

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 Механіко-машинобудівний факультет
 Кафедра Гірничих машин та інжинірингу
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПІСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

(бакалавра спеціаліста, магістра)

студента **П'яної Дарії Миколаївни**

(ПІБ)

академічної групи **133МТУ-1**

(шифр)

спеціальності **133.04.01.03.02.1** «Автомобільне машинобудування»

(код і назва спеціальності)

спеціалізації **Гірничі машини та комплекси**

за освітньо-професійною програмою **Гірничі машини та комплекси**

(офіційна назва)

на тему **Вдосконалення конструкції двохбарабанного горизонтального вібраційного
 машин і визначення залежності його продуктивності від регульованих параметрів**

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		методологічною	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Надутий В.П.	95	Вірашкіно	<i>В.П. Надутий</i>
розділів:		95	Вірашкіно	<i>В.П. Надутий</i>
Науково-дослідницький	Надутий В.П.	95	Вірашкіно	<i>В.П. Надутий</i>
Конструкторський	Надутий В.П.	95	Вірашкіно	<i>В.П. Надутий</i>

Рецензент	Сухарев В.В.	95	Вірашкіно	<i>В.В. Сухарев</i>
------------------	--------------	----	-----------	---------------------

Нормоконтролер	Кухар В.Ю.	95	Вірашкіно	
-----------------------	------------	----	-----------	--

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Гірничих машин та інжинірингу

(повна назва)

Заболотний К.С.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« 21 » _____ 12 _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ступеня магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту П'янові Д.М. академічної групи 133-17-1

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 133-03-01 Галузеве машинобудування

спеціалізації Гірничі машини та комплекси

за освітньо-професійною програмою Гірничі машини та комплекси

(офіційна назва)

на тему Вдосконалення конструкції двохбарабанного горизонтального вібраційного
млина і визначення залежності його продуктивності від регульованих параметрів,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 27.11.2018 № 2018-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
Науково-дослідницький	Потрібно розглянути загальні відомості застосування та використання двохбарабанного вібраційного горизонтального млина. Опрацювати досвід створення та експлуатації таких млинів. Дослідити залежність продуктивності від регульованих параметрів.	28.10.2018
Конструкторський	Відповідно до вхідних вимог розробку, виконати розрахунок потужності приводу, продуктивності, режимних та конструктивних параметрів млина з урахуванням	11.12.2018

<p>© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП» © В.П. Надутий, Д.М. П'янова</p> <p>© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП» © В.П. Надутий, Д.М. П'янова</p> <p>© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП» © В.П. Надутий, Д.М. П'янова</p>	<p>експериментальних досліджень залежності продуктивності млина від режимних параметрів. Також виконати розрахунки валів і дебалансів приводу та підшипників, розрахунок зружної підвіски млина, економічної доцільності використання млина в умовах роботи в науково-виробничій ділянці Рафаловського базальтового кар'єра. За отриманими результатами збудувати 3D-модель двохбарабанного вібраційного горизонтального млина, та зробити конструктивну документацію.</p>	
<p>© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП» © В.П. Надутий, Д.М. П'янова</p>		


Завдання видачі


(підпис керівника)

Надутый В.П..
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 07.09.2018

Дата подання до екзаменаційної комісії 19.12.2018

Прийнято до виконання

(підпис студента)

П'янова Д.М..
(прізвище, ініціали)

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Практичне значення результатів досліджень: обґрунтовані параметри і розроблена вдосконалена конструкція двохбарабанного вібраційного горизонтального млина.

Використання проектного млина для умов роботи в науково-виробничій ділянці Рафаловського базальтового кар'єру. Млин призначений для підготовки сировини, для вилучення з подрібненої базальтової гірничої маси магнітитового заліза (до 25%), методом магнітної сепарації і вилучення самородної міді (до 2%) методом електричної сепарації.

Ключові слова: ДВОХБАРАБАННИЙ ВІБРАЦІЙНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ МЛИН, ВИБРОЗБУДЖУВАЧ, ДЕБАЛАНС, ДРІНОДИСПЕРСНЕ ПОДРІБНЕННЯ.

Графічна частина проекту: 5 аркушів креслень формату А1.

									Арк
									2
Вим		№докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.10.Р.ПЗ				

ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1 Науково-дослідницький.....	11
1.1 Стан питання та постановка задачі.....	11
1.2 Технічні дані.....	15
1.3 Пристрій і робота млина та його складових частин.....	16
1.3.1 Складові частини млина.....	16
1.3.2 Конструкція віброприводу.....	18
1.3.3 Принцип роботи млина.....	20
1.4 Визначення залежності продуктивності млина від регульованих параметрів.....	21
1.4.1 Амплітуда коливання.....	22
1.4.2 Частота коливання.....	23
1.4.3 Збурююча сила.....	24
1.4.4 Крутість вхідної маси.....	24
1.4.5 Кількість шарів.....	25
Розділ 2 Конструкторський.....	27
2.1 Завдання розрахунку.....	27
2.2 Дані для розрахунку.....	27
2.3 Умови розрахунку.....	29
2.4 Розрахунки елементів приводу.....	31
2.5 Розрахунок параметрів вібрації.....	34
2.5.1 Розрахунок віброзбудника.....	34
2.5.2 Розрахунок вала на міцність.....	35
2.5.3 Розрахунок деформації і критичної кутової швидкості.....	37
2.6 Розрахунок підшипників.....	40

Зм.	Арк	Підпис	Лат	М.П.Д.18.10.3.ПЗ					
Разроб.	П'янова			Зміст	Літ.	Арк	Аркшів		
Перевір.	Надутий					1	3		
Н. Контр.	Кухар			НТУ «ДП», ММФ					
Затверд.	Заболотний			133М-17-1					

2.6.1	Розрахунок кута перекошу кілець.....	40
2.6.2	Оцінка надійності підшипників вібро-розбудника.....	41
2.7	Розрахунок пружної системи.....	42
2.7.1	Механічні характеристики матеріалу пружини.....	42
2.7.2	Розрахунок геометричних параметрів.....	42
2.7.3	Визначення жорсткостей пружини.....	43
2.7.4	Розрахунок діючих на пружину навантажень.....	47
2.7.5	Оцінка циклічної міцності.....	48
2.7.5.1	Розрахунок параметрів циклів напружень.....	48
2.7.5.2	Розрахунок коефіцієнтів запасу циклічної міцності.....	50
2.7.5.3	Оцінка запасу за граничним ходом.....	51
2.7.6	Розрахунок навантажень, переданих на фундамент.....	51
2.7.7	Енергетичний розрахунок ввібропривода.....	52
2.8	Перевірка двигуна за умовою запуску.....	53
2.9	Експлуатація млина.....	53
2.9.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів.....	53
2.9.2	Установка млина на місці експлуатації.....	54
2.9.3	Захист від шуму і вібрації.....	54
2.9.4	Освітлення.....	55
2.9.5	Перевірка перед пуском.....	55
2.9.6	Пуск млина.....	56
2.9.7	Негайна зупинка млина.....	56
2.9.8	Характерні несправності та методи їх усунення.....	57
2.9.9	Технічне обслуговування.....	59
2.9.10	Міжремонтне обслуговування.....	59
2.9.11	Порядок оглядів.....	60
2.9.12	Правила проведення ремонтних робіт вібраційного млина.....	61

2.9.13	Правила зберігання.....	62
2.9.14	Вимоги безпеки при експлуатації млина.....	62
2.9.14.1	Електробезпека.....	64
2.9.14.2	Пожежна безпека при експлуатації млина.....	66
2.9.14.3	Огляди та поточний ремонт.....	67
2.9.14.4	Індивідуальні засоби захисту.....	68
2.9.14.5	Вимоги санітарних норм до санітарно-побутових приміщень.....	68
2.9.14.6	Безпека при надзвичайних ситуаціях.....	70
2.9.14.7	Вказівка заходів безпеки.....	70
2.10	Економічна доцільність.....	71
2.10.1	Розрахунок режимного фонду.....	71
2.10.2	Обсяг виробництва за плановий період.....	72
2.10.3	Розрахунок одноразових і експлуатаційних витрат.....	73
2.10.4	Розрахунок одноразових і експлуатаційних витрату.....	74
2.10.5	Розрахунок експлуатаційних витрат.....	75
	Висновки.....	80
	Перелік посилань.....	82
	Додаток А Відомість матеріалів дипломного проекту	
	Додаток Б Специфікації до креслень	
	Додаток В Презентація дипломного проекту	
	Додаток Г Відгук керівника дипломного проекту	
	Додаток Д Рецензія на дипломний проект	
	Додаток Е Відгук нормоконтролера	

ВСТУП

Подрібнення займає одне з найважливіших місць в переробці корисних копалин. Всі руди при збагаченні піддаються тонкому подрібненню. А також багато інших корисних копалин піддаються такому подрібненню. Цей процес характеризується одним з найбільш енергоємних процесів у циклі збагачення, тому що зазвичай подрібнення відбувається в барабанних шарових млинах різноманітних конструкцій, які мають низьку питому продуктивність, низький ККД та більшу енергоємність. Але проблемою є те, що барабанні шарові млини не є досконалим способом подрібнення корисних копалин, тому постійно ведеться пошук вдосконалення технологічних процесів подрібнення, розробка нових машин та принципів їх роботи, які б змогли підвищити ефективність і продуктивність подрібнення корисних копалин.

Саме тому темою моєї наукової роботи стало «Вдосконалення конструкції двохбарабанного горизонтального вібраційного млина і визначення його продуктивності від регульованих параметрів». Бо саме вібраційні млини займають високе місце прогресивних типів подрібнення. Вібраційні млини забезпечують високу питому продуктивність з відносно малими енергозатратами. Також одними із головних плюсів вібраційних млинів являється те, що вони можуть регулювати тонину подрібнення і вібраційні млини мають менші габарити, завдяки чому зменшується й розмір виробничих площ, транспортних засобів, капітальних та експлуатаційних витрат.

Тонке подрібнення матеріалів знайшло своє місце в будівельній, гірничорудній, металургійній, харчовій, хімічній та інших галузях промисловості.

Зм.	Арк		Підпис	Лат	М.П.Д.М.П.Янова 18.10.В.ПЗ			
Разроб.	Т.Тянов				Вступ	Літ.	Арк	Аркшів
Перевід.	К.Надутьий						1	2
Н. Контр.	К.Вухар				НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1			
Затверд.	Заболотний							

Після багатьох випробувань та досліджень було встановлено, що саме вібраційні млини мають найбільшу ефективність для отримання продукта з гранульованим складом в 5 мкм при вхідній крупності 2-10 мм та відносно невеликій продуктивності в 10 т/год.

Використання вібраційних млинів у зрівнянні з іншими типами млинів

дозволяє отримати наступні переваги:

- Зменшити витрати електроенергії;
- Збільшити продуктивність;
- Зменшити знос подрібнюючих тіл і самої подрібнюючої камери;
- Використовувати подрібнюючі тіла із різних матеріалів;
- Досягти високої тонини помолу;
- Отримати більш чистий кінцевий продукт;
- Здійснювати подрібнення при різноманітних температурах.

Найбільш поширені інерційні двобарабанні вібраційні горизонтальні млини з однорідними коливаннями по траєкторії, близькими до круга або еліпса. Кругова циркуляція подрібнюючих тіл, що виникає за рахунок однорідного поля траєкторій руху корпусу подрібнюючої камери. Таким чином, метою даної роботи являється вдосконалення параметрів двобарабанного горизонтального вібраційного млина, та дослідження залежності його продуктивності від регульованих параметрів.

									ГМІ.ПД.18.10.В.ПЗ	Арк
										2
Вим		№докум.	Підпис	Дата						

РОЗДІЛ 1 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

1.1 Стан питання та постановка задачі

У всіх існуючих типах млинів процес подрібнення реалізується додатком до подрібнюваної частини ударних імпульсів. Під дією таких імпульсів відбувається деформація подрібнюваних частинок з виникненням в них об'ємно - напруженого стану. При місцевій нарузі, що перевищує межу міцності, внутрішні зв'язки розриваються шляхом розриву або крихкого зламу, утворюючи тріщину. Енергія об'ємно-напруженого стану частинок перетворюється в роботу по розширенню тріщин, в слідстві чого вони швидко збільшуються і елементи руйнуються.

Оскільки практично всі матеріали, що піддаються подрібненню, мають дефекти структури. Що пояснюється наявністю домішки, мікротріщин, подряпин, порушенням правильності кристалічної решітки і т.д., природно, що руйнування відбувається в першу чергу в цих слабких місцях. Однак, у міру зменшення розмірів подрібнюючих частинок, кількість слабких місць поступово зменшується. Це призводить до зміцнення частинок матеріалу - зв'язки відомого під назвою масштабного фактора. Під масштабним фактором в цьому випадку розуміється залежність межі міцності подрібнюючихся частинок від лінійних розмірів.

Особливо помітне збільшення міцності спостерігається при розмірі частинок 1 мм. При подальшому зменненні розмірів, досить дрібні частинки досягають граничної міцності, тобто міцності зв'язків між елементарними частинками, що складають кристалічну решітку.

Сучасні уявлення про механізм деформації і руйнування реальних твердих тіл, розроблені радянськими вченими і дослідниками, дозволили

Зм.	Арк		Підпис	Лат						
Разроб.	П'янова									
Перевір.	Надутьий									
Н. Контр.	Кухар									
Затверд.	Заболотний									
						ММ.ПД.М.П'янова		18.10.01.ПЗ		
						Науково-дослідницький розділ		Літ.	Арк	Арквнів
									1	16
								НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1		

встановити, що оптимальними умовами подрібнення є умови, при яких частки матеріалу, що подрібнюється піддаються багаторазовому впливу відносно невеликих ударних зусиль, які розхилюють їх структуру. Кожне з таких впливів не приводить до руйнування, проте їх сукупність ефективно розхилює дефекти структури, слабкі місця в частинках матеріалу і навіть викликає утворення нових дефектів при достатній частоті впливів на подрібнюючі частинки. Такого роду подрібнення під дією ударних імпульсів великої частоти є основою суті руйнування від утомленості. Так як слабкі місця в структурі деформованого матеріалу мають здатність з'являтися під дією сил зчеплення після зняття навантаження, то частота навантажень повинна вибиратися такою, щоб наступне навантаження відбувалося за період часу менший ніж це необхідно для змикання мікротріщин.

Кожній крупності частинок, що піддаються переробці, відповідають оптимальні частоти навантажень, що зростають із зменшенням розмірів подрібнюють частинки.

Відповідно до викладеного для подріблення агрегат повинен задовольняти такими основними вимогами: мати досить високу частоту періодичних впливів на подрібнюваний матеріал, що дозволяє здійснювати режими руйнування від утомленості; мати можливість створення великих механічних напружень в подрібнюючому матеріалі при відносно малих імпульсах впливу.

Найбільш повне використання вказаних положень можливо при застосуванні вібраційних млинів, в яких здійснюється високочастотна ударна дія на подрібнюваний матеріал. Високочастотний вплив на подрібнюваний матеріал може бути представлений в такий спосіб.

В процесі вібраційного руху технологічного завантаження в помольні камери кожне з тіл, що мелють здійснює обмежений рух в парі, вдаряючись при цьому з прилеглими частинками і тілами, що мелють. Крім того все завантаження переміщується відносно стінок помольної камери.

					ГМ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		2

Подрібнюваний матеріал при цьому руйнується за рахунок багаторазового ударного навантаження і стирання. Процеси подрібнення ударом і стиранням в вібраційних млинах взаємопов'язані і в міру зміни крупності матеріалу, що під час подрібнення продукту відбувається зменшення питомої енергії, що витрачається на подрібнення при руйнуванні від утомленості і стиранні.

Як відомо, інтенсивність процесу подрібнення матеріалів в подрібнювальному апараті характеризується його питомою продуктивністю q , залежить від величини потужності N_3 , що витрачається на коливальний рух технологічної завантаження, питомих енерговитрат e , властивих даному класу матеріалу, що подрібнюється і обсягу помольної камери V_3 , які пов'язані виразом:

$$q = \frac{N_3}{V_3} \quad (1.1)$$

Виходячи з цього ефективність процесу подрібнення може бути оцінена енергонапруженістю млина

$$E = q_3 = \frac{N_3}{V_3} \quad (1.2)$$

Якщо порівняти широко застосовуються кульові і стрижневі млини з вібраціями, то величина енергонапруженості для перших становить близько $15-25 \frac{\text{кВ}}{\text{м}^3}$.

Оскільки величина енерговитрат на одиницю об'єму в млинах пропорційна питомій продуктивності, можна сказати, що при одній і тій же продуктивності габаритні розміри вібраційних млинів будуть в 5-8 разів меншими, ніж габарити барабанних кульових млинів. Крім того, в вібраційних млинах з'являється можливість більш широкого регулювання енергетичного рівня технологічної завантаження, ніж в барабанних, так як енергія тіл, що мають значить від їх маси і швидкості відскоку зі стінками помольної камери абсолютними тілами.

					ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		3

Сучасний рівень розвитку тонкого подрібнення характеризується великою різноманітністю способів ведення технологічного процесу і реалізації їх типів і конструкцій для подрібнювальних апаратів. Залежно від фізико-механічних властивостей матеріалу, що подрібнюється, вимоги до продукту необхідно вибирати найбільш раціональний варіант технологічного обладнання. Крім того, ефективність процесу дуже сильно залежить від підбору раціональних параметрів завантаження всередину камери, які взаємопов'язані з механічними характеристиками руху і взаємодії тіл, що мелють в лопотельних камерах, а також реалізованим механізмом руйнування частинок матеріалу.

Дослідженню зазначених питань присвятили роботи такі автори, як Анциферов А.В, Титов А.А., Бабічев А.П., Берник П.С., Корольов П.П., Кухар А.Г., Лесин А.Д., Климович В.У., Локшина Р.В., Півняк Г.Г., Потураєв В.Н., Сайто Ф., Светкини С.Ю., Ярошенко Н.В., Тарасенко О.О., Франчук В.П., Надутий В.П. та інші.

Барабанні млини на сьогоднішній день є найбільш поширеним типом подрібнювального обладнання в основному завдяки великим величинам продуктивності окремих блоків. Разом з тим, використання порівняно слабких сил гравітації для повідомлення енергії мелючим тіл призводить до того, що зі збільшенням тонкоти помелу вони не витримують конкуренції з високонапруженими апаратами. Останні відрізняються використанням вібраційних відцентрових силових полів, стислих газів і інших високоінтенсивних джерел енергії.

							ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата				4

1.2 Технічні дані

Параметри:

- 1) Обсяг помольних камер, л..... 100;
- 2) Подрібнюючі тіла, діаметр, мм.....30.

Параметри вібрації:

- 1) траєкторії точок.....кругові;
- 2) кутова частота, рад / с..... 99,48;
- 3) амплітуда переміщень, мм.....6,1-1,3;
- 4) амплітуда прискорень, м/с² не більше..... 6,15x9,8.

Параметри електродвигуна:

- 1) тип.....4A160S4 ГОСТ 19523-84;
- 2) потужність, кВт.....15;
- 3) номінальна частота обертання, об/хв.....1450;
- 4) рід струму.....змінний;
- 5) напруга, В.....220/380.

Параметри вібродвигувачів:

- 1) тип.....дебалансні;
- 2) сумарний статичний момент мас, регульований східчастий, кгм...
4x0,399-4x1,035.

Характеристика навантажень, що діють на фундамент:

- 1) статичне навантаження (вертикальна від ваги млина), Н.....13600;
- 2) параметри динамічних навантажень в робочому режимі:
 - частота коливань, Гц.....24,3;
 - амплітуда вертикального навантаження, Н, не більше.....1700;
 - амплітуда горизонтального навантаження, Н, не більше.....1400.
- 3) пікові значення навантажень при запуску та зупинці (тривалість 20-30 с за цикл), Н, не більше:
 - вертикальної.....8880;

						ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк 5
Вим		№докум.	Підпис	Дата			

- горизонтальної.....	6750.
Габаритні розміри, мм.....	
1) довжина.....	2580;
2) ширина.....	1500;
3) висота.....	1190.

1.3 Пристрій і робота млина та його складових частин

1.3.1 Складові частини млина

Млин складається з наступних складових елементів (рисунки 1.1):

- 1) рухомі маси, що включає вібробудник 9, кронштейни, помольні камери 2, скоби;
- 2) пружної системи, що складається з 8-ми циліндричних пружин стиснення 1;
- 3) вібропривід, що включає електродвигун 5, вали вібробудника, дебаланса, пелюсткову компенсаційну муфту 7;
- 4) опорної металокопструкції, що включає дві стійки 8;
- 5) демпфуюча система, що включає 4 гідравлічні демпфера, пов'язаних з рухомою масою за допомогою нелінійних пружних зв'язків і пакетів еластичних пластин;
- 6) електродвигун 5, вал електродвигуна 6.

Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк 6
-----	-----------	--------	------	--------------------	----------

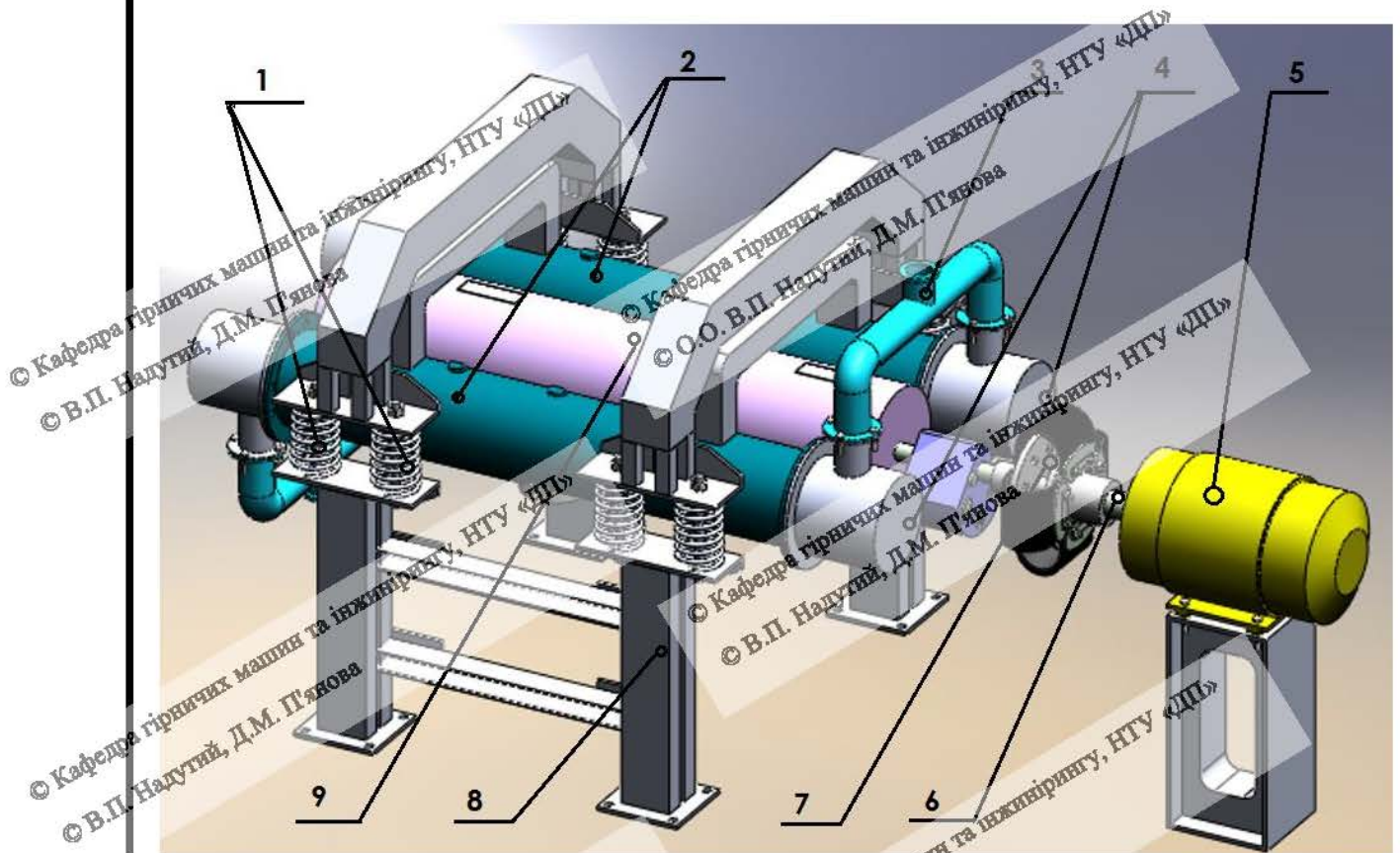


Рисунок 1.1 – Складові частини млина (на рисунку показано попередня збірка без захисного корпусу та кожухів)

Складові частини рухомої маси утворюють жорстку конструкцію, що спирається за допомогою кронштейнів на пружини. Скоби забезпечують фіксацію помольних камер відносно вібробудників. Помольні камери являють собою циліндричні судини з горизонтально орієнтованими осями, заповнені на 40% тілами, що подрібнюють.

Конструкцією передбачено два типи помольних камер, для роботи на прохід, встановлені безпосередньо на млині в стані поставки. Камера містить корпус, завантажувальну і розвантажувальну кришки з патрубками. Між корпусом і кришкою є розділова решітка з отворами в нижній частині для виходу з корпусу подрібненого матеріалу. Порожнина корпусу завантажена тілами, що подрібнюють. У розвантажувальній кришці розташовані поршень, встановлений з можливістю переміщення вздовж поздовжньої осі камери і фіксації за допомогою гвинтового механізму. У похилій верхній частині

поршня є пропускний отвір, висота розташування якого визначає рівень матеріалу в помольній камері. При зміні відстані поршня від решітки регулюється перетин розвантажувального каналу, що дозволяє змінювати витрату пульпи і тим самим управляти продуктивністю млина. У корпусі камери оглядова кришка. Така кришка кассетного типу або змінні. Камера включає герметичний корпус з кришкою і штуцерами для підведення і відведення рідкого середовища. Матеріал помольних камер - переважно сталь. наявність помольних камер різної конструкції забезпечує експериментальну перевірку різних варіантів технології подрібнення порохів, з'єднань титану.

1.3.2 Конструкція віброприводу

Вібропривід (рисунок 1.2) має валопровод з еластичними ланками з резинокордного матеріалу, у вигляді пелюсток і дисків, муфт, які забезпечують передачу крутного моменту від нерухомого електродвигуна рухається спільно з рухомою масою вала, вібробудник і компенсацію перекосу осей, зазначених валів відповідно. Підшипникові вузли валів розташовані в обіймах, що фіксуються в гніздах корпусів вібробудника і за допомогою клинових затискачів. Кожен підшипниковий вузол включає два бамбінорованих радіальних роликів підшипника з короткими циліндричними роликками і маслянку для підведення мастила. Захист від засмічення і герметизація підшипникових порожнин здійснюється армованими манжетами. Конструкцією млини передбачені лабіринтне ущільнення, взаємозамінні з зазначеними манжетами. Симетричне розташування дебалансів підшипникових вузлів і наявність компенсуючих перекіс осей валів і дисків забезпечує рівномірний розподіл навантаження між підшипниками і викликає відносний перекіс їх коліс.

Опорна металоконструкція фіксується відносно фундаменту анкерними болтами. Рама двигуна забезпечена гвинтовими парами для орієнтації по висоті осі вала електродвигуна.

									Арк
									8
Вим		№докум.	Підпис	Дата					

ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ

Демпфуюча система забезпечує гасіння резонансних коливань при запуску і зупинці вібропривода, що оберігає пружну систему і опорну металоконструкцію від надмірних навантажень. Нелінійні пружні зв'язки, що з'єднують шток демпфера з рухомою масою, складаються з виконаних у вигляді усічених конусів еластичних втулок, поміщених в склянку, розташовані коаксіально зі шпонками, і симетрично щодо пластини кронштейна, причому, зазор Δ між торцем склянки і пластиною в 1,2- 1,4 рази більше амплітуди переміщень рухомої маси в робочому режимі. Пакет еластичних пластин, виконаних з резинокордного матеріалу і зв'язують гідравлічний демпфер з опорною металоконструкцією, орієнтований таким чином, що його згинальна жорсткість в напрямку, перпендикулярному площині робочих коливань, мінімальна.

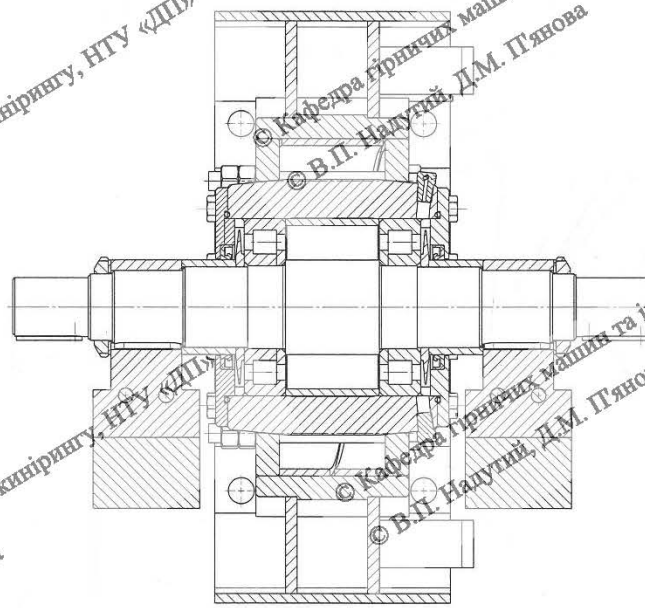


Рисунок 1.2 – Віброзбудник

					ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк 9
Вим	№докум.	Підпис	Дата			

1.3.3 Принцип роботи млина

Принцип роботи млина (рисунок 1.3) заснований на тому, що виникає під дією змушуючого зусилля та при обертанні валів, вібробудників з дебалансами, помольні камери вібрують, характер вібрації - плоскостепенне переміщення точок по кругових траєкторіях, орієнтованих у вертикальній площині, перпендикулярній осі обертання дебалансів. Рух помольних камер повідомляється подрібнюючим тілам, які, вібруючи, багаторазово б'ються один з одним і зі стінками помольних камер. В результаті цього частинки завантаженого матеріалу, що заповнюють порожнини між тілами, що мелють і стінками помольних камер, піддаються розмелюванню в слідстві удару і стирання. При установці помольних камер для роботи на прохід завантажувальний матеріал, що подається безперервно в розвантажувальний патрубок помольних камер, створює статичне підведення, за рахунок якого проходить переміщення його частинки вздовж осі помольних камер до розвантаження з одночасним розмелюванням.

Під час запуску і зупинці млина, коли резонансні значення амплітуд досягають величини зазору Δ пластини, приєднуючись до торця склянки, викликає переміщення штока гідравлічного демпфера, внаслідок чого відбувається демпфування, що забезпечує скорочення тривалості перехідного процесу. При робочих амплітудах, свідомо менших Δ , демпфування не відбувається, що оберігає демпфер від надмірного зносу і виключає невикористані енерговитрати.

Крім переміщень рухомої маси в площині робочих коливань, під час запуску і зупинці можуть спостерігатися переміщення в напрямку, перпендикулярному зазначеній площині. При цьому пластини будуть демпфуючі, тим самим оберігаючи гідравлічні демпфери від поломок за рахунок дисипації енергії в резінокардному матеріалі.

					ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		10

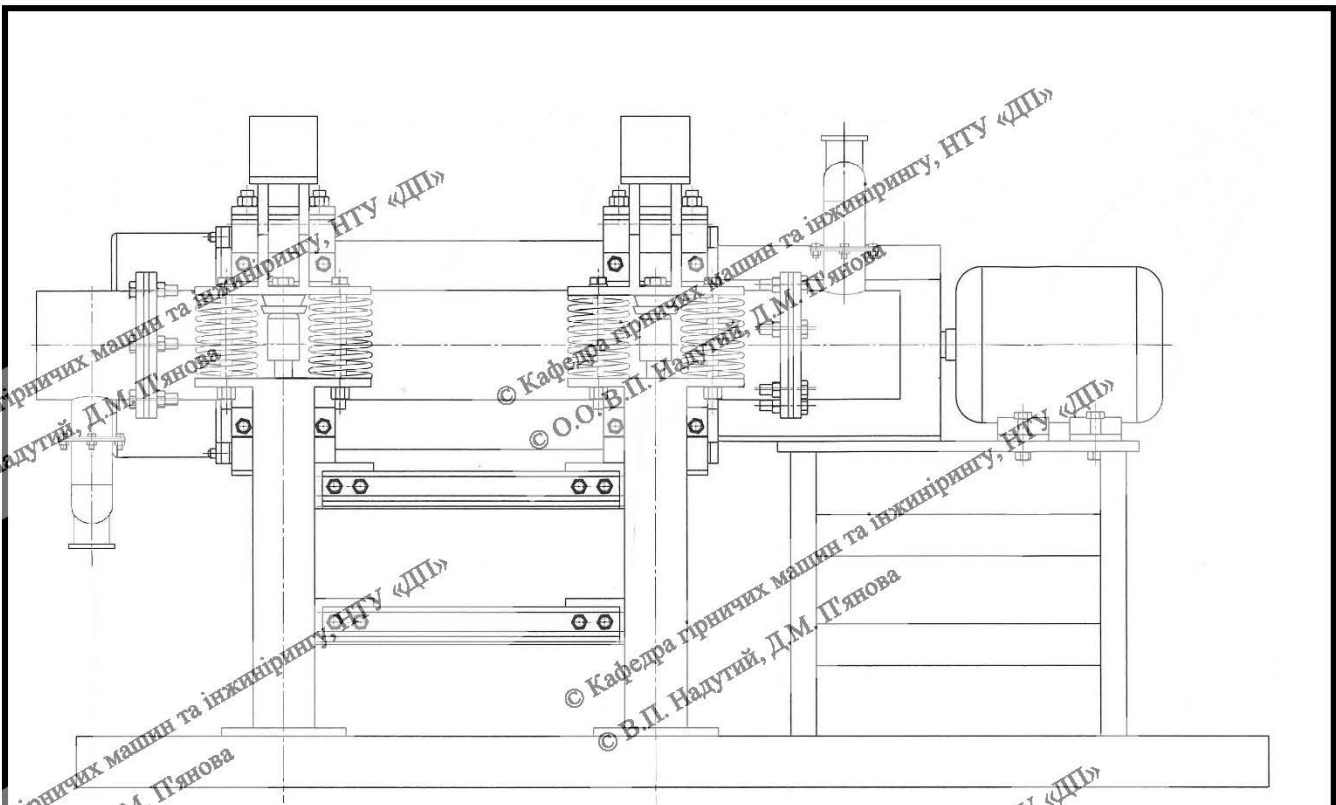


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд млиниці

1.4 Визначення залежності продуктивності млина від регульованих параметрів

Процес подрібнення корисних копалин ще й досі не достатньо обширно відображений в науковій літературі. На сьогоднішній день, маємо значний досвід в подрібненні і значну частину цього досвіду складає подрібнення вібраційними млинами, тому що вібраційні млини мають значні переваги з точки зору економічної доцільності, так як вібраційні млини виграють по рівню з іншими млинами в своїх габаритних розмірах, це є економією в площі виробництва, а також прослідковується дещо більша продуктивність.

Враховуючи велику ефективність та продуктивність вібраційних млинів та їх відносно малі габарити, можна зробити висновок що проведення теоретичних та експериментальних досліджень в цьому напрямку є доцільним. Прийнято рішення про дослідження в лабораторних умовах. Задача дослідження, визначити яким чином регулювання параметрів привода, на продуктивність млина. Будемо досліджувати такі параметри:

					ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк 11
Вим	№докум.	Підпис	Дата			

- 1) амплітуда коливання, A , мм;
- 2) частота коливання, ω , Гц;
- 3) величина збурюючої сили, F , кгс;
- 4) крупність вхідної гірської маси, β , мм;
- 5) відсоткова кількість шарів для подрібнення в помольних камерах, n , %

Результати цього дослідження допоможуть обрати раціональні режими для експлуатації вібраційного млина, які будуть найбільш якісно, швидко та продуктивно отримувати готову сировину.

1.4.1 Амплітуда коливання

Амплітуда коливання не повинна перевищувати 6 мм для збереження цілостності конструкції. Дослідимо роботу млина при амплітуді коливання 1, 2, 3, 4, 5 та 6 мм (рисунком 1.4).

Залежність продуктивності млина від амплітуди коливання



Рисунок 1.4 – Графік залежності продуктивності млина від амплітуди коливання

Вхідний матеріал рівномірний та поступова подача, при амплітуді в 1 мм продуктивність становила мінімальний результат, при амплітуді 2 мм зроста продуктивність на декілька позицій, тобто покращились показники. Таким чином збільшення амплітуди коливання, збільшує й продуктивність. Тобто, на графіку функція прийняла вигляд степеневі характеристики.

1.4.2 Частота коливання

Частота коливання, отримала деякі залежності, почали з мінімального значення й продуктивність також була на низькому рівні, далі продовжуючи збільшувати амплітуду коливання й продуктивність все більше й більше зростала, тож при найбільшому значенні і продуктивність мала найвище значення, не збираючись здавати свої позиції зростала вгору, та ми не можемо продовжувати цю прогресію до нескінченності, бо по частоті коливання також є обмеження для збереження цілостності конструкції та збереження її у робочому стані. На графіку (рисунок 1.5) ми можемо побачити слабостепеневу характеристику, яка приймає вигляд параболічного закону.



Рисунок 1.5 Залежність продуктивності млина від частоти коливання

Вим	№докум.	Підпис	Дата
-----	---------	--------	------

1.4.3 Збурююча сила

Показники збурюючої сили можна змінити за допомогою поворота дебалансів. При збільшенні збурюючої сили показники продуктивності швидко просуваються в гору і залежність виходить майже лінійна (рисунок 1.6) та ідеальна. Більший показник збурюючої сили – більший показник продуктивності млина.

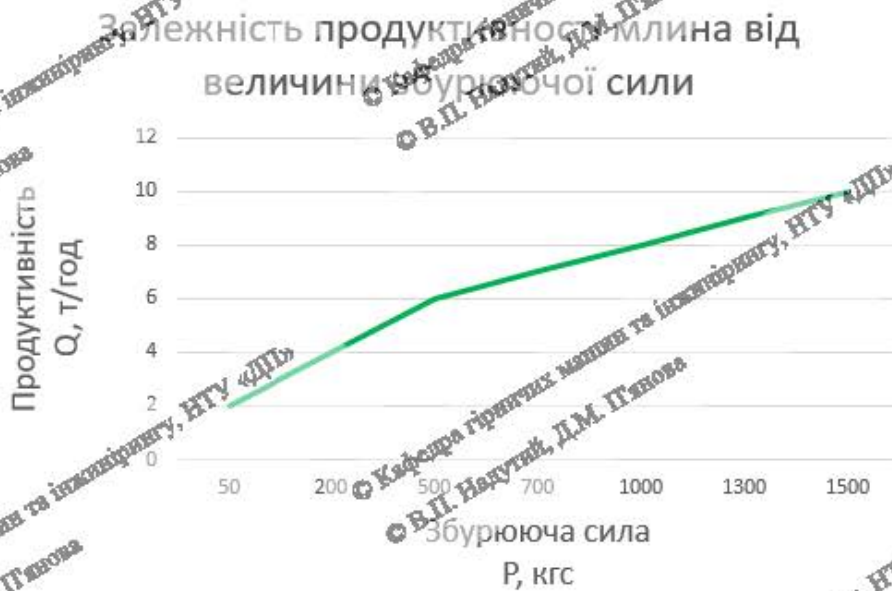


Рисунок 1.6 – Залежність продуктивності млина від збурюючої сили

1.4.4. Крупність вхідної гірської маси

Для цього дослідження потрібно завантажувати до млина гірську масу різної крупності. В результаті ми побачимо (рисунок 1.7) зовсім інакшу залежність у вигляді експоненціального закону. При завантаженні найменших шматочків гірської маси, продуктивність отримала найвище значення, й надалі, чим більше ставали шматки гірської маси, тим менше ставала продуктивність. Можна зробити логічний висновок, що чим крупніше вхідна гірська маса, тим довше подрібнюється.

					ГМІ.ПД.18.10.01.ПЗ	Арк
Вим	№докум	Підпис	Дата			14

Залежність продуктивності млина від крупності вхідної гірської маси

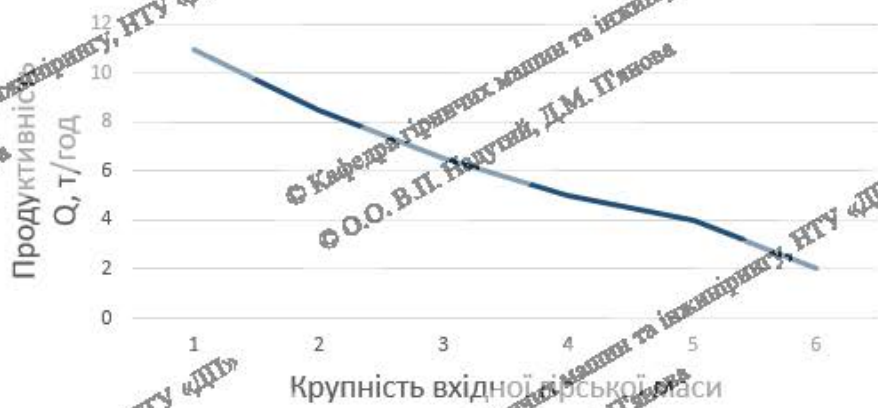


Рисунок 1.7 – Залежність продуктивності млина від крупності вхідної гірської маси

1.4.5 Кількість шарів

Потрібно регулювати завантаження шарів у процентному відношенні, найменше значення обираємо 10% і максимальне значення 80%. Шари діаметром 20 мм. Далі отримаємо таку залежність (рисунок 1.8), що зростання кількості шарів плавно й поступово викликає зростання продуктивності, недієвіна залежність, з дуже вдалими показниками.

Залежність продуктивності млина від кількості куль які завантажують

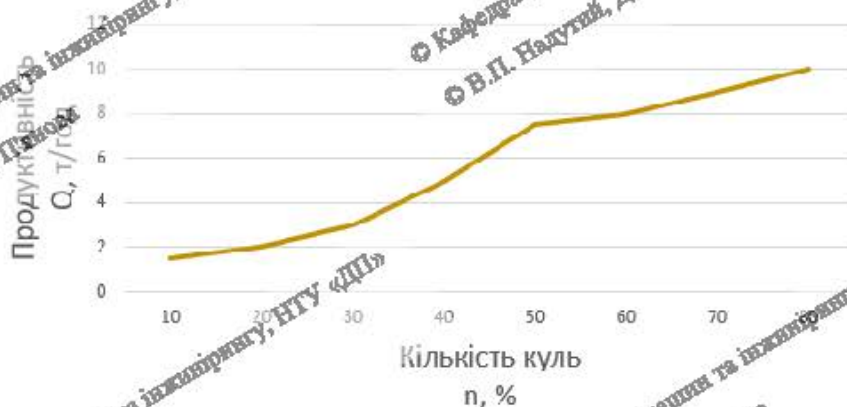


Рисунок 1.8 – Залежність продуктивності млина від кількості шарів

Вим	№ док.	Підпис	Дата

В процесі дослідження були визначені залежності продуктивності розробленої конструкції млина від наступних регульованих факторів:

- 1) від частоти коливання, отримали степеневу характеристику,
- 2) від амплітуди коливання, отримали слабостепеневу характеристику параболічного закону,
- 3) від величини збурюючої сили, отримали лінійну майже ідеальну характеристику,
- 4) від крупності вхідної маси, отримали експоненціальну характеристику,
- 5) від процентного відношення кількості завантажуваних шарів, отримали нелінійну характеристику.

