

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Віброгрохот інерційний середнього
типу продуктивністю 480 м³/год**

Виконав: здобувач IV курсу першого
(бакалаврського) рівня, групи 401-ММ,
спеціальності

133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Луценко І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Васильєв О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Заливадний П.Я.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

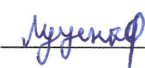
**Віброгрохот інерційний середнього типу
продуктивністю 480 м³/год**

Кваліфікаційна робота бакалавра

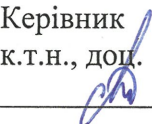
Лист затвердження

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 КРБ - ЛУ

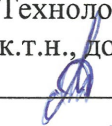
Розробив здобувач групи 401-ММ

 Ігор ЛУЦЕНКО
« 17 » 06 2026 р.

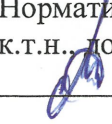
Керівник
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

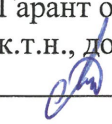
Технологічний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

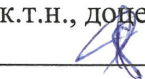
Нормативний контроль
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

Консультант з технологічної частини
к.т.н., доцент

 Іван РОГОЗІН
« 17 » 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н., доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

Перш застосу		№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. листів	№ екз.	Примітка
		1						
		2			Документація загальна			
		3						
		4			Вперше розроблена			
		5						
Додаток №		6	A4	ГММ.401-ММ.011-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1	-	
		7	A4	ГММ.401-ММ.011-00.00.000А	Анотація	2	-	
		8	A1	ГММ.401-ММ.011-00.00.000ВЗ	Віброзрохот			
		9			інерційний.			
		10			Вигляд загальний	1	-	
		11	A4	ГММ.401-ММ.011-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка			
		12						
		13			Документація по			
		14			складальних одиницях			
		15						
		16			Вперше розроблена			
		17						
Підп. і дата		18	A4	ГММ.401-ММ.011-01.00.000	Рама			
		19	A1	ГММ.401-ММ.011-01.00.000СК	Рама			
		20			Складальне креслення			
		21	A4	ГММ.401-ММ.011-04.00.000	Вал дебалансний			
		22	A1	ГММ.401-ММ.011-04.00.000СК	Вал дебалансний.			
		23			Складальне креслення			
		24						
		25						
Взам. інв. №								
Підп. і дата								
Інв. № вісн.								

ГММ.401-ММ.011-00.00.000ВП				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.	Луценко		Луценко	17.06
Перевір.	Васильєв		Васильєв	12.06
Н.контр.	Васильєв		Васильєв	12.06
Затв.	Орисенко		Орисенко	19.06

Віброзрохот інерційний середнього типу продуктивністю 480 м ³ /год		
Відомість проекту		
Літ	Лист	Листів
Н		1
НУП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		

Копіював _____ Формат А4

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія Галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрямок підготовки _____

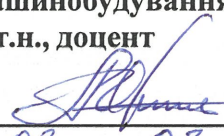
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки,
к.т.н., доцент

 **Олександр ОРИСЕНКО**
« 03 » 03 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Луценку Ігорю Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра: Віброгрохот інерційний середнього типу продуктивністю 480 м3/год

керівник роботи (проекту) Васильєв Олексій Сергійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» березня 2026 року № 273-ф, а.

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи бакалавра:
«19» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра: Технічні характеристики та інформаційні матеріали на грохот інерційний.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Зміст. Вступ. Огляд способів та обладнання для сортування будівельних матеріалів. 2 Опис конструкції віброгрохота. 3 Розрахунок працездатності віброгрохота. 4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала. Висновки. Список літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Віброгрохот інерційний. Вигляд загальний (A1), Вапл дебалансний. Складальне креслення (A1), Рама. Складальне креслення (A1), Деталювання (A1), Технологічний процес виготовлення вала

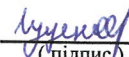
6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Рогозін І.А., доцент	 01.05.26	 17.06.26

7. Дата видачі завдання «03» березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

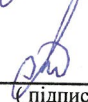
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Обґрунтування теми бакалаврської роботи. Актуальність роботи. Огляд способів та обладнання для сортування будівельних матеріалів..	01.04.2026 р.	
2	Опис конструктивних особливостей запропонованих технічних рішень віброгрохота інерційного середнього типу.	15.04.2026 р.	
3	Підбір вузлів та розробка схеми розташування обладнання.	01.05.2026 р.	
4	Розрахунок працездатності віброгрохота	20.05.2026 р.	
5	Технологічна частина.	01.06.2026 р.	
6	Висновки. Список літератури.	05.06.2026 р.	
7	Оформлення креслень .	10.06.2026 р.	
8	Компонування пояснювальної записки.	18.06.2026 р.	
9	Здача готової кваліфікаційної роботи.	19.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти  (підпис)

Ігор ЛУЦЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи  (підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми  (підпис)

Олексій ВАСИЛЬЄВ
(прізвище та ініціали)

Анотація

І.О. Луценко. Віброгрохот інерційний середнього типу продуктивністю 480 м³/год. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» зі спеціальності 133 “Галузеве машинобудування”, – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена питанням створення вібраційного обладнання для просіювання будівельних матеріалів, а саме віброгрохота інерційного середнього типу.

В результаті проведеного огляду існуючих конструкцій віброгрохотів, в тому числі й інерційних, з визначенням їх недоліків і переваг були запропоновані подальші напрями для удосконалення. Було запропоновано зменшення потужності двигуна за рахунок застосування захисту від перевантажень.

Наведено вигляд загальний віброгрохота запропонованої конструкції, описаний принцип його дії. Виконані розрахунки основних параметрів віброгрохота, визначені параметри складових частин та вузлів. Виконані розрахунки на міцність елементів приводу та конструкцій.

Представлені складальні креслення вузлів запропонованого віброгрохота, а також розроблені робочі креслення основних деталей.

Технологічна частина роботи демонструє володіння методикою визначення параметрів технологічного процесу виготовлення основної несучої деталі віброгрохота вала, починаючи з вибору заготовки і закінчуючи визначенням режимів і часу механічної обробки.

Ключові слова: віброгрохот, будівельні матеріали, вібробуджувач, сито, дебаланс.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 А				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Анотація	Лім.	Лист	Листів	
Розроб.	Луценко			17.06		Н		1	2
Перев.	Васильєв			12.06					
Н. контр.	Васильєв			12.06					
Затв.	Орисенко			19.06					
						НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.			

Annotation

I.O. Lutsenko. Inertial vibrating screen of medium type with a capacity of 480 m³/h. – Manuscript.

Qualification work for obtaining the educational and qualification level “bachelor” in specialty 133 “Industrial mechanical engineering”, – National University “Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk”, Poltava, 2026.

Qualification work is devoted to the issues of creating vibrating equipment for screening building materials, namely an inertial vibrating screen of medium type.

As a result of the review of existing designs of vibrating screens, including inertial ones, with the identification of their shortcomings and advantages, further directions for improvement were proposed. It was proposed to reduce the engine power by using overload protection.

The general appearance of the vibrating screen of the proposed design is given, the principle of its operation is described. Calculations of the main parameters of the vibrating screen have been made, the parameters of the components and assemblies have been determined. Calculations of the strength of the drive elements and structures have been made.

Assembly drawings of the assemblies of the proposed vibrating screen are presented, as well as working drawings of the main parts have been developed.

The technological part of the work demonstrates mastery of the method of determining the parameters of the technological process for manufacturing the main supporting part of the vibrating screen shaft, starting with the selection of the workpiece and ending with the determination of the modes and time of mechanical processing.

Keywords: vibrating screen, building materials, vibration exciter, sieve, unbalance.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 А	Лист 2
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Віброгрохот інерційний середнього
типу продуктивністю 480 м³/год**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра**

ГММ.401-ММ.011-00.00.000ПЗ

Полтава – 2026 року

Зміст

ВСТУП.....	4
1 Огляд способів та обладнання для сортування будівельних матеріалів	7
1.1 Дробільно-сортувальні заводи.....	7
1.2 Грохоти важкого типу	17
1.3 Грохоти середнього типу	19
1.3.1 Грохот інерційний похилий ГИС-52 СМД-121А	19
1.3.2 Грохот інерційний вібраційний ГИС-62 СМД-125А	20
1.3.3 Грохот інерційний ГИСТ-72.....	22
1.3.4 Грохот інерційний СМД-148А	24
1.3.5 Грохот інерційний СМД-51	27
1.4 Грохоти легкого типу	29
1.4.1 Грохоти інерційні ГІЛ-52А і ГІЛ-43А	29
1.4.2 Грохот інерційний ГІС-32 СМД-225	30
2 Опис конструкції віброгрохота.....	34
3 Розрахунок працездатності віброгрохота	41
3.1 Визначення основних параметрів	41
3.2 Попередній розрахунок підшипників.....	47
3.3 Розрахунок клинопасової передачі	48
3.4 Розрахунок дебалансного вала	53
3.5 Уточнення типу підшипників.....	57
3.6 Розрахунок шпонок	58
3.7 Розрахування натяжного пристрою для сит і товщини стінок короба	58
4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала	61

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Зміст		
Розроб.	Луценко	Муценко	15.06				
Перев.	Васильєв	СВ	12.06		Лім. Лист Листів		
					Н 2		
Н. контр.	Васильєв	СВ	17.06		НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		
Затв.	Орисенко	СВ	19.06				

4.1 Вибір матеріалу.....	61
4.2 Вибір заготовки.....	62
4.3 Попередня обробка заготовок.....	62
4.4 Вибір баз.....	63
4.5 План технологічного процесу виготовлення черв'яка	64
4.6 Призначення припусків на обробку.....	65
4.7 4.7 Визначення проміжних припусків і проміжних розмірів при обробці поверхні вала з максимальним діаметром ($\varnothing 130$).....	66
4.8 Вибір обладнання, пристосування та інструмента	67
4.9 Визначення режимів різання	68
Висновки.....	71
Список літератури	72
Додаток – Маршрутно-операційна карта виготовлення вала.....	75

Вступ

Дробильно-сортувальні заводи належать до галузі виробництва нерудних будівельних матеріалів і призначені для виготовлення щебеню, гравію та піску. Ці матеріали широко застосовуються в промисловому, цивільному та гідротехнічному будівництві, а також при зведенні автомобільних і залізничних доріг та для інших цілей. Значною мірою такими матеріалами користується промисловість збірного залізобетону.

Ці заводи можуть функціонувати як підприємства районного масштабу або як відомчі об'єкти. За конструкцією вони поділяються на стаціонарні, збірно-розбірні та пересувні модифікації, і останні називаються пересувними дробильно-сортувальними установками (ПДСУ). У свою чергу, споруди зводяться за висотною або ступінчастою схемою залежно від технологічних потреб.

Залежно від кількості стадій дроблення дробильно-сортувальні заводи поділяються на одно-, дво- та тристадійні. Водночас за кількістю потоків матеріалів вони класифікуються як однопотокові (виробляють щебінь одного сорту за міцністю) та двопотокові (виготовляють щебінь двох сортів за критерієм міцності).

Тип каменедробильної установки обирається залежно від обсягів потреби в кам'яному матеріалі та масштабів робіт. Відповідно до продуктивності заводи підрозділяються на наступні категорії:

- малої продуктивності – до 100 тис. м³/рік;
- середньої продуктивності – 100-250 тис. м³/рік;
- великої продуктивності – понад 250 тис. м³/рік.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Вступ	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Луценко	Лук	17.06			Н	4	3
Перев.	Васильєв	СВ	12.06					
Н. контр.	Васильєв	СВ	17.06					
Затв.	Орисенко	СВ	19.06					
						НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		

Сучасні виробничі підприємства можуть забезпечувати продуктивність, що перевищує 2,4 мільйона кубометрів на рік. Найбільш поширеними є дробильно-сортувальні заводи з потужністю 400, 600, 1200 та 2400 тисяч кубометрів щорічно. Здебільшого такі заводи будуються у вигляді стаціонарних об'єктів, оснащених опалюваними приміщеннями, що дозволяє підтримувати безперебійну роботу за будь-яких кліматичних умов.

За структурою технологічних процесів ці заводи функціонують у режимі відкритого або замкнутого циклу. У відкритому циклі дроблений матеріал проходить через дробарку лише один раз, і надлишковий матеріал не підлягає подальшому переробленню. Натомість у замкнутому циклі весь зайвий камінь повторно подрібнюється і просіюється, причому цей процес може виконуватись декілька разів. Завдяки використанню замкнутого циклу отримують більш однорідний матеріал, а щебінь має дрібнішу фракцію.

Для виробництва нерудних будівельних матеріалів використовуються гірські породи, які відповідають жорстким вимогам щодо міцності, морозостійкості, зносостійкості та вмісту шкідливих домішок. До таких порід належать переважно вивержені та метаморфічні гірські породи (граніти, діабазы, габро, базальти тощо), а також однорідні й неоднорідні осадові породи (доломіт, вапняки, пісковики тощо), гравій та пісок. Варто зазначити, що карбонатні породи займають приблизно 40% усіх родовищ.

Дробильно-сортувальні заводи являють собою високотехнологічні системи обладнання, поєднані в єдиний виробничий ланцюг. Основними технологічними операціями на таких підприємствах є дроблення, сортування, миття, зневоднення, складування щебеню та утилізація відходів виробництва. Побудова технологічних схем та вибір обладнання для цих заводів залежать від характеристики вихідної сировини, вимог до якості кінцевого продукту та запланованої продуктивності. Ці схеми мають бути достатньо гнучкими для налаштувань характеристик готового продукту шляхом зміни режимів роботи устаткування, а також повинні гарантувати високу якість продукції при мінімальних витратах на експлуатацію. Досягнення цих стандартів

забезпечується завдяки повній механізації виробничих процесів і впровадженню автоматизованих систем управління технологічними операціями.

До ключового обладнання дробильно-сортувальних заводів входять шокові й конусні дробарки, грохоти, пластинчасті живильники та стрічкові конвеєрні системи.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 Огляд способів та обладнання для сортування будівельних матеріалів

1.1 Дробильно-сортувальні заводи

На дробильно-сортувальних заводах матеріал подрібнюється у декілька стадій, залежно від необхідного рівня подрібнення. Зазвичай ступінь подрібнення, досягнутий однією дробильною машиною, коливається в межах 3–7. Вибір між одно- або багатостадійною схемою дроблення визначається з огляду на необхідний кінцевий ступінь подрібнення.

Кількість стадій дроблення обирають залежно від розміру початкової гірничої породи, параметрів готової продукції, фізико-механічних характеристик матеріалу та типів використовуваних дробарок. На підприємствах максимальна крупність початкової породи зазвичай не перевищує 1300 мм, тоді як крупність готової продукції становить 40–70 мм. При цьому ступінь подрібнення $i = 1200/40 = 30$. Досягнення такого ступеня подрібнення в одній дробарці є надзвичайно складним через її конструктивні особливості. Тому подрібнення відбувається послідовно в кількох установках, кожна з яких виконує окрему частину процесу, що називається стадією дроблення.

