



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет

Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студентка Калюжна Наталія Геннадіївна
(ПІБ)

академічної групи 133-19ск-1
(шифр)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг у машинобудуванні»
(офіційна назва)

на тему **Розробка технічного проєкту робочого органу**

вібраційного млина [REDACTED]

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Анциферов О.В.			
розділів:				
Конструкторський	Анциферов О.В.			
Експлуатаційний	Анциферов О.В.			

Рецензент	Младецький І.К.			
-----------	-----------------	--	--	--

Нормоконтролер	Анциферов О.В.			
----------------	----------------	--	--	--

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, зокрема відомості про їх місце розташування, технології роботи, стійкість до аварійних ситуацій та заходи щодо відновлення, у зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму.

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри інжинірингу та
дизайну в машинобудуванні

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

_____ Заболотний К.С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студентка Калюжна Наталія Геннадіївна академічної групи 133-19ск-1
(ПІБ) (шифр)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(офіційна назва)

за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерний інжиніринг у машинобудуванні»
(офіційна назва)

на тему **Розробка технічного проєкту робочого органу
вібраційного млина** [REDACTED]

затверджену наказом ректора НТУ «ДП» № 257-с від 12.05.2022 р., додаток №3

Розділ	Зміст	Термін виконання
Конструкторський	На основі наданої конструкторської документації і науково-технічних джерел розробити технічний проєкт робочого органу динамічно врівноваженого вертикального вібраційного млина безперервної дії. Провести розрахунок: пружної системи млина; основних елементів приводу; потрібної потужності з вибором електродвигунів; високоміцних болтів кріплення робочого органу. Розробити конструкторську документацію: загальний вид і деталі робочого органу	09.06.2022р.
Експлуатаційний	Розробити технічні вимоги на виготовлення млина, програму і методику його випробувань. Розробити та обґрунтувати заходи щодо техніки безпеки при обслуговуванні й експлуатації млина.	17.06.2022 р.

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Анциферов О.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 21.04.2022 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 21.06.2022 р.

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Калюжна Н.Г.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 71 сторінка, 15 рисунків, 2 таблиці, 10 посилань, 6 додатків.

Об'єкт розробки – процес вібраційного переміщення сипкої маси у динамічно врівноваженому двокамерному вібраційному млині.

Предмет розробки – залежності технологічних показників вібраційного млина від його режимних і конструктивних параметрів.

Постановка актуальної технічної задачі – розглянути конструкційні схеми вібраційних млинів, провести аналіз їх переваг та недоліків, розрахувати основні параметри млина та розробити конструкторську документацію на робочий орган млина.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – збільшення ефективності процесу віброподрібнення на основі збільшення молольних секцій робочого органу вібромлина безперервної дії і обґрунтування його режимних та конструктивних параметрів.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – розширення області застосувань вертикально вібраційного млина [REDACTED] за рахунок збільшення молольних секцій робочого органу.

У вступі були наведені: стисла оцінка минулого стану предмету розробки, застосування вібраційної техніки, обґрунтування функцій, сучасні сфери застосування вібромлинів.

У розрахунковому розділі було проаналізовано загальні відомості про вібраційні млини, історію створення вібраційних млинів, розглянуто основні типи приводів вібраційних машин, було розраховано основні параметри млина, було створено конструкторську документацію на вібраційний млин.

В експлуатаційному розділі було розроблено технічні вимоги на

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				РЕФЕРАТ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>						1	2
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>					<i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>							
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>							

виготовлення млина, програму і методику його випробувань, розроблені та обґрунтованні заходи щодо техніки безпеки при обслуговуванні й експлуатації млина.

Практичні результати роботи – розроблений комплект конструкторської документації на вертикально вібраційний млин.

Ключові слова: МЛИН ВІБРАЦІЙНИЙ, ВЕРТИКАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК, ЕКСЦЕНТРИКОВИЙ ПРИВІД, РОБОЧИЙ ОРГАН.

Графічна частина проекту становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат: унікальність тексту – 89.4 %, програма «UNICHECK».

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВИЙ.....	10
1.1 Загальні відомості про вібраційні млини.....	10
1.1.1 Історія створення вібраційних млинів.....	10
1.1.2 Вібраційні млини.....	13
1.1.3 Конструктивні схеми вібраційних млинів.....	14
1.1.4 Вібраційний млин [REDACTED].....	18
1.1.5 Вертикальний вібраційний млин [REDACTED].....	19
1.1.6 Схема створення динамічної врівноваженості [REDACTED].....	22
1.2 Основні типи приводів вібраційних машин.....	25
1.2.1 Ексцентрикові приводи вібраційних машин.....	25
1.2.2 Інерційні приводи вібраційних машин.....	27
1.3 Робочий орган – помольна камера [REDACTED].....	28
1.4 Розрахунок основних параметрів млина [REDACTED].....	30
1.4.1 Вихідні данні для розрахунку.....	30
1.4.2 Розрахунок пружної системи млина.....	31
1.4.3 Розрахунок зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу.....	34
1.4.4 Розрахунок споживаної потужності і вибір електродвигуна.....	37
1.4.5 Врахування циклічної дії зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу.....	39
1.4.6 Розрахунок болтового кріплення.....	40
1.5 Висновки за розділом.....	44

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив.	Калюжна				ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
К.розділу	Анциферов						1	3
Керівник.	Анциферов					НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1		
Н. Контр.	Анциферов							
Затвердив.	Заболотний							

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ	45	6
2.1 Технічні вимоги.....	45	
2.1.1 Основні параметри, розміри і характеристики.....	45	
2.1.2 Вимоги до початкової продукції.....	45	
2.1.3 Вимоги до зварних виробів.....	46	
2.1.4 Вимоги до з'єднань на високоміцних болтах.....	47	
2.2 Програма і методика випробувань млина [REDACTED]	48	
2.2.1 Перевірка відповідності млина технічним умовам і комплекту конструкторської документації	50	
2.2.2 Перевірка забезпечення стабільності роботи млина.....	50	
2.2.3 Перевірка зручності обслуговування та проведення ремонту млина.....	51	
2.2.4 Перевірка відповідності млина вимогам безпеки.....	51	
2.2.5 Підготовка млина до випробувань.....	51	
2.2.6 Тривалість і режими випробувань, вимірювання під час випробувань.....	51	
2.2.7 Заходи безпеки при випробуваннях.....	53	
2.2.8 Оформлення результатів випробувань.....	53	
2.3 Заходи безпеки при роботі на вібраційному млині [REDACTED]	54	
2.4 Висновки за розділом.....	55	
ВИСНОВКИ.....	56	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57	
Додаток А Матеріали кваліфікаційної роботи бакалавра	58	
Додаток Б Специфікації до складальних креслеників	59	
Додаток В Презентація кваліфікаційної роботи бакалавра	64	