Можна зробити такий висновок, що при середньому значенні частоті коливання $\omega = 20$ Гц, середньому значенні амплітуди коливання $A = 3$ мм, високому значенні збурюючої сили $P = 1500$ кгс, найменшому значенні крупності вхідної гірської маси $\beta = 1$ мм та найбільшому значенні завантаження кількості шарів $n = 80\%$, ми отримуємо найефективніший показник продуктивності.

РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Завдання розрахунку

Метою розрахунку є вдосконалення млина і оцінка його працездатності, та відповідності його параметрів вимогам технічного завдання.

Досягнення зазначеної мети передбачає вирішення наступних завдань:

- 1) розрахунок параметрів вібрації;
- 2) оцінка працездатності та надійності елементів конструкції;
- 3) енергетичний розрахунок виробництва;

обґрунтування режимів роботи млина, доцільних з точки зору працездатності і надійності конструкції.

2.2 Дані для розрахунку

Розраховуваний виріб являє собою одномасну вібраційну систему з дебалансним вібробудувачем. Коливальна частина млина є жорсткою конструкцією, що включає помольні камери, заповнені тілами, що подрібнюють. Маса коливальної частини, M , кг (в дужках - без завантаження і тіл, що подрібнюють) 1500(1050).

Вібропривід включає електродвигун і спирається на роликотідищнікові вали дебалансного вібробудувача, зв'язок валів з електродвигунами і між собою здійснюється за допомогою еластичних муфт.

Характеристика приводного двигуна:

- 1) Тип..... 4A160S4U3;
- 2) Номінальна частота обертання, об / хв..... 1450;
- 3) Відносини пускового моменту до номінального..... 1,2;

Зм.	Арк		Підпис	Дат	М.П. Д.М.П.Я. 18.10.02.ПЗ				
Разроб.	П'янова				Конструкторський	Літ.	Арк	Арквпів	
Перевір.	Надутьий						1	53	
Н. Контр.	Кухар				НТУ «ДП», ММФ				
Затверд.	Заболотний				133М-17-1				

4) Потужність, кВт.....15;

Параметри вібробудника:

1) Загальна кількість дебалансів, шт.....4;

2) Параметри дебаланса, геометричні розміри (рис. 2.1), мм:.....

$D_0 = 15$; $B = 9$; $H = 17$; $b_1 = 6$; $b_2 = 6$; $b_3 = 4$; $b_5 = 1,5$; $n = 12$; $m = 20$;
 $h_1 = 18$; $h_1' = 11$; $h_2 = 1,2$; $h_3 = 1,5$; $h_4 = 0,8$; $h_5 = 14$; $h_6 = 2,2$; $\Delta x_1 = 4$; $r = 9$; $\Delta x_6 = 1$;

масса,

кг.....21;

3) Параметри вала, геометричні розміри, мм:.....

$a = 70$; $b = 105$; $d_1 = 61$; $d_2 = 65$; $d_3 = 68$; $d_4 = 70$; $d_5 = 85$; $l_1 = 40$; $l_2 = 35$; $l_3 = 24$; $l_4 = 32$; $l_4' = 17,5$; $l_5 = 70$;

матеріал..... Сталь 40X ГОСТ 1050-74;

масса, кг.....18,2;

4) Тип підшипника..... 42314М ГОСТ 8328-75

(радіальний з короткими циліндричними роликами, з модифікованим контактом)

Характеристика пружної системи:

1) Тип пружних елементів..... циліндричні пружини;

2) Кількість шт.....8;

5) Матеріал сталь..... 60С2А ГОСТ 14959, HRC, 46 – 52;

Геометричні розміри пружин:

- середній діаметр, D_0 , мм.....112;

- діаметр дроту, d , мм.....14;

- число робочих витків, n , шт.....7,5;

- повне число робочих витків, n_n , шт.....9;

- висота у вільному стані, H_0 , мм.....226;

- крок t , мм.....28,2.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		2

2.3 Умови розрахунку

Приймаються наступні допущення при розрахунку параметрів вібрації:

- 1) коливальна металоконструкція - абсолютно тверде тіло;
- 2) центр мас коливальної металоконструкції і центр жорсткості пружної системи зміщені і лежать на осі обертання валів віброзбудника;
- 3) власні частоти коливань вібросистеми малі в порівнянні з частотою вимушених коливань.

При зазначених припущеннях вібросистема може бути представлена, як тіло масою M , що спирається на пружні елементи C_z, C_x (відповідне вертикальної і горизонтальної жорсткостями пружної системи) і здійснює вимушені коливання під дією збуджуючої сили, що генерується обертовим з кутовою швидкістю ω невідношуваним інерційним елементом зі статичним моментом маси відносно осі його обертання $\sum mr$. При цьому хитаючись конструкція буде здійснювати ігноруючий паралельний поступальний рух. Всі її точки будуть описувати кругові траєкторії радіусом $A = \frac{\sum mr}{M}$.

Допущення при розрахунку віброзбудника. Розрахунок вала на міцність проводиться для всіх режимів роботи, які можуть бути реалізовані конструкцією. При цьому величиною обертаючого моменту від електродвигуна реакціями еластичних муфт і інерційними навантаженнями від переміщення вала спільно з коливальною металоконструкцією нехтуючи через їх малість у порівнянні з відцентровими силами від обертючих дебалансів.

При розрахунку критичної кутової швидкості і кутів повороту опорних перетинів вала наявності шпонкового паза під значиною дебаланса нехтуємо. Зазначене допущення типово у зв'язку з тим, що зменшення жорсткості вала обумовлене шпонковим пазом, свідомо компенсується

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		3

жорсткістю маточини дебаланса, що обмежує прогини і повороти перерізів на вказаній ділянці.

Розрахунок критичної кутової швидкості вала з двома дебалансами проводиться методом Донкерлея. При цьому вал без дисків розглядається, як вихідна безконсольна балка з розподіленою масою, рівній масі вихідного вала. Зазначене допущення дозволяє отримати занижене (що йде в запас) висновок критичної кутової швидкості з відомих співвідношень. Масовий момент інерції дебаланса щодо його головної центральної осі, перпендикулярній осі обертання, визначається як момент інерції прямокутної призми.

Найбільший імовірний сумарний кут перекосу кілець підшипників визначається при наступних розрахункових припущеннях:

- 1) Відхилення розташування поверхонь деталі і вузлів, пов'язаних з підшипниками кочення - випадкові величини.
- 2) Модулі зазначених векторних величин розподілені по закону Гауса.

Енергетичний розрахунок віброприводу проводиться для режиму з граничною частотою і амплітудою, можливість реалізації зазначеного режиму забезпечує з великим запасом реалізацію будь-якого з можливих режимів роботи віброприводу. При цьому оцінка потужності, необхідної для підтримки вібрації, визначається з умови синфазності віброшвидкості і змушуючі сили при якому енергія, споживана віброприводом, досягає максимуму.

Оцінка поперечної жорсткості пружин пружної системи відбувається за допомогою методу еквівалентних характеристик. Оцінка міцності пружин проводиться для двох характерних випадків навантаження:

- 1) стаціонарних коливань з максимальними амплітудами, визначальним фактором для якого є циклічна міцність;
- 2) резонансних коливань при перехідних процесах, амплітуда яких в 3-5 разів перевершує амплітуду стаціонарних коливань, визначальним фактором для даного випадку є відсутність пластичних деформацій матеріалу

									ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата						4

пружини.

При оцінці циклічної міцності поздовжні і поперечні вібропереміщення (деформації) пружин приймаються синфазними, що йде в запас.

2.4 Розрахунки елементів приводу

Розрахунок статичних моментів мас дебалансів. Дебаланс складається зі стійки 1, кінцевого упорю 2 і вантажів 3 (рисунок 2.1).

Поперечний переріз дебаланса розбиваємо на 6 фігур з центрами тяжіння $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$: 5 прямокутників зі сторонами: $h_1 = 18$ см; $b_1 = 9$ см; $h_2 = 1,2$ см; $b_2 = 60$ мм; $h_3 = 15$ мм; $b_3 = 40$ мм; $h_4 = 8$ мм; $t = 202$ мм; $h_5 = 140$ мм; $b_5 = 15$ мм відповідно. Трапеція з центром тяжкості C_6 , основами $m = 202$ мм і $n = 120$ мм і висотою $h_6 = 22$ мм.

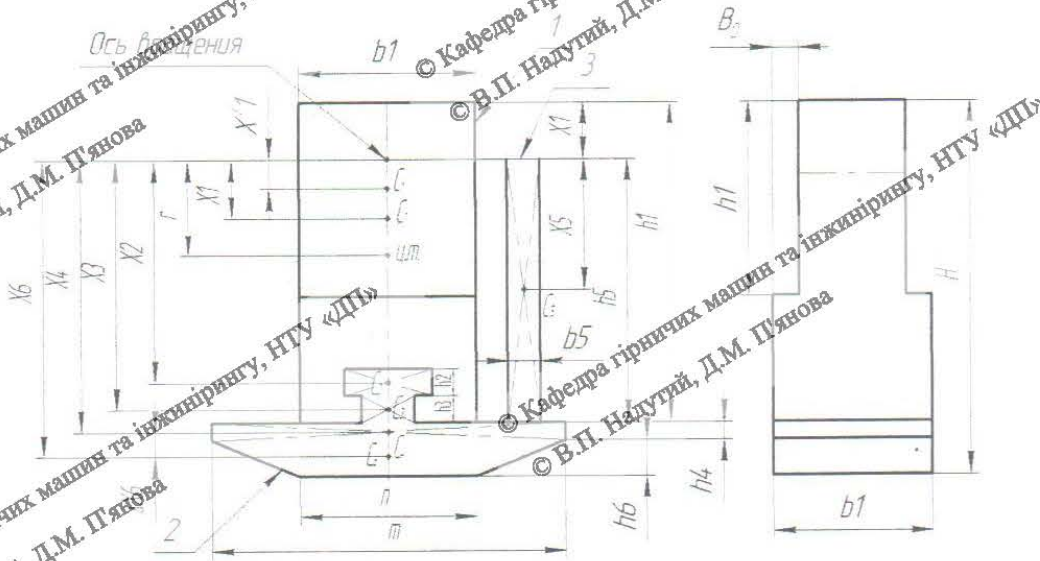


Рисунок 2.1 – Дебаланс

Відстань від більшої підстави трапеції до центра ваги C_6 становить

$$\Delta X_6 = \frac{h_6}{3} \cdot \frac{m+2n}{m+n} \quad (2.1)$$

де m і n – довжина основи трапеції;

h_6 – висота трапеції

Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата
-----	-----------	--------	------

$$\Delta x_6 = \frac{2,2}{3} \cdot \frac{202+2 \cdot 120}{202+120} = 10 \text{ мм};$$

Координати центрів ваги фігур $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ відповідно складають:

$$x_1 = \frac{h_1}{2} - \Delta x_1 = \frac{180}{2} - 40 = 50 \text{ мм}; \quad (2.2)$$

$$x_2 = h_1 - \Delta x_1 - h_3 - \frac{h_2}{2} = 180 - 40 - 15 - \frac{18}{2} = 116 \text{ мм}; \quad (2.3)$$

$$x_3 = h_1 - \Delta x_1 - \frac{h_3}{2} = 180 - 40 - \frac{15}{2} = 132,5 \text{ мм}; \quad (2.4)$$

$$x_4 = h_1 - \Delta x_1 - \frac{h_4}{2} = 180 - 40 - \frac{8}{2} = 144 \text{ мм}; \quad (2.5)$$

$$x_5 = \frac{h_5}{2} = \frac{140}{2} = 70 \text{ мм}; \quad (2.6)$$

$$x_6 = h_1 - \Delta x_1 + \Delta x_6 = 180 - 40 + 10 = 144 \text{ мм}. \quad (2.7)$$

Площі фігур складають:

$$F_1 = b_1 \cdot h_1 = 90 \cdot 180 = 16200 \text{ мм}^2; \quad (2.8)$$

$$F_2 = b_2 \cdot h_2 = 60 \cdot 18 = 1080 \text{ мм}^2; \quad (2.9)$$

$$F_3 = b_3 \cdot h_3 = 40 \cdot 15 = 600 \text{ мм}^2; \quad (2.10)$$

$$F_4 = m \cdot h_4 = 202 \cdot 8 = 1660 \text{ мм}^2; \quad (2.11)$$

$$F_5 = b_5 \cdot h_5 = 15 \cdot 140 = 2100 \text{ мм}^2; \quad (2.12)$$

$$F_6 = \frac{m+n}{2} \cdot h_5 = \frac{120+202}{2} \cdot 22 = 3542 \text{ мм}^2. \quad (2.13)$$

Площа і координата центра ваги S_1 'перетину' в'їмки (прямокутник зі сторонами $h_1' = 110$ мм, $b_1 = 90$ мм) відповідно складають:

$$F_1' = b_1 \cdot h_1' = 90 \cdot 110 = 9900 \text{ мм}^2; \quad (2.14)$$

$$x_1' = \frac{h_1'}{2} - \Delta x = \frac{110}{2} - 40 = 15 \text{ мм}. \quad (2.15)$$

Статичні моменти мас складових частин дебаланса становлять:

1) Стійки

$$\begin{aligned} m r_c &= \{ [F_1 \cdot x_1 + (F_2 \cdot x_2 + F_3 \cdot x_3)] \cdot B - 2 \cdot F_1' \cdot x_1' \cdot B_0 \} \cdot \rho = \\ &= \{ [16200 \cdot 50 + (1080 \cdot 116 + 60 \cdot 132,5)] \cdot 90 - 2 \cdot 9900 \cdot 15 \} \cdot \\ &\cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 3,926 \text{ Нм}; \end{aligned} \quad (2.16)$$

Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата
-----	-----------	--------	------

2) Концевого упора

$$mr_k = (F2 \cdot x2 + F3 \cdot x3 + F4 \cdot x4 + F6 \cdot x6) \cdot B \cdot \rho =$$

$$= (108 \cdot 116 + 60 \cdot 132,5 + 166 \cdot 144 + 354,2 \cdot 150) \cdot 90 \cdot$$

$$\cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 6,8 \text{ Нм}; \quad (2.17)$$

Вантажу

$$mr_T = (F5 \cdot x5 \cdot B - 2 \cdot b5 \cdot h1' \cdot x1' \cdot B_0) \cdot \rho =$$

$$= (210 \cdot 70 \cdot 90 - 2 \cdot 15 \cdot 110 \cdot 15 \cdot 15) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} =$$

$$= 9,52 \text{ Нм}. \quad (2.18)$$

де $B = 90 \text{ мм}$ – ширина дебаланса визначається з виразу

$$mr = mr_c + \Pi_k \cdot (mr_k) + \Pi_T \cdot (mr_T) \quad (2.19)$$

де $\Pi_k = 0,1$ (при повністю знятих вантажах допускається кінцевий упор знімати чому відповідає $\Pi_k = 0$);

$\Pi_T = 0$ – кількість вантажів.

Після підстановки параметрів отримаємо

$$mr = 2,839; 10,73; 12,6364; 14,538; 16,44; 18,35 \text{ Нм}$$

Сумарний статичний момент мас віброзбудників визначається з виразу

$$\sum mr = 4 \cdot mr \quad (2.20)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку

Схема збірки дебаланів		Статичний момент мас віброзбудників, кгм	Амплітуда вібропереміщення, мм		Номінальна частота обертання двигуна, об/хв	Амплітуда віброприскорення, $W \cdot 9,8, \text{ м/с}^2$
Ескіз	Кількість вантажів		Без мелючої тіл та технологічного навантаження	з мелючими тілами		
	8	4-18,4	8,8	6,4	950	6,55
	6	4-16,5	7,6	5,6		5,94
	4	4-14,5	6,9	5,1		5,05
	2	4-12,7	5,3	4,5		4,18
	0	4-10,8	5,2	3,9		8,6
	0		1,9	1,5	450	3,69

2.5 Розрахунок параметрів вібрації

Кутова частота вібрації визначається з виразу

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ рад/с} \quad (2.21)$$

Урахуванням прийнятих припущень, амплітуда вібропереміщення визначається з виразу [1]

$$A = \frac{\sum mr}{M}, \quad (2.22)$$

де $M = 1200(890)$ кг.

Амплітуда віброприскорення при цьому визначиться з виразу

$$W = A \cdot \omega^2 \quad (2.23)$$

Результати розрахунку зазначених параметрів наведені в таблиці 2.1.

2.5.1 Розрахунок віброзбудника


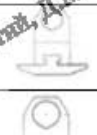

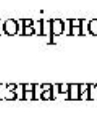
Розрахунок навантажень. Зусилля Q , передане на вал від обертового дебаланса, так само і протилежно спрямоване радіальному навантаженню F_r на підшипник; величини зазначених навантажень визначаються виразом

$$Q = F_r = mr \cdot \omega^2 \quad (2.24)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.2

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			8

Таблиця 2.2 - Результати розрахунку

Схема збірки дебалансів	n, об/хв	ω , рад/с	Параметри вібрації (середні значення)		Розрахунок віброзбудників						
			$A_{\text{в}} \cdot 10^{-3}$, м/с ²	$W_{\text{в}} \cdot 10^{-3}$, м/с ²	$Q = F_r$, Н	Розрахунок підшипників		Розрахунок вала на міцність			
Ескіз	Кількість вантажів	Нм				P, Н	L_{10h} , год	$M_4 \cdot 10^6$, Нмм	G_4 , МПа		
	8	4-18,4	1450	153,2	6,6(8,7)	14,8(19,8)	42336	63978	158	4,9	139
			950	101,5		6,6(8,7)	18222	28381	3751	2,5	68
	6	4-16,5	1450	153,2	5,9(7,8)	13,2(17,6)	37942	59127	226	4,8	131
			950	101,5		5,9(7,8)	16400	25403	5397	2,1	59
			1450	152,2	5,3(7)	11,3(15,7)	33663	52289	326	4,3	118
			950	101,5		5,3(7)	14511	22473	8081	1,9	52
	0	4-10,8	1450	153,2	4(5,3)	8,7(11,7)	24902	35899	893	3,1	89
			950	101,5		4(5,2)	10788	16579	22362	1,6	38
	0	4-4	1450	153,2	1,8(2,2)	3,5(4,5)	1019	14131	24994	1,4	34
			950	101,5		1,8(2,2)	2256	3078	638030	4,8	0,18

2.5.2 Розрахунок вала на міцність

З аналізу епюр згинального моменту (рисунок 2.2) встановлюємо, що імовірно небезпечними є опорні перерізи, згинальний момент в яких визначиться з виразу:

$$M_4 = Q \cdot b = 113,5 \cdot Q, \text{ Нм} \quad (2.25)$$

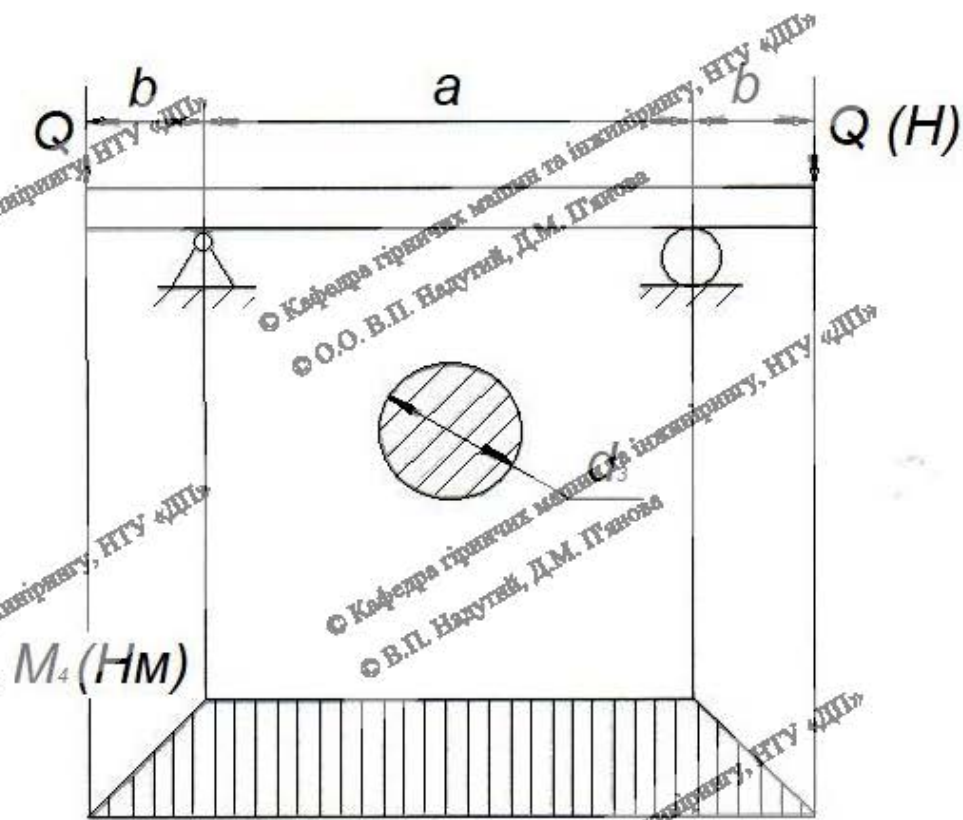


Рисунок 2.2 – Епюра згинальних моментів вала

Момент опору зазначеного перетину складання:

$$W_4 = \frac{\pi \cdot d_4^3}{32} = \frac{\pi \cdot 70^3}{32} = 33,7 \cdot 10^3 \text{ мм}^4; \quad (2.26)$$

Діючі напруги вигину визначаються зі співвідношення

$$\sigma_4 = \frac{M_4}{W_4} = \frac{M_4}{(33,7 \cdot 10^3)}, \text{ МПа} \quad (2.27)$$

Коефіцієнт запасу визначається з виразу

$$[P_3] = [P]_1 \cdot [P]_2 \cdot [P]_3 = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 3,375, \quad (2.28)$$

де $[P]_1 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує точність обліку навантажень і прийнятих методів розрахунку;

$[P]_2 = 1,5$ – коефіцієнт ступеня пластичності матеріалу;

$[P]_3 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує відповідальність конструкції.