Ступінь подрібнення, досягнутий у межах однієї стадії, називають частковим, тоді як сумарний результат всіх стадій— загальним.

$$i_{\text{заг}} = i_1 i_2 \dots i_k = 3 \cdot 3,1 \cdot 3,2 \approx 30, \quad (1.1)$$

де $i_{\text{заг}}$ — спільний (загальний) ступінь дроблення;

i_1, i_2, i_k — часткові ступені дроблення;

k — кількість стадій дроблення.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Огляд способів та обладнання для сортування будівельних матеріалів			
Розроб.	Луценко			17.06				
Перев.	Васильєв			17.06	Лім. Лист Листів			
					Н 7			
Н. контр.	Васильєв			17.06	НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.			
Затв.	Орисенко			19.06				

Розрізняють три основні типи дроблення: крупне, середнє й дрібне. На практиці нерідко зустрічаються заводи з багатоступеневими системами дроблення. Послідовність цих стадій утворює так звану схему дроблення, яка, зазвичай, включає і процес решетування. Решетування поділяється на попереднє, контрольне й остаточне. Сам процес дроблення може виконуватися як у відкритих, так і в замкнутих циклах. Для крупного дроблення найчастіше використовують відкритий цикл, тоді як середнє та дрібне дроблення здійснюються переважно у замкнутому циклі. У разі роботи в замкнутому циклі матеріал, розмір якого перевищує встановлені межі, видаляється з продукту.

Для розробки схеми дроблення та добору необхідного обладнання потрібно враховувати такі дані: продуктивність на основі початкової гірничої маси або готової продукції; характеристику крупності вихідної породи та її фізико-механічні властивості; гранулометричний склад продуктів дроблення на кожній стадії процесу; ефективність решетування, а також технічні вимоги до готової продукції.

Процес розрахунку технологічної схеми виконується окремо для кожної стадії дроблення разом із відповідними операціями решетування. Спочатку створюється якісна схема виробництва, а потім вона деталізується у вигляді кількісної схеми. На цих схемах зазначаються всі технологічні операції, обсяги матеріальних потоків, розміри шматків вихідної гірничої маси, параметри часток у проміжних стадіях дроблення і розміри кінцевих фракцій щебеню.

Типові технологічні схеми роботи дробильно-сортувальних заводів представлені на рис. 1.1, де ілюструються ключові особливості процесів обробки матеріалів залежно від їх вимог та продуктивності підприємства. Ці схеми відображають різні підходи до подрібнення та сортування гірничих порід, враховуючи специфіку кожного виробничого процесу.

На рисунку 1.1, а зображена одностадійна схема подрібнення, що працює у відкритому циклі. Ця схема передбачає одноразове проходження матеріалу через дробарку: отриманий у результаті дроблення продукт повністю подається на грохот для наступного розділення на фракції за розмірами. Такий метод

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист 8
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

застосовують переважно на заводах із невеликою продуктивністю, яка не перевищує 500 тис. м³ на рік, і слугує для виробництва рядового щебеню розміром до 70 мм. Однак слід зазначити, що через значні габарити окремих шматків початкової сировини в одностадійних схемах часто виникають труднощі із повною механізацією процесу, що робить їх використання рідкісним і переважно обмеженим за масштабами виробництва.

На рисунках 1.1, б і 1.1, в продемонстровані двостадійні технологічні схеми, які є більш поширеними у сфері виробництва будівельного щебеню. Ці схеми дозволяють отримувати 3-5 фракцій готового матеріалу, що відповідає стандартам будівельної галузі. У першому варіанті двостадійної схеми (рис. 1.1, б) весь продукт першої стадії подрібнення спрямовується безпосередньо до дробарок другої стадії, а вже потім піддається грохоченню для остаточного розподілу на фракції. Така конфігурація є ефективною тоді, коли частка остаточного продукту потрібного розміру в матеріалі першої стадії не перевищує 25%.

Якщо ж у продуктах першої стадії частка матеріалу остаточної крупності становить понад 25%, доцільніше використовувати схему з проміжним грохоченням (рис. 1.1, в). У такій схемі після першого етапу дроблення матеріал надходить на проміжний грохот, де відбувається відсів готового продукту остаточного розміру. Цей відсортований матеріал прямує безпосередньо на остаточне грохочення, оминаючи другу стадію подрібнення, а залишкова крупна маса обробляється далі.

Вибір оптимальної схеми дроблення та сортування сировини є важливим завданням, що визначається характеристиками вихідного матеріалу та вимогами до кінцевого продукту. Для досягнення максимальної ефективності й раціональності виробничого процесу необхідно враховувати такі параметри, як крупність вихідного матеріалу, продуктивність обладнання, а також специфіку технологічних операцій. На рисунку 1.1, г представлено тристадійний процес дроблення, який реалізований у вигляді якісно-кількісної схеми. У зазначеній моделі третя стадія подана в двох варіантах: із використанням відкритого циклу

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

9

(позначеного суцільною лінією) і замкнутого циклу (відображеного пунктирною лінією). Схема дозволяє візуалізувати умови крупності кінцевого продукту та показники продуктивності для кожної з етапів технологічної обробки матеріалу.

На першому етапі дроблення вихідний матеріал із початковою крупністю піддається механічному впливу, унаслідок чого формується продукт із заданими параметрами крупності. Далі весь отриманий матеріал прямуватиме на другий етап дроблення, у результаті якого його крупність ще більше зменшиться для задоволення вимог подальшого сортування. У свою чергу, продукт після другої стадії проходить проміжне грохочення, де здійснюється відділення готового продукту обсягом γ_1 . Частина матеріалу, яка все ще має великі розміри та обсяг, визначений у відсотковому співвідношенні (%), перенаправляється для додаткового подрібнення на третій етап.

На третьому етапі продукт дроблення отримує потрібну крупність, яка змішується із продукцією другої стадії аналогічного розміру та подається на остаточне грохочення. Тут матеріал спрямовується на сортування у різні фракції з розподілом на кілька категорій за параметрами крупності (). Вихід кожної із фракцій оцінюється у відсотках, а їх сума утворює загальний обсяг кінцевої продукції.

Слід зауважити, що продукт третього етапу дроблення може бути оптимізований шляхом зменшення його крупності без необхідності збільшення кількості стадій дроблення. Цього досягають через повернення певної фракції на остаточному грохоті назад у дробарку третього етапу, створюючи тим самим замкнутий цикл. Такий метод дозволяє поліпшити якість кінцевого матеріалу та забезпечити його відповідність необхідним стандартам. Матеріал, який повертається до дроблення в такому циклі, називають циркуляційним навантаженням, і його обсяг зазвичай становить від 15 до 25%. У зв'язку з цим продуктивність дробарки третього етапу, а також ефективність сортувального обладнання має бути відповідно збільшена на виражену величину циркуляційного навантаження для забезпечення високої результативності роботи всієї технологічної лінії.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

10

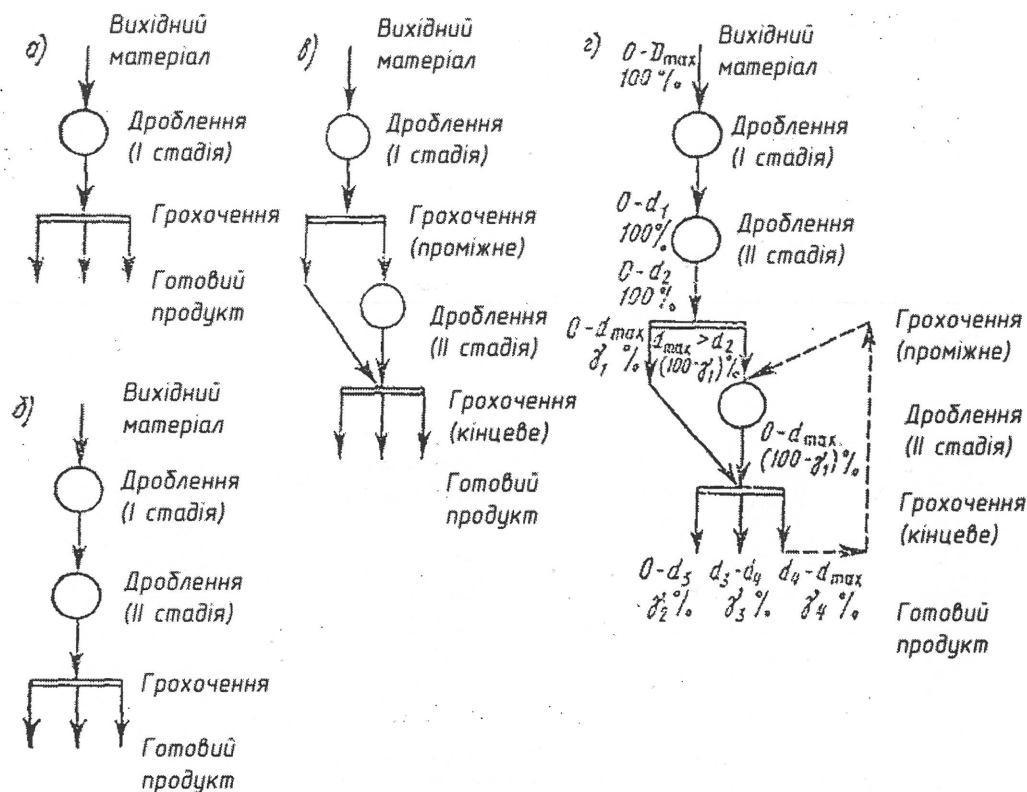


Рисунок 1.1 – Схеми дробильно-сортувальних заводів

Вище розглянуті принципові технологічні схеми дробильно-сортувального заводу, що відрізняються тільки числом стадій дроблення.

Початкова сировина, що надходить на гірничо-збагачувальні комбінати і заводи, продукти подрібнення дробарок і установок є зернові суміші, що складаються з різних за розміром частинок – від пилоподібних до шматків розміром понад 1000 мм. Для подальшого використання таких зернових сумішей їх заздалегідь розділяють на фракції за крупністю частинок. Такий розподіл здійснюється різними способами, найбільш поширеним із яких є грохочення – сортування на просіваючій поверхні з отворами, що калібруються (ситах, грохотах, колосниках).

Грохочення широко використовується для розділення частинок і шматків розміром понад 3 мм. Для дрібніших частинок використовуються пневмо- і гідрокласифікація.

Устаткування з просіювальними поверхнями, відповідно до його

основного функціонального призначення, отримало назву "грохоти", тоді як конструкції, оснащені дебалансними віброзбудниками, називають інерційними грохотами. Грохоти прийнято класифікувати залежно від щільності матеріалу, що підлягає сортуванню. Відповідно до цієї характеристики, грохоти поділяють на три основні категорії: важкі (позначення В), які призначені для роботи з матеріалами насипною щільністю до 2,8 т/м³; середні (позначення С), що використовуються для сортування матеріалів щільністю до 1,8 т/м³; та легкі (позначення Л), розраховані на матеріали щільністю до 1,4 т/м³.

Окрім цього, грохоти розрізняють за типом траєкторії руху їхніх просіювальних поверхонь. Наприклад, обладнання може мати траєкторію коливань близьку до кругової (позначення И), прямолінійну (позначення С) або ж траєкторію, що наближається до прямолінійної (позначення ІС).

Що стосується системи умовних позначень грохотів, то після літерних маркувань обов'язково вказують цифрові дані. Перша цифра позначає ширину просіювальної поверхні, друга – кількість ярусів сит у конструкції. Діапазон значень ширини просіювальних поверхонь зашифровано відповідно до таких даних: 2 відповідає ширині 1000 мм; 3 – 1250 мм; 4 – 1500 мм; 5 – 1750 мм; 6 – 2000 мм; 7 – 2500 мм; 8 – 3000 мм; 9 – 3500 мм; і, нарешті, 10 позначає ширину в 4000 мм. Водночас співвідношення між шириною і довжиною просіюючих поверхонь зазвичай варіюється в межах від 1:2 до 1:3.

Для прикладу можна розглянути два умовних позначення. Перший випадок – це грохот (Г) із близькими до прямолінійних коливаннями (ІС), важкого типу (В), із шириною просіювальної поверхні 2500 мм (цифра 7) та двома ярусами сит (цифра 2), що позначається як ГИСТ 72. У другому прикладі маємо грохот (Г) із круговими коливаннями (И), середнього типу (С), ширина просіювальної поверхні якого становить 2000 мм (цифра 6), а кількість ярусів сит дорівнює двом (цифра 2). Таке обладнання матиме позначення ГИС 62.

У промисловості будівельних матеріалів використовуються грохоти середнього типу, що дозволяють розділяти матеріали об'ємною масою до 1,8 т/м³, а також важкі колосникові грохоти.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

12

За конструкцією віброгрохоти поділяються на гіраційні, інерційні нахилені, інерційні горизонтальні (самобалансні).

На рисунку 1.2 наведені кінематичні схеми грохотів, уживаних у промисловості будівельних матеріалів.

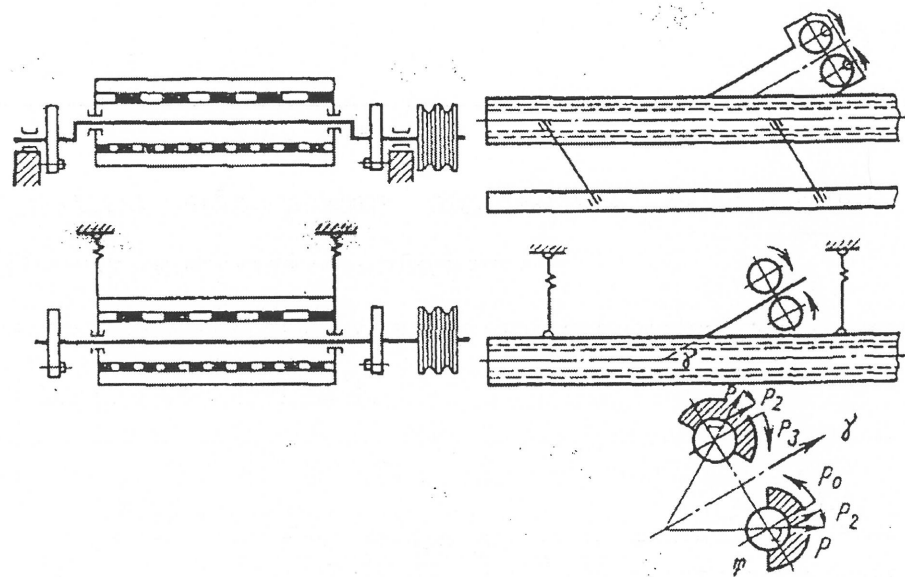


Рисунок. 1.2 – Кінематична схема грохотів.

Інерційні нахилені грохоти призначені для попереднього грохочення і розділення нерудних матеріалів на товарні фракції. Для потреб промисловості нерудних будівельних матеріалів випускають два типи грохотів: важкі колосникові і середні.

Інерційні нахилені грохоти середнього типу використовуються на проміжному і товарному грохоченні. Основними вузлами грохота є короб, вібратор, сита, підвіска і привод. Залежно від продуктивності та необхідної ефективності ці грохоти встановлюють під різними кутами нахилу.