Додаток Г Витяг з протоколу засідання кафедри ІДМ про результат передзахисту кваліфікаційної роботи	68
Додаток Д Результати перевірки на плагіат.....	69
Додаток Е Відгук керівника випускно - кваліфікаційної роботи.....	70
Додаток Ж Рецензія	71

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

Людство набагато раніше навчилось активно захищатись від вібрацій, ніж ставити її собі на службу. Справа в тому, що використання вібрації в промислових масштабах потребувало кмітливості і інтуїції, але і сурової обґрунтованої теорії. Тільки після цього, як сформувалися відповідні розділи теорії коливання і був створений необхідний математичний апарат, вдалося приступити до створення принципово нових машин вібраційного принципу дії. Але підкреслимо ще раз,- до штучного створення та реалізації в промислових масштабах, тому що ідея вібраційної техніки далеко не нова.

Застосування вібраційної техніки дозволяє корінним шляхом удосконалити традиційні технологічні процеси, такі, як рух, і в тому числі вгору по похилому жолобу; спорожнення бункеру та його заповнення знизу; подрібнення твердих тіл та ущільнення сумішей; перетворення напіврідких мас в тверді тіла та придання сипучому матеріалу властивостей рідини.

При здійсненні одних і тих же технологічних процесах вібрація в більшості випадків виконує не одну, а декілька функцій.

Вібраційне переміщення необхідне для транспортування, а також воно складає основу багатьох технологічних процесів. Стан віброосищення або віброкипіння, в якому знаходиться насипне середовище, що переміщується, створює сприятливі умови для здійснення в поточному режимі багатьох технологічних процесів. Основними видами вібраційного транспортування є переміщення по горизонталі або с невеликим підйомом, підйом по гвинтовому вантажонесучому органу або в установках спеціального пристрою, вібраційне навантаження і розвантаження ємностей, вібраційна бункеризація.

Друга область застосування вібрації – підготовка дисперсних систем для

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				ВСТУП	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>						1	2
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>					<i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>							
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>							

технологічної обробки. Насамперед – це створення віброожиженого або віброкип'ячого шару для прискорення масооб'ємних процесів.

Вібрація широко застосовується в процесах різання та руйнування: точіння та свердлення, віброобразивна обробка, дроблення та подрібнення, руйнування ґрунтів і гірничих порід. Ефективність протікання згаданих процесів залежить від режиму коливань робочого органу відповідної машини; використовуються гармонічні та полігармонічні, прямолінійні, двокомпонентні та просторові коливання.

Вібраційна техніка є відносно новою галуззю яка швидко розвивається. Не дивлячись на відносно конструктивну простоту вібраційних транспортуючих машин, теорія їх важка, і її розробка потребувала застосування апарату нелінійної механіки і застосування сучасної аналогової та обчислювальної техніки.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВИЙ

1.1 Загальні відомості про вібраційні млини

1.1.1 Історія створення вібраційних млинів

Перші дослідження таких млинів були проведені у 1920 р., хоча Грюндер пов'язував їх винахід із Кіскальтом (виставка в Бреслау, 1935 р.). На початковому етапі ці машини використовувалися переважно для подрібнення дорогих матеріалів. У 1943 р. Штерер застосував їх для помелу полістиролу, а в 1953 р. Бантинг і Крокер повідомили про початок їх промислового виробництва компанією «Елліс Чалмерс» у США. Зокрема, було розроблено млин для вапна діаметром 0,375 м і довжиною 0,75 м, а також млин для клінкеру діаметром 1,05 м і довжиною 1,05 м.

Фундаментальні дослідження роботи кульових вібраційних млинів виконані в Радянському Союзі. Їх метою було визначення можливості широкомасштабного застосування таких млинів у виробництві в'язучих та інших матеріалів.

Вібраційний кульовий млин складається з циліндричного барабана, електродвигуна та вала вібратора. Барабан із подрібнювальними тілами розміщений у корпусі, який спирається на ресори. Електродвигун приводить у рух вал вібратора, що проходить крізь барабан. Вал вібратора виконаний у вигляді труби з подвійними стінками, на якій закріплено дебалансний вантаж. У процесі роботи млина подрібнення матеріалу відбувається внаслідок ударної та стиральної дії. На відміну від звичайних кульових млинів, у яких тонкість помелу менше 60 мкм досягається з труднощами, вібраційні млини дають змогу отримувати надтонкий помел за порівняно менших енерговитрат і меншої маси установки.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				РОЗДІЛ 1 РОЗРАХУНКОВИЙ	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>						1	34
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>					<i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>							
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>							

Вібраційні млини поділяють на два типи, що відрізняються величиною дебалансного вантажу. Відомо про існування млинів із частотою 1500 вібрацій за хвилину та амплітудою 4 мм, а також млинів із частотою 3000 вібрацій за хвилину й амплітудою 2 мм (рисунок 1.1). Діаметр куль у таких млинах не перевищує 12 мм, а початковий розмір частинок матеріалу, що підлягає подрібненню, має бути меншим за 2,4 мм.

Отже, перед помелом матеріал необхідно піддавати попередньому тонкому дробленню. Місткість дослідних млинів становила від 10 до 1000 дм³, однак це не виключає можливості застосування млинів більшої ємності.

Принцип дії вібраційного млина ще недостатньо вивчений, а розроблення теоретичних засад його роботи лише розпочалося. Для формування загального уявлення про це питання доцільно звернутися до двох порівняно недавніх досліджень — праць Четаєва та Роза, у яких, однак, експериментальних даних ще недостатньо для формулювання остаточних висновків. З огляду на зростаючий інтерес до цього нового типу млинів, у додатках до першого розділу наведено основні положення аналізу Роза, який видається найбільш доступним для розгляду. Нижче подано його основні висновки.

Інтенсивність подрібнення у вібраційному кульовому млині значною мірою визначається частотою та амплітудою вібрацій. Навіть незначне збільшення цих параметрів може забезпечити істотне підвищення інтенсивності помелу. Водночас амплітуду коливань доцільно обмежувати з міркувань механічної надійності конструкції. Разом із тим її значення не повинно бути меншим за подвоєний розмір найбільшої частинки матеріалу. Інакше можливе зниження початкової швидкості помелу, а в гранулометричному складі продукту подрібнення переважатимуть крупні фракції.