Величина небезпечних напруг для небезпечного перетину з урахуванням статичного характеру навантаження становить

$$G_{оп4} = G_T \cdot \frac{\varepsilon_{s4} \cdot \varepsilon_t}{K_\sigma} = 850 \cdot \frac{0,82 \cdot 1}{1} = 697, \text{ МПа} \quad (2.29)$$

де $\varepsilon_{s4} = 0,82$ – масштабний коефіцієнт, що враховує вплив розмірів деталей на їх міцність (при відсутності концентратора);

$\varepsilon_t = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив робочої температури (при $t < 250 - 300^\circ\text{C}$);

$G_T = 850 \text{ МПа}$ – межа плинності за нормальними напруженням;

$K_\sigma = 1$ – коефіцієнт концентрації нормальних напружень при статичному навантаженні.

Величина допустимих напружень визначається з виразу

$$[G]_4 = \frac{G_{оп4}}{[\Pi]} = \frac{697}{3,375} = 207 \text{ МПа} \quad (2.30)$$

$$G_4 = \frac{M}{W_4} \leq [G]_4 \quad (2.31)$$

де G_4 – чинна напруга вигину

2.3.3 Розрахунок деформації і критичної кутової швидкості

Ступінчасто-фасонний вал за формулами приведення наводиться до циліндричного з діаметром приведення.

$$d_{пр} = d_3 = 85 \text{ мм}; \quad (2.32)$$

відповідним середній частині довжиною

$$l_5 = 70, \text{ мм};$$

При цьому наведені довжини $l_{jпр} (j = 1, 2, \dots, 5)$ кожного з ділянок складають

1) конічні ділянки ($j = 1$)

$$l_{1пр} = l_{кон.1} = l_1 \cdot \frac{3 \cdot d_{пр}}{d_2 - d_1} \cdot \left(3 \sqrt{\frac{d_{пр}}{d_1} - \frac{d_{пр}}{d_2}} \right)$$

$$= 40 \cdot \frac{3 \cdot 85}{65 - 61} \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{85}{61}} - \sqrt[3]{\frac{85}{65}} \right) = 59, \text{ мм}; \quad (2.33)$$

2) циліндричних ділянок ($j = 2, 3, 4, 5$)

$$l_{1\text{пр}} = l_1 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{пр}}^4}{d_1^4}} \quad (2.34)$$

$$l_{2\text{пр}} = l_2 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{пр}}^4}{d_2^4}} = 35 \cdot \sqrt{\frac{85^4}{65^4}} = 59,9, \text{ мм}; \quad (2.35)$$

$$l_{3\text{пр}} = l_3 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{пр}}^4}{d_3^4}} = 24 \cdot \sqrt{\frac{85^4}{68^4}} = 37,5, \text{ мм}; \quad (2.36)$$

$$l_{4\text{пр}} = l_4 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{пр}}^4}{d_4^4}} = 32 \cdot \sqrt{\frac{85^4}{70^4}} = 47,18, \text{ мм}; \quad (2.37)$$

$$l'_{4\text{пр}} = l'_4 \cdot \sqrt{\frac{d_{\text{пр}}^4}{d_4'^4}} = 17,5 \cdot \sqrt{\frac{85^4}{70^4}} = 25,8, \text{ мм}; \quad (2.38)$$

$$l_{5\text{пр}} = l_5 = 70, \text{ мм}. \quad (2.39)$$

Наведена довжина конусів і прольоту відповідно складуть

$$b_{\text{пр}} = l_{1\text{пр}} + l_{2\text{пр}} + l_{3\text{пр}} + l_{4\text{пр}} + l_{5\text{пр}} - l'_{4\text{пр}} = 59 + 59,9 + 37,5 + 47,18 - 25,8 = 177,78, \text{ мм}; \quad (2.40)$$

$$a_{\text{пр}} = l_5 + 2 \cdot l'_4 = 70 + 2 \cdot 25,8 = 121,6, \text{ мм}. \quad (2.41)$$

Момент інерції перерізу наведеного валу щодо нейтральної осі

$$I = \frac{\pi \cdot 85^4}{64} = 2,56 \cdot 10^6 \text{ мм}^4. \quad (2.42)$$

Кут нахилу пружної лінії в опорі вала визначається за формулою:

$$\theta = \frac{Q \cdot b_{\text{пр}} \cdot a_{\text{пр}}}{2 \cdot E \cdot I} = \frac{Q \cdot 177,78 \cdot 121,6}{2 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,56 \cdot 10^6} = 1920 \cdot 10^{-11} \cdot Q, \text{ рад}; \quad (2.43)$$

де $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа – модуль поздовжньої пружності.

Масовий момент інерції дебаланса щодо головної центральної осі, перпендикулярній осі обертання, визначається з виразу

$$I'_m = 0,0833 \cdot m \cdot (H^2 + B^2) = 0,0833 \cdot 20 \cdot (170^2 + 90^2) = 61,66 \cdot 10^3, \text{ кг} \cdot \text{ мм}^2 \quad (2.44)$$

Масовий момент інерції дебаланса щодо осі, що перетинає вісь обертання і паралельної вищезгаданій, становить [6]

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		12

$$I_m = I'_m + m_{\vartheta} \cdot r^2 = 61,66 \cdot 10^3 + 20 \cdot 90^2 = 2237 \cdot 10^3, \quad (2.45)$$

Коефіцієнт впливу при розрахунку критичної кутової швидкості вала з одним консольно-розташованим дебалансом визначаються з виразів

$$\alpha = \frac{b_{\text{пр}}^2 \cdot (a_{\text{пр}} + b_{\text{пр}})}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{177,78^2 \cdot (121,6 + 177,78)}{3 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,56 \cdot 10^6} \cdot 10^{-3} = 0,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{с}^2}{\text{Н}} \quad (2.46)$$

$$\beta = \frac{(a_{\text{пр}}^2 + 3 \cdot b_{\text{пр}}^2)}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{(121,6^2 + 3 \cdot 177,78^2)}{3 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,56 \cdot 10^6} \cdot 10^{-3} = 38,76 \cdot 10^{-13} \frac{\text{с}^2}{\text{Н} \cdot \text{мм}^2} \quad (2.47)$$

$$\vartheta = \frac{b \cdot (2 \cdot a + 3 \cdot b)}{6 \cdot E \cdot I} = \frac{177,78^2 \cdot (2 \cdot 121,6 + 3 \cdot 177,78)}{6 \cdot 2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,56 \cdot 10^6} \cdot 10^{-3} = 0,56 \cdot 10^{-7} \frac{\text{с}^2}{\text{Н}} \quad (2.48)$$

Критична кутова швидкість вала з одним консольно-розташованим дебалансом становить

$$\begin{aligned} \omega_{k1} &= \left[\sqrt{\frac{1}{2} \cdot (\alpha_m - \beta \cdot I_m)} + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (\alpha_m - \beta \cdot I_m)^2 + m_{I_m} \cdot (\alpha\beta - \vartheta^2)} \right] = \\ &= \sqrt{\frac{1}{2} \cdot (0,56 \cdot 10^{-8} \cdot 20 - 38,76 \cdot 10^{-14} \cdot 233,7 \cdot 10^{-3}) +} \\ &+ \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (0,56 \cdot 10^{-8} \cdot 20 - 38,76 \cdot 10^{-14} \cdot 233,7 \cdot 10^{-3})^2 + 20 \cdot 233,7 \cdot 10^3 \cdot} \\ &\sqrt{[0,56 \cdot 10^{-8} \cdot 38,76 \cdot 10^{-14} - (4058 \cdot 10^{-14})^2]} = 2584, \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.49) \end{aligned}$$

Погонна маса і критична кутова швидкість вала без дебалансов визначаються з виразів [2]

$$\mu_B = \frac{m_B}{a} = \frac{17,3}{105} = 1,64, \frac{\text{Н}}{\text{мм}}; \quad (2.50)$$

$$\omega_{к.0} = \frac{\pi^2}{a_{\text{пр}}^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_n}{\mu_B}} = \frac{\pi^2}{101,6^2} \cdot \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^5 \cdot 2,56 \cdot 10^6}{0,142}} = 3896, \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.51)$$

Критична кутова швидкість вала з двома дебалансами становить

$$\omega_k = \frac{\omega_{к.0} \cdot \omega_{k1}}{\sqrt{2 \cdot \omega_{к.0}^2 + \omega_{k1}^2}} = \frac{3,896 \cdot 2584}{\sqrt{2 \cdot 3896^2 + 2584^2}} = 1653, \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (2.52)$$

Ставлення критичної кутової швидкості до робочої становить:

$$\frac{\omega_k}{\omega} = \frac{1653}{151,8} = 10,88 \approx \left[\frac{\omega_k}{\omega} \right] = 1,4; \quad (2.53)$$

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата			13

де $\left[\frac{\omega_k}{\omega}\right] = 1,4$ – допустима відбудова від критичної кутової швидкості.

2.6 Розрахунок підшипників

2.6.1 Розрахунок кута перекосу кілець

Сумарний допуск кута перекосу кілець підшипника складає

$$\delta_{\theta\Sigma} = \frac{K_{\theta\Sigma}}{K_{\Sigma}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^5 \delta_{\theta i}^2} = \frac{0,73}{0,91} \sqrt{(285 \cdot 10^{-6})^2 + (235 \cdot 10^{-6})^2 + (280 \cdot 10^{-6})^2 + (211 \cdot 10^{-6})^2 + (190 \cdot 10^{-6})^2} = 379 \cdot 10^{-6} \quad (2.54)$$

де $\delta_{\theta i}$, рад – допуски кута перекосу обумовлені відхиленнями розташування поверхонь деталей, пов'язаних з підшипниками кочення;

$K_{\Sigma} = 0,91$ – коефіцієнт що характеризує розсіювання сумарного вектора (при відсотку ризику 0,1);

$K_{\theta i} = 0,73$ – коефіцієнт відносного розсіювання випадкових величин для розподілу Гаусса.

Найбільший імовірнісний сумарний кут перекосу кілець підшипника визначається з виразу

$$\theta_{max} = \theta + \theta_{\Sigma} \quad (2.55)$$

Умова застосовності радіального роликопідшипника з короткими циліндричними роликами і модифікованим контактом має вигляд

$$\theta_{max} \leq [\theta], \quad (2.56)$$

где $\theta = 2326 \cdot 10^{-6}$ рад – допустимий кут перекосу кілець роликопідшипників з короткими циліндричними роликами з модифікованим контактом.

2.6.2 Оцінка надійності підшипників вібробудівника

Еквівалентне динамічне навантаження на підшипник кочення визначається з виразу [10]

$$P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_B \cdot K_T; \quad (2.57)$$

де $V = 1,2$ – коефіцієнт обертання кілець відносно вектора навантаження (обертається внутрішнє кільце);

F_r, F_a – відповідно радіальна і осьова навантаження;

$X = 1, Y = 0$ – відповідно коефіцієнти радіальної і осрової

навантаження;

$K_B = 1,3$ – динамічний коефіцієнт, що враховує характер навантаження на підшипник (помірні поштовхи, вібрація, короточасні перевантаження до 150% від розрахункового навантаження);

$K_T = 1$ – температурний коефіцієнт

$$P = (1,2 \cdot 1 \cdot F_r + 0) \cdot 1,3 = 1,56 \cdot F_r;$$

Динамічна вантажопідйомність підшипника 2314 становить [11]

$$C = C' \cdot 1,15; \quad (2.58)$$

де $C' = 1,23 \cdot 10^5$, Н – динамічна вантажопідйомність підшипника 92314.

$$C = 1,23 \cdot 10^5 \cdot 1,15 = 1,415 \cdot 10^5, \text{ Н}$$

90% ресурс розрахункового підшипника (відповідно до термінологією, але мінімальна довговічність в годинах яка за визначенням є довговічність підшипника при 90% надійності) визначається з виразу:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n_d} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3, \text{ ч}; \quad (2.59)$$

2.7 Розрахунок пружної системи

2.7.1 Механічні характеристики матеріалу пружини

1) Межі міцності по нормальних і дотичних напруженням відповідно

$$\sigma_B = 1600 \text{ МПа}; \tau_B = 1100 \text{ МПа};$$

2) Межі плинності по нормальних і дотичних напруженням відповідно

$$\sigma_B = 1600 \text{ МПа}; \tau = 900 \text{ МПа};$$

3) Межі циклічної міцності по дотичним напруженням при пульсуючому і симетричному (знакозмінному) циклі відповідно

$$\tau_0 = 700 \text{ МПа}; \tau_{-1} = 400 \text{ МПа};$$

4) Межі циклічної міцності за нормальними напруженням при пульсуючому і симетричному (знакозмінному) циклі відповідно

$$\sigma_0 = 1,25 \cdot \tau_0 = 1,25 \cdot 700 = 875 \text{ МПа}; \quad (2.60)$$

$$\sigma_{-1} = 1,25 \cdot \tau_{-1} = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ МПа}; \quad (2.61)$$

5) Модулі поздовжньої пружності і зсуву відповідно

$$E = 2,2 \cdot 10^5 \text{ МПа}; G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа};$$

1) Коефіцієнт Пуассона

$$\mu = 0,29$$

2.7.2 Розрахунок геометричних параметрів

Геометричні характеристики перерізу дроту:

1) Екваторіальний момент інерції

$$I = \frac{\pi \cdot d^3}{64} = \frac{\pi \cdot 14^3}{64} = 188,5 \text{ мм}^4 \quad (2.62)$$

Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк 16
-----	-----------	--------	------	--------------------	-----------

2) Вісьовий і полярний моменти опору відповідно

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 14^3}{32} = 269,4 \text{ мм}^3. \quad (2.63)$$

$$W_P = \frac{\pi \cdot d^3}{16} = \frac{\pi \cdot 14^3}{16} = 538,8 \text{ мм}^3; \quad (2.64)$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 14^2}{4} = 153 \text{ мм}^2. \quad (2.65)$$

Індекс пружини визначається з виразу

$$C = \frac{D_0}{d} = \frac{112}{14} = 8; \quad (2.66)$$

Зсув центру тиску в опорному витку визначається з виразу:

$$e = 0,56 \cdot D_0 \cdot \left(\frac{0,504}{\pi} + \frac{0,121}{\pi^2} + \frac{2,06}{\pi^3} \right) = 0,56 \cdot 112 \cdot \left(\frac{0,504}{\pi} + \frac{0,121}{\pi^2} + \frac{2,06}{\pi^3} \right) = 4,66 \text{ мм}; \quad (2.67)$$

2.7.3 Визначення жорсткостей пружини

Розрахунок поздовжньої, зсувної і згинальної жорсткості. Статичне навантаження на пружину визначається з виразу:

$$P_Z = \frac{M \cdot g}{K_{II}} \cdot k_M; \quad (2.68)$$

де $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – прискорення вільного падіння;

$k_M = 1,3$ – коефіцієнт запасу, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між пружинами.

$$P_Z = \frac{1310 \cdot 9,8}{8} \cdot 1,3 = 1926 \text{ Н};$$

Вісьова жорсткість

$$C_Z = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_0^3 \cdot n} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 14^4}{8 \cdot 112^3 \cdot 7,5} = 36,5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^3} \quad (2.69)$$

Вим	№докум.	Підпис	Дата	ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк 17
-----	---------	--------	------	--------------------	-----------

Статична осада пружини

$$\Delta = \frac{P_z}{c_z} = \frac{1926}{36,5} = 52 \text{ мм} \quad (2.70)$$

Висота робочих витків у вільному стані

$$H_0 = t \cdot k_M = 28 \cdot 7,5 = 211,5 \text{ мм}; \quad (2.71)$$

Висота робочих витків в статистиці

$$H = H_0 - \Delta = 211,5 - 5,2 = 206,3 \text{ мм}; \quad (2.72)$$

Жорсткості еквівалентного бруса при зсуві в висині відповідно визначаються з виразів

$$B_1 = \frac{8 \cdot E \cdot I \cdot H}{\pi \cdot i \cdot D_0^3} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1886 \cdot 159,5}{\pi \cdot 7,5 \cdot 112^3} = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (2.73)$$

$$B_2 = \frac{2 \cdot E \cdot I \cdot H}{\pi \cdot i \cdot D_0 \cdot (2 + \mu)} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1886 \cdot 159,5}{\pi \cdot 7,5 \cdot 112 \cdot (2 + 0,29)} = 218,9 \cdot 10^5 \text{ Н}. \quad (2.74)$$

Висновок співвідношень для розрахунку поперечної жорсткості з огляду на те, що площині витків пружини при плоскопаралельному вібропереміщенні залишаються паралельними, еквівалентний брус має жорстко закріплені кінці. У верхньому опором перетині ($z = H$) із заданою поперечною деформацією λ , відповідної горизонтальному вібропереміщенню точки спірання робочого органу, прикладене задане поздовжнє стискаюче навантаження P_z від сили тяжіння робочого органу, що викликає поздовжню деформацію (статичну осадку) Δ , реактивний момент M і поперечне навантаження Q , початок системи координат zOy поєднане з нижнім опорним перерізом бруса, вісь Oz спрямована вертикально вгору уздовж поздовжньої осі недеформованого еквівалентного бруса.

Диференціальне рівняння згинутої осі бруса має вигляд

$$B_2 \cdot \frac{d^2 y_M}{dz^2} = M(z), \quad (2.75)$$

де y_M – згинальна деформація,

$M(z)$ – функція згинального моменту

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата			18

На виток пружини діє поперечна сила від поздовжнього стиснення

$$Q_P = B_1 \cdot \frac{dy_P}{dz} = P_Z \cdot \frac{dy_P}{dz}, \quad (2.76)$$

де y_P – зрушення витка, обумовлений поперечною силою від поздовжнього стиснення.

З урахуванням предведущого вираження останній може бути представлений таким чином

$$y_P = \frac{P_Z}{B_1} y_M, \quad (2.77)$$

Поперечна навантаження S , крім витину, викликає також додатковий зсув y_s , описуваний диференціальним рівнянням

$$Q_s(x) = B_1 \cdot \frac{dy_s}{dx}, \quad (2.78)$$

де $Q_s(x) = const = S$ – функція поперечної сили від поперечного навантаження.