Самобалансні грохоти середнього типу призначені для остаточного грохочення. Для них слід використовувати вібратори з направленими коливаннями, що дозволяє встановлювати грохот горизонтально. У промисловості будівельних матеріалів їх установлюють переважно на пересувних дробильно-сортувальних установках.

Процес грохочення заведено оцінювати двома показниками:

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

13

продуктивністю (кількість матеріалу, що надходить на грохот за одиницю часу) і ефективністю грохочення – відношенням маси матеріалу, що пройшов крізь отвори сита, до маси матеріалу даної крупності, що міститься в початковому продукті.

Для попереднього грохочення використовують колосникові грохоти, встановлені під кутом $35^\circ \dots 40^\circ$ або ж інерційні нахилені грохоти важкого або середнього типу [4, 5].

Для перевірного і остаточного грохочення використовуються грохоти середнього і легкого типів.

Продуктивність грохотів повинна відповідати розробленій і взятій кількісно-якісній схемі заводу і годинної продуктивності $\Pi_{\text{г}}$ заводу.

Якщо кількість фракцій щебеню не може бути отримане грохоченням в одному грохоті, то встановлюють послідовно два грохоти. Перший, наприклад, із ситами розміром отворів 70 мм і 40 мм, а другий – із ситами розміром отворів 20, 10 і 5 мм.

Якщо продуктивність вибраного грохоту не забезпечує продуктивність потоку матеріалів, то встановлюють паралельно декілька грохотів.

Число паралельно працюючих грохотів визначають за формулою:

$$\chi_{\text{гр}} = \frac{\Pi_{\text{г}}}{\Pi_{\text{чг}} \cdot F_{\text{д}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (1.2)$$

де $\Pi_{\text{г}}$ – річна продуктивність заводу по щебеню, $\text{м}^3/\text{год}$;

$\Pi_{\text{чг}}$ – годинна механічна продуктивність грохота, $\text{м}^3/\text{год}$;

$F_{\text{д}}$ – дійсний річний фонд робочого часу; при двозмінній роботі дорівнює 3750 годинам, а при тризмінній роботі 5300 годинам;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт використання обладнання за часом $K_{\text{н}} = 0,8$.

Результат розрахунку за формулою (13) округляють до цілого числа.

Якщо грохот працює в замкнутому циклі, то продуктивність грохоту повинна відповідати циркуляційній продуктивності $\Pi_{\text{ч}}$. Згідно завдання на грохоті повинні бути встановлені сита, отвори яких визначають за формулою:

$$D_i = 1,2 \frac{d_i^{\max}}{\cos \alpha_i}, \quad (1.3)$$

де $d_i^{\max}$ – розмір матеріалу (максимальний), що просівається;

$\alpha_i = 0 \dots 30^\circ$ – кут нахилу i -го сита.

Кількість сит у грохоті зазвичай не перевищує трьох, а кількість фракцій обмежена п'ятьма, що змушує використовувати кілька грохотів для виконання первинного та вторинного грохочення. На перші два колосникові грохоти подається весь обсяг матеріалу. Продуктивність інших грохотів розраховується за формулою (м³/год):

$$\Pi_i = \Pi_2 \left(\sum_1^i m_j \right) / 100, \quad (1.4)$$

де m_j – зміст фракції, що поступає на i -й грохот %.

Якщо сит досить, а фракцій мало, то можна обійтися колосниковим грохотом і грохотом із двома-трьома ситами. Необхідно навести технічні характеристики грохотів і перевірити продуктивність кожного сита за формулою, м³/Г:

$$Q = 3600 g_i F_i K_1 K_2 K_3 m, \quad (1.5)$$

де g – питома продуктивність грохота, м³/(Г·м²);

F – площа грохочення, м²;

m – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність живлення;

K_1 – коефіцієнт, враховуючий вплив кута нахилу грохота;

K_2 – коефіцієнт, враховуючий вплив зерен нижнього класу у початковому матеріалі;

K_3 – коефіцієнт, враховуючий вплив зерен, розмір яких менше половини діаметру отвору сита;

m – коефіцієнт, враховуючий нерівномірність живлення, форму зерен і тип грохота; при грохоченні щебню $m = 0,65$ для горизонтального віброгрохота і $m = 0,5$ для нахиленого грохота.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
15

Ефективність грохочення:

$$E = E_0 K_1' K_2' K_3', \quad (1.6)$$

де E_0 – еталонна ефективність грохочення;

K_1' – коефіцієнт, який враховує кут нахилу грохота;

K_2' – коефіцієнт, який враховує відсотковий вміст нижнього класу C_H в початковому матеріалі;

K_3' – коефіцієнт, який враховує процентний $C_{H\frac{1}{2}}$ кількісний вміст в нижньому класі зерен, габарит яких менше ніж половина отвору сита.

Сировина, яка надходить на гірничозбагачувальні підприємства, а також продукти подрібнення, отримані в дробарках і установках, являє собою зернисту суміш із частинками різного розміру — від найдрібнішого пилу до великих шматків, що перевищують 1000 мм. Для подальшого використання такі суміші попередньо сортують на фракції за розміром зерен. Цей процес здійснюється різними методами, найпоширенішим серед яких є грохочення. Воно передбачає сортування на просівних поверхнях (ситах, ґратах, колосниках) з отворами певного розміру.

Грохочення активно застосовується для розділення частинок і шматків розміром понад 3 мм; дрібніші частинки відокремлюються за допомогою пневмо- і гідрокласифікації. Обладнання для грохочення отримало назву «грохот». Залежно від конструкції існують інерційні грохоти, оснащені дебалансними вібробуджувачами. Грохоти класифікують за щільністю матеріалу, який вони сортують: важкі (Т), середні (С) та легкі (Л). Вони призначені для обробки матеріалів з насипною щільністю відповідно до таких показників: до 2,8; 1,8 і 1,4 т/м³.

Ще одна характеристика класифікації грохотів — траєкторія руху просівної поверхні: кругові або близькі до них (І), прямолінійні (С) і близькі до прямолінійних коливання (ІС). В умовному позначенні кожного грохота присутні параметри ширини просівної поверхні (перша цифра) і кількість ярусів сит

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

16

(друга цифра).

Ширина просівної поверхні має такі стандартні значення: 1000 мм позначається цифрою 2; 1250 мм — 3; 1500 мм — 4; 1750 мм — 5; 2000 мм — 6; 2500 мм — 7; 3000 мм — 8; 3500 мм — 9; 4000 мм — 10. Співвідношення між шириною та довжиною просівних поверхонь становить від 1:2 до 1:3.

Приклади умовних позначень обладнання: ГИСТ 72 — це грохот (Г) із близькими до прямолінійних коливаннями (ІС), важкого типу (Т), з шириною просівної поверхні в 2500 мм (7) і двома ярусами сит (2). Інший приклад — ГИС 62, тобто грохот (Г) із круговими коливаннями (І), середнього типу (С), з шириною просівної поверхні у 2000 мм (6) і аналогічно двома ярусами сит (2).

1.2 Грохоти важкого типу

Важкі колосникові інерційні грохоти призначені для попереднього сортування матеріалу перед подальшою його обробкою у дробарках первинного дроблення. Їхнє основне завдання полягає у відокремленні дрібних фракцій від крупнішого матеріалу.

Грохот моделі СМД-25 спеціально розроблений для попереднього грохочення гірських порід. Його продуктивність становить 280 м³/год, розміри робочої поверхні колосникових ґрат — 1500×3000 мм, амплітуда коливань — 3 мм.

Конструкція грохота (див. рис. 1.3) включає вібруючий короб з колосниковими ґратами. Короб підтримується на чотирьох пружинних підвісках, які забезпечують його кріплення до фундаменту або опорних конструкцій. На бокових стінках короба встановлено два підшипники, що утримують вал вібратора. Вібратор приводиться в дію через клинопасову передачу, з'єднану зі шківом електродвигуна, і захищений спеціальною огорожею.

Сам короб виконаний з металу, має футеровані бокові стінки, які

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

17

забезпечують довговічність конструкції. Усередині коробка розміщено колосники, що закріплюються клинами, які дозволяють легко й швидко їх замінювати у разі потреби. З'єднання бокових стінок забезпечують поперечні зв'язки та труба вібратора, яка також слугує захистом його вала від зносу.

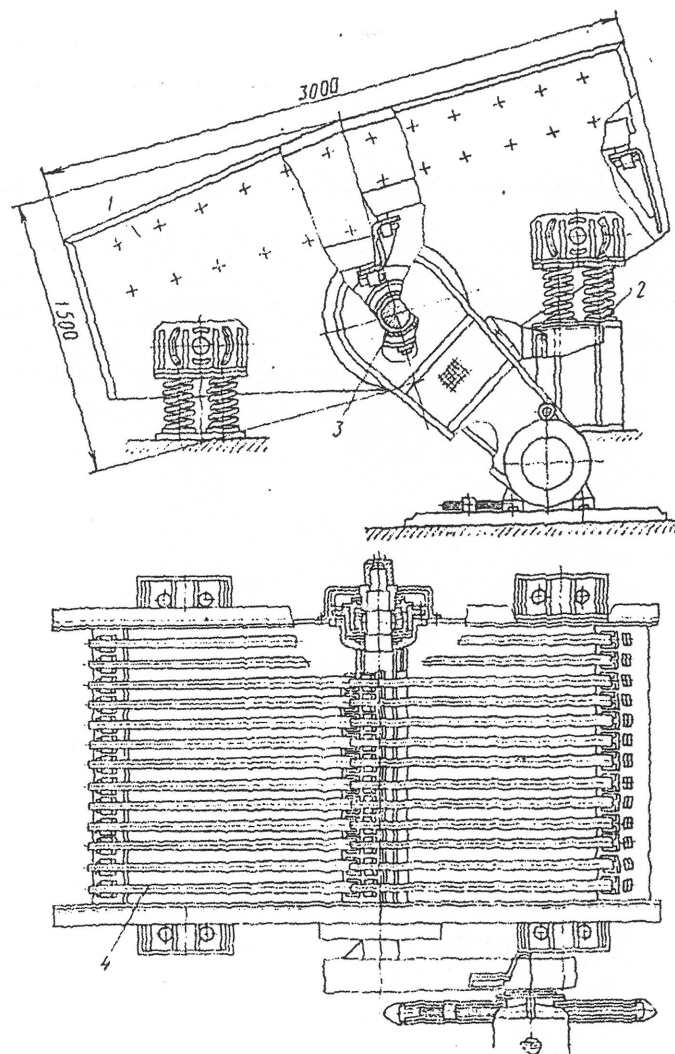


Рисунок. 1.3 – Грохот СМД-25

Вібратор складається з вала, на якому розташовані дебаланси. Положення дебалансів можна регулювати за допомогою трьох вантажів. Видаляючи або змінюючи вагу вантажів, можна налаштовувати величину вимушеної сили.

Грохот також обладнаний системою реверсування вібратора. Режим обертання вала у напрямі потоку матеріалу забезпечує максимальну продуктивність пристрою, тоді як обертання у протилежному напрямі збільшує ефективність грохочення.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

18

У процесі роботи короб здійснює кругові коливання під дією вібратора. Матеріал при цьому рухається по колосникових ґратах та проходить процес сортування залежно від його фракційного складу.

1.3 Грохоти середнього типу

1.3.1 Грохот інерційний похилий ГИС-52 СМД-121А

Грохот використовується для поділу щебеню та гравієво-піщаних сумішей на фракції з максимальною насипною щільністю до $1,8 \text{ т/м}^3$ та розміром грудок до 200 мм. Основна сфера його застосування — стаціонарні дробильно-сортувальні заводи.

Основними складовими частинами грохота (див. рис. 1.4) є короб із двома рівнями просіювальних поверхонь, вібратор, підвіски та приводний механізм. Короб складається з двох бокових стінок, виготовлених із листової сталі, з'єднаних поперечними рамами. Ці рами виконують функцію опор для верхньої та нижньої просіювальних поверхонь.

Вібраційний механізм включає вал із дебалансами на кінцях, який обертається у двох підшипниках, закріплених у бокових стінках короба. Обертання вала забезпечується двигуном через еластичну муфту.

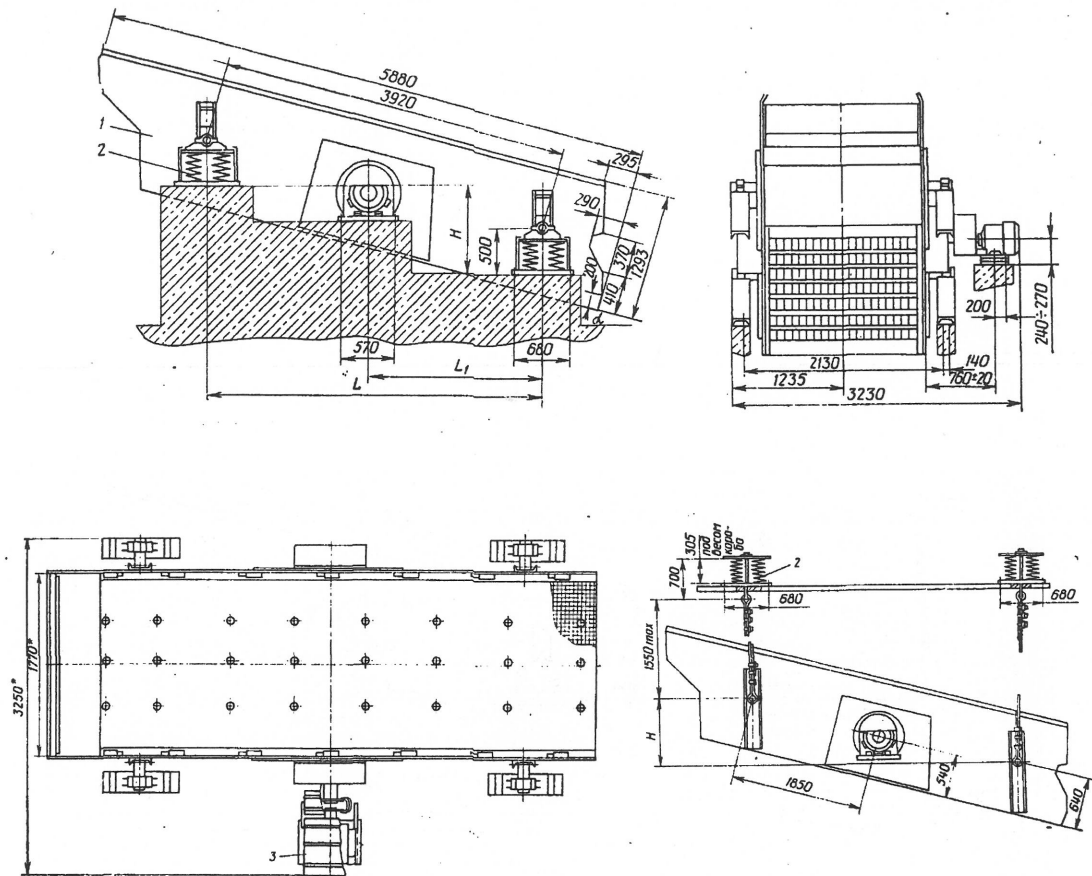
Підвіска грохота складається з циліндричних пружин, розташованих на кожній опорній точці конструкції.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

19



1 – короб; 2 – підвіска; 3 – привід.