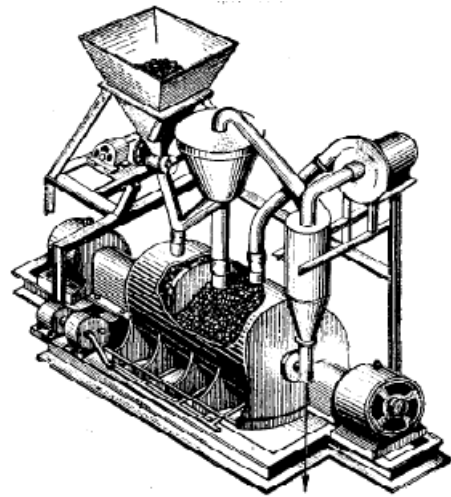


Рисунок 1.1 – Вібраційний млин

									Арк.
									2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ				

Ефективність млина безпосередньо залежить від об'ємної маси матеріалу, діаметра мелючих тіл і розміру частинок, що підлягають подрібненню. При цьому вважається, що за умови відсутності надмірного кульового завантаження, яке могло б перешкоджати вільному руху куль, розміри млина та об'єм завантаження істотно не впливають на інтенсивність подрібнення. Залежність приросту питомої поверхні від тривалості помелу графічно подається у вигляді вихідної кривої, однак її нахил може суттєво змінюватися залежно від частоти та амплітуди вібрацій.

Допоміжне обладнання.

Удосконалення допоміжного обладнання, мабуть, спрямоване головним чином на підвищення продуктивності сепараторів. Необхідність досягти гарного поділу продукту по фракціям веде, з одного боку, до конструювання нових машин і, з інший, до розробки способів, що дозволяють визначати ефективність сепараторів. Флемінг в 1952 р. відзначав, що з нових машин циклони, незважаючи на те, що вони дорожче механічних класифікаторів, в США мають широке застосування і використовуються не часточки для уловлювання осаду, але і для відділення дуже тонких частинок. Гідровібратор Дорра дає більш однорідний порошок, ніж механічний класифікатор. При цьому не відбувається втрати напору як в гідравлічних класифікаторах. Бантінг і Крокер також стверджували (1954 р.) про гідровібратор Дорра і про циклон Дорра, як про відносно нових машинах. Циклон Дорра дозволяє відокремлювати частинки розміром до 20 мк.

Щодо методів контролю за роботою сепараторів доречно звернути увагу на роботи Бонда, Ван Вооса і Травински.

Бонд запропонував в 1954 р. новий метод швидкого визначення розміру відокремлюваних часток і ефективності відділення частинок цього розміру.

Ван Воос в 1955 р. уточнив механізм дії різних типів повітряних сепараторів і запропонував формули, що дозволяють визначити ефективність сепаратора. Зокрема, він визначив, що ця ефективність знижується при збільшенні потрібної тонкості помелу, при великій кількості пилу в продукті

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подрібнення, перевантаження сепаратора і наявності осередків великих розмірів в контролюючому ситі. Крім того, в його роботі містяться пропозиції по влаштуванню помольних установок.

Травинський вивчав в 1956 р. роботу сепараторів, використовуючи метод зображення гранулометричного складу, відомий під назвою сітки RRB (Розен, Раммлер, Беннетт). Встановивши тісний взаємозв'язок і приблизний паралелізм між гранулометричними кривими матеріалу, що подрібнюється і продукту подрібнення (тонка фракція), він вважає, спостерігаючи за видаленням цих двох кривих один від одного, що чим більше це видалення, тим більше ефект класифікації.

Слід також зазначити, що Терра для контролю за роботою сепараторів ввів у Франції поняття кривих розділу. Показники цих кривих дозволяють всебічно визначати ефективність сепарації.

1.1.2 Вібраційні млини

Вібраційні млини застосовують для тонкого й надтонкого подрібнення різних матеріалів крупністю до 0,25 мм у хімічній промисловості, виробництві будівельних матеріалів, силікатних та інших виробів. Крупність готового продукту може досягати 1 мкм. Водночас у гірничорудній промисловості такі млини не набули поширення з низки причин: залежність допустимої крупності живлення від розмірів куль і амплітуди коливань млина, причому розмір зерен матеріалу не повинен перевищувати 0,1 діаметра кулі; зміна крупності живлення спричиняє зміну крупності готового продукту; непридатність для подрібнення в'язких матеріалів; а також невисока продуктивність, що не перевищує 5 т/год, причому зі збільшенням розмірів млина його питома продуктивність істотно знижується.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібраційні млини можуть працювати як у періодичному, так і в безперервному режимі. Їх застосовують для сухого та мокрого подрібнення. Продукт, отриманий у вібраційних млинах, характеризується більш однорідним гранулометричним складом порівняно з продуктом барабанних млинів. Крім того, вібраційні млини придатні для подрібнення матеріалів, які практично не піддаються обробці в барабанних млинах, наприклад слюди.

1.1.3 Конструктивні схеми вібраційних млинів

Для подрібнення матеріалів на збагачувальних фабриках гірничорудної та інших галузей промисловості переважно застосовують стрижневі та кульові барабанні млини. Їх основною перевагою є здатність забезпечувати переробку значних потоків матеріалу, що вигідно відрізняє ці машини від інших подрібнювальних апаратів. Водночас барабанні млини характеризуються низькою інтенсивністю подрібнення, а отже, і невисокою питомою продуктивністю, а також значним зносом куль і футерувальних матеріалів. Суттєві труднощі виникають і при необхідності одержання дрібних класів подрібнення, а також під час завантаження й розвантаження матеріалу, особливо за сухого способу подрібнення. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності подрібнення, поліпшення якості концентратів і зниження їх собівартості є застосування вібраційних млинів.

Особливістю вібраційних млинів є те, що в процесі подрібнення одночасно бере участь усе технологічне завантаження, на відміну від кульових барабанних млинів, у яких частина куль протягом певного часу фактично не залучається до руйнування матеріалу. Це забезпечує вищу інтенсивність взаємодії мелючих тіл із частинками сировини та сприяє підвищенню ефективності процесу помелу.

