріали VI міжнародної студентської науково-технічної конференції. Т: ТНТУ, 2023 - с.236-237

22. М.С. Маракін Аналіз процесу подрібнення зерна на вальцьових верстатах/ Маракін М.С., Гавліч Д.Р./ Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів. Т: ТНТУ, 2023 - с.283