Рисунок 1.4 – Загальний вид грохота СМД-121А

1.3.2 Грохот інерційний вібраційний ГИС-62 СМД-125А

Грохот використовується для проміжного та кінцевого сортування матеріалів на дробильно-сортувальних заводах і подібних підприємствах. Його основна функція полягає у розділенні щебеню, гравію або інших сипучих матеріалів з насипною густиною до $1,8 \text{ т/м}^3$ за розміром.

Конструкція грохота (рис. 1.5) включає короб із двома рівнями сит, який монтується на пружинних зв'язках, забезпечуючи рухливість. Коливальний рух короба створюється за допомогою одного інерційного вібратора. Бічні стінки короба виготовляються з листової сталі та з'єднуються поперечними

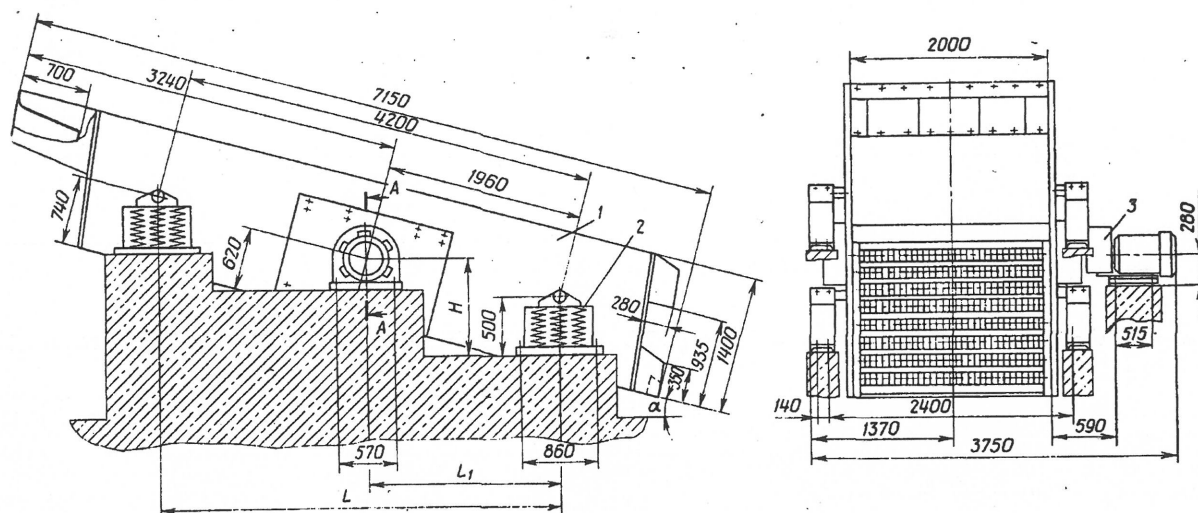
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

20

рамами, що виконують функцію опор для верхнього й нижнього сит одночасно.



1 – короб; 2 – підвіска; 3 – привод.

Рисунок 1.5 – Загальний вид грохота СМД-125А:

Для забезпечення міцності та надійності конструкції кількість зварних швів у коробі максимально зменшена. Основні складові короба з'єднані між собою за допомогою високоміцних болтів. Щоб підвищити жорсткість, у конструкції передбачено здвоєні поперечні зв'язки та ребра жорсткості в місцях кріплення цапф підвіски.

Грохот обладнаний завантажувальним лотком, який сприяє ефективному використанню всієї робочої площі сита та знижує рівень його зношування. Сита в грохоті можуть бути закріплені притискними пристроями без натягу (якщо розмір отворів перевищує 10 мм) або встановлюватися з поперечною натяжкою для дрібніших сит.

Підвіска грохота складається з трьох циліндричних пружин у кожній з чотирьох опор. Для зменшення амплітуд резонансних коливань під час запуску і зупинки грохота в його пружні опори вбудовані демпфери зі стрічкової гуми. Гумові стрічки змонтовані з невеликим послабленням, що дозволяє їм не заважати коливанням короба під час роботи, але вони починають діяти у момент різкого зростання амплітуд резонансних коливань.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

21

Вібраційний механізм оснащений валом із дебалансами на кінцях, що обертається у двох підшипниках, закріплених у бортах короба. Вал приводиться в обертання двигуном через еластичну муфту.

Коливання короба зумовлені дією обертальних мас дебалансів, завдяки чому всі точки короба описують кругові або близькі до кругових траєкторії. Під час розділення матеріалу його переміщення по сити забезпечується шляхом установки просіювальної поверхні під певним кутом нахилу до горизонталі (рекомендований кут — від 12 до 18 градусів).

1.3.3 Грохот інерційний ГИСТ-72

Грохот використовується для класифікації та розсіву сипких матеріалів із насипною щільністю до $2,8 \text{ т/м}^3$ під час виконання операцій сухого або мокрого грохочення. Він ефективний для обробки матеріалів із вологістю до 5% і температурою до 120°C . Також обладнання застосовується для зневоднення, знешламлювання і відмивання суспензій, що утворюються в процесі збагачення.

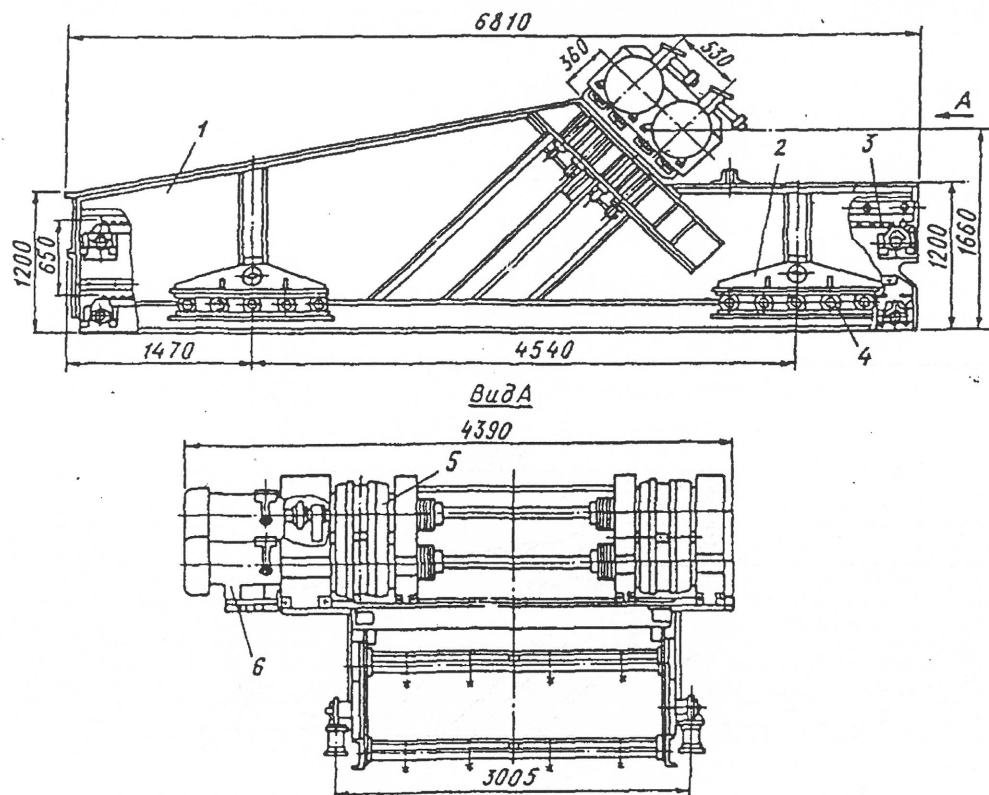
Конструктивно грохот (див. рис. 1.6) складений з короба, вібратора, сит, віброізолюючих опор та електродвигунів.

Короб грохота включає дві боковини, поперечні балкові зв'язки та задню стінку. Для підвищення міцності боковини укріплені ребрами жорсткості, а спеціальні цапфи забезпечують установлення короба на опорах.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
22



1 – короб; 2 – опора; 3 – сито; 4 – амортизатори; 5 – вібратор; 6 – двигун.

Рисунок 1.6 – Загальний вид інерційного грохота ГИСТ-72:

Вібратор грохота складається з двох корпусів, усередині яких паралельно встановлено по два вали на підшипниках гойдання. На валах закріплені дебаланси. Обертальний рух валів передається через пелюсткові муфти від двох електродвигунів.

Віброізолююча опора складається з рухомого кронштейна та нижньої нерухомої плити, між якими закріплені амортизатори, що контактують із бічними поверхнями. Кронштейни прикріплюються до цапфи грохота, передаючи на амортизатори як статичні, так і динамічні навантаження, що виникають від руху мас грохота.

Грохот може бути встановлений під певним кутом. Для цього його опора регулюється в горизонтальній площині. Це здійснюється шляхом повороту кронштейнів навколо цапф короба і закріплення їх торцевими шайбами.

Якщо передбачено додаткове замовлення, разом із грохотом постачаються спеціальна рама для встановлення кута нахилу 5° або 10° , пилозахисне укриття

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

23

та бризкальний пристрій.

Під час роботи грохота короб здійснює спрямовані коливання у вертикальній площині під дією інерційних сил, що створюються обертанням дебалансів. Траєкторія руху кожної точки короба є прямолінійною і нахилена під кутом 45° до площини сит. Матеріал із завантажувальної воронки потрапляє на верхнє сито, після чого під впливом коливань поступово переміщається до точки розвантаження. При цьому частинки, менші за отвори сит, просіюються крізь верхнє, а потім нижнє сито

1.3.4 Грохот інерційний СМД-148А

Грохот призначений для поділу гравію, щебеню та інших сипких матеріалів на товарні фракції із кусками розміром до 250 мм і розсипною щільністю до $1,8 \text{ т/м}^3$. Він використовується на стаціонарних дробильно-сортувальних заводах, а також на пересувних установках для проміжного та кінцевого грохочення.

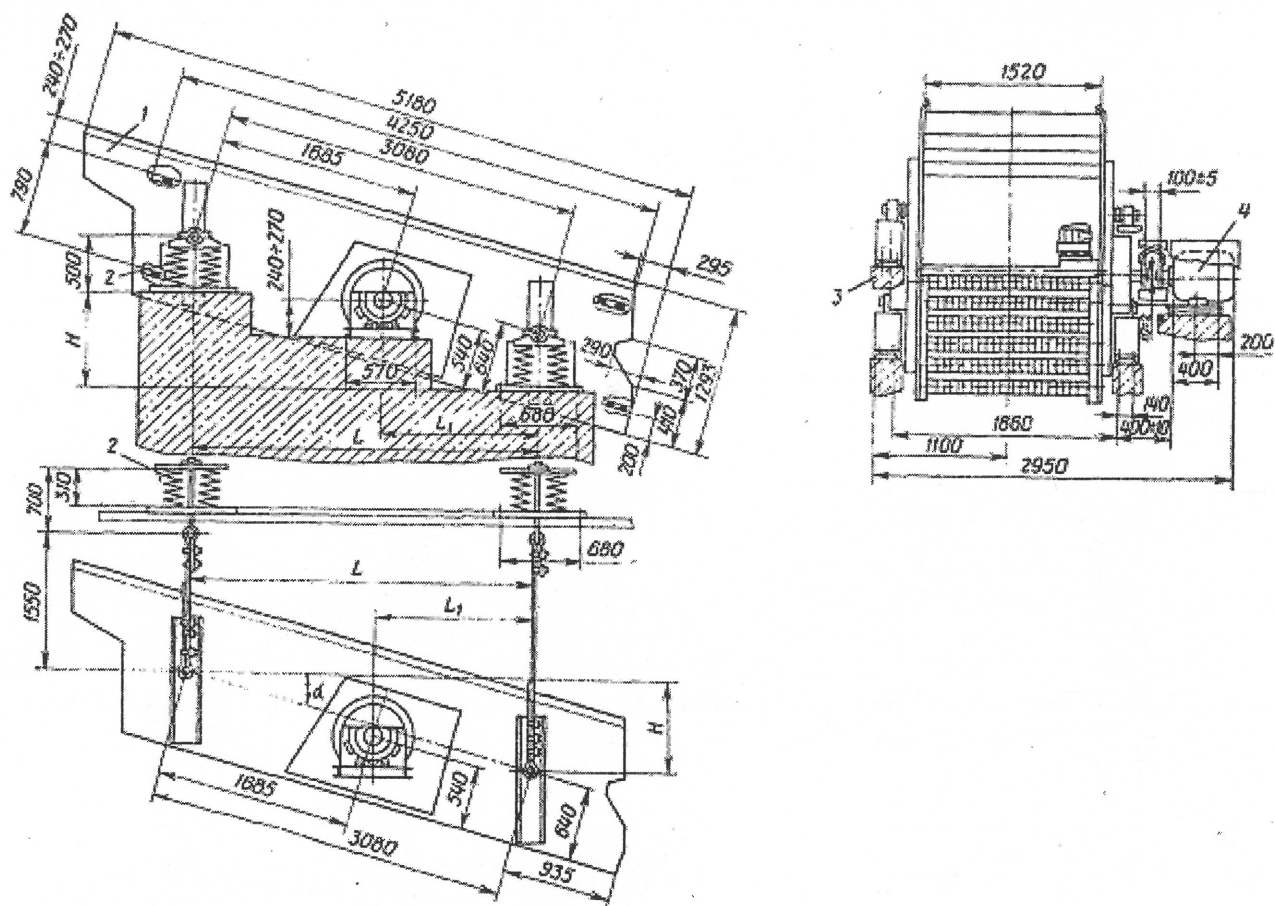
Конструкція грохота (див. рис. 1.7) включає короб, вібратор, просівальні поверхні, муфту або клинопасову передачу та двигун.

Бокові стінки короба, які виконують роль бортів, з'єднані заклепками з двома рядами поперечних балкових зв'язків і центральною трубою. На кожному ряду балкових зв'язків через рівні проміжки закріплені три опорні балки, до яких кріпляться просівальні поверхні за допомогою скоб і гайок. У якості просівальних поверхонь використовуються сита різних конструкцій. Кожне сито може бути складено по всій довжині поверхні для ефективного сортування матеріалів.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
24



1 – коробка; 2 – підвіска; 3 – кожух; 4 – привод.

Рисунок 1.7 – Загальний вид грохота інерційного СМД-148А

Конструкція коробка передбачає два способи кріплення та натягування просіювальних поверхонь. Сітки з дроту діаметром 5 мм і більше не натягуються, а фіксуються між дерев'яними брусками за допомогою клинів біля стінок коробка, а також притискаються до центральної балки на верхньому ярусі спеціальною притискною планкою за допомогою клина з компенсатором. На нижньому ярусі для цього використовуються хомути з гайками та куточками. Сітки з дроту діаметром менше 5 мм натягуються за допомогою планок та спеціальних болтів із гайками та шайбами.