Крім того, внаслідок високої частоти коливань матеріал у вібраційних млинах за одиницю часу зазнає в один-два порядки більшої кількості ударів, ніж у кульових барабанних млинах. Разом із тим енергія окремого удару кулі

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у вібраційному млині є меншою, ніж у барабанному, тому такі машини малоефективні для подрібнення крупних матеріалів. Саме з цієї причини їх доцільно застосовувати переважно для тонкого й надтонкого помелу, де вони забезпечують найкращі результати.

Серед усього різноманіття конструкцій вібраційних млинів найбільшого поширення набули однокамерні млини з центральним розташуванням одновального інерційного вібратора (рисунок 1.2, а), а також млини з винесеними двовальними (рисунок 1.2, б) або одновальними (рисунок 1.2, в) вібраторами. Такі конструктивні схеми є найбільш уживаними завдяки їх технологічній доцільності та можливості забезпечення необхідних параметрів вібраційного впливу на матеріал.

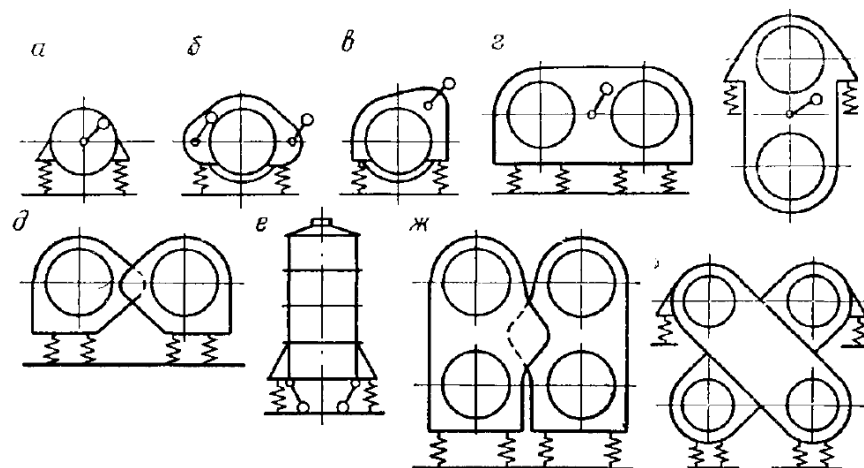


Рисунок 1.2 – Схеми вібраційних млинів

Для підвищення продуктивності застосовують вібраційні млини з двома, трьома та чотирма робочими камерами. Двокамерні млини можуть бути як однокорпусними, тобто з жорстко з'єднаними між собою камерами, що коливаються як єдине ціле (рисунок 1.2, г), так і двокорпусними (рисунок 1.2, д). Чотирикамерні млини, як правило, виконують двокорпусними (рисунок 1.2, ж). Приводом таких млинів слугує ексцентриковий вібратор, який надає корпусам протифазного руху. Унаслідок цього сили інерції обох корпусів взаємно врівноважуються, і динамічні навантаження на основу

						ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
							6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

практично не передаються.

Недоліком наведених конструкцій є те, що для збільшення продуктивності необхідно підвищувати кількість камер або їх довжину. Це ускладнює конструкцію млина та знижує надійність його роботи. Значною мірою цих недоліків позбавлений вібраційний млин із вертикальним розташуванням помольної камери (рисунок 1.2, е), яка розділена горизонтально встановленими перфорованими днищами на кілька секцій. Коливальний рух такому млину надає двовальний інерційний вібратор спрямованої дії. Підвищення продуктивності в цьому випадку досягається простим збільшенням діаметра помольної камери. На відміну від інших типів, корпус такого млина здійснює вертикальні коливання.

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.1.4 Вібраційний млин



Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.1.5 Вертикальний вібраційний млин

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.1.6 Схема створення динамічної врівноваженості

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.2 Основні типи приводів вібраційних машин

1.2.1 Ексцентрикові приводи вібраційних машин

Як уже зазначалося, у вібраційних транспортуючих машинах застосовують такі основні типи приводів: інерційні, ексцентрикові, електромагнітні, пневматичні та гідравлічні.

Серед ексцентрикових приводів найпростішими є кінематично жорсткі ексцентрикові приводи, які широко використовують у дорезонансних вібраційних транспортуючих машинах. Кінематично жорсткий ексцентриковий привід складається з ексцентрикового вала 1 (рисунок 1.10, а),

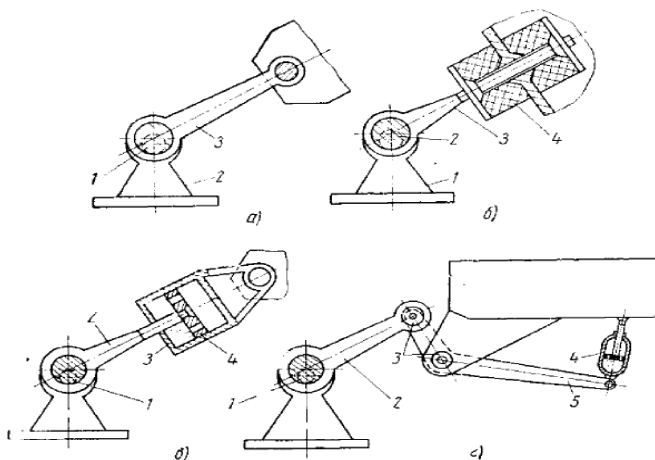


Рисунок 1.10 – Типи ексцентрикових приводів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ

Арк.

16

який за допомогою стійки 2 закріплюється до рами або однієї з коливних мас, а також шатуна 5, шарнірно з'єднаного з іншою коливною масою.

Перевагою такого приводу є стабільна амплітуда коливань робочого органа, яка не залежить від частоти, величини коливних мас і технологічного навантаження. Водночас у процесі роботи його елементи зазнають значних інерційних навантажень, зумовлених коливальним рухом мас.