Беручи до уваги відсутність зсуву в нижньому перетині еквівалентного бруса ($y_s(0) = 0$) отримуємо інтеграл предведущого рівняння у вигляді

$$y_s = \frac{S}{B_1} z, \quad (2.79)$$

Поздовжній прогин деформованої осі пружини з урахуванням виразів (2.77) і

(2.79) складе

$$y = y_M + y_P + y_s = y_M \left(1 + \frac{P_Z}{B_1} z \right) + \frac{S}{B_1} z, \quad (2.80)$$

Функція згинального моменту з урахуванням виразу (2.79) набуде вигляду

$$M(z) = M - P_Z y - Sz = M - P_Z \left(y_M \left(1 + \frac{P_Z}{B_1} z \right) + \frac{S}{B_1} z \right) - Sz, \quad (2.81)$$

Підставивши (2.81) в (2.75) і позначивши

$$\frac{P_Z \left(1 + \frac{P_Z}{B_1} z \right)}{B_2} = K^2, \quad (2.82)$$

Отримаємо

$$\frac{d^2 y_M}{dz^2} + K^2 y_M = -K^2 \frac{S}{P_z} z + K^2 \frac{M}{P_z(1 + \frac{P_z}{B_1})}, \quad (2.83)$$

Уявімо загальний інтеграл рівняння в формі

$$y_M = C_1 \cos Kz + C_2 \sin Kz + \left(-\frac{S}{P}\right) z + \frac{M}{B_2 P_z} \quad (2.84)$$

З умов рівності нулю прогину і повороту перетину на нижньому кінці бруса ($y_M(0) = 0, \frac{dy_M}{dz}(0) = 0$) встановлюємо

$$C_1 = -\frac{M}{B_2 K}, \quad C_2 = \frac{S}{K P_z} \quad (2.85)$$

Тоді

$$y_M = -\frac{M}{B_2 K} \cos Kz + \frac{S}{K P_z} \sin Kz - \left(\frac{S}{P_z}\right) z + \frac{M}{B_2} \quad (2.86)$$

Введемо для спрощення записів додаткове позначення

$$\frac{KH}{2} = U, \quad (2.87)$$

З умови рівності нулю повороту перетину на верхньому кінці бруса

$$\left(\frac{dy_M}{dz}\right)(H) = 0$$

З виразів (2.86) визначимо реактивний момент

$$M = \frac{S B_2}{P_z} K t_g U, \quad (2.88)$$

С урахуванням виразів (2.80), (2.86) і (2.88) поперечна деформація λ пружини складе

$$\lambda = y(H) = S \left(\frac{2B_2 K}{P_z^2} (t_g U - U) + \frac{H}{B_1} \right), \quad (2.89)$$

Поперечна жорсткість пружини складе

$$c_y = \frac{S}{\lambda} \left(\frac{2B_2 K}{P_z^2} (t_g U - U) + \frac{H}{B_1} \right)^{-1}, \quad (2.90)$$

Підставами в вирази (2.82), (2.87), (2.90) чисельні значення

$$K = \sqrt{\frac{1926(1 + \frac{1926}{1,6 \cdot 10^4})}{218,99 \cdot 10^5}} = 992 \cdot 10^{-5}$$

$$U = \frac{992 \cdot 10^{-5} \cdot 159,5}{2} = 0,78$$

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			20

$$c_y = \left(\frac{2 \cdot 218,99 \cdot 10^5 \cdot 992 \cdot 10^{-5}}{192,6^2} \cdot \left(\tan 0,791 - 0,791 + \frac{159,5}{1,6 \cdot 10^4} \right) + \frac{159,5}{1,6 \cdot 10^4} \right)^{-1} =$$

28 Н/мм

Жорсткості пружної системи визначаються з співвідношень:

1) вертикальна

$$C_z = c_z \cdot K_n = 36,5 \cdot 8 = 292 \text{ Н/мм} \quad (2.91)$$

2) горизонтальна

$$C_y = c_y \cdot K_n = 28 \cdot 8 = 224 \text{ Н/мм} \quad (2.92)$$

Власні частоти вертикальних і горизонтальних коливань відповідно

$$p_z = \sqrt{\frac{C_z}{M}} = \sqrt{\frac{292 \cdot 10^3}{1200}} = 15,5 \text{ рад/с} \quad (2.93)$$

$$p_y = \sqrt{\frac{C_y}{M}} = \sqrt{\frac{224 \cdot 10^3}{1200}} = 13,66 \text{ рад/с} \quad (2.94)$$

2.7. Розрахунок діючих на пружину навантажень

1) Розрахунок амплітудних навантажень визначається по максимальній амплітуді вібропереміщення млина в стаціонарному режимі, при цьому амплітуди поздовжньої і поперечної деформації пружини відповідно складають

$$Z_a = \lambda_a = A = 6,1 \text{ мм} \quad (2.95)$$

Амплітуди поздовжньої і поперечної сил відповідно, діючих на пружину в стаціонарному режимі визначаються з виразів

$$\tilde{Z} = c_z Z_a = 36,5 \cdot 6,1 = 223 \text{ Н} \quad (2.96)$$

$$\tilde{S} = c_y \lambda_a = 28 \cdot 6,1 = 170,8 \text{ Н} \quad (2.97)$$

Кут підйому витка визначається з виразу (1.8)

$$\alpha = \arctg \frac{H}{\pi D_0 n} = \arctg \frac{159,5}{\pi \cdot 112 \cdot 75} = 3,45^\circ$$

Амплітуди згинальних моментів, що діють на пружину в стаціонарному режимі:

1) від заземлення в опорному перерізі бруса (формула (1.88))

$$\begin{aligned} \tilde{M} &= \frac{\tilde{P}_y B_2}{P_z} K \tan U = \frac{170,8 \cdot 218,99 \cdot 10^5}{1926} \cdot 992 \cdot 10^{-5} \cdot \tan 0,791 = \\ &= 19,48 \cdot 10^3 \text{ Нмм}, \end{aligned} \quad (2.98)$$

2) від наявності підйому витка і зміщення центру тиску в опорному витку на величину e

$$\begin{aligned} \tilde{M}_{\alpha e} &= \tilde{P}_z \left(\frac{D_0}{2} \sin \alpha + e \right) = 223 \left(\frac{112}{2} \sin 3,458 + 4,66 \right) = \\ &= 1792 \text{ Нмм}, \end{aligned} \quad (2.99)$$

3) Постійна складова згинального моменту, обумовленого наявністю підйому витка і зміщенням центру тиску в опорному витку

$$\begin{aligned} M_{\alpha e} &= P_z \left(\frac{D_0}{2} \sin \alpha + e \right) = 1926 \left(\frac{112}{2} \sin 3,458 + 4,66 \right) = \\ &= 15482 \text{ Нмм}, \end{aligned} \quad (2.100)$$

2.7.5 Оцінка циклічної міцності

2.7.5.1 Розрахунок параметрів вигинів напружень

Коефіцієнти враховують кривизну витка при крученні і вигині відповідно визначаються з виразів

$$K_k = \frac{4C+2}{4C-3} = \frac{4 \cdot 8+2}{4 \cdot 8-3} = 1,172 \quad (2.101)$$

$$K_{из} = \frac{4C-1}{4C-4} = \frac{4 \cdot 8-1}{4 \cdot 8-4} = 1,1 \quad (2.102)$$

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата			22

Амплітуди нормальних напружень:

1) від повороту опорного перетину

$$\sigma_{Aa} = \frac{\widetilde{M}_a}{W} K_{из} = \frac{19,48 \cdot 10^3}{269,4} \cdot 1,1 = 79,5 \text{ МПа}; \quad (2.103)$$

2) від наявності підйому витка і зміщення центру тиску в опорному витку

$$\sigma_{aea} = \frac{M_{ae}}{W} K_{из} = \frac{1792}{269,4} \cdot 1,1 = 7,317 \text{ МПа} \quad (2.104)$$

Амплітуди дотичних напружень:

1) від перерізують зусиль

$$\tau_{pa} = \frac{K_K \sqrt{S^2 + P_z^2}}{F} = \frac{1,172 \cdot \sqrt{223^2 + 70,8^2}}{153} = 2,15 \text{ МПа}; \quad (2.105)$$

2) від крутіння, обумовленого осьовим навантаженням

$$\tau_{Ka} = \frac{K_K \widetilde{P}_z \frac{D_0}{2}}{W_p} = \frac{1,172 \cdot 223 \cdot \frac{112}{2}}{538,8} = 27,16 \text{ МПа} \quad (2.106)$$

Постійні складові циклів напруг:

1) нормальних від повороту опорного перетину

$$\sigma_{Km} = 0 \quad (2.107)$$

2) нормальних від наявності підйому витка і зміщення центру тиску в опорному витку

$$\sigma_{aem} = \frac{M_{ae}}{W} K_{из} = \frac{15482}{269,4} \cdot 1,1 = 63,2 \text{ МПа}; \quad (2.108)$$

3) дотичних від перерізують зусиль

$$\tau_{pm} = \frac{K_K P_z}{F} = \frac{1,172 \cdot 1926}{153} = 14,6 \text{ МПа}; \quad (2.109)$$

4) дотичних, обумовлених крутінням від осьового навантаження

$$\tau_{Km} = \frac{K_K P_z \frac{D_0}{2}}{W_p} = \frac{1,172 \cdot 1926 \cdot \frac{112}{2}}{538,8} = 234 \text{ МПа} \quad (2.110)$$

Беручи до уваги допущення про синфазности деформацій, визначаємо параметри циклів нормальних і дотичних напружень відповідно:

1) амплітуди

$$\sigma_a = \sigma_{Aa} + \sigma_{aea} = 79,5 + 7,317 = 86,8 \text{ МПа}, \quad (2.111)$$

$$\tau_a = \tau_{pa} + \tau_{Ka} = 2,15 + 27,16 = 29,31 \text{ МПа}; \quad (2.112)$$

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			23

2) постійні складаючі:

$$\sigma_m = \sigma_{Am} + \sigma_{aem} = 0 + 63,2 = 63,2 \text{ МПа}, \quad (2.113)$$

$$\tau_m = \tau_{pm} + \tau_{km} = 21,6 + 234 = 255,6 \text{ МПа}; \quad (2.114)$$

екстремальні напруження:

$$\sigma_{max} = \sigma_m + \sigma_a = 63,2 + 86,8 = 150,2 \text{ МПа}, \quad (2.115)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_m - \sigma_a = 63,2 - 86,8 = -23,6 \text{ МПа}, \quad (2.116)$$

$$\tau_{max} = \tau_m + \tau_a = 255,6 + 29,31 = 285 \text{ МПа}, \quad (2.117)$$

$$\tau_{min} = \tau_m - \tau_a = 255,6 - 29,31 = 226,3 \text{ МПа}; \quad (2.118)$$

4) коефіцієнти асиметрії:

$$R_\sigma = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} = \frac{-23,6}{150,2} = -0,157, \quad (2.119)$$

$$R_\tau = \frac{\tau_{min}}{\tau_{max}} = \frac{226,3}{285} = 0,79. \quad (2.120)$$

2.7.5.2 Розрахунок коефіцієнтів запасу циклічної міцності

Приватні коефіцієнти запасу циклічної міцності визначаються з співвідношень:

1) за нормальними напруженням (при коефіцієнті асиметрії $R_\sigma < 0$):

$$\frac{1}{P_\sigma} = \frac{2\sigma_m}{\sigma_{-1}} + \frac{\sigma_a - \sigma_m}{\sigma_{-1}} = \frac{2 \cdot 63,2}{875} + \frac{86,6 - 63,2}{500} = 0,191, \quad (2.121)$$

звідки

$$P_\sigma = 5,22$$

2) по дозвільним напруженням (при $R_\tau = 0,1$):

$$P_\tau = \frac{\tau_a \tau_b}{\tau_b(1-R_\tau) + \tau_a R_\tau} \cdot \frac{1}{\tau_{max}} = \frac{700 \cdot 1100}{1100(1-0,79) + 700 \cdot 0,79} \cdot \frac{1}{285} = 3,45 \quad (2.122)$$

Загальний коефіцієнт запасу циклічної міцності визначається з виразу

$$P_{\text{ЭКВ}} = \frac{P_\sigma \cdot P_\tau}{\sqrt{P_\sigma^2 + P_\tau^2}} = \frac{5,22 \cdot 3,45}{\sqrt{5,22^2 + 3,45^2}} = 2,86, \quad (2.123)$$

$$[P_{\text{ЭКВ}}] = 1,$$

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата			24

$$P_{\text{ЭКВ}} > [P_{\text{ЭКВ}}],$$

де $[P_{\text{ЭКВ}}]$ – допустимий коефіцієнт запасу циклічної міцності.

2.7.5 Оцінка запасу за граничним ходом

Хід пружин від статички до граничного стиснення

$$\lambda_{\text{ст.пред}} = H - d \cdot n = 159,5 - 14 \cdot 7,5 = 54,5 \text{ мм}, \quad (2.124)$$

Що забезпечує запас амплітуди при перехідних процесах

$$K'_A = \frac{\lambda_{\text{ст.пред}}}{z} = \frac{54,5}{6,1} \approx 9, \quad (2.125)$$

Перевірка стійкості пружини

$$\frac{H_0}{D_0} = \frac{226}{112} = 2, \quad (2.126)$$

$2 > 3$ – небезпека параметра стійкості відсутній

2.7.6 Розрахунок навантажень, переданих на фундамент

Статичне навантаження на фундамент

$$Q = m_y \cdot g, \quad (2.127)$$

де $m_y = 1390$ кг – маса установки;

$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – прискорення вільного падіння

$$Q = 1390 \cdot 9,8 = 13600;$$

Амплітуди динамічних навантажень в стаціонарному режимі:

1) Вертикальної сили

$$\bar{Q}_z = C_z \cdot A = 292 \cdot 6,1 = 1780 \text{ Н}; \quad (2.128)$$

2) Горизонтальної сили

$$\bar{Q}_y = C_y \cdot A = 224 \cdot 6,1 = 1366 \text{ Н}; \quad (2.129)$$

Пікові значення динамічних навантажень в перехідних процесах з урахуванням передбачуваного п'ятикратного збільшення амплітуд коливань

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			25

визначаються з виразів.

$$\bar{Q}'_z = \bar{Q}_z \cdot A = 1780 \cdot 6,1 = 10900 \text{ Н}; \quad (2.130)$$

$$\bar{Q}'_y = \bar{Q}_y \cdot A = 1366 \cdot 6,1 = 8330 \text{ Н}. \quad (2.131)$$

2.7.2. Енергетичний розрахунок вібропривода

Збудююче зусилля вібропривода становить

$$F_a = F_r \cdot 4 = 422284 \cdot 4 = 1700000 \cdot 10^5 \text{ Н}; \quad (2.132)$$

Максимум середньої потужності, яка може бути реалізована вібробудувачем в даних умовах, визначається з виразів:

1) На підтримку вібрацій уздовж осі z

$$\max N_{срz} = \frac{F_a \cdot \omega^2}{4 \cdot M \cdot [P_z^2 - \omega^2]} = \frac{1,7 \cdot 10^5 \cdot 151,8^2}{4 \cdot 1200 \cdot [15,52^2 - 151,8^2]} = 35 \text{ Вт}; \quad (2.133)$$

2) На підтримку вібрацій уздовж осі y

$$\max N_{сру} = \frac{F_a \cdot \omega^2}{4 \cdot M \cdot [P_y^2 - \omega^2]} = \frac{1,7 \cdot 10^5 \cdot 151,8^2}{4 \cdot 1200 \cdot [13,66^2 - 151,8^2]} = 35,6 \text{ Вт}; \quad (2.134)$$

3) Сумарна

$$\max N_{ср} = \max N_{срz} + \max N_{сру} = 35 + 35,6 = 70,6 \text{ Вт}. \quad (2.135)$$

Розрахунок потужності, необхідної для компенсації втрат на тертя в підшипниках вібробудувача. Момент тертя в підшипнику становить

$$M_T = F_r \cdot \mu_T \cdot \frac{d}{2} = 422284 \cdot 0,0011 \cdot \frac{0,07}{2} = 1,62 \text{ Нм}, \quad (1.136)$$

де $\mu_T = 0,0011$ – коефіцієнт тертя роликового підшипника, приведений до діаметру валу.

Потужність, необхідна для компенсації втрат на тертя в підшипниках, становить

$$N_T = 4 \cdot M_T \cdot \omega = 4 \cdot 1,62 \cdot 151,8 = 983 \text{ Вт}. \quad (2.137)$$

Сумарна потрібна потужність в стаціонарному режимі

$$N_{ср} = \max N_{ср} + N_T = 70,6 + 983 = 1,05 \cdot 10^3 \text{ Вт} < N_\theta =$$

									ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата						26

$$= 15 \cdot 10^3 \text{ Вт} \quad (2.138)$$

2.8 Перевірка двигуна за умовою запуску

Пусковий момент при запуску визначається з виразу

$$M_3 = \sum mr \cdot g = 4 \cdot 1,835 \cdot 9,8 = 71,9 \text{ Нм} \quad (2.139)$$

Пускової момент електродвигуна складає

$$M_{д.п} = K_d \cdot \frac{N_d}{\omega} = 1,4 \cdot \frac{15 \cdot 10^3}{157,8} = 138,33 \text{ Нм} \quad (2.140)$$

Таким чином,

$$M_3 = 71,9 < M_{д.п} = 138,33. \quad (2.141)$$

Конструкторський розділ виконаний на підставі заданих вихідних вимог.

Основними результатами розробки є:

- 1) Розроблено конструкцію двохбарабанної горизонтальної вібраційного млина.
- 2) Виходячи з досвіду експлуатації млинів цього типу обрані параметри вібрації - це амплітуда і частота.
- 3) З огляду на продуктивність млина обрані параметри вібробудника і двигуна.
- 4) Розрахунковим шляхом отримані розрахунки необхідні для амплітуди і частоти коливань сумарна споживана потужність в стаціонарному режимі роботи млина.

2.9 Експлуатація млина

2.9.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечні і шкідливі виробничі фактори поділяють на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. В даному проекті найбільш

									ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата						27

істотними є фізичні фактори. До фізичних чинників відносять такі: вібруючі механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання; підвищений рівень шуму і вібрації; відсутність або нестача природного світла; недостатню освітленість і т.д. Захисні заходи потрібно застосовувати і від небезпеки впливу на людину електричного струму (змінного і постійного).

2.9.2 Установка млина на місці експлуатації

Основними вимогами техніки безпеки при розміщенні машин і механізмів є: стійкість при роботі і переміщенні; огорожа для всіх рухомих і обертальних частин. На кордонах небезпечних зон встановлені огорожі з сіток, висотою 1,3 м. Огородження пофарбовані в червоний колір. В даному випадку небезпечна зона - це зона біля вібробудника і обертальної муфти. Муфта повинна закриватися кожухом або ґратами.

До місця монтажу млина доставляється в розібраному вигляді, в складі двох блоків:

- 1) рухомої маси опорної рами (між кронштейнами рамою рухомої маси встановлені дерев'яні розпірки, що оберігають пружини від поломки при транспортуванні);
- 2) електродвигуна з рамою і циліндрової муфтою.

При монтажі необхідно витягти розпірки і за допомогою гвинтових шурупів забезпечити співвісність вала електродвигуна з валами вібробудників.

2.9.3 Захист від шуму та вібрації

У даній вібраційного млина застосовується механічне управління, що не дозволяє робітникам стежити за роботою машини поза зоною дії шуму.

Джерела шуму: електродвигун, вібробудник, помольні камери, що

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		28

2.9.6 Пуск млина

Пуск млина з помольними камерами для роботи на прохід виробляється вхолосту і лише після того, як вали віброзбудників матимуть номінальну частоту обертання, включиться подача матеріалу. Дуже важливо, щоб напруга в мережі було стабільною, бо при зниженні напруги струму електродвигун не розвинеться необхідного числа обертів і може згоріти. При нормальному запуску рухлива маса на початку робить кілька повільних хитань, після чого частота його коливань швидко збільшується і електродвигун набирає необхідну кількість обертів. Якщо ж після включення електродвигуна рухлива маса зробила кілька повільних хитань і продовжує так само тойдатися, не збільшуючи частоти коливань, двигун потрібно відразу вимкнути і усунути перешкоди.

Для забезпечення безперебійної роботи млина необхідно також систематичне спостереження за підшипниками. При зовнішньому профілактичному огляді підшипникових вузлів перевіряється температура корпусів підшипників та безшумність роботи. У нормальних умовах нагрівання підшипників не повинен бути більше 80-90 °С, перевищувати температуру навколишнього середовища більше ніж на 50-60 °С.

Негативно позначаються на роботі поперечні та поздовжні перекуси рухомої маси. Вони призводять до нерівномірного навантаження на пружини. Всі пружини повинні мати однакову осадку.

2.9.7 Негайна зупинка млина

Млин підлягає негайній зупинці в наступних випадках:

- 1) при появі тріщин в конструкції або виході з ладу хоча б однієї пружини пружною системою.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		30

2) при виникненні стукотів або різкого шуму в муфті.

2.9.8 Характерні несправності та методи їх усунення

Ознака: Нагрівання підшипникових вузлів вібробудників понад 90°C

Ймовірні причини:

- 1) Мало мастила в підшипникових вузлах
- 2) Вихід з ладу підшипників
- 3) Надмірне заповнення корпусу підшипників мастилом
- 4) Застосування невідповідного сорту мастила

Спосіб усунення:

- 1) Додати мастило
- 2) Замінити відмовив підшипник
- 3) Прибрати зайву мастило
- 4) Змінити мастило
- 5) Розібрати підшипниковий вузол, промити і змінити мазку

2. Ознака: Підкавання мастила в підшипникових вузлах

Ймовірні причини:

- 1) Надмірне переповнення корпусу підшипників мастилом
- 2) Вихід з ладу ущільнення
- 3) Застосування невідповідного сорту мастила

Спосіб усунення:

- 1) Прибрати зайву мастило
- 2) Замінити ущільнення
- 3) Змінити мастило

3. Ознака: Електродвигун повільно набирає обертів, сильно гуде, гріється, зупиняється під час пуску і в процесі роботи

Ймовірні причини:

- 1) Задіяння ротора внаслідок зносу підшипників

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			31

значною мірою залежить від справності підшипникових вузлів вибровозбудителів. Температура корпусів нормально працюють підшипників не повинна перевищувати 90С. При досягненні зазначеної температури необхідно припинити роботу і усунути причину нагрівання. Необхідно перевірити за тим, щоб не засмічувалися маслянки, контролювати відсутність тріщин і прорив еластичних елементів пелосткової і компенсаційної муфт, при виявленні вказаних дефектів еластичні елементи підлягають заміні. Температура нагріву корпусу працюючого електродвигуна не повинна перевищувати 80С, при перевищенні млина вимкнути, виявити і усунути причину і дати можливість електродвигуну охолонути;

2) пружну систему - при зупинці слід звернути увагу на стан пружин. При виявленні тріщин останні замінити;

3) болтові з'єднання - повинні перебувати під постійним наглядом і щодня перевірятися. Характерною особливістю ослабленого кріплення є підвищений шум, дрижання і удари при роботі млина. Несвоєчасне усунення зазначених несправностей може привести до серйозних поломок вузлів виробу.

2.9.11 Порядок оглядів

Огляди - ревізії млина повинні проводитися щомісяця з метою перевірки його стану, усунення несправностей і попереднього виявлення обсягу робіт, що підлягають виконанню при черговому плановому ремонті.

Огляди - ревізії включають в себе наступні роботи:

- 1) повний обсяг перевірки млина при міжремонтний обслуговуванні;
- 2) візуальну перевірку зварних швів;
- 3) перевірку стану електропроводки та заземлення;

виявлення дефектів, що вимагають усунення при найближчому

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			34

плановому ремонті;

5) мастило електродвигуна відповідно до вказівок його паспорта.

Всі роботи, проведені в результаті огляду, а також терміни виконання та трудомісткості робіт повинні бути зафіксовані в експлуатаційному журналі.