У задній частині коробка розташований завантажувальний лоток, який захищений гумовим листом. Гумові футерування забезпечують захист дерев'яних деталей кріплення сітки від зносу, а гумові втулки захищають балкові зв'язки.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
25

Роль вібратора виконує вал із закріпленими на його кінцях ексцентриками. Він встановлений на двох підшипникових опорах, а ексцентрики прикріплені до валу за допомогою шпонки, яка запобігає провертанню втулки. Для змащення підшипників використовується шланг із масельничкою, а для відведення рідини під час промивання роликпідшипників передбачена зливна пробка. До ексцентриків кріпляться регульовальні вантажі, які дозволяють змінювати амплітуду коливань.

Грохот підтримується чотирма підвісками, які сприймають масу обладнання та динамічні навантаження, що виникають під час роботи. Підвіска складається з нижньої плити, двох циліндричних пружин і верхньої плити, яка встановлена на ці пружини та закріплюється стабілізаторами.

Привод грохота здійснюється від двигуна через клиноремінну передачу або пелюсткову муфту. Усі зовнішні обертові частини грохота закриті кожухами для захисту оператора та механізмів.

На заводі грохоти виготовляються в чотирьох варіаціях. Основною версією є опорно-підвісний грохот із муфтою, просіювальними поверхнями з чарунками розміром 40×40 та 20×20 мм. Додатково пропонуються такі варіанти:

- Опорно-підвісний грохот із муфтою та ситами з чарунками розміром 20×20 і 10×10 мм;
- Опорний грохот із клиноремінною передачею та сітками з чарунками розміром 70×70 і 40×40 мм;
- Опорний грохот із клиноремінною передачею, ситами з чарунками розміром 20×20 і 55 мм.

З метою забезпечення безпеки роботи всі обертові частини грохота закриті захисними кожухами, а двигуни знаходяться у стаціонарному положенні та заземлені.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

26

1.3.5 Грохот інерційний СМД-51

Середній інерційний грохот використовується для поділу сипучих матеріалів на окремі фракції. Його можна як встановлювати на опорних конструкціях, так і підвішувати на канатах. Продуктивність цього пристрою становить 600 м³/год, розмір сит — 1750×4500 мм, максимальний розмір вихідного матеріалу сягає до 100 мм, амплітуда коливань — 3 мм, кут нахилу можна варіювати від 8 до 25°.

Конструкція грохота передбачає короб (1), в якому містяться два яруси сит (8). Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, верхню частину короба накрито пилозахисним кожухом (2). Він підвішується до відповідної конструкції за допомогою тягової системи (3), яка оснащена амортизаторами (4). У середині короба знаходиться вал, встановлений у підшипниках кочення, а на його кінці розташовано вібратор (5). Обертання вала здійснюється через клинопасову передачу від електродвигуна (6), завдяки чому короб разом із ситами виконує кругові або наближені до них коливання.

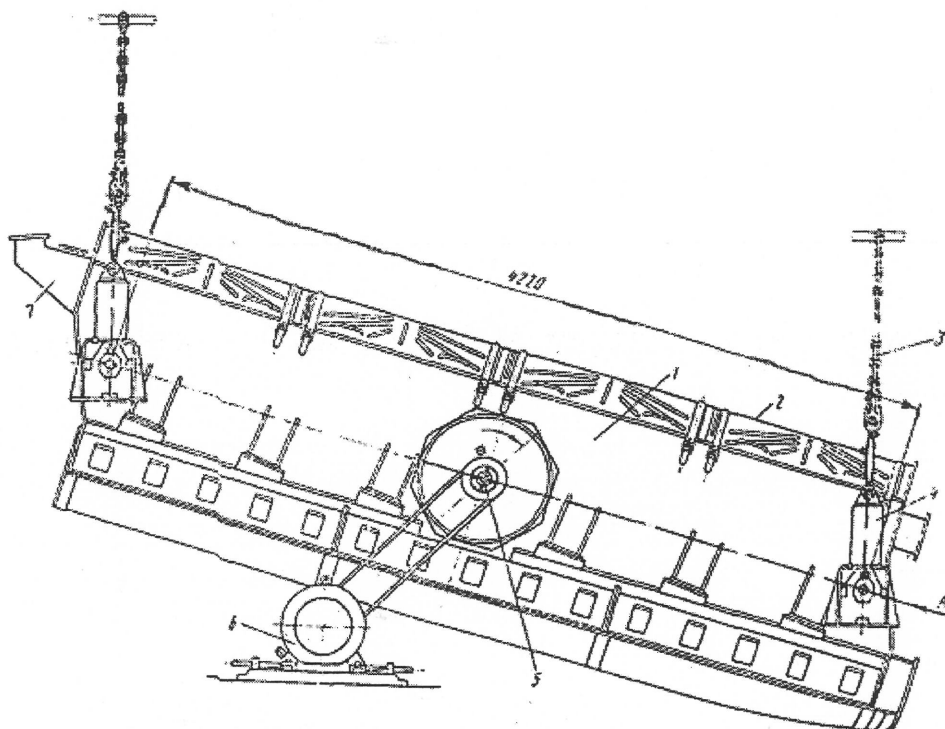
Короб виготовлений із бічних листів, поперечних і поздовжніх зв'язків, задньої стінки та двох ярусів сит. Сита кріпляться дерев'яними клинами, що забезпечує їх швидку заміну за необхідності. У задній частині короба передбачено лоток для прийому матеріалу, а спереду є спеціальні вирізи для монтажу приймальних лотків, що запобігають втраті готового продукту.

З метою збільшення жорсткості конструкції та захисту вала вібратора від зношення, бічні стінки короба з'єднані трубою, всередині якої розташований вал.

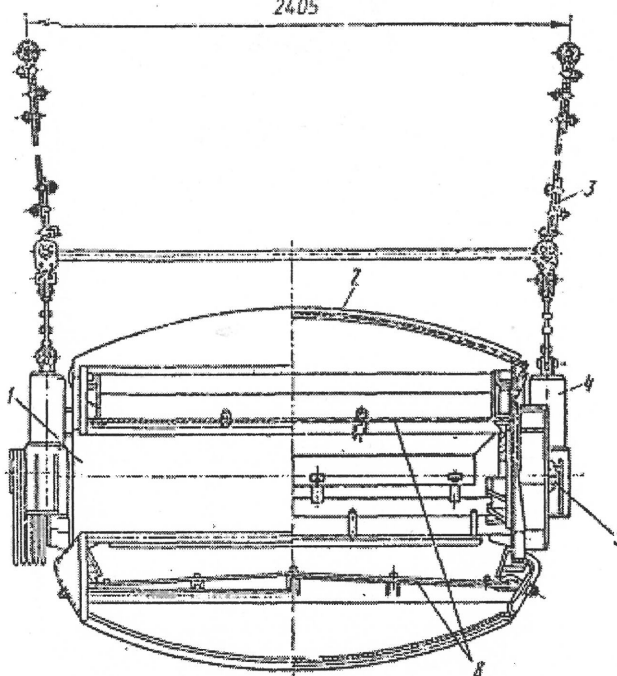
Основна функція вібратора полягає у забезпеченні коливальних рухів короба. Кругові коливання виникають завдяки силам інерції, що з'являються під час обертання дебалансів.

За своєю конструкцією вібратор складається з вала (4), на якому закріплено два дебаланси (2). Вал обертається у роликових радіально-сферичних підшипниках (3). Один із кінців вала обладнаний шківом (1), що приводить вал у

рух через передачу приводу. Сила збудження регулюється за допомогою зміни ваги вантажів.



Вид А
(повернуто)
2405



1 – короб; 2 – кожух; 3 – тяга; 4 – амортизатор; 5 – вібратор; 6 – електродвигун; 7 – розвантажувальна воронка; 8 – сита.

Рисунок 1.8 – Грохот СМД-51

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
28

1.4 Грохоти легкого типу

1.4.1 Грохоти інерційні ГІЛ-52А і ГІЛ-43А

Грохоти призначені для розділення матеріалів із насипною щільністю до 1,4 т/м³ на фракції.

Грохот (рис. 1.9) складається з короба зі встановленими в ньому ситами, вібратором, приводу і віброізолюючих опор або підвісок.

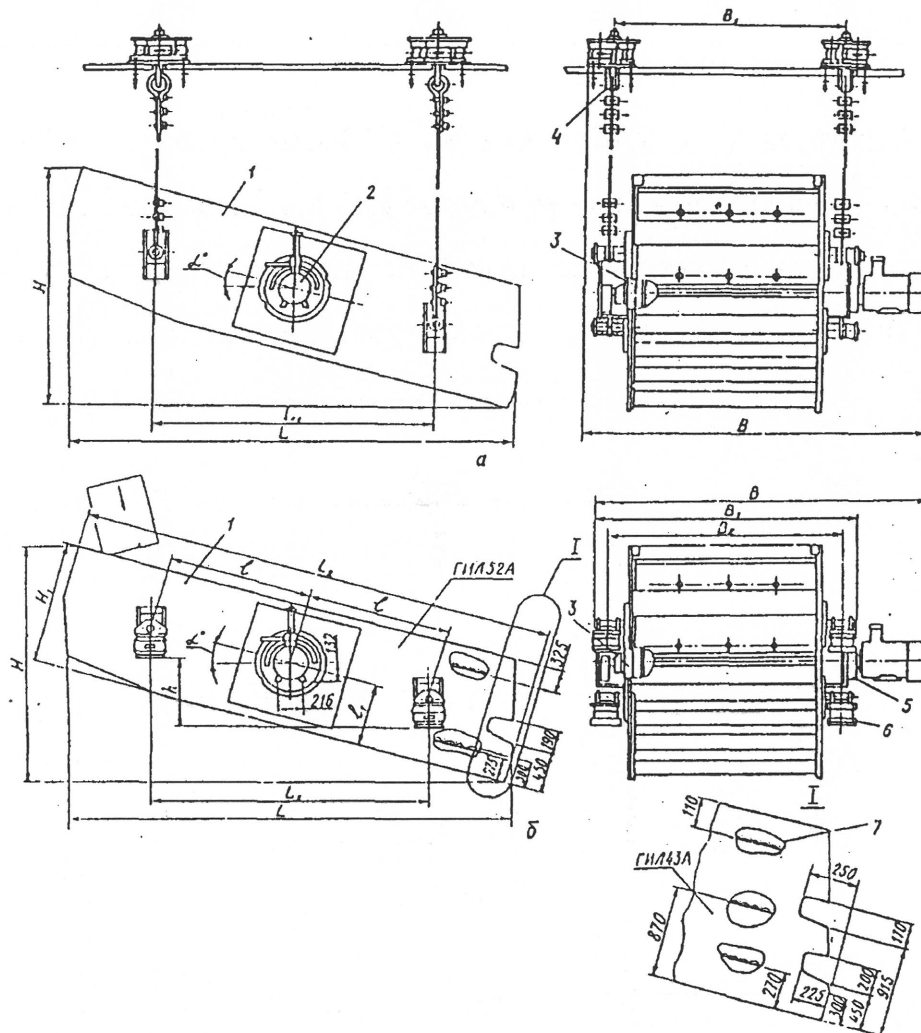
Коробом є дві боковини, підсилені в зоні установки вібратора накладними листами і балковими зв'язками. На внутрішніх боках боковин є опорні планки і куточки для кріплення сит. Вібратор є основною частиною грохота і призначений для додавання йому кругових коливань. Вібратор складається з вала, встановленого на підшипниках, і дебалансів, закріплених по його кінцях. Один із дебалансів має отвори для приєднання пелюсткової муфти приводу. Він установлюється на правому або лівому кінці вала залежно від вказаного в замовленні правого або лівого розміщення привідного двигуна.

Грохот установлюється на опорах або підвішується на віброізоляторах. При встановленні грохота на опорах за окремим замовленням він може бути укомплектований опорною рамою. Рама складається з чотирьох стійок, з'єднаних між собою зв'язками, і однією стійкою під двигун. На раму встановлюються підставки, що забезпечують установку грохота під кутом 10, 15, 20°. Рама комплектується також воронкою для збирання підрешітного продукту.

Грохот за окремим замовленням може бути укомплектований пилозахисним кожухом, що служить для запобігання потрапляння пилу в навколишнє середовище. У кожусі є отвори для під'єднування до системи витяжної вентиляції і для підведення завантажувального лотка. Для огляду внутрішніх поверхонь грохота, заміни сит і дрібного ремонту в кожусі передбачені знімні верхні листи.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		29

При роботі грохота короб із ситами здійснює у вертикальній площині коливальні рухи, близькі до кіл (траєкторія руху кожної точки короба близька до кола). Матеріал із завантажувального лотка надходить на верхнє сито і завдяки вібрації і нахилу короба переміщується до місця розвантаження і одночасно дрібні частинки просіваються через верхнє сито, а потім і через нижнє.



1 – короб; 2 – двигун; 3 – вібратор; 4, 6 – опора; 5 – огорожа; 7 – сито.

Рисунок 1.9 – Загальний вигляд грохотів:

1.4.2 Грохот інерційний ГІС-32 СМД-225

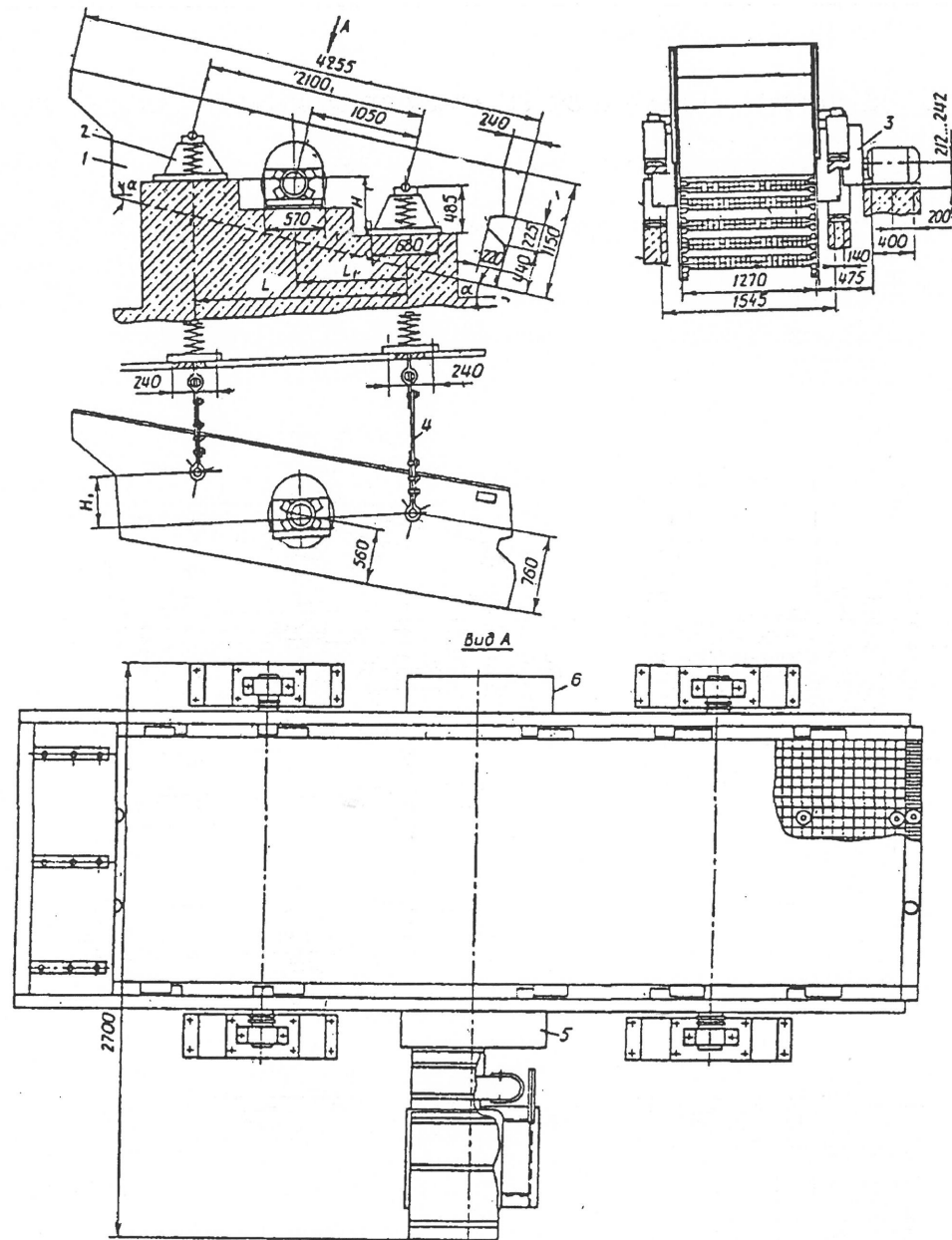
Грохот призначений для грохочення і розділення на товарні фракції

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
30

щебеню, гравію та інших сипких матеріалів із величиною кусків до 250 мм, насипною щільністю до $1,8 \text{ т/м}^3$ і температурою до 50°C . Грохот використовується на проміжному і товарному грохоченні на стаціонарних дробильно-сортувальних заводах і на пересувних дробильно-сортувальних установках.