У резонансних вібраційних транспортуючих машинах широко застосовують ексцентриковий привід із пружним з'єднувальним елементом (рисунок 1.10, б). За принципом дії він подібний до кінематично жорсткого ексцентрикового приводу, оскільки зворотно-поступальний рух шатуна 3 також створюється ексцентриситетом приводного вала 2, закріпленого на рамі за допомогою стійок 1. Однак у цій схемі рух робочому органу передається не безпосередньо, а через пружний елемент 4, виконаний у вигляді пакета сталевих пружин або блока з еластичних гумових деталей. Таке конструктивне рішення дає змогу істотно зменшити навантаження на шатун і приводний вал порівняно з кінематично жорстким ексцентриковим приводом. Пусковий момент, який розвиває двигун, у такій схемі також зменшується. Водночас амплітуда коливань робочого органа вже не залишається сталою, а визначається динамічними характеристиками системи, частотою обертання приводного вала і, зокрема, жорсткістю пружних елементів приводу. Найбільш доцільним з точки зору зниження навантажень у приводі під час пуску машини є ексцентриковий привід із в'язкою ланкою (рисунок 1.10, в). Його конструкція включає ексцентриковий вал 1, шатун 2 і в'язкий елемент, через який кінець шатуна з'єднується з робочим органом. В'язку ланку виконують у формі циліндра 3 з поршнем 4, у якому передбачено дросельні отвори, тоді як внутрішній об'єм циліндра заповнюють в'язкою рідиною. Збурювальна сила такого приводу визначається швидкістю взаємного переміщення поршня та циліндра. Саме тому в момент пуску, коли ця швидкість є малою, сила, що передається через в'язку ланку, практично відсутня, а пусковий момент двигуна вібраційної

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

машини залишається незначним. У міру зростання частоти обертання приводного вала до робочого номінального режиму сила, що передається через в'язку ланку, помітно збільшується, унаслідок чого її дія поступово наближається до дії жорсткого з'єднання. За таких умов амплітуда коливань робочого органа стає близькою за величиною до ексцентриситету приводного вала і лише незначно змінюється під впливом технологічного навантаження. Таким чином, в'язкий привід поєднує в собі головну перевагу кінематично жорсткого ексцентрикового приводу, яка полягає у майже незмінній амплітуді коливань робочого органа незалежно від навантаження, але при цьому не має його істотного недоліку — підвищеного пускового моменту. Попри те що ексцентриковий привід із в'язкою ланкою має певні переваги, через складність конструктивного виконання та виготовлення він не набув широкого практичного застосування. Натомість у вібраційних транспортуючих машинах значно частіше використовують пружно-в'язкі ексцентрикові приводи. Конструкція такого приводу (рисунок 1.10, г) включає ексцентриковий вал 1, шатун 2, пружні шарніри 3 і демпфер 4. Для зниження навантажень, що передаються на демпфер у процесі роботи, до складу приводу додатково вводять прискорювальний важіль 5. Перевагою цього приводу є те, що під час пуску вібростанини зусилля в його елементах залишаються невеликими, оскільки демпфер на початку роботи створює незначний опір. Із зростанням швидкості обертання ексцентрикового вала опір демпфера збільшується, а відносно переміщення поршня в його корпусі зменшується. За номінальної частоти обертання привід фактично працює як кінематично жорстка система, а амплітуда коливань робочого органа лише незначно залежить від технологічного навантаження.

1.2.2 Інерційні приводи вібраційних машин

З групи інерційних приводів найпростішим є інерційний вібратор ненапрявленої дії (рисунок 1.11, а), який складається з дебалансної маси 1,

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на вал 2. Центр мас дебалансу зміщений відносно осі обертання, унаслідок чого під час обертання вала виникає неврівноважена сила інерції. Вектор цієї сили обертається навколо осі вала з тією самою кутовою швидкістю, що й неврівноважена маса, унаслідок чого робочі органи машини рухаються по еліптичній траєкторії.

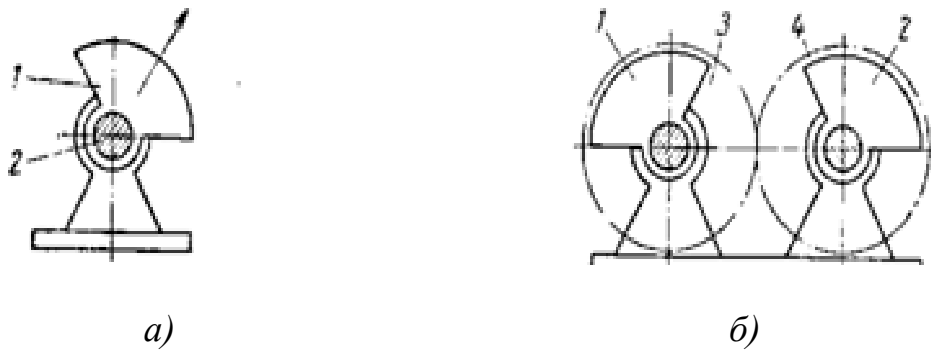


Рисунок 1.11 – Типи інерційних приводів

У більшості вібраційних транспортуючих машин необхідне спрямоване збудження коливань, яке забезпечують інерційні вібратори спрямованої дії, або самобалансного типу. Такий вібратор (рисунок 1.11, б) складається з двох вібраторів 1 і 2, з'єднаних парою зубчастих коліс 3 і 4, що обертаються у протилежних напрямках. Унаслідок цього сили інерції від неврівноважених мас обох вібраторів додаються як векторні величини. Сумарна сила інерції такого вібратора зберігає сталий напрям уздовж лінії, перпендикулярної міжосьовій відстані валів, і змінюється за гармонічним законом, забезпечуючи спрямований характер коливань робочого органу.

1.3 Робочий орган – помольна камера

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.4 Розрахунок основних параметрів млина

1.4.1 Вихідні данні для розрахунку

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.4.2 Розрахунок пружної системи млина

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.4.3 Розрахунок зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.4.4 Розрахунок споживаної потужності і вибір електродвигуна

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						28
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.4.5 Врахування циклічної дії зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						30
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.4.6 Розрахунок болтового кріплення

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						32
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з
матеріалів вилучено
на підставі рекомендацій
експертного висновку
від 24.06.2025

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						33
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

1.5 Висновки за розділом

1. Розглянуто конструкційні схеми вібраційних млинів, проведено аналіз їх переваг та недоліків.
2. Вивчено конструкції та принцип дії горизонтального вібраційного млина [REDACTED] і вертикального вібраційного млина [REDACTED]
3. Детально розглянуто конструкції вертикальних вібраційних млинів [REDACTED]
4. Проведено детальний аналіз схеми створення динамічної врівноваженості двокамерних млинів.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

5. Розраховано основні параметри млина [REDACTED] пружна система млина, зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу, болтове кріплення робочого органу, споживана потужність.

6. На основі розрахованих даних вибрано електродвигун [REDACTED]

[REDACTED] потужністю [REDACTED] і частотою обертання [REDACTED]

7. Розроблено конструкторську документацію на робочий орган млина

[REDACTED] загальним об'ємом 3 листа формату А1.