2.9.12 Правила проведення ремонтних робіт вібраційного млина

На проведення робіт, пов'язаних з допуском людей до млина для огляду або проведення ремонтних робіт, оформляється наряд-допуск, роботи проводяться відповідно до проекту виконання робіт. При цьому необхідно дотримуватися таких вимог:

а) помольні камери, їх конструкції повинні бути повністю очищені від матеріалу і провітрені. Повинен бути організований контроль за станом повітряного середовища в камерах;

б) має бути забезпечено постійне спостереження осіб технічного нагляду та обов'язкове проведення інструктажу робітників відповідно до виробничих інструкцій по безпечному веденню робіт в камерах;

в) перед допуском робочого до млина необхідно зупинити живильник, відключити і повісити плакати: «Не вмикати! Працюють люди! », Розібрати електричні схеми, знеструмити приводи попереднього і подальшого технологічного обладнання;

г) робота з млином може здійснювати одна людина;

д) працівники забезпечуються ізолюючими ЗІЗ органів дихання;

ж) при виникненні небезпеки для працюючих з млином людей їх слід негайно видалити;

з) в освітленні повинні застосовуватися лампи напругою не вище 12 В.

Установка помольних камер повинна передбачати можливість обслуговування їх з обох сторін.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			35

Конструкція млина передбачає систему сигналізації а також систему автоматичної зупинки і відключення приводу від джерел енергії при аварійних ситуаціях.

Органи управління млином безпечні і зручні, які не потребують значних зусиль для роботи, виключають можливість самовільного включення і відключення обладнання.

Електроустановки укомплектовані випробуваними, готовими до використання захисними засобами, а також засобами надання першої медичної допомоги.

Безпека працівників та інших осіб при експлуатації електроустановок забезпечується шляхом: застосування належної ізоляції, в окремих випадках - підвищеної; застосування подвійної ізоляції; дотримання відповідних відстаней до струмоведучих частин або шляхом закриття, огороження струмоведучих частин; застосування блокування апаратів і захисних пристроїв для запобігання помилкових операцій і доступу до струмоведучих частин; надійного і швидко-діючого автоматичного відключення частин електрообладнання, які випадково опинилися під напругою, і пошкоджених ділянок мережі, в тому числі захисного відключення; заземлення або занулення корпусів електроустаткування і елементів електроустановок, які можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції; вирівнювання потенціалів; застосування роз'єдлових трансформаторів; застосування попереджачої сигналізації, написів і плакатів; застосування пристроїв, що знижують напруженість електричних полів; використання засобів захисту і пристосувань, в тому числі для захисту від впливу електричного поля в електроустановках, в яких його напруженість перевищує допустимі норми.

Для захисту працівників від шуму на устаткуванні повинна застосовуватися звукоізоляція елементів і злів за допомогою протизвукових пристроїв (кожухів, екранів інших).

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ докум.	Підпис	Дата		37

Поверхні органів управління, призначених для дії в аварійних ситуаціях, повинні бути пофарбовані в червоний колір.

Частини млина, що представляють небезпеку для працівників і які за їх функціональним призначенням не можуть бути закриті кожухом, щитком і іншим захисним пристосуванням, повинні бути пофарбовані в сигнальні кольори з установкою знаків безпеки. Допоміжні операції (прибирання, мастило, чистка, регулювання огорожувальних, запобіжних та інших пристроїв), а також роботи з технічного обслуговування і ремонту млина виконуються після їх виключення відповідно до Міжгалузевими загальними правилами з охорони праці.

При цьому машину відключають від всіх джерел енергії та вживають заходи проти випадкового включення. Не допускається очищення (прибирання) млини шляхом обдування стисненим повітрям.

Якщо млин зупиняється на тривалий час (наприклад, при сезонній роботі), все її вузли підлягають консервації, що включає їх очищення і мастило.

2.9.14.1 Електробезпека

Електробезпека - система організаційних, технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики.

Оператор повинен стежити за тим, щоб електродвигуни та кожухи електрообладнання були заземлені. Робота при несправності захисного заземлення забороняється.

У пускового пристосування на підлозі покладено гумовий килимок.

Забороняється проводити ремонт, не відключивши електродвигун машини. Включення і вимикання електродвигуна вібраційного млина повинно

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			38

проводитися оператором в гумових рукавичках.

Пускати в хід електродвигун можна, тільки переконавшись у повній справності всіх механізмів і електричної частини і в відсутності людей біля них.

При надмірному нагріванні електродвигуна, іскрінні на контактних щетках необхідно припинити роботу млина і викликати електромонтера для виправлення.

Усунення несправностей в електрообладнанні і ремонт його буде змінним майстром-електриком.

Для електродвигуна повинні передбачатися також захист від струмів перевантаження та нульовий захист.

У всіх випадках відключення мережі захистами допускається застосування пристрою автоматичного повторного включення (АПВ) одноразової дії, а також застосування пристроїв автоматичного включення резерву (АВР) за умови застосування апаратури з пристроями блокування проти подавання напруги на лінії та електроустановки при пошкодженні їх ізоляції відносно землі та короткого замикання .

Заземлення підлягають металеві частини електротехнічних пристроїв, що не знаходяться під напругою, але які можуть опинитися під напругою у разі пошкодження ізоляції, а також трубопроводів, сигнальні троси та ін.

Заземлення корпусу електродвигуна і іншого електроустаткування, встановленого на платформах, здійснюється за допомогою з'єднання їх із загальною мережею заземлення за допомогою заземлювальних жил живильних кабелів.

Заземлювальну по обидва боки приєднується до внутрішніх заземлювальних затискачів в кабельних муфтах і ввідних пристроях.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			39

2.9.14.2 Пожежна безпека при експлуатації млина

Масляні ганчірки й обтиральні матеріали слід зберігати в спеціальних металевих ящиках з кришками і своєчасно видаляти їх.

Оператор зобов'язаний знати способи гасіння пожеж вогнегасниками, напіском і іншим. У разі загоряння проводів, електродвигуна і разом із цим приладом необхідно вимкнути струм і гасити пожежу сухим піском.

У приміщенні повинен знаходитися порошковий або вуглекислотний вогнегасник, а також ящик з піском. Техніка безпеки при ремонтно-монтажних, зварювальних роботах

Всі ремонти, пов'язані з порушенням цілісності металоконструкцій, проводяться з дозволу головного механіка підприємства в присутності особи технічного нагляду. На всі види ремонтних робіт складаються відповідні інструкції, а також технологічні карти, проекти проведення робіт, передбачаються також необхідні пристрої і інструменти. Перед початком робіт призначається відповідальна людина, а всі виконавці робіт ознайомлюються з інструкціями під розпис.

У разі підйому або його частини, маса яких перевищує 50 кг, переміщуються підйомно-транспортними пристосуваннями. Вантажопідйомність підйомно-транспортних механізмів відповідає масі найбільш масивних деталей або машин в цілому. При підйомі габаритних частин робота керує майстер або бригадир. При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт команду кранівнику подає лише одна людина.

Не допускається використання технічних засобів, термін технічного опосвідчення яких закінчився. До ремонту обладнання необхідно приступати після його якісного очищення і розбирання електричної схеми.

При одночасному виконанні ремонту машини електроприводу розробляються способи для забезпечення безпеки робіт.

Всі зміри ремонтно-монтажного маднання передбачають розміщення

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ док.ум.	Підпис	Дата		40

встановлення і усунення причин поганої роботи.

2.9.14 Індивідуальні засоби захисту

Для додаткового захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів, робочі цеху забезпечуються спеодягом і запобіжними пристосуваннями:

Для захисту працюючих від механічних впливів і загальних виробничих забруднень використовуються спеціальний костюм.

Для захисту від середньо- і високочастотного шуму застосовують навушники протипумні.

Для захисту голови працюючих в приміщенні і на відкритому повітрі використовують каску захисну текстолітову.

Як засоби індивідуального захисту від вібрації застосовують спеціальне взуття на товстій гумовій підошві.

Засобом захисту рук від механічних впливів є рукавиці бавовняні з накладками з текстіна.

Робітники, що обслуговують машину, повинні бути одягнені в справну одяг. Забороняється одяг з довгими і широкими полами і рукавами, які можуть бути захоплені обертовими частинами машини.

Перед початком роботи всі робочі упорядковують одяг, надягають каски, перевіряють справність засобів індивідуального захисту.

2.9.14.5 Вимоги санітарних норм до санітарно-побутових приміщень

Приміщення санітарно-побутові, громадського харчування та здорові пункти на підприємстві влаштовують відповідно «Адміністративні та побутові будівлі». Допоміжні приміщення розміщують в прибудовах до виробничих будівель, які повідомляються з виробничими приміщеннями за

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата			42

допомогою шлюзів, коридорів.

Побутові приміщення розміщені в напівпідвальних і підвальних поверхнях при наявності в них вентиляції з механічним спонуканням. Для працюючих в неопалюваних виробничих приміщеннях і складах, гардеробні, душові та вбиральні розташовані в сусідніх будівлях. У цьому випадках переходи не влаштовують. Склад санітарно-побутових приміщень по групі Ів виробничих процесів небезпеки. Всі побутові приміщення тримаються в чистоті, регулярно дезінфікують.

Душові приміщення обладнані кабінами, змішувачами холодної і гарячої води, дерев'яними підлоговими решітками. Є переддушові кімнати з лавками і вилпалками.

Вбиральні обладнані тамбурами з такими, що зачиняються дверима і умивальниками.

Приміщення для особистої гігієни жінок обладнані місцями для переодягання, процедурними кабінами розміром з гігієнічними сантехнічним пристосуваннями. Приміщення для венилювання, прання та ремонту спецодежды обладнані на всіх підприємствах. Для прання робочого одягу передбачені пральні.

Курильні розміщені поруч з вбиральнями. Площа курильної становить 9 м². За узгодженням з пожежною охороною на підприємстві виділені місця для куріння, обладнані урнами з водою, ящиками з бачком і ін.

Здорові пункти передбачені на підприємстві за обліковим числом 300 чоловік і більше. До складу здорові пункту входить вестибюль, перев'язочна, кабіна для прийому хворих, кімната чергового медичного персоналу, комора, вбиральня з умивальником.

Приміщення громадського харчування - це їдальні, буфети з відпусткою гарячих страв, кімнати для прийому їжі. При столових передбачені умивальники та туалети.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ док.ум.	Підпис	Дата		43

2.9.14.6 Безпека при надзвичайних ситуаціях

При виконанні даної дипломної роботи передбачаються питання безпеки (засоби та техніка безпеки) і цілий ряд інших заходів по які допущенню НС, а також питання безпеки при їх виникненні. На етапі проектування, виготовлення, монтажу та встановленню обладнання користуються ГОСТами і санітарними нормами, що забезпечують безпеку при НС, а саме дотримуються відповідно до Держстандарту проходи між обладнанням і стінами приміщення, між обладнанням (див. Розділ розміщення обладнання), для попередження загоряння електропроводки, інженерні заходи з електробезпеки (див. розділ електробезпека), захисне заземлення, запобіжна сигналізація і т.д. Залежно від пожежо-і вибухобезпеки виробництва і технологічного процесу передбачені протипожежний захист, а також засоби пожежогасіння.

На випадок, коли виникає НС передбачені шляхи евакуації людей за розробленою схемою (схема приведена на видному місці приміщення, там же вказані і запасні виходи з цього приміщення).

З усіма цими заходами знайомлять працюють в цих приміщеннях під час прийому на роботу.

2.9.14.7 Вказівка заходів безпеки

- 1) Весь обслуговуючий персонал повинен пройти інструктаж по техніці безпеки і ознайомитися з цією інструкцією, про що робиться відповідний запис у журналі реєстрації інструктажів.
- 2) Млин повинен бути заземлений не менше, ніж в двох місцях (Електродвигун, рама млина). Заземлюючі пристрої повинні відповідати вимогам, викладеним у «Правилах налаштуваннях електроустановок».
- 3) Забороняється проводити будь-які ремонтні роботи або заміни частин під час роботи млина.

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		44

При виконанні цих робіт на пусковий апаратурі повинна бути вивішена попереджувальна табличка «Не включати - працюють люди».

4) Забороняється працювати на несправному машині, а також при знятих кожухах дебалансов і незатягнутому кріпленні.

Відзначено наступні заходи при підготовці млини до експлуатації і в процесі її роботи. При монтажі млини передбачена виброізоляція її рами і співвісність валів Вібропривід і двигуна при цьому конструктивно передбачена установка шпестикової муфти, яка допускає несоосность при коливанні робочого органу млина щодо рами, забезпечує плавний запуск млини і можливість коливань робочого органу із заданою амплітудою. При устатковці запуску млина ці параметри перевіряються.

Передбачені правила техніки безпеки, які полягають у перевірці амплітудно-частотного режиму роботи млина в холостому режимі і під навантаженням. Параметри вібрації, що передаються на опори, а також рівень продуктивного шуму.

2.10 Економічна доцільність

2.10.1 Розрахунок режимного фонду

Режимний фонд робочого часу підприємства визначається з виразу:

$$T = [(T_1 - T_2 - T_3) - (n_1 t_1 + n_2 t_2)] \cdot n = [(365 - 104 - 10) \cdot 8 - (0 \cdot 1 + 0 \cdot 1)] \cdot 1 = 2004 \text{ ГОД}, \quad (2.142)$$

T - режимні фонд часу підприємства за період, год;

$T_1 = 365$ - число календарних днів в періоді;

$T_2 = 104$ - число вихідних днів у періоді;

$T_3 = 10$ - число святкових днів у періоді;

$t = 8$ - тривалість робочої зміни, год.;

$n_1 = 0$ - число передвихідні днів в періоді;

$n_2 = 1$ - скорочення тривалості робочої зміни в передвихідний день, год.;

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		45

де $A_i = 1$ – число використаних машин (агрегатів) i -го типу;

T' – режимний фонд часу, год.;

$N_i = 4,6$ т/год – технічна продуктивність машини i -го типу;

$\gamma_i = 1$ – вихід готового продукту i -го типу;

n – число типів провідних машин.

2.10.3 Розрахунок одноразових і експлуатаційних витрат

Розрахунок одноразових і експлуатаційних витрат у виготовловача нових засобів праці. При порівнянні розглянутих варіантів базової і нової техніки притомі капітальні вкладення у виробничі фонди у виробника, що надають на одиницю виробу, визначаються з виразу: – базова техніка

$$K_0 = a \cdot C_1 = 0,8 \cdot 103846 = 83077 \text{ грн.} \quad (2.146)$$

– нова техніка

$$K_n = a \cdot C_2 + \frac{K_{III}}{N_2} = 1,26 \cdot 74769 + \frac{6300}{1} = 109508,94 \text{ грн.}, \quad (2.147)$$

де a – вартість виробничих фондів заводу-виготовловача на одну одиницю товарної продукції, грн/грн (приймається в межах 1,2 до 2,12 грн/грн);

C_1 – собівартість виготовлення базової техніки, грн;

C_2 – собівартість виготовлення одиниці нової техніки, грн;

K_{III} – виробничі витрати у виробника нової техніки, грн.

$$K_{III} = \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 7000 \cdot 0,9 = 6300 \text{ грн.}, \quad (2.148)$$

де $\kappa_1 = 7000$ грн. – виробничі витрати на аналогічну розробку;

κ_2 – коефіцієнт складності виготовлення нової техніки;

$N_2 = 1$ – річний обсяг виробництва нової техніки,

Собівартість виготовлення базової техніки:

$$C_1 = \frac{Ц_1}{1 + R_H} = \frac{135000}{1 + 0,3} = 103846 \text{ грн.} \quad (2.149)$$

де $Ц_1 = 135000$ грн. – ціна одиниці базової техніки;

R_H – прийнятий норматив рентабельності.

										ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ док.ум.	Підпис	Дата							47

Собівартість виготовлення нової техніки розраховується по калькуляційних статтях витрат. Укрупнену собівартість нової техніки можна визначити з виразу:

$$C_2 = \kappa \cdot C_1 \cdot \kappa_2 = 0,8 \cdot 10346 \cdot 0,9 = 74769 \text{ грн.} \quad (2.150)$$

де κ – коефіцієнт приведення до порівнює фактору.
 C_1 – ціна одиниці нової техніки, грн.

$$C_2 = C_2(1 + R_H) = 74769 \cdot (1 + 0,3) = 97200 \text{ грн} \quad (2.151)$$

2.10.4 Розрахунок одноразових (капітальних) і експлуатаційних витрат

Розрахунок одноразових (капітальних) і експлуатаційних витрат споживача нової техніки. Капітальні витрати у споживача нової техніки K_{II} рекомендується розраховувати за формулою:

$$K_{II} = K_1 + K_2 + K_3 = 119000 + 7200 + 1181 = 127381 \text{ грн.} \quad (2.152)$$

де $K_1 = 119000$ грн. – балансова (первинна) вартість;

$K_2 = 7200$ грн. – вартість необхідних виробничих площ (обсягу) для розміщення техніки;

$K_3 = 1181$ грн., інші капітальні вкладення.

Балансова (первинна) вартість (K_1) визначається з виразу:

$$K_1 = C + TZR + M = 97200 + 700 + 13000 = 109900 \text{ грн.} \quad (2.153)$$

де C – ціна нової техніки, грн;

$TZR = 700$ грн. – транспортно-заготівельні витрати на доставку, зберігання та комплектацію обладнання;

$M = 13000$ грн. – витрати, пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт по установці і налагоді нової техніки у споживача.

Витрати на транспортно-заготівельні витрати і виконання будівельно-монтажних робіт приймають у відсотках до ціни нової техніки на підставі аналізу структури витрат по аналогу або складання кошторису витрат.

									ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ док.ум.	Підпис	Дата						48

Капітальні вклади в виробничі площі (K_2) визначаються з виразу:

$$K_2 = 8 \cdot 2 \cdot 450 = 7200 \text{ грн}, \quad (2.154)$$

де f – коефіцієнт, що враховує проектні вимоги розміщення обладнання;

$K_1 = 8 \text{ м}^3$ – розмірна (об'ємна) характеристика обладнання;

K_2 – середня питома вартість виробничої площі, грн/м²;

K_3 – інші капітальні вкладення визначаються укрупнено у відсотках від суми ($K_1 + K_2$).

Примітка: витрати на монтаж обладнання приймаються в межах 20-45%, а транспортно-заготівельні витрати в розмірі 7-8% від ціни обладнання.

2.10.5 Розрахунок експлуатаційних витрат

Розрахунок експлуатаційних (поточних) витрат у споживача при використанні базової і нової техніки. Розрахунок поточних витрат у споживача ведеться за основними калькуляційними статтями витрат і здійснюється в такій послідовності:

• Витрати за статтею «Матеріали» визначаються з виразу

$$C_2 = \sum_{i=1}^m C_i \cdot H = (20 \cdot 10 + 15 \cdot 3 + 15 \cdot 8 + 30 \cdot 3 + 25 \cdot 15 + 150 \cdot 3 + 26 \cdot 5000) = 131610, \text{ грн} \quad (2.155)$$

де $C_i = 5000 \text{ грн/т}$ – ціна i -го виду матеріального ресурсу;

$H = 3250 \text{ грн}$ – питома витрата (норма) i -го виду матеріального ресурсу в натуральних одиницях виміру;

m – види споживаних матеріальних ресурсів (метал, електрообладнання)

• Витрати за статтею «Енергія на технологічні потреби». Тут визначаються витрати на всі види енергії, що споживається:

При використанні диференційованих тарифів ціна за вартість електроенергії в собівартості продукції визначається з виразу:

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		Недокум.	Підпис	Дата		49

$$C_3 = \left[\left(\frac{\sum P \cdot k_3 \cdot k_0}{\cos \varphi} \cdot T \right) \cdot (k_1 m_1 + k_2 m_2 + k_3 m_3) \right] = \quad (2.156)$$

$$= \left[\frac{5 \cdot 0,92 \cdot 0,5}{0,92 \cdot 0,8} \cdot 2792 \cdot (0,291 \cdot 0,45 + 0,5 \cdot 0,98 + 0,209 \cdot 0,6) \right] = 4957,2 \text{ грн}$$

де $\sum P = 5$ – суммарна потужність струмоприймачів, кВт;
 $\cos \varphi$ – середньозважений коефіцієнт, враховуючий ефективність використання потужність (0,92);

k_3 – коефіцієнт завантаження струмоприймачів;

k_0 – коефіцієнт одночасної роботи струмоприймачів (0,35 - 0,95);

T – номінальний фонд робочого часу, год;

$\gamma = 0,8$ – коефіцієнт корисної дії електромережі на підприємстві;

k_1, k_2, k_3 – коефіцієнти, що відображають частку нічного напівпікового і пікового часу доби відповідно ($k_1 = 0,291$; $k_2 = 0,5$; $k_3 = 0,209$); m_1, m_2, m_3 – тарифи плати за електроенергію, яка споживається в нічний, підлозі пікове і піковий час доби відповідно ($m_1 = 0,45$ грн/кВт-ч; $m_2 = 0,98$ грн/кВт-ч; $m_3 = 0,6$ грн/кВт-ч);

• Витрати за статтею «заробітна плата основна і додаткова» визначається за формулою:

$$C_4 = \left\{ \left[\left(\sum_{i=1}^n A_i \cdot H \cdot k_i \cdot c \right) \cdot \frac{\sum_{i=1}^m k_i \cdot R_i}{\sum_{i=1}^m R_i} \cdot D \cdot T \right] \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{1+100} \right) \right\} \cdot k_2 \cdot k_3 \quad \text{грн,} \quad (2.157)$$

$$= \left\{ \left[(1,1 \cdot 34,1) \cdot \left(\frac{2 \cdot 1 + 2 \cdot 1}{2} \right) \cdot 6,23 \cdot 2160 \right] \cdot \left(\frac{20}{1+100} \right) \cdot 1,25 \cdot 1,1 \right\} = 59407,405$$

$\sum A_i$ – кількість робочих місць і-го типу;

H – норма обслуговування I - го обладнання;

k_1 – коефіцієнт облікового складу;

c – кількість робочих змін;

k_i – тарифний коефіцієнт і-го розряду;

R_i – кількість робочих і-го розряду, чел;

$m = 1$ – число розрядів;

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим	№докум.	Підпис	Дата			50

$D = 10,94$, 24 робочих дні-тарифна ставка 1-го розряду, грн / год;

$T = 2160$, режимний фонд робочого часу одного робітника, год / рік;

$\alpha = 20$ – коефіцієнт преміальних доплат, %;

K_5 – коефіцієнт додаткової заробітної плати (1,25–1,4);

K_6 – коефіцієнт, що враховує оплату праці обслуговуючого і керуючого персоналу (1,1–1,15).