1 – короб; 2 – опора; 3 – привід; 4 – підвіска канатна; 5, 6 – кожух.

Рисунок 1.10 – Загальний вигляд інерційного грохота СМД-225

Грохот (рис. 1.10) складається з короба, вібратора, просівальних

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
31

поверхонь, опор, муфти і двигуна.

Короб грохота є зварною конструкцією, що складається з боковин, центральної труби, рам і завантажувального лотка. На поперечних зв'язках через однакові проміжки закріплені поздовжні балки, на яких встановлюються просівальні поверхні. Як просівальні поверхні використовуються металеві сита різної конструкції або гумові сита.

Гумовий лоток і труби поперечних зв'язків захищені гумовими листами і втулками.

Вібратором грохота є вал із закріпленими по кінцях дебалансами, встановлений на двох підшипникових опорах. Підшипникова опора включає корпус із радіально-упорним роликотпідшипником та елементи його кріплення і захисту від потрапляння води і пилу. Корпус підшипникової опори встановлюється в гніздо центральної труби короба грохота і кріпиться за допомогою високоміцних болтів. Для зміни амплітуди коливань грохота передбачено кріплення до дебалансів додаткових вантажів.

Грохот устатковується на чотирьох опорах, кожна з яких складається з нижньої плити, пружини, верхньої плити і стабілізатора. У опорному варіанті грохот цапфами встановлюється на верхню плиту і кріпиться до неї хомутами. У підвісному варіанті грохот з опорами з'єднується за допомогою канатів.

Грохот працює так. Вихідний матеріал надходить на завантажувальний лоток працюючого грохота, під впливом вібрації і нахилу розподіляється рівномірно по ширині сита, переміщується у бік розвантаження, і дрібні частинки (менші від розмірів отворів сита) просіваються крізь верхнє сито і надходять на нижнє. На нижньому ситі відбувається подальше розділення матеріалу. Швидкість переміщення матеріалу залежить від кута нахилу просівальних поверхонь. При збільшенні кута нахилу швидкість руху матеріалу збільшується, проте ефективність грохочення знижується і навпаки.

Висновок

Попередній огляд різних типів та конструкцій обладнання, що використовується на дробильно-сортувальних заводах для проведення розділу на фракції за крупністю частинок, показав важливість використання віброгрохотів. Отже розробка нових конструкцій та вдосконалення вже існуючих є актуальним питанням для будівельної галузі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
33

2 Опис конструкції віброгрохота

Інерційні нахилені грохоти призначені для попереднього грохочення і розділення нерудних матеріалів на товарні фракції. Для потреб промисловості нерудних будівельних матеріалів випускають два типи грохотів: важкі колосникові і середні.

Інерційні нахилені грохоти середнього типу використовуються на проміжному і товарному грохоченні. Основними вузлами грохота є короб, вібратор, сита, підвіска і привод. Залежно від продуктивності та необхідної ефективності ці грохоти встановлюють під різними кутами нахилу.

Процес грохочення заведено оцінювати двома показниками: продуктивністю (кількість матеріалу, що надходить на грохот за одиницю часу) і ефективністю грохочення – відношенням маси матеріалу, що пройшов крізь отвори сита, до маси матеріалу даної крупності, що міститься в початковому продукті.

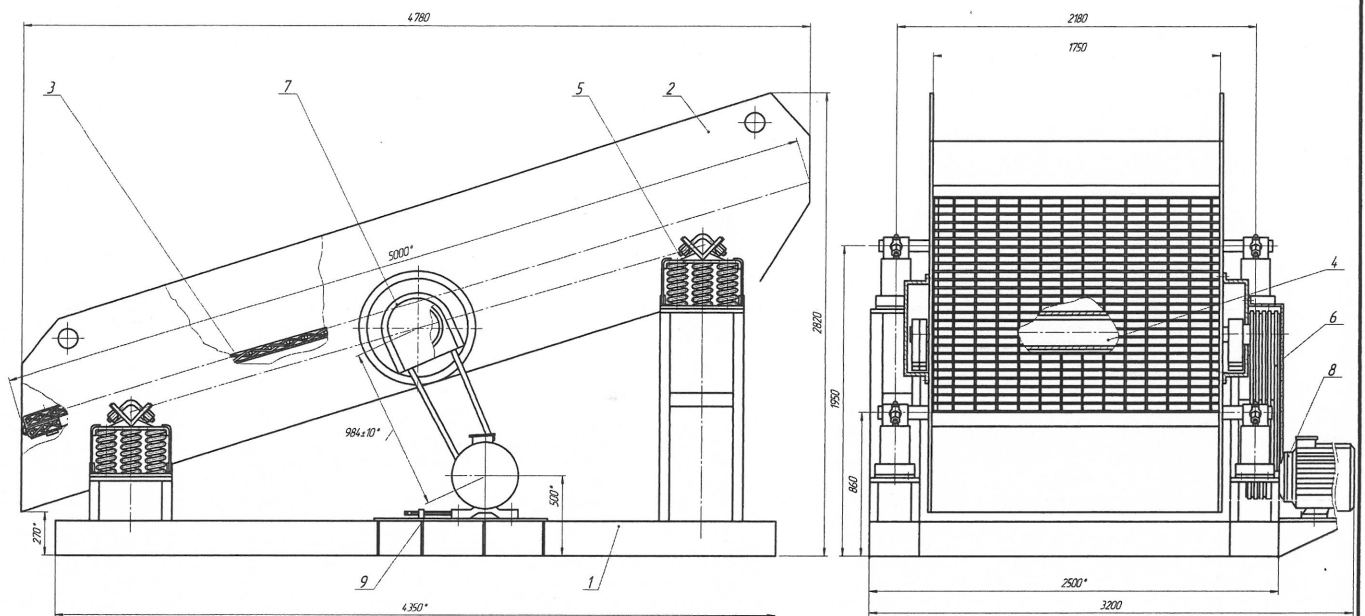
Для попереднього грохочення використовують колосникові грохоти, встановлені під кутом $35^{\circ} \dots 40^{\circ}$ або ж інерційні нахилені грохоти важкого або середнього типу [4, 5].

Для перевірного і остаточного грохочення використовуються грохоти середнього і легкого типів.

Продуктивність грохотів повинна відповідати розроблений і взятій кількісно-якісній схемі заводу і годинної продуктивності заводу.

Грохот призначений для проміжного і товарного грохочення на дробильно-сортувальних заводах та інших підприємствах для розділення за величиною щебеню, гравію і подібних матеріалів з насипною щільністю до $1,8 \text{ т/м}^3$.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Опис конструкції віброгрохота	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Луценко			17.06		Н		
Перев.	Васильєв			17.06			34	7
						НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		
Н. контр.	Васильєв			12.06				
Затв.	Орисенко			19.06				



1 – рама; 2 – корпус; 3 сито; 4 – вал дебалансний; 5 – опора; 6 – передача пасова; 7 – кожух; 8 – привод натяжний, 9 – пристрій натяжний

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд інерційного віброгрохота, запропонованої конструкції

Грохот (рис. 2.1.) складається з короба з одним ярусом сит, встановленого на пружні зв'язки (пружини), такого, що приводиться в коливальний рух від однофазного інерційного вібратора. Дві бічні стінки (борти) короба, виконані з листової сталі, зв'язані двома рядами поперечних рам, які служать одночасно опорами верхньому і нижньому ситам.

Із метою забезпечення надійності короба число зварних швів у ньому зведене до мінімуму. Основні елементи короба сполучені високоміцними болтами. Для збільшення жорсткості короба передбачені здвоєні поперечні зв'язки і ребра жорсткості в місцях кріплення цапф підвіски. Грохот має завантажувальний лоток, що забезпечує повне використання робочої площі сита і сприяє зменшенню його зношення. Сита в грохоті можуть закріплюватися притискними пристосуваннями без натяжки (при розмірі отворів понад 10 мм) і встановлюватися з поперечною натяжкою у випадках використання дрібніших сит. Підвіска грохота виконана з трьох циліндрових пружин в кожній з чотирьох

опор. Із метою зменшення амплітуд резонансних коливань у період пуску і зупинки грохота в пружних опорах встановлюються демпфери із стрічкової гуми. Стрічки вмонтовуються з деяким послабленням, тому під час роботи грохота не перешкоджають коливанням короба, а вступають в дію при різкому зростанні резонансних амплітуд коливань. Механізмом вібратора є вал з дебалансами на кінцях, що обертається в двох підшипниках, встановлених в бортах короба. Вал вібратора приводиться в обертання від двигуна через пасову передачу.

Коливання короба викликаються дією мас дебалансів, що обертаються, при цьому всі точки короба мають кругові або близькі до кругів траєкторії руху. При розділенні матеріал просувається по сити при установці просіваючої поверхні під деяким кутом до горизонту (кут нахилу, що рекомендується, 12...18°).

Інерційний похилий віброгрохот має приводний механізм, що представляє собою вал з дебалансами, оперті на два підшипники, корпуси яких укріплені на стінках бічні короби грохоту.

Вал віброзбуджувача приводиться в обертання через клиноремінну передачу. Короб гуркоту через пружинні амортизатори опираються на підставу.

Під час режиму, що встановився, роботи вісь шківів привода гуркоту залишається нерухливою. Досягається це шляхом зсуву центру веденого шківів механізму щодо геометричної осі вала на величину, рівну амплітуді коливань короба при режимі, що встановився.

В інерційних грохотах зі збільшенням навантаження амплітуда коливань короба зменшується автоматично, захищаючи, таким чином, конструкції гуркоту від перевантаження.

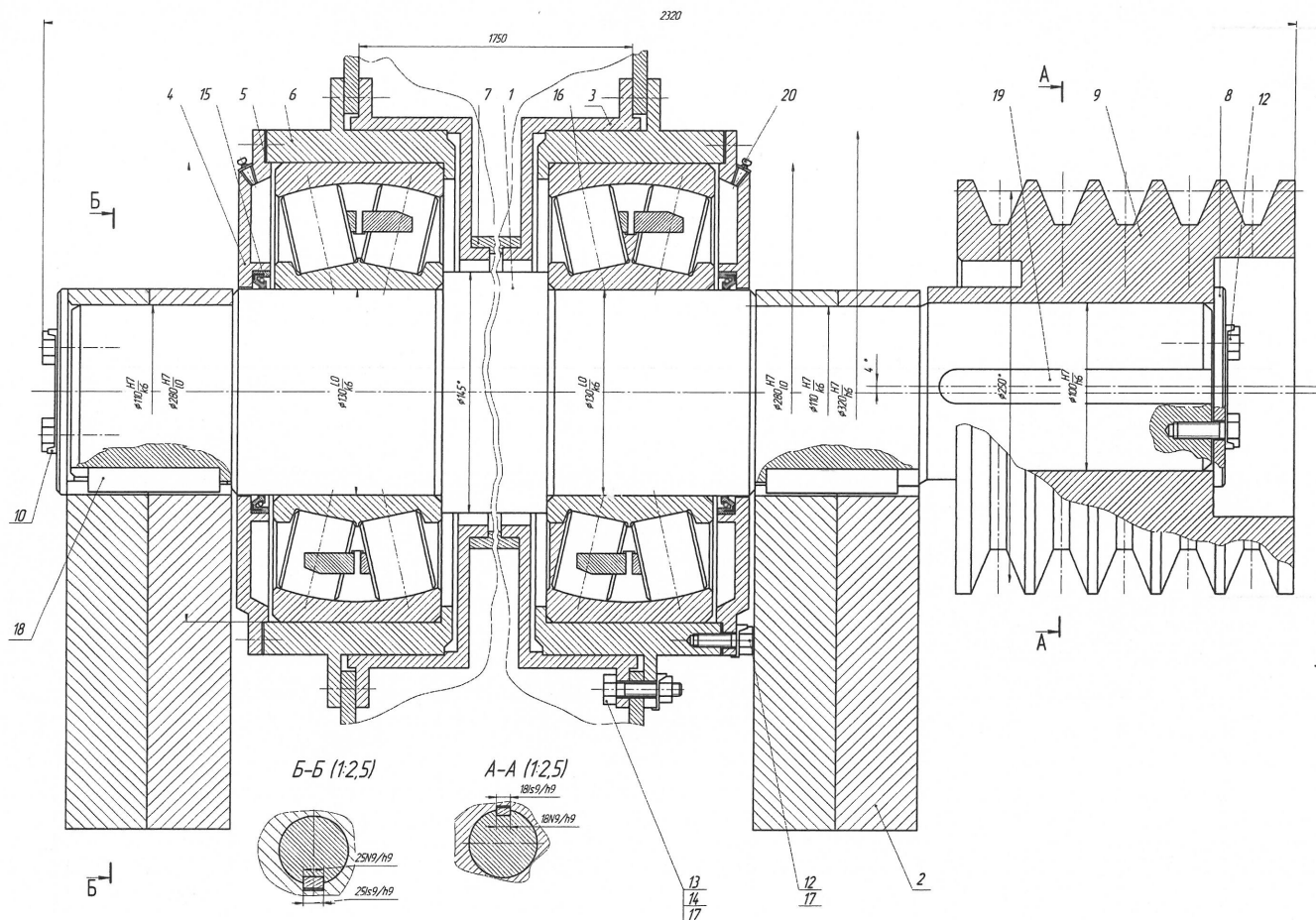
Ця властивість “самозахисту” дозволяє використовувати інерційні грохоти для найважчих умов просівання.