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ

2.1 Технічні вимоги

Вертикальний вібраційний млин [REDACTED] повинен відповідати вимогам даних технічних умов і комплекту документації згідно специфікації.

Розглянуті технічні вимоги, основні параметри, розміри і характеристики, вимоги до початкової продукції, вимоги до зварних виробів.

2.1.1 Основні параметри, розміри і характеристики

Основні параметри та розміри живильника повинні відповідати даним, наведеним на складальному кресленні ЗБ і у формулярі.

2.1.2 Вимоги до початкової продукції

Усі матеріали, що застосовуються під час виготовлення живильника, повинні відповідати чинним стандартам, що має підтверджуватися наявністю сертифікатів підприємства-постачальника.

За відсутності сертифікатів на матеріали підприємство-виробник повинно провести їх лабораторні випробування та встановити відповідність вимогам стандартів.

Усі покупні вироби за своєю якістю та характеристиками мають відповідати встановленим для них стандартам, технічним умовам, кресленням або паспортам заводу-постачальника, а також супроводжуватися експлуатаційною документацією, що постачається разом із виробом.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				<i>Розділ 2 Експлуатаційний</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>						1	10
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>					<i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>							
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>							

вимоги до зварних виробів

Виготовлення зварних складальних одиниць і деталей повинно здійснюватися відповідно до [REDACTED] або згідно з вказівками, наведеними на кресленнях, за технологією підприємства-виробника. Допускається виконання зварювання в середовищі вуглекислого газу відповідно до [REDACTED] та за методикою підприємства-виробника. Перед зварюванням кромки і поверхні металу на ширині не менше 10 мм від кромки повинні бути очищені від бруду, мастила, металевого пилю та інших забруднень.

Під час виконання зварних швів не допускається наявність тріщин, напливів, порожнин, незаварених кратерів, свищів, виведення кратера на основний метал, а також суцільних ланцюжків або сіток пор і включень. Крім того, забороняється застосовувати методи підгонки, що спричиняють виникнення додаткових напружень у металі, а також накладати фальшиві шви з метою усунення викривлень.

Під час оцінювання якості зварних швів допускаються поодинокі підрізи завдовжки до 100 мм за умови, що їх загальна протяжність не перевищує 2 % довжини шва, а глибина становить не більше 10 % товщини зварюваного металу; для металу товщиною понад 10 мм ця глибина не повинна перевищувати 1 мм. Крім того, допустимою вважається наявність окремих пор і включень розміром до 10 % товщини металу в кількості не більше п'яти на кожні 100 мм шва. Утворення «меніска» вважається допустимим, якщо його глибина не перевищує 15 % товщини зварюваного металу, а для металу завтовшки понад 10 мм — не більше 1,5 мм. Відхилення кромки також допускається, якщо воно становить не більше 15 % товщини металу, а при товщині понад 20 мм — не перевищує 3 мм, за відсутності інших вимог на кресленні. Допускається зменшення товщини стінок і кромки, спричинене зачисткою, якщо воно не перевищує 10 % товщини зварюваного металу. Крім того, допустимою вважається наявність окремих

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ділянок непровару кореня шва завдовжки до 20 мм і глибиною до 15 % товщини металу, за умови, що їх сумарна протяжність не перевищує однієї третини довжини шва, а відстань між такими ділянками становить не менше 40 мм.

Після закінчення зварювальних робіт зварні шви й зовнішні поверхні виробу повинні бути повністю очищені від шлаку, окалини, напливів і бризок металу. Прокатну сталь, призначену для виготовлення млина, необхідно різати ножицями або механічною пилою, тоді як застосування електродугового різання не допускається. У разі різання металу на ножицях кромки мають залишатися без тріщин і зім'ятин. Допускається також газове різання прокатної сталі, але лише за умови подальшої обробки кромки до основного металу з дотриманням шорсткості, установленої на кресленні.

2.1.4 Вимоги до з'єднань на високоміцних болтах

Для з'єднання помольної камери з перехідною секцією використовують високоміцні болти, що працюють за умов змінного навантаження. Саме тому як до самих кріпильних елементів, так і до порядку їх монтажу висувають підвищені вимоги. Контактні поверхні болтового з'єднання повинні бути ретельно підготовлені: з них необхідно видалити іржу, залишки мастила, бруд, окалину та інші поверхневі дефекти, які можуть перешкоджати щільному приляганню елементів. Очищення таких поверхонь необхідно виконувати не раніше ніж за 12 годин до встановлення болтів у з'єднання. Під час складання всі поверхні, що прилягають одна до одної, повинні бути сухими. Перед установленням високоміцні болти, гайки та шайби слід знежирити і протерти сухим обтиральним матеріалом, видаляючи захисне мастило, забруднення та сліди іржі з різьби й поверхонь шайб. Для забезпечення надійності з'єднання гайки попередньо мають бути прогнані по всій довжині різьби болтів.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед затягуванням різьбову поверхню гайок необхідно покривати [REDACTED] тоді як змащування різьби болтів не передбачається. Необхідна міцність болтового з'єднання досягається створенням попереднього натягнення високоміцних

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

з'єднань забезпечують затягуванням гайок із заданим крутним моментом. [REDACTED] діаметром [REDACTED] зусилля затягування повинно становити [REDACTED] на крутного моменту — [REDACTED]. Виконання затягування високоміцних болтів здійснюють за допомогою динамометричного ключа, застосування якого дає змогу забезпечити потрібну точність прикладеного зусилля та підвищити надійність з'єднання.

Під час затягування болтів допускається відхилення показань динамометра від розрахункового значення крутного моменту: у бік зменшення — не більше 5 %, у бік збільшення — не більше 10 %. Усі болтові з'єднання слід затягувати послідовно у два прийоми: спочатку виконують попереднє затягування, після чого здійснюють остаточне затягування до розрахункового зусилля.

Попереднє затягування високоміцних болтів виконують монтажними накидними ключами з руків'ям, подовженим до 1,2 м, забезпечуючи крутний момент у межах 200–250 Н·м. Остаточне затягування здійснюють динамометричним ключем. Щоб досягти рівномірного розподілу зусиль у болтовому з'єднанні, затягування проводять у визначеній послідовності — від середини до країв, при цьому крайні болти затягують в останню чергу. Після завершення остаточного затягування необхідно повторно перевірити раніше затягнуті болти, оскільки їх натяг у процесі складання міг послабитися.