• Нарахування на заробітну плату визначається як добуток витрат за статтею «Заробітна плата основна і додаткова» і встановленого чинним законодавством «Нормативом відрахувань до соціальних фондів»:

$$C_5 = C_4 \frac{H}{100} = 59407,405 \cdot \frac{25}{100} = 14851,85 \text{ грн}, \quad (2.158)$$

де $H = 25$ – норматив відрахувань до соціальних фондів, %;

• Витрати за статтею «Амортизація» можна визначити з виразу:

$$C_6 = K_1 \frac{H_1}{100} + K_2 \frac{H_2}{100} + K_3 \frac{H_3}{100} + K_4 \frac{H_4}{100} = 4400 \cdot \frac{8}{100} + 1000 \cdot \frac{40}{100} + 27500 \cdot \frac{24}{100} + 12100 \cdot \frac{60}{100} = 21780 \text{ грн}, \quad (2.159)$$

де H_1, H_2, H_3, H_4 – встановлені чинним законодавством норми амортизації на відповідні групи основних фондів ($H_1 = 8\%$, $H_2 = 40\%$, $H_3 = 24\%$, $H_4 = 60\%$);

K_1, K_2, K_3, K_4 – вартість основних фондів по групах, грн. $K_1 = 8\%$, $K_2 = 20\%$, $K_3 = 50\%$, $K_4 = 22\%$).

• Витрати за статтею «Ремонт і утримання основних фондів» розраховуються, як правило, за кошторисом витрат з урахуванням нормативів на одиницю складності ремонту в системі ППР, кількості і видів ремонтів, матеріальних витрат і послуг зі сторін. У виняткових випадках витрати на ремонт можна розраховувати укрупнено з виразу:

$$C_7 = K_1 \frac{m_1}{100} + K_2 \frac{m_2}{100} = 110900 \cdot \frac{7}{100} + 7200 \cdot \frac{3}{100} = 7979 \text{ грн} \quad (2.160)$$

де m_1, m_2 – коефіцієнти відрахувань на ремонт і складання і утримання основних засобів відповідно ($m_1 = 3 - 8$; $m_2 = 1 - 3$).

					ГМІ.ПД.18.10.02.ПЗ	Арк
Вим		№ док.ум.	Підпис	Дата		51

• Витрати за статтею «Інші виробничі витрати» приймають у відсотках від витрат «Заробітна плата основна і додаткова» в розмірі до 20%.

Витрати за статтею «Інші виробничі витрати» рівні

$$C_8 = C_4 \cdot 20\% = 59407,405 \cdot 0,2 = 11881,481 \text{ грн}, \quad (2.161)$$

Результати виконаних розрахунків оформляються у вигляді таблиці 2.3

Таблиця 2.3-Виконані розрахунки.

№ пп	Найменування статті витрат	Базова техніка			Нова техніка		
		Всього, тис. грн	На одиницю, грн/т	Доля, %	Всього, тис. грн	На одиницю, грн / од	Доля, %
2	Матеріали, в тому числі допоміжні	136120	14,79	50,84	131610	11,92	51,84
3	Електроенергія	1064,3	0,115	0,397	844,3	0,076	0,332
5	Заробітна плата (основна і додаткова)	62485	6,786	23,32	59407,405	5,38	23,4
6	Нарахування на заробітну плату	23413,125	2,54	8,74	22277,77	2,018	8,775
7	Амортизація	24640	2,67	9,2	21780	1,972	8,579
8	Ремонт і утримання основних засобів	7535	0,819	2,814	6069	0,549	2,39
9	Інші виробничі витрати по цеху	12687	1,379	4,779	11881,48	1,076	4,68
	Всього	267894,425	29,085	100	253869,95	22,991	100

На підставі виконаних розрахунків і отриманих результатів табл. 2.3 будується планограма (рисунок 2.2) експлуатаційних витрат по базовій і новій техніці у споживача, що представляє економічну характеристику машини в експлуатації. На підставі аналізу отриманої планограми, а також рекомендації до ефективності розробленого технічного рішення в дипломній

роботі формуються висновки про економічну характеристику та доцільності запропонованого технічного рішення.

Виходячи з отриманої діаграми можна зробити висновок, що модернізація горизонтального вібраційного стола привела до збільшення економічної ефективності на 18053,33 грн.

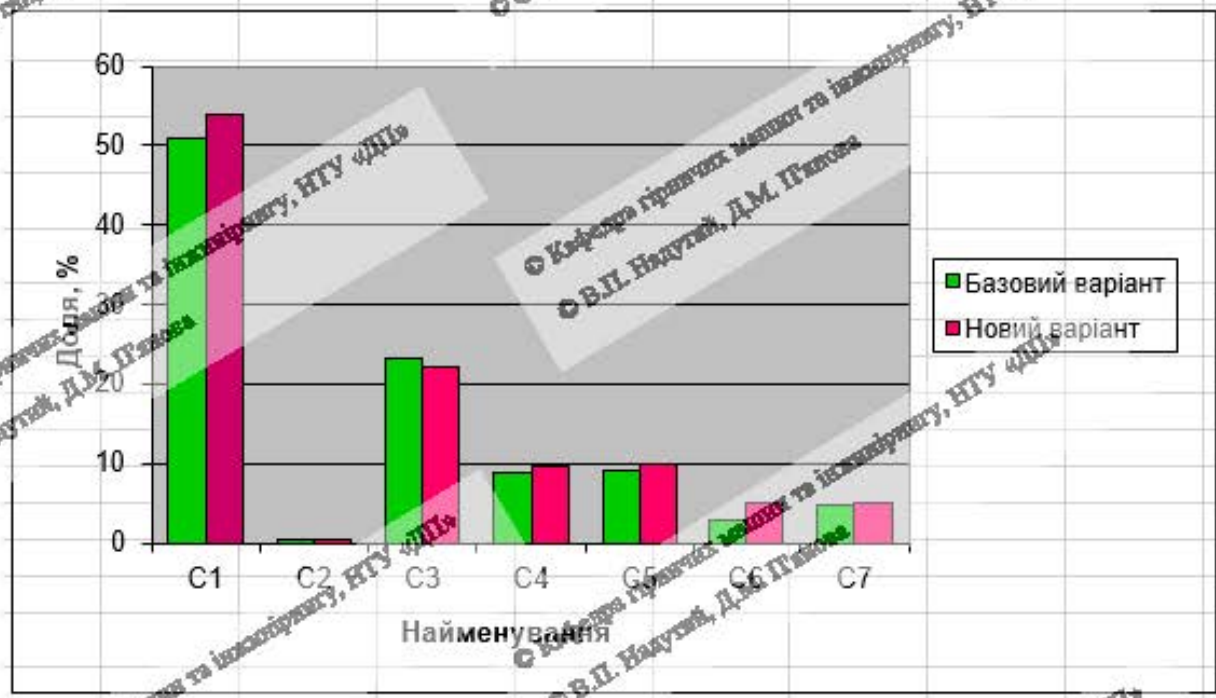


Рисунок 2.2 - Структура витрат на виробництво

C1 - матеріаломісткість; C2 - енергоємність; C3 - заробітна плата; C4 - нарахування на заробітну плату; C5 - амортизація; C6 - ремонт і утримання обладнання; C7 - інші виробничі витрати.

ВИСНОВКИ

Була поставлена задача вдосконалення конструкції двохбарабанного вібраційного горизонтального млина та визначення залежності від його регульованих параметрів. На підставі вивчення досвіду створення та експлуатації вібраційних млинів, була розроблена конструкція двохбарабанного вібраційного горизонтального млина.

Відповідно до вхідних вимог на розробку, в ході роботи, були виконані розрахунки продуктивності, потужності приводу, амплітудно-частотних і режимних параметрів двохбарабанного вібраційного горизонтального млина. Виконано розрахунки продуктивності, режимних та конструктивних параметрів млина з урахуванням експериментальних досліджень залежності продуктивності млина від режимних параметрів. Чим досягається достовірність виконаних розрахунків. Також виконано розрахунки валів і дебалансів приводу і підбір підшипників, розрахунок пружної підвіски млина, економічності використання млина в умовах роботи в науково-виробничій діяльності Рафаловського базальтового кар'єра. Млин призначений для підготовки сировини, для вилучення з подрібненої базальтової гірничої маси магнітитового заліза (до 25%), методом магнітної сепарації і вилучення самородної міді (до 29%), методом електричної сепарації. Відмінною особливістю розробленої конструкції є двокамерна компоновка робочого органу з горизонтальним розташуванням камер, які ми вдосконалили збільшенням їх об'єму на 20%.

Зм.	Арк.		Підпис	Лат.	І.М.ЦД.18.10.В.ПЗ				
Разроб.	П'янова				Висновки	Літ.	Арк.	Аркшів	
Перевір.	Надутьий						1	2	
Н. Контр.	Кухар				НТУ «ДП», ММФ				
Затверд.	Заболотний				133М-17-1				

За отриманими результатами з виконаних розрахунків, була збудована 3D-модель двохбарабанного вібраційного горизонтального млина, далі з побудованої 3D-моделі була створена конструкторська документація: ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.СК - млин, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.СК - виробобудник, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-201.110.СК - корпус камери помелу, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.СК - підшипниковий вузол, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.01 - вал, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.02 - корпус підшипника, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.03 - кільце, та специфікації: ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-201.110, ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.

Будь передбачені заходи по догляду за млином та техніці безпеки при експлуатації млина. Описані правила техніки безпеки, які пов'язані з перевіркою амплітудно-частотного режиму роботи млина при роботі в холостому ході та під навантаженням. Параметри вібрації, які передаються на опори та також рівень виробничого шуму.

					ГМІ.ПД.18.10.В.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вибрації в техніці: Довідник Т. 4/1. Г. М. Цюноба, І. І. Блехман, І. І. Биковський та ін.; Під ред. Е. Е. Явденко.-М.: Машинобудування, 1981.-500с.
2. Біргер І.А. і ін. Розрахунок на міцність деталей машин: Довідник / І. А. Біргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Іосілевич.-М.: Машинобудування, 1979.-708с.
3. Анурьев В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: У 3-х т. Т.1.-М.: Машинобудування, 1980.-728с.
4. Приводи машин: Довідник / В. В. Длоугі, Т. І. Муха, А. П. Цупіков та ін.-Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1982.-383с.
5. Писаренко Г. С. та ін.: Довідник з опор матеріалів / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев.-К.: наук. думка, 1976.-704с.
6. Фаворин М. В. Моменти інерції тел.-М.: Машинобудування, 1970.-311с.
7. Дунаєв П. В., Льоліком О. П. Розрахунок перекосів кілець підшипників качення.- Вісник машинобудування, 1976, №2.
8. Дунаєв П. В., Льоліком О. П. Розрахунок допусків розміров.-Машинобудування, 1981.-189с.
9. Дунаєв П. В., Льоліком О. П., Варламова Л. П. Допуски і посадки. Обґрунтування вибору: Учеб. Посібник для студентів машинобудівних вузов.-М.: Вища шк., 1984.-112с.
10. Перель Л. Я. Підшипники качення. Розрахунок, проектування та обслуговування опор: довідник.- М.: Машинобудування, 1983.-543с.
11. Підшипники качення: каталого-довідник. М.: НДІ АВТОПРОМ, 1972.-469с.

				ГМ.ПД.М.П.ПЗ		
Зм.	Арк	Підпис	Лат	Перелік посилань		
Разроб.	П'янова					
Перевір.	Надутьий			Літ.	Арк	Аркшів
					1	2
Н. Контр.	Кухар			НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1		
Затверд.	Заболотний					

12. Понамарьов С. А., Андреева П. Е. Розрахунок пружних елементів машин і приладів - М.: Машинобудування, 1980.-326с.
13. Хвінгія М. В. Вібрації пружин.- М.: Машинобудування, 1969.-286с.
14. Деталі машин. Розрахунок і конструювання: Довідник. Том 2 / В. Л. Бідерман, В. В. Єрмаков, В. В. Каміньська та ін. ; Під. ред. Ачеркана Н. С. М. : Машинобудування, 1988, -408с.
15. Кудрявцев В. Н. Деталі машин: підручник для студентів машинобудівних спеціальностей вузів - Л. : Машинобудування, 1980.-464с.
16. Вібраційна техніка Технології в енергоємних виробництвах / Монографія. В.Н. Потураєв, В.П. Франчук, В.П. Надутий. Дніпропетровськ: МДУ України. 2002. 186с.
17. Потураєв В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вібраційні транспортують машини. Основи теорії і розрахунку. Вид-во «Машинобудування» М. 1964 р стор. 272 (Розрахунок динаміки).
18. Анурьев В.І. Довідник конструктора машинобудівника. Т. 1,2,3. Вид-во «Машинобудування», М. 1980 г. (Вибір підшипників, матеріалів і т.д.).
19. Понамарьов С.Д., Андреева Л.С. Розрахунок пружних елементів машин і приладів - М.: Машинобудування, 1980, 326с.

					ГМІ.ПД.18.10.ПП.ПЗ	Арк
Вим		№докум.	Підпис	Дата		2

Відомість матеріалів дипломного проекту

№	Формат	Обозначение	Позначення	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка	83	
5	-		CD-диск с матеріалами магістерської роботи	+	
6					
7					
8			<u>Графічні матеріали</u>		
9	A1	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.СК	Млини		
10	A1	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.СК	Вібробудник		
11	A1	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-201.101.СК	Корпус камери помелу		

				ГМІ.ПД.18.10.В.ПЗ	
Зм.	Арк	Підпис	Лат	Реферат	
Разроб.	П'янова			Літ.	Арк
Перевір.	Надутьий				Аркушів
					1 2
Н. Контр.	Кухар			НТУ «ДП», ММФ	
Затверд.	Заболотний			133М-17-1	

Поз.	Формат	Обозначение	Позначення	Кількість аркушів	Примітка
12					
13			<u>Графічні матеріали</u>		
14	A1	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.СК	Підшипниковий вузол		
15	A3	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.01	Вал		
16	A2	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.02	Корпус підшипника		
17	A3	ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.03	Кільце		

Вим	№ док.ум.	Підпис	Дата
-----	-----------	--------	------

ГМІ.ПД.18.10.В.ПЗ

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ДОДАТОК Б

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

					М.П. Д. 18.10.ДБ.ПЗ			
Зм.			Підпис	Лат				
Розроб.	П'янова				Додаток Б	Літ.	Арк	Арквів
Перевір.	Надутий						1	5
Н. Контр.	Кухар				НТУ «ДП», ММФ			
Затверд.	Заболотний				133М-17-1			

Перш. використ.	Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
Справ. №	A1			ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.СК	Складальний кресленник			
					<u>Документація</u>			
					<u>Складені одиниці</u>			
	A4	2		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.02	Рама	1		
	A4	3		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.03	Стійка	1		
	A4	4		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.04	Муфта	1		
	A4	5		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.05	Вібробудник	1		
	A4	6		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.06	Кронштейн	4		
	A4	7		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.07	Пружна система	4		
	A4	8		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.08	Скоба	2		
Підп. і дата	A4	9		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.09	Завантажувальний патрубок	2		
	A4	10		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.10	Подрібнююча камера	2		
					<u>Стандарті вироби</u>			
		11			Болт ГОСТ 3523 M18x20	16		
		12			Гайка ГОСТ 5915-70 M18	16		
		13			Гровер ГОСТ 6402-M18	16		
		1			Двигун 4A 160S4Y3	1		
					ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000			
		Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	П янова			Літ.	Аркуш	Аркушів
	Перевір.	Надутый				1	1	
	Н. контр	Кухар			НТУ "ДП" ММФ 133М-17-1			
	Затв.	Заболотний						

Перш. використ.	Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
Справ. №	A1			ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.СК	Складальний кресленник			
					<u>Документація</u>			
					<u>Складені одиниці</u>			
	A4	1		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.01	Кільце	2		
	A4	2		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.02	Виступ	3		
	A4	3		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.03	Обчічка	1		
A4	4		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.04	Кришка	1			
A4	5		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.05	Засув	1			
Підп. і дата								
				ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101				
	Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Корпус	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Розроб.	П янова					1	1
	Перевір.	Надутый						
	Н. контр	Кухар				НТУ "ДП" ММФ 133М-17-1		
	Затв.	Заболотний						

Перш. використ.	Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
						<u>Документація</u>		
	A1			ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.СК	Складальний кресленник			
					<u>Складені одиниці</u>			
Справ. №	A4	1		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.01	Кришка	1		
	A1	2		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.СК	Підшипниковий вузол	1		
	A4	3		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.03	Лаборитне ущільнення	1		
	A4	4		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.04	Арміровані манжети	1		
	A4	5		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.05	Кільце	1		
	A4	6		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.06	Кліновий затискач	2		
	A4	10		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.07	Наскрізна кришка	2		
	A4	11		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.08	Дебаданс	2		
	A4	12		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150.09	Шпонка	2		
	Підп. і дата					<u>Стандарті виробу</u>		
			7			Підшипник 4214М		
						ГОСТ 42314М	2	
		8			Болт ГОСТ 3523 М18х20	6		
		9			Гайка ГОСТ 5915-70 М18	6		
				ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.150				
	Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
	Розроб.	П янова			Літ.	Аркуш	Аркушів	
	Перевір.	Надутий				1	1	
	Н. контр	Кухар			НТУ "ДП" ММФ 133М-17-1			
	Затв.	Заболотний						
					Вібробудник			

Перш. використ.	Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка	
Справ. №	A1			ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.СК	Складальний кресленник			
					<u>Документація</u>			
					<u>Складені одиниці</u>			
	A4	1		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.02	Корпус підшипника	1		
	A4	2		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.01	Вал	1		
	A4	3		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.06	Обжимач	1		
	A4	4		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.04	Манжети	1		
	A4	5		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.05	Кільце ущільнення	1		
	A4	6		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.03	Кільце	2		
	A4	9		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.09	Ущільнення	2		
	A4	10		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.10	Підведення мастила	2		
A4	11		ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120.11	Щонка				
Підп. і дата					<u>Стандарті виробу</u>			
		8			Підшипник 4214М	2		
					ГОСТ 42314М	16		
		7			Болт ГОСТ 3523 М18х20	16		
		7			Гайка ГОСТ 5915-70 М18			
				ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.120				
	Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
	Розроб.	П янова			Підшипниковий вузол	Літ.	Аркуш	Аркушів
	Перевір.	Надутый					1	1
	Н. контр	Кухар				НТУ "ДП" ММФ 133М-17-1		
	Затв.	Заболотний						

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ДОДАТОК В

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Зм.	Арк	Підпис	Лат	
Разроб.	П'янова			
Перевір.	Надутий			
Н. Контр.	Кухар			
Затверд.	Заболотний			

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова
М.П. Д. 18.10.ДВ.ПЗ
Додаток В

Літ.	Арк	Арквів
	1	7
НТУ «ДП», ММФ 133М-17-1		

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

МЕТА ТЕОРЕТИЧНОЇ ЗАДАЧІ

Вдосконалення конструкції двоохарбанного вібраційного млина на основі встановлення залежності його продуктивності від режимних та конструктивних параметрів

- ❖ Тонина помелу – менше 1 мм;
- ❖ Частота – 20 Гц (не більше 1200 об/хв);
- ❖ Амплітуда – 3 мм
- ❖ Продуктивність – 3 т/ч;

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ



Млин складається: 1-Пружина система; 2-Ізодіриновий амортизатор; 3-Запобігач ударний патрубков; 4-Горизонтальні кришки; 5-Електрообладунок; 6-Приміщення шат; 7-Муфта; 8-Рама; 9-Віброобмотушки

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

НТУ «Дніпровська політехніка»

Вдосконалення конструкції двоохарбанного

горизонтального вібраційного млина і визначення залежності його продуктивності від режимних та конструктивних параметрів

Виконала: ст. гр. ІЗЗм-17-1
 П'янова Д.М.

Керівник: проф. Надутий В.П.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ОБ'ЄКТ ВИКОРИСТАННЯ

Використання протекторного млина для умов роботи в умовах високого вібраційного діляння афразького базальтового кар'єру, який призначений для підготовки сировини, вилучення з неї базальтової гірничої маси, вилучення заліза (до 25%), магнітної сепарації і вилучення самородної міді (до 2%) методом електричної сепарації.



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

РОЗРАХУНОК

Розрахунок параметрів вібрації

$$W = A \cdot \omega^2 = 6,1 \cdot 151,8^2 = 140,6 \text{ м/с}$$

$$W = A \cdot \omega^2 = 8,2 \cdot 151,8^2 = 190 \text{ м/с}$$

де ω – кутова частота вібрації,
 а A – це амплітуда віброприскорення

РОЗРАХУНОК

Енергетичний розрахунок вібропривода
 Сумарна потрібна потужність в еліментарному режимі становить:

$$N_c = \max N_{cp} + N_T = 70,6 + 983 = 1,05 \cdot 10^3 \text{ Вт} < N_D = 15 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

де $\max N_{cp}$ – це максимальна середня потужність, а N_T – це потужність, необхідна для компенсації втраченої потужності в підшипниках, яка визначається з формули:

$$N_T = 4M_T \cdot \omega = 4 \cdot 1,62 \cdot 151,8 = 983 \text{ Вт}$$

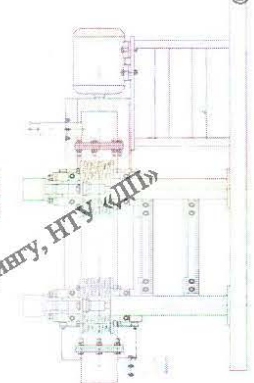
де M_T – це момент тертя в підшипнику.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Двохбарабаний вібраційний горизонтальний млин




РОЗРАХУНОК

Розрахунок моменти на міцність

$$M_A = Q \cdot b = 18,5 \cdot 2284 = 4,7 \cdot 10^6 \text{ Нм}$$

З аналізу епюр згинального моменту встановлюємо, що імовірно найбільшими є опорні перерізи, згинальний момент в яких визначається з виразу



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ

Вдосконалення конструкції полягає в збільшенні помольних камер на 20%. В результаті чого, збільшиться продуктивність млини, що має економічне обґрунтування

Обсяг виробництва за плановий період

$$Q = \sum_{i=1}^m A_i \cdot T_i \cdot N_i \cdot \gamma_i = 1 \cdot 1840 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 8648 \text{ т} - \text{базовий варіант}$$

$$Q = \sum_{i=1}^m A_i \cdot T_i \cdot N_i \cdot \gamma_i = 1 \cdot 1840 \cdot (5 \cdot 0,2 + 5) \cdot 1 = 10377,6 \text{ т}$$

де $A_i = 1$ – число використаних машин (апаратів) F -типу, режимний фонд часу, год.; $N_i = 4,6$ т/год – технічна продуктивність машин F -го типу; $\gamma_i = 1$ – вихід готового продукту F -го типу, число типів провідних машин.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІД РЕГУЛЬОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ

Будемо досліджувати такі параметри:

- 1) амплітуда коливання; A ;
- 2) частота коливання, ω ;
- 3) величина збурюючої сили, P ;
- 4) крупність вхідної гірської маси, відсоткова кількість шарів для поділення в помольних камерах, n .

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

РОЗРАХУНОК

Статичне навантаження на фундамент

$$Q = m_y \cdot g = 1390 \cdot 9,8 = 13600, \text{ П}$$

де $m_y = 1390 \text{ кг}$ – вага млина;
 $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – прискорення вільного падіння.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ

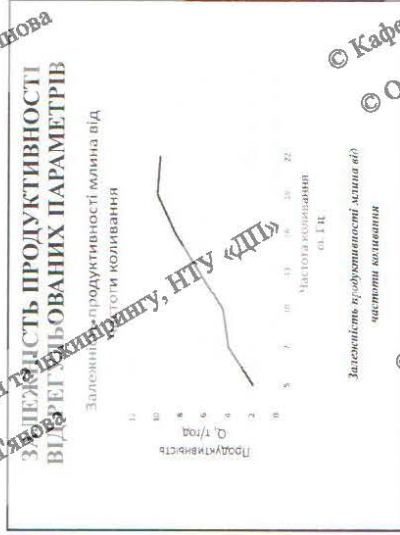
Структура витрат на виробництво

C1 - матеріаломісткість, C2 - енергоємність, C3 - зарплатні витрати, C4 - нарахування на зарплату, C5 - амортизація, C6 - амортизація і утримання обладнання, C7 - інші виробничі витрати

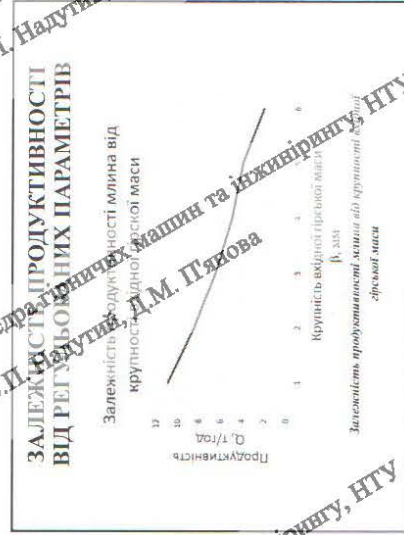
© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
 © В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

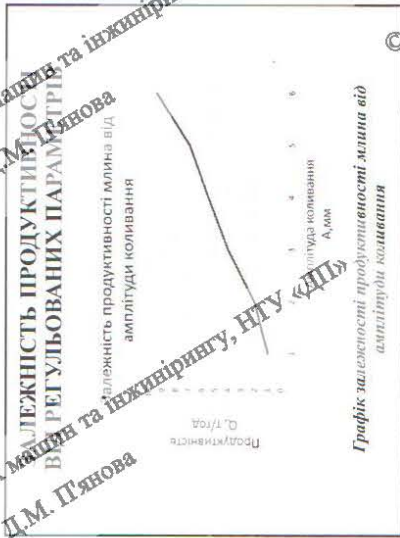


© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

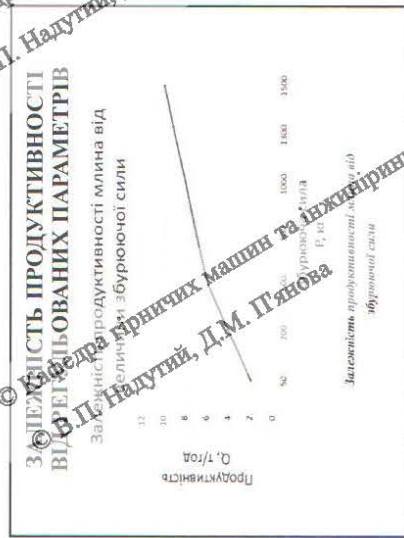


© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Експлуатаційний розділ

До місця монтажу машин доставляється в розібраному вигляді, з складів двох блоків:

- 1) рухомої маси опорної рами (між кронштейнами і рамою рухомої маси встановлені дерев'яні розпірки, що оберігають пружини від пошкодження при транспортуванні);
- 2) електродвигуна з рамою і пелюстковою муфтою.

При монтажі необхідно витягти розпірки і за допомогою гвинтових пар забезпечити співвісність вала електродвигуна з валом виробувальників.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Експлуатаційний розділ

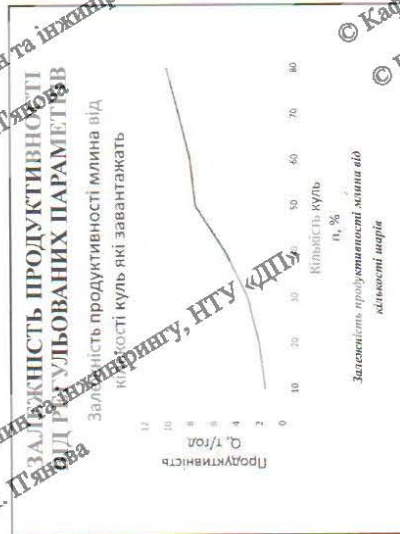
Технічне обслуговування

Догляд за млином передбачає виконання наступних робіт:

- 1) міжремонтне обслуговування
- 2) огляди – ревізії.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова



© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Експлуатаційний розділ

Перед запуском необхідно перевірити:

- Надійність закріплення всіх болтових з'єднань;
- Надійність кріплення кожухів дебалансів;
- Справність заземлень;
- Цілісність еластичних елементів;
- Наявність змазки в підшипникових вузлах.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Висновки

На підставі вивчення досвіду створення та експлуатації вібраційних млинів, було розроблена та вдосконалена конструкція двокамерного вібраційного горизонтального млина.

Відповідно до вхідних вимог на розробку виконані розрахунки продуктивності, бюджеті приводу, амплітудно-частотних і режимних параметрів двокамерного вібраційного горизонтального млина для умов експлуатації: на науково-виробничій ділянці Рафаловського базальтового кар'єру.

Млин призначений для підготовки сировини, до вилучення з подрібненої базальтової гірничої маси магнітного з'єдзу (до 25%) і вилучення самородної мли (до 2%).

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Дякую за увагу

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Експлуатаційний розділ

Основні правила безпеки:

- 1) Обслуговуючий персонал повинен пройти інструктаж по техніці безпеки;
- 2) Млин повинен бути заземлений в двох місцях (електродвигун, рама млина).
- 3) Забороняється виконувати ремонтні роботи під час роботи млина;
- 4) Забороняється працювати на несправному млині, а також при зняттих кожухах.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

Висновки

Відмінною особливістю розробленої конструкції є двокамерна компоновка лопотного органу з горизонтальним розташуванням камер, які ми вдосконалили збільшенням об'єму на 20%.

За отриманими результатами вивчення розрахунків, була збудована 3D-модель двокамерного вібраційного горизонтального млина, дані з побудованої 3D-моделі була створена вбудована в текстову документацію.

Були передбачені заходи по збільшенню млином та техніці безпеки при експлуатації млина. Описані правила техніки безпеки, які повинні дотримуватися при амплітудно-частотного режиму роботи млина при роботі в холостому ході та під навантаженням.

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інженірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© О.О. В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

ДОДАТОК Г

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

					М.П. Д. 18.10. ДГ. ПЗ		
Зм.	Арк		Підпис	Лат	Додаток Г		
Разроб.	П'янова				Літ.	Арк	Арквів
Перевір.	Надутий					1	2
Н. Контр.	Кухар				НТУ «ДП», ММФ		
Затверд.	Заболотний				133М-17-1		

ВІДГУК

На дипломний проект в галузі машинобудування за спеціальністю «Галузеве машинобудування» на тему «Вдосконалення конструкції двохбарабанного горизонтального вібраційного млина і визначення залежності його продуктивності від регульованих параметрів», який виконано студенткою п'ятого курсу групи ІЗЗМ-17-1

П'янової Дарини Миколаївни

При виконанні проекту було враховано науковий і конструкторський досвід створення барабаних млинів вібраційного типу, а актуальність проекту полягає у вдосконаленні конструкції з урахуванням встановлених залежностей продуктивності від зміни режимних і конструктивних параметрів для заданої продуктивності.

На основі встановлених залежностей продуктивності млина від амплітуди і частоти коливань робочого органа, збурюючої сили, крупності вхідної гірської маси та кількості шарів вибрано конструктивні параметри.

Дослідну частину проекту виконано в необхідному обсязі, конструкторську частину проекту представлено на 5 аркушах формату А1, які відображають вузли машини, що вдосконалювалися.

Практична частина роботи полягає в тому, що конструкцію млина було спроектовано для використання в умовах роботи в науково-виробничій ділянці Рафаловського базальтового кар'єру. При цьому млин виконує підготовку гірської маси для вилучення заліза до 25% та міді – до 2%. Отже, представлена конструкція дозволяє комплексно використовувати продукти переробки базальтової сировини.

Таким чином, дипломний проект виконано автором самостійно відповідно до вимог і заслужує оцінки «відмінно».

Керівник проекту
Доктор техн.наук
Професор кафедри
Гірничих машин та
Інжинірингу



© Кафедра гірничих машин та інжинірингу, НТУ «ДП»
© В.П. Надутий, Д.М. П'янова

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект в галузі машинобудування
за спеціальністю «Галузеве машинобудування»
на тему «Вдосконалення конструкції двохбарабанного
горизонтального вібраційного млина і визначення залежності
його продуктивності від регульованих параметрів»,
який виконано студенткою п'ятого курсу групи 133М-17-1
Пянової Дарі Миколаївни

Актуальність теми проекту не викликає сумніву тому, що двохбарабанні
горизонтальні вібраційні млини широко використовуються в гірничій
промисловості.

Новизна роботи полягає в конструктивних доробках у вигляді нової
конструкції муфти привода млина, його геометричних та режимних (у вигляді
амплітуди та частоти коливання) параметрів, а також встановлених
залежностей продуктивності млина від варіації цих параметрів.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструкції млина для
використання у науково-виробничій сфері Рівненського базальтового
карьеру (Рівненська обл.).

Проект виконано в достатньому обсязі згідно з вимогами до дипломних
проектів.

Графічну частину проекту представлено на 5 аркушах формату А1, які у
повній мірі відображають особливості розробленої конструкції.

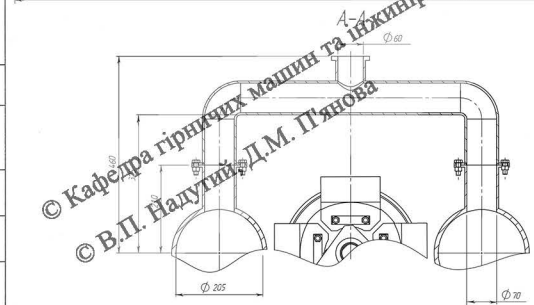
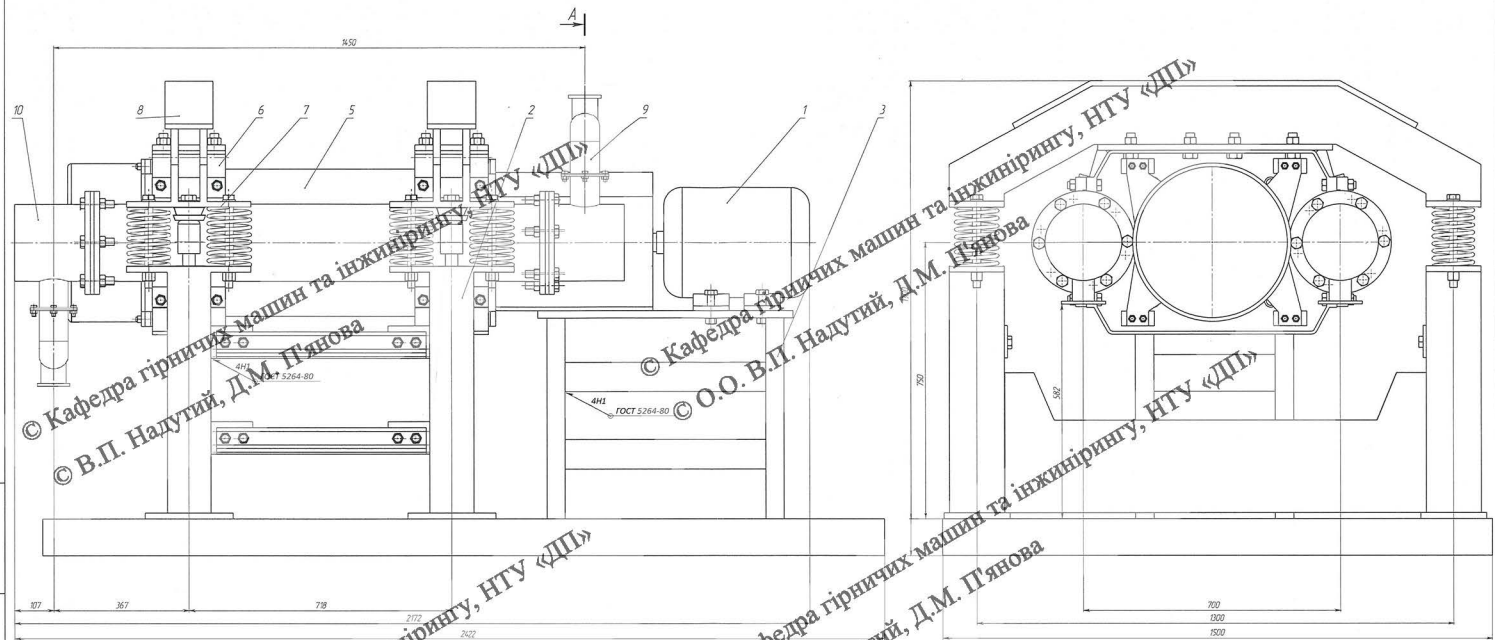
Розрахунково-пояснювальна записка відповідає вимогам до дипломних
проектів.

В цілому дипломний проект заслуговує оцінки «відмінно».

Старший науковий співробітник
Інституту геотехнічної механіки
ім. М.С. Полякова НАН України
канд. техн. наук

В.В. Сухарев





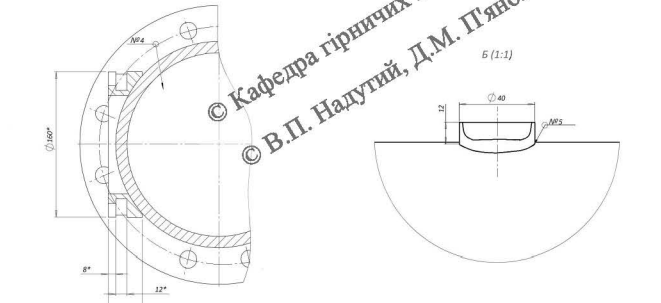
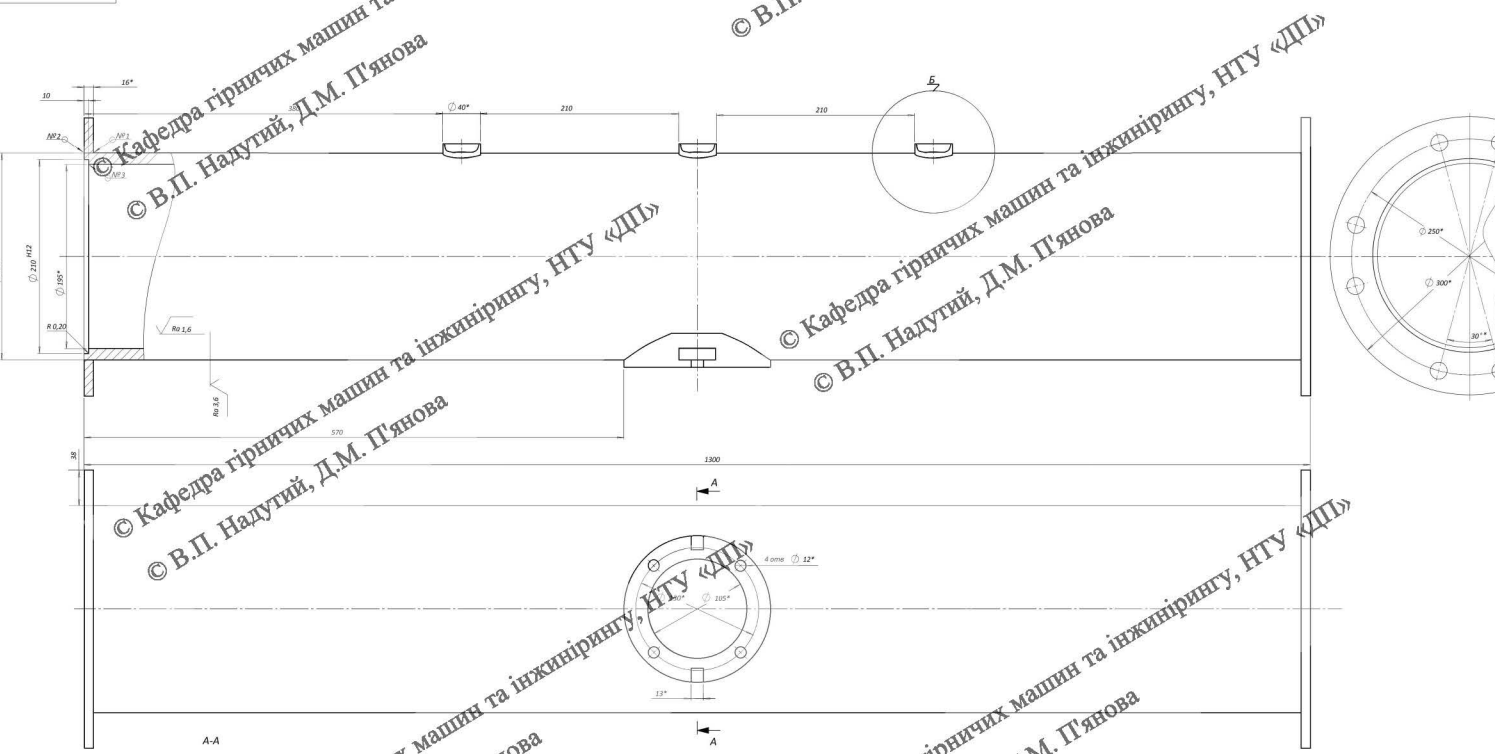
ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1. Об.м.квал. выд.	100
2. Параметр вибрац.	группа
- амплитуда колебаний, мм	1,6
- частота, рад/с	151,9
- масса, кг	20
3. Габаритные размеры, мм	
- высота, мм	650
- диаметр, мм	11
- диаметр, мм	1450

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Размеры для сборки - см. пояснения *
2. Поверхности балялей:
 - зашлифованные, шлиф не отгружен, шлиф обработан
 - отшлифованные, шлиф не отгружен, шлиф обработан
 - отшлифованные, шлиф не отгружен, шлиф обработан
3. На отливках - шлиф не отгружен, шлиф обработан
4. Масса хвостовиков - см. пояснения *

ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.000.СК		Лист	Масса	Масштаб
Маш. Двигательный		1380	1,5	
Специальный чертеж		Архив	Архив	
И.контр. Кухар		НТУ «ДП» ММФ		
В.п. Надутый		133м-17-1		



Позиция	Наим. шп.	Поз.	Кол-во
1	№1	600	2
2	№2	600	2
3	№3	460	2
4	№4	500	1
5	№5	125	3

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Размеры для сборки - см. пояснения *
2. Зварки швы по ГОСТ 5264-80 электродом Е-0420Р9 ГОСТ 10052-75.
3. Камеры литья заварки выдолбить.
4. Шлифовка заварки швов перевернуть засосом проблем.

ГМІ.ПД.18.10.МВГ-202.101.СК		Лист	Масса	Масштаб
Корпус		90	1,2	
Специальный чертеж		Архив	Архив	
И.контр. Кухар		НТУ «ДП» ММФ		
В.п. Надутый		133м-17-1		