Основним вузлом віброгрохота є дебалансний вал (рис. 2.2), який вставлений всередині корпусу, та створює коливання всієї машини. Завдяки обертанню цього вала відбувається процес просіювання.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
36



1 – вал; 2 – дебаланс; 3 – кришка; 4 – кришка підшипника; 5 – прокладка; 6 – корпус підшипника; 7 – труба; 8 – шайба торцева; 9 – шків; 10 – пластина стопорна.

Рисунок 2.2 – Вал дебалансний

Опорами грохота (рис. 2.3) служать чотири блока пружин, по три в кожному, які сприймають масу машини, а також динамічні навантаження, що виникають у процесі роботи грохота.

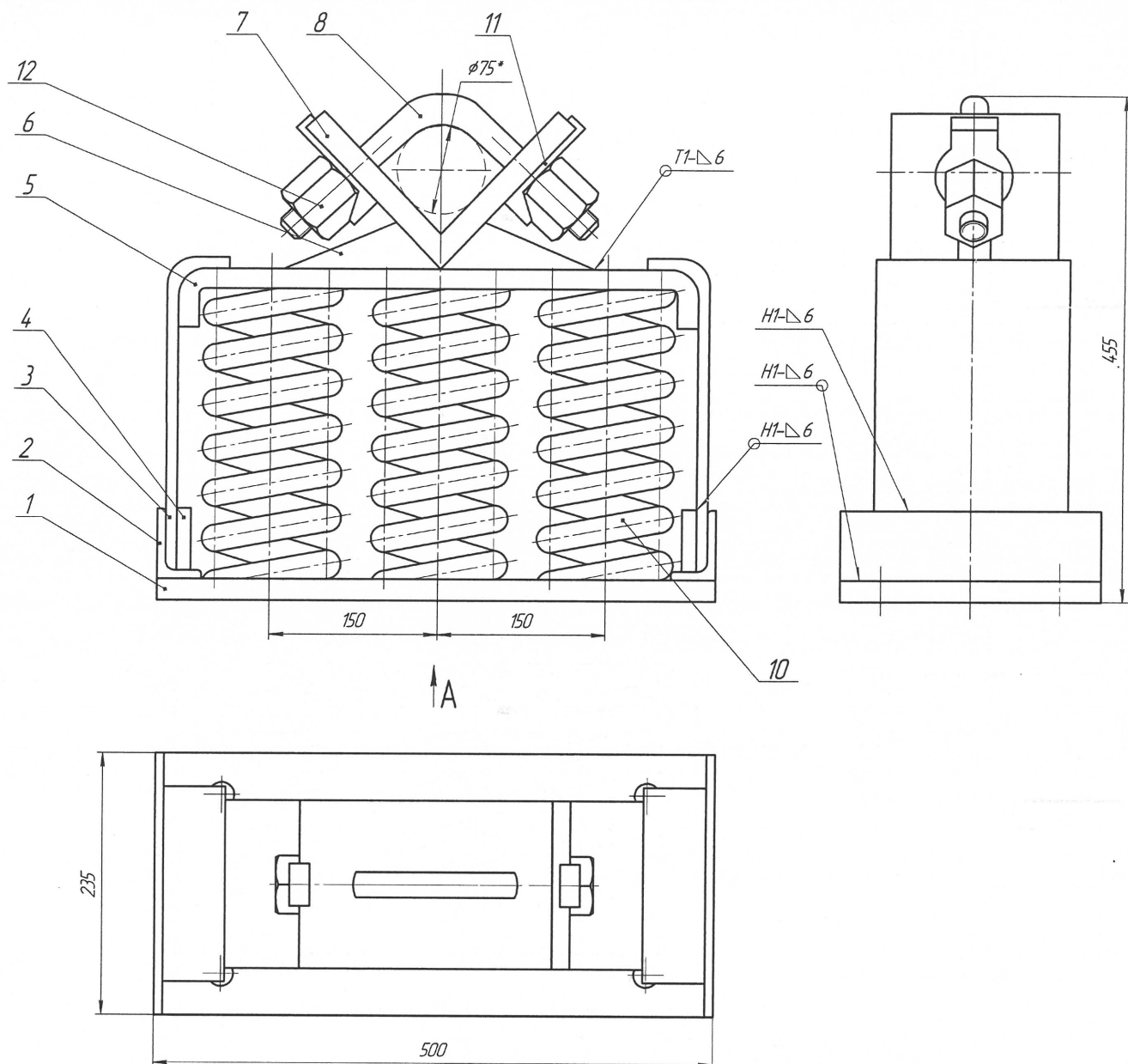
Корпус віброгрохота через чотири опори спирається на раму, яка має зварну конструкцію та складається зі швелерів та кутиків. Кріплення рами відбувається за допомогою анкерних болтів на фундамент, який є віброгасячою основою. Фундамент повинен відповідати умовам роботи данного типу машин та мати достатню масу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

37



1 – основа; 2 – кутик; 3 – обмежувач; 4 – пластина; 5 – верхня планка;
 6 – ребро жорсткості; 7 – кутик; 8 – шпилька; 10 – пружина; 11 – шайба;
 12 – гайка

Рисунок 2.3 – Опора віброгрохота

Грохот працює так. Вихідний матеріал надходить на завантажувальний лоток працюючого грохота, під впливом вібрації і нахилу розподіляється рівномірно по ширині сита, переміщується у бік розвантаження, і дрібні частинки (менші від розмірів отворів сита) просіваються крізь сито. Швидкість переміщення матеріалу залежить від кута нахилу просівальних поверхонь. При

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

38

збільшенні кута нахилу швидкість руху матеріалу збільшується, проте ефективність грохочення знижується і навпаки.

Для підключення віброгрохота до електромережі використовується електрична схема підключення представлена на рисунку 2.4.

Ця досить проста схема дозволяє керувати роботою привода інерційного віброгрохота, а саме електродвигуном. Схема має захисний пристрій від перегріву двигуна та світлову індикацію. Керування відбувається за допомогою кнопок S1 та S2, які дозволяють включення двигуна та його реверс.

Живлення двигуна відбувається від трьохфазної електричної мережі 380 В та 50 Гц з обов'язковим використанням заземлення.

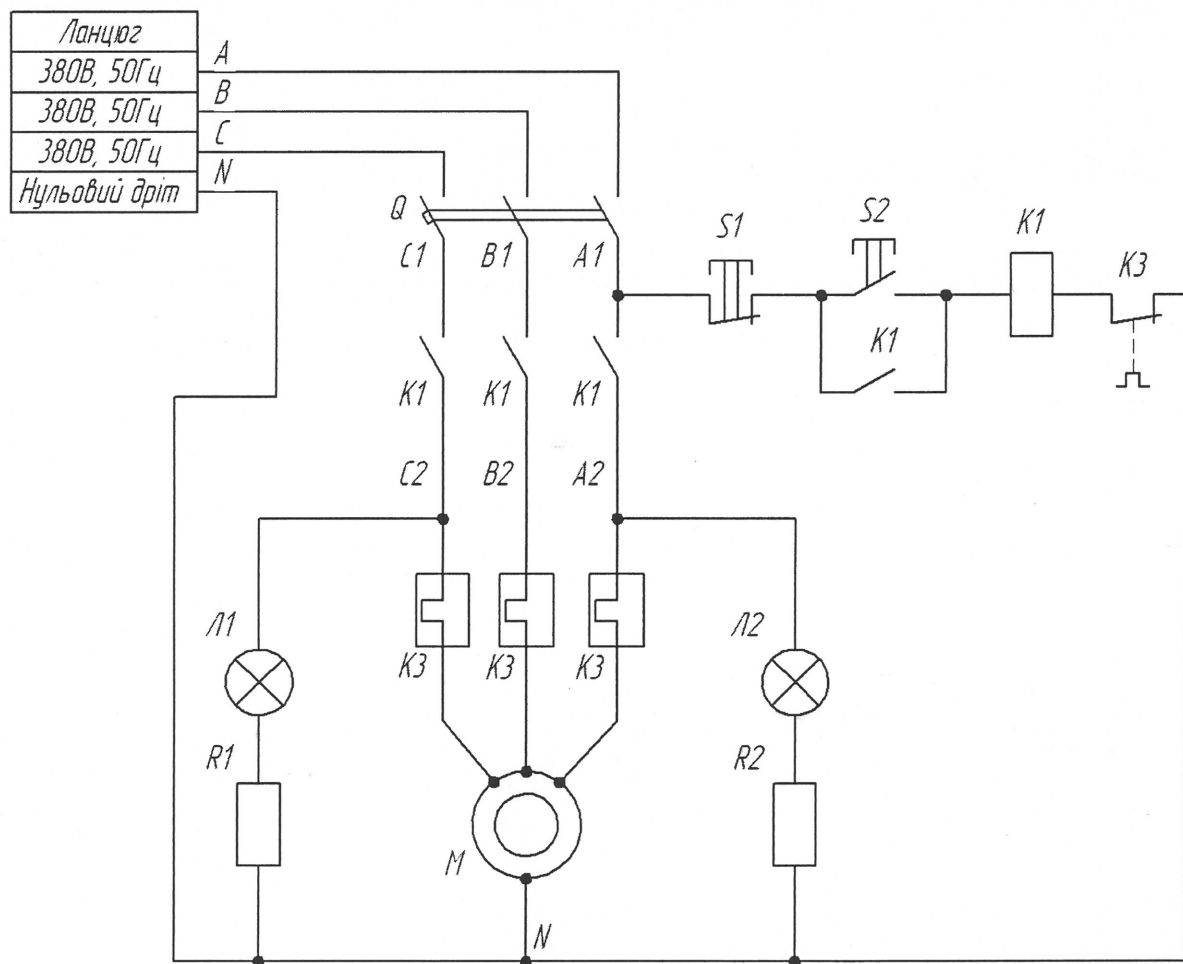


Рисунок 2.4 – Електрична схема підключення віброгрохота

При експлуатації віброгрохота необхідно дотримуватись всіх рекомендацій, щодо безпечного використання даного типу машин. Для збереження всіх технічних характеристик важливо дотримуватись графіка проведення технічного обслуговування та вчасного ремонту або заміни зношених деталей.

Дуже важливим для безпечної експлуатації будь яких будівельних машин є своєчасне та грамотне навчання операторів, які експлуатують даний тип машин.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист 40
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3 Розрахунок працездатності віброгрохота

3.1 Визначення основних параметрів

У якості поверхні просівання вибираємо сито з квадратними отворами зі стороною, мм,

$$b = d_{\max} = 120. \quad (3.1)$$

Визначимо експлуатаційну продуктивність, $\text{м}^3/\text{год.}$, грохоту по емпіричній формулі

$$\Pi = q \cdot F \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m, \quad (3.2)$$

де q – питома продуктивність грохоту для певного розміру отворів, $\frac{\text{м}^3}{\text{с}}$,
 $q = 146$ [10];

F – площа поверхні просівання, м^2 ;

K_1 – коефіцієнт, що враховує кут нахилу грохота [10] при $\alpha = 18^\circ$ $K_1 = 1$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує процентний вміст нижнього класу у вихідному матеріалі, $K_2 = 0,84$ [10];

K_3 – коефіцієнт, що враховує вміст у нижньому класі зерен розміром менше 0,5 отвору поверхні, що просіває, $K_3 = 0,91$ [10];

m – коефіцієнт, що враховує нерівномірність живлення й зернового складу матеріалу, форму зерен і тип грохота, $m = 0,5$ [10].

$$F = 1,75 \cdot 5 = 8,75, \quad (3.3)$$

$$\Pi = 146 \cdot 8,75 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,91 \cdot 0,5 = 488,26. \quad (3.4)$$

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Розрахунок працездатності віброгрохота			
Розроб.	Луценко	Луценко	17.06					
Перев.	Васильєв	Васильєв	12.06		Лім. Лист Листів			
					Н		41	20
Н. контр.	Васильєв	Васильєв	17.06		НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.			
Затв.	Орисенко	Орисенко	19.06					

Для заданої амплітуди визначимо сумарне значення сили, Н, що змушує, вібробудувача

$$F = me \cdot \omega^2 = |M_p + 0,15 \cdot M_m| \cdot a \cdot \omega^2, \quad (3.5)$$

де M_m – маса матеріалу на ситі, кг;

M_p – маса частин грохота, що коливаються, кг;

a – амплітуда коливань, м;

ω – кутова частота коливань, c^{-1} .

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f, \quad (3.6)$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 18 = 113,1, \quad (3.7)$$

$$M_m = B \cdot L \cdot d'_{max} \cdot K_p \cdot \rho, \quad (3.8)$$

де B – ширина сита, м;

L – довжина сита, м;

d'_{max} – максимальний розмір матеріалу, м;

K_p – коефіцієнт розпушення, $K_p = 0,5$;

ρ – щільність матеріалу, $\frac{кг}{м^3}$, $\rho = 1800$.

$$M_m = 1,75 \cdot 5 \cdot 0,25 \cdot 0,5 \cdot 1800 = 1968,8, \quad (3.9)$$

$$F = |3800 + 0,15 \cdot 1968,8| \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 113,1^2 = 209500. \quad (3.10)$$

Сумарний статичний момент дебалансов, $кг \cdot м$

$$me' = \frac{me}{4}, \quad (3.11)$$

$$me' = \frac{16,3}{4} = 4,09. \quad (3.12)$$

Визначимо розміри одного дебаланса.

Радіус дебалансного вала $r_b = 50 мм$.

Зовнішній радіус дебаланса, м,

$$R = \sqrt[4]{\frac{me'}{0,1 \cdot \rho}}. \quad (3.13)$$

$$R = \sqrt[4]{\frac{4,09}{0,1 \cdot 7850}} = 0,27. \quad (3.14)$$

Приймаємо $R = 0,27 = 270 \text{ мм}$;

Малий зовнішній радіус дебаланса, м

$$r = r_b + 0,01 = 0,05 + 0,01 = 0,06. \quad (3.15)$$

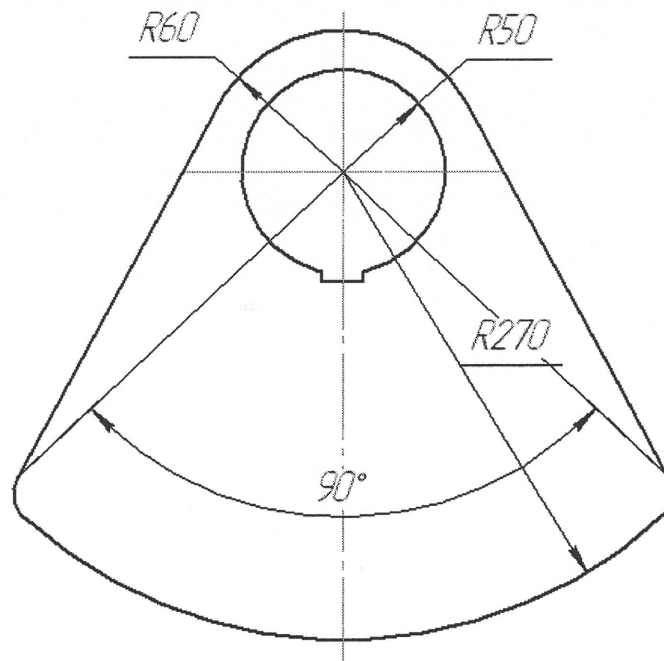
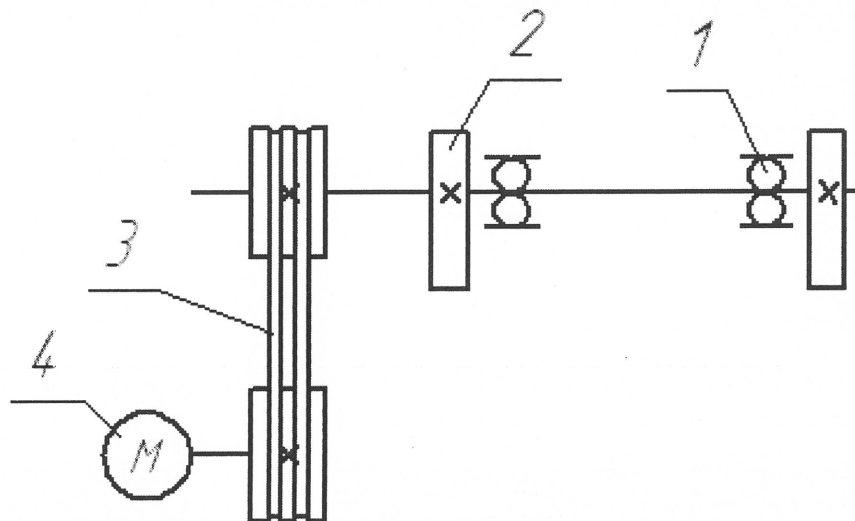


Рисунок 3.1. – Геометричні розміри дебаланса

Визначимо товщину одного дебаланса, м

$$\delta = \frac{3 \cdot m e'}{2 \cdot (R^3 - r^3) \rho \cdot \sin \frac{\phi}{2}}, \quad (3.16)$$

$$\delta = \frac{3 \cdot 4,09}{2 \cdot (0,27^3 - 0,06^3) 7850 \cdot \sin 48^\circ} = 0,055. \quad (3.17)$$



1 – підшипник; 2 – дебаланс; 3 – клинопасова передача; 4 – двигун приводний.

Рисунок 3.2. – Кінематична схема віброгрохоту.

Визначимо коефіцієнт корисної дії.

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{підш}} \cdot \eta_{\text{пас}}, \quad (3.18)$$

$$\eta_{\text{заг}} = 0,99 \cdot 0,96 = 0,95, \quad (3.19)$$

де $\eta_{\text{підш}}$ – ккд підшипників;

$\eta_{\text{пас}}$ – ккд пасової передачі.

Визначимо сумарну жорсткість пружин з умови віброізоляції грохота, кН/м

$$C_{\text{сум}} = \left| M_p + 0,15 \cdot M_m \right| \cdot \omega_0^2, \quad (3.20)$$

де ω_0 – власна частота коливань, с^{-1}

$$\omega_0 = \omega / 10, \quad (3.21)$$

$$\omega_0 = 113,1 / 10 = 11,3, \quad (3.22)$$

$$C_{\text{сум}} = |3800 + 0,15 \cdot 1968,8| \cdot 11,3^2 = 522,9. \quad (3.23)$$

Приймаємо для грохота 12 пружин, по три пружини на кожен опору.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

44

Необхідна жорсткість однієї пружини, $\frac{H}{m}$

$$C_1 = \frac{C_{\text{сум}}}{12}, \quad (3.24)$$

$$C_1 = \frac{522931}{12} = 43577,6. \quad (3.25)$$

Визначимо розміри однієї пружини.

Кількість витків ухвалюємо $i = 7$; середній діаметр намотування $D_0 = 0,1 \text{ м}$;

Діаметр пружинного дроту, м,

$$d_n = \sqrt[4]{\frac{8C_1 \cdot D_0^3 \cdot i}{G}}, \quad (3.26)$$

де G – модуль пружності пружинної сталі при зрушенні, Па, $G = 8 \cdot 10^{10}$

$$d_n = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 43577,6 \cdot 0,1^3 \cdot 7}{8 \cdot 10^{10}}} = 0,013. \quad (3.27)$$

Визначимо висоту пружини.

Зміна довжини пружини відповідає співвідношенням, мм

$$6t = \Delta H; \quad (3.28)$$

$$\Delta H \geq A_p, \quad (3.29)$$

де A_δ – резонансна амплітуда коливань, мм

$$A_p = 10a, \quad (3.29)$$

$$A_p = 10 \cdot 4 = 40, \quad (3.30)$$

$$6t \geq 40. \quad (3.31)$$

Приймаємо $t = 26,5 \text{ мм}$, тоді

$$H = 6 \cdot t + 7d. \quad (3.32)$$

$$H = 6 \cdot 26,5 + 7 \cdot 13 = 250. \quad (3.33)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
45

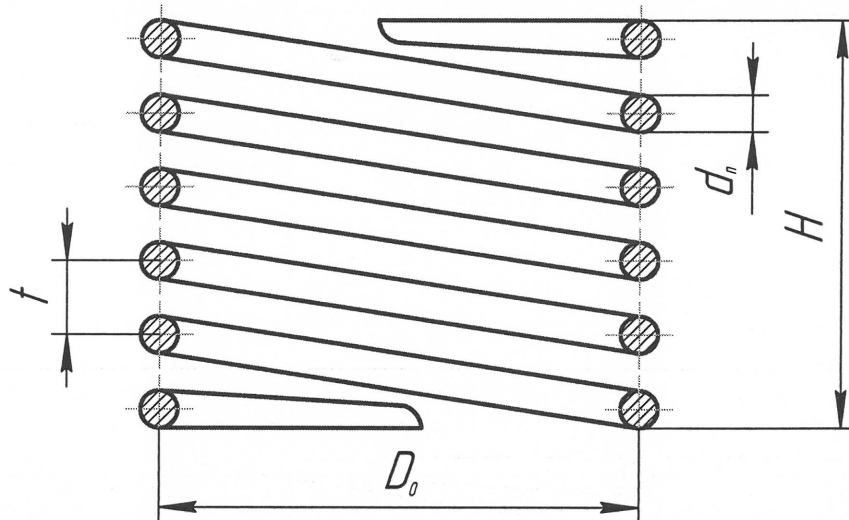


Рисунок 3.3. – Геометричні розміри пружини

Визначимо потужність приводного двигуна, кВт

$$N_{\text{дв}} = \frac{F^2}{\pi \omega \cdot (M_p + 0,15 M_m)} + F \cdot f \cdot r_b \cdot \omega, \quad (3.34)$$

де f – коефіцієнт тертя в підшипниках, $f = 0,004$.

$$N_{\text{дв}} = \frac{(209,5 \cdot 10^3)^2}{3,14 \cdot 113,1 \cdot (3800 + 0,15 \cdot 1968,8)} + 209,5 \cdot 10^3 \cdot 113,1 \cdot 0,004 \cdot 0,11 = 40,6. \quad (3.35)$$

Встановлена потужність двигуна, кВт

$$N_y = \frac{N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{тд}}}, \quad (3.36)$$

$$N_y = \frac{40,6}{0,95} = 42,7. \quad (3.37)$$

По [3] вибираємо двигун типу 4АН225М6 з такими характеристиками:

$$N = 45 \text{ кВт}, n_{\text{синх}} = 1000 \text{ об/мин}, n = 950 \text{ об/мин}, \frac{M_{\text{max}}}{M_n} = 2; \frac{M_n}{M_n} = 1,2. \quad (3.38)$$

Частота обертання дебалансного вала, об/мин

$$n_b = \frac{\omega \cdot 30}{\pi}, \quad (3.39)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
46

$$n_b = \frac{113,1 \cdot 30}{3,14} = 1080. \quad (3.39)$$

Номинальний крутний момент двигуна, $H \cdot m$

$$M_n = 9750 \frac{N}{n}, \quad (3.40)$$

$$M_n = 9750 \frac{45}{950} = 462. \quad (3.41)$$

Кутова частота обертання двигуна, c^{-1}

$$\omega_{\partial\partial} = \frac{\pi \cdot n_{\partial\partial}}{30}, \quad (3.42)$$

$$\omega_{\partial\partial} = \frac{3,14 \cdot 950}{30} = 99,4. \quad (3.43)$$

Необхідне передаточне відношення клинопасової передачі

$$i_p = \frac{n_e}{n_{\partial\partial}}, \quad (3.44)$$

$$i_p = \frac{1080}{950} = 1,1368. \quad (3.45)$$

3.2 Попередній розрахунок підшипників

Знаходимо навантаження на один підшипник, кН

$$F_n = \frac{F}{2}, \quad (3.46)$$

$$F_n = \frac{209,5}{2} = 104,75. \quad (3.47)$$

Визначимо еквівалентне навантаження, кН

$$P_s = V \cdot F_n \cdot K_\partial \cdot K_T, \quad (3.48)$$

де V – коефіцієнт, що враховує обертання кілець, $V = 1$;

K_∂ – коефіцієнт, що враховує безпеку, $K_\partial = 1,4$ [3];

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
47

K_T - температурний коефіцієнт, $K_T = 1$ [3];

$$P_y = 104,75 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 = 146,65. \quad (3.49)$$

Попередньо, [4] приймаємо підшипник типу 3624 з $C = 735 \text{ кН}$.

Розрахункова довговічність, млн. обертів

$$L = \left(\frac{C}{P_y} \right)^m, \quad (3.50)$$

$$L = \left(\frac{735}{146,65} \right)^{10/3} = 215,4. \quad (3.51)$$

Розрахункова довговічність, годин

$$L_n = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (3.52)$$

$$L_n = \frac{215,4 \cdot 10^6}{60 \cdot 1080} = 3324,8. \quad (3.53)$$

3.3 Розрахунок клинопасової передачі

Необхідне передаточне відношення

$$i = 1,1368. \quad (3.54)$$

По [3, табл. 5,6] вибираємо клинові ремені нормального перетину типу Г.

Вибираємо діаметр шківа, мм

$$D_2 = 250. \quad (3.55)$$

Діаметр привідного шківа, мм

$$D_1 = i_p \cdot D_2 (1 - \varepsilon), \quad (3.56)$$

де ε – відносне ковзання, $\varepsilon = 0,015$.

$$D_1 = 1,1368 \cdot 250 (1 - 0,015) = 279. \quad (3.57)$$

Ухвалюємо діаметр привідного шківа, мм

$$D_1 = 280. \quad (3.58)$$

Уточнюємо передаточне відношення

$$i_p' = \frac{D_1}{D_2(1-\varepsilon)}, \quad (3.59)$$

$$i_p' = \frac{280}{250(1-0,015)} = 1,137. \quad (3.59)$$

Погрішність становить

$$\delta = \frac{1,137 - 1,1368}{1,1368} \cdot 100\% = 0,02\%. \quad (3.60)$$

Вибираємо попередньо міжосьова відстань із інтервалу, мм

$$a_{\min} = 0,55 \cdot (D_1 + D_2) + h, \quad (3.61)$$

$$a_{\min} = 0,55(250 + 280) + 19 = 311, \quad (3.62)$$

$$a_{\max} = 2 \cdot (D_1 + D_2), \quad (3.63)$$

$$a_{\max} = 2(250 + 280) = 1060. \quad (3.64)$$

Ухвалюємо близьке до середнього значення, мм

$$a_{cp} = 680. \quad (3.65)$$

Знаходимо розрахункову довжину ремня, мм

$$L_p = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a}, \quad (3.66)$$

$$L_p = 2 \cdot 680 + \frac{3,14}{2}(250 + 280) + \frac{(250 - 280)^2}{4 \cdot 680} = 2193. \quad (3.67)$$

Ухвалюємо найближче стандартне значення з ряду [3, стор. 68], відповідно до ДСТУ ISO 4184:2010, мм

$$L_p = 2800. \quad (3.68)$$

Обчислюємо середній діаметр шківів, мм

$$D_{cp} = 0,5 \cdot (D_2 + D_1), \quad (3.69)$$

$$D_{cp} = 0,5(250 + 280) = 265. \quad (3.70)$$

Уточнюємо значення міжосьової відстані з урахуванням стандартної довжини ремня, мм, по формулі:

$$a = 0,25 \left[L - \pi \cdot D_{cp} + \sqrt{(L - \pi \cdot D_{cp})^2 - 2(D_2 - D_1)^2} \right], \quad (3.71)$$

$$a = 0,25 \left(2800 - 3,14 \cdot 265 + \sqrt{(2800 - 3,14 \cdot 625)^2 - 2(250 \cdot 280)^2} \right) = 984. \quad (3.72)$$

При монтажі передачі необхідно забезпечити зменшення або збільшення міжосьової відстані для того, щоб полегшити надягання ременів на, мм

$$0,01L = 0,01 \cdot 2800 = 28. \quad (3.73)$$

Для збільшення натягу ременів необхідно передбачити можливість збільшення міжосьової відстані на, мм

$$0,025L = 0,025 \cdot 2800 = 70. \quad (7.74)$$

Кут обхвату шківа, градусів

$$\alpha = 180^\circ - 60 \frac{D_1 - D_2}{a}, \quad (3.75)$$

$$\alpha = 180 - 60 \frac{280 - 250}{984} = 178^\circ. \quad (3.76)$$

Окружна швидкість шківа, $\frac{м}{с}$

$$v = 0,5 \omega_{\partial\partial} \cdot D_2, \quad (3.77)$$

$$v = 0,5 \cdot 99,4 \cdot 250 \cdot 10^{-3} = 12,4. \quad (3.78)$$

По [3, табл. 5.7] знаходимо величину окружного зусилля P_0 , переданого одним клиновим ременем перетину Г при $D_1 = 250 \text{ мм}$, $i = 1$, $L_0 = 2800 \text{ мм}$, $v = 12,4 \frac{м}{с}$; по таблиці $P_0 = 850 \text{ Н}$.

Окружне зусилля, що допускається, на ремінь, Н

$$[P] = P_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_p, \quad (3.79)$$

де C_α - коефіцієнт враховуючий кут обхвату ременем шківа;

C_L - коефіцієнт, що враховує вплив довжини ременя;

C_p - коефіцієнт роботи при заданих умовах, $C_p = 1$.

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - \alpha), \quad (3.80)$$

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180 - 178) = 0,99. \quad (3.81)$$

$$C_L = 0,3 \cdot \frac{L}{L_0} + 0,7, \quad (3.82)$$

$$C_L = 0,3 \frac{2800}{2800} + 0,7 = 1, \quad (3.83)$$

$$[P_0] = P_0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 = 850 \cdot 0,99 = 842 \text{ Н}. \quad (3.84)$$

Окружне зусилля на ремені, Н

$$P = \frac{N}{v}, \quad (3.85)$$

$$P = \frac{45 \cdot 10^3}{12.4} = 3629. \quad (3.85)$$

Розрахункове