2.2 Програма і методика випробувань млина [REDACTED]

Програма та методика випробувань призначені для регламентації підготовки, організації та проведення попередніх і приймальних випробувань вертикального вібраційного млина, далі — млина. Цим документом

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ся порядок виконання випробувань, їх обсяг, зміст і методи контролю. Млин [REDACTED] призначений для подрібнення матеріалів, що застосовуються в порошковій металургії. Попередні випробування виконують для перевірки відповідності млина вимогам технічних умов і конструкторської документації, встановлення працездатності окремих вузлів і машини в цілому, а також для прийняття рішення щодо можливості передавання млина споживачеві з метою проведення приймальних випробувань у виробничих умовах.

Приймальні випробування проводять для встановлення відповідності млина вимогам технічного завдання, технічних умов і комплекту конструкторської документації, а також для перевірки працездатності його вузлів і машини в цілому. За результатами цих випробувань приймають рішення щодо можливості передавання млина у виробництво з метою подальшої експлуатації за призначенням. Млин допускається до випробувань лише після приймання відділом технічного контролю заводу-виробника. Комісії, що проводить попередні випробування, необхідно подати зібраний млин, виготовлений згідно з кресленням [REDACTED] комплекти специфікацій, свідоцтво ВТК заводу-виробника про приймання, комплект конструкторської документації, а також інші документи за вимогою комісії.

Приймальні випробування млина здійснюють на підприємстві споживача комісією, створеною для цієї мети. Головою комісії виступає представник споживача, а до її складу, окрім нього, входять представники розробника, за необхідності — виробника, а також головний санітарний лікар і інспектор ЦК профспілок. Для проведення випробувань комісії необхідно надати зібраний млин, виготовлений відповідно до креслення [REDACTED] та підготовлений до експлуатації за призначенням, технічне завдання, технічні умови, протокол попередніх випробувань, комплект конструкторської документації згідно з паспортом [REDACTED] а також інші матеріали, які можуть бути затребувані комісією.

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.1 Перевірка відповідності млина технічним умовам і комплекту конструкторської документації

Необхідно перевірити комплектність млина та всієї супровідної документації відповідно до даних, наведених у паспорті. У процесі попередніх і приймальних випробувань контролю підлягає сукупність основних показників і параметрів, що характеризують технічний стан млина, його працездатність і відповідність установленим вимогам.

До показників призначення належать амплітуда коливань млина, його габаритні розміри, маса, працездатність окремих вузлів і елементів конструкції, температура підшипникових вузлів, а також частота коливань ексцентрикових валів. Саме ці параметри дають змогу оцінити правильність роботи машини та відповідність її конструктивних і експлуатаційних характеристик установленим вимогам.

До технологічних показників відносять максимальну продуктивність за вихідним живленням, чинники, що обмежують пропускну здатність млина, а також середній час перебування матеріалу в помольній камері. Аналіз цих показників дає можливість визначити ефективність роботи млина в заданому режимі та оцінити особливості перебігу процесу подрібнення.

До показників міцності належать напруження, що виникають в елементах конструкції млина під час його роботи. Контроль цих параметрів є необхідним для оцінювання надійності конструкції та її здатності витримувати експлуатаційні навантаження.

2.2.2 Перевірка забезпечення стабільності роботи млина

Стабільність роботи млина забезпечується дотриманням його основних параметрів, установлених умов експлуатації, а також відповідністю комплектуючих, використаних у конструкції, заданим експлуатаційним вимогам.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3 Перевірка зручності обслуговування та проведення ремонту

млина

Зручність виконання ремонтних робіт перевіряють на етапі складання млина, а зручність його технічного обслуговування оцінюють під час налаштування та регулювання відповідно до вимог технічного опису й інструкції з експлуатації.

2.2.4 Перевірка відповідності млина вимогам безпеки

Потрібно встановити, чи відповідає технічний стан млина вимогам, наведеним у технічному описі та інструкції з експлуатації. Одночасно слід перевірити його відповідність положенням розділу «Вимоги безпеки» та виконати необхідні роботи згідно з вимогами розділу «Методи контролю» параметрів, визначених технічними умовами.

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

2.2.5 Підготовка млина до випробувань

Для проведення випробувань слід завчасно підготувати робочий майданчик розміром 3 × 3 м. До початку робіт необхідно ознайомитися з технічним описом млина та інструкцією з його експлуатації. Місце виконання випробувань потрібно відгородити шнуром із червоними прапорцями. Також слід підготувати все необхідне обладнання, матеріали та засоби вимірювання відповідно до переліку, наведеного в додатку до технічних умов [REDACTED]

2.2.6 Тривалість і режими випробувань, вимірювання під час випробувань

Попередні випробування передбачають проведення обкатки млина

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальною тривалістю 72 години, яку виконують поетапно. Спочатку здійснюють періодичну обкатку тривалістю 15 хвилин із такими самими за тривалістю перервами, при цьому сумарний час цього етапу становить 10 годин. Далі проводять обкатку з робочими інтервалами по 30 хвилин і перервами по 30 хвилин, а загальна тривалість другого етапу також дорівнює 10 годинам. На завершальному етапі млин працює по 60 хвилин із перервами по 30 хвилин, при цьому сумарна тривалість обкатки становить 52 години. У паузах між окремими циклами необхідно контролювати ступінь затягування болтових з'єднань.

Випробування млина під навантаженням проводять після виконання передбачених попередніх операцій. До початку цих випробувань необхідно перевірити герметичність помольних камер, при цьому поява запилення не допускається.

Частоту коливань визначають за допомогою відповідних приладів, що пройшли сертифіковану перевірку. Контроль габаритних розмірів млина здійснюють шляхом вимірювання металевою мірильною рулеткою. Масу млина встановлюють зважуванням на вагах середнього класу точності з межею зважування не менше 1 т.

Температуру підшипникових вузлів контролюють за допомогою термоелектричного термометра, встановленого в отвір кришки підшипника, при цьому допустима похибка вимірювання не повинна перевищувати $\pm 10^{\circ}$ С. Величину амплітуди коливань визначають шляхом зіставлення координат довільно вибраної точки на помольній камері в діаметрально протилежних технічних положеннях ексцентрикових валів.

Максимальну продуктивність за вихідним живленням встановлюють поступовим підвищенням подачі матеріалу в млин. Подачу, за якої починається переповнення завантажувального пристрою, фіксують, після чого її значення визначають експериментально з використанням мірної ємності та секундоміра.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній час перебування матеріалу в млині встановлюють шляхом введення в потік завантаженого матеріалу індикаторних частинок того самого розміру, що й основний матеріал. Як індикатори можуть використовуватися металеві кульки, які відбирають у потоці розвантаження через фіксовані проміжки часу. Максимум кривої розподілу індикаторних частинок за часом відповідає середньому часу перебування матеріалу в млині.

Прискорення, переміщення окремих вузлів несучої конструкції та напружений стан елементів визначають за допомогою відповідних датчиків, установлених у контрольних точках, із використанням вимірювальної апаратури.

2.2.7 Заходи безпеки при випробуваннях

Для проведення випробувань необхідно з числа інженерно-технічного персоналу визначити працівника, відповідального за їх організацію та проведення. У місці виконання випробувань слід установити на видному місці попереджувальну табличку з написом «Йдуть випробування». Усі роботи під час випробувань мають виконуватися з обов'язковим дотриманням вимог безпеки, наведених у розділі «Вказівки щодо заходів безпеки» технічного опису та інструкції з експлуатації.

Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025

2.2.8 Оформлення результатів випробувань

Підсумки попередніх випробувань мають бути зафіксовані в акті, який підлягає затвердженню керівником підприємства-виробника. За результатами приймальних випробувань складають окремий акт, що набирає чинності після його затвердження замовником.

2.3 Заходи безпеки при роботі на вібраційному млині

До експлуатації та обслуговування млина допускаються лише особи,

					ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ознайомлені з його технічним описом і правилами експлуатації. Усі монтажні роботи, пов'язані з підйомом, стропуванням і розстропуванням елементів млина, повинні виконуватися відповідно до загальних вимог вантажопідіймальних робіт, прийнятих у промисловості. При цьому вантажопідйомність застосовуваних засобів має бути не меншою ніж 200 кг.

Регулювання механізмів і підтягування кріплень дозволяється виконувати лише при повністю відключеному млині. Температура нагрівання гумових елементів не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більш ніж на 40 °С. У зоні роботи млина забороняється перебування сторонніх осіб, а робочий майданчик повинен бути очищений від сторонніх предметів.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- експлуатувати млин у несправному стані;
- працювати при порушенні герметичності елементів і потраплянні пилу у виробниче приміщення;
- виконувати роботи, не передбачені призначенням млина;
- вмикати млин без огороження;
- вмикати млин за наявності несправностей у системах блокування та сигналізації;
- виконувати регулювання і ремонт вузлів млина під час його роботи;
- експлуатувати млин без заземлення корпусу або при несправному заземленні;
- подавати матеріал у млин, який не працює.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Висновки за розділом

1. Розглянуті технічні вимоги, основні параметри ,розміри і характеристики, вимоги до початкової продукції, вимоги до зварних виробів.
2. Розроблені технічні вимоги на виготовлення млина, програму і методику його випробувань.
3. Розроблені та обґрунтовані заходи щодо техніки безпеки при обслуговуванні й експлуатації млина.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто конструкційні схеми вібраційних млинів, проведено аналіз їх переваг та недоліків.
2. Вивчено конструкції та принцип дії горизонтального вібраційного млина [REDACTED] і вертикального вібраційного млина [REDACTED]
3. Детально розглянуто конструкції вертикальних вібраційних млинів [REDACTED]
4. Проведено детальний аналіз схеми створення динамічної рівноваженості двокамерних млинів.
5. Розраховано основні параметри млина [REDACTED] пружна система млина, зусилля в шатуні жорсткого ексцентрикового приводу, болтове кріплення робочого органу, споживана потужність.
6. На основі розрахованих даних вибрано електродвигун [REDACTED] [REDACTED] потужністю [REDACTED] і частотою обертання [REDACTED]
7. Розроблено конструкторську документацію на робочий орган млина [REDACTED] загальним об'ємом 3 листа формату А1
8. Розглянуті технічні вимоги, основні параметри ,розміри і характеристики, вимоги до початкової продукції, вимоги до зварних виробів.
9. Розроблені технічні вимоги на виготовлення млина, програму і методику його випробувань.
10. Розроблені та обґрунтованні заходи щодо техніки безпеки при обслуговуванні й експлуатації млина.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				<i>ВИСНОВКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>						1	1
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>					<i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>							
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>							

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вайнкоф Я.П. Гірнична вібротехніка. – К.: Техніка, 1969. – 178 с.
2. Остафійчук Б.К. Коливання і хвилі: курс лекцій / Б.К. Остафійчук, І.М. Гасюк, Л.С. Кайкан. – Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника, 2012. – 197 с.
3. Штаерман І. Теорія коливань [Рідкісний та цінний фонд]: Посібник / І. Штаерман, Н. Крилов. – Харків; Київ: Держвидавництво, 1930. – 96 с.
4. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем (2-е видання) / І.І. Назаренко. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
5. Франчук В.П. Основи динаміки машин. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 133 Галузеве машинобудування / В.П. Франчук, О.В. Анциферов; Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 67 с.
6. MathCAD у дослідженні технічних систем: Навчальний посібник / В.П. Франчук., К.С. Заболотний, О.Л. Жупієв, М.В. Полушина, О.В. Анциферов. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. – 145 с.
7. Токар А.М. Теоретична механіка. Динаміка: методи й задачі: Навч. Посібник. – К.: Либідь, 2006. – 439 с.
8. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 203 с.
9. Бизов В.Ф., Франчук В.П. Гірничі машини. – Кривий Ріг: «Мінерал» – 2004. – 468 с.

					<i>ІДМБ.РК.22.02-00.00.000 ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив.</i>	<i>Калюжна</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>К.розділу</i>	<i>Анциферов</i>					1	1
<i>Керівник.</i>	<i>Анциферов</i>				<i>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ</i> <i>НТУ «ДП», ММФ, 133-19ск-1</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Анциферов</i>						
<i>Затвердив.</i>	<i>Заболотний</i>						

ДОДАТОК Д

Результати перевірки на плагіат



Ім'я користувача:
Костянтин Заболотний

ID перевірки:
1011620417

Дата перевірки:
20.06.2022 15:45:05 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
20.06.2022 15:46:52 EEST

ID користувача:
100009856

Назва документа: **Калюжна КР**

Кількість сторінок: 75 Кількість слів: 11796 Кількість символів: 85546 Розмір файлу: 4.33 MB ID файлу: 1011488386

10.6% Схожість

Найбільша схожість: 4.87% з Інтернет-джерелом (<http://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/154860/1/%D0%A2%D...>)

10.6% Джерела з Інтернету

129

Сторінка 77

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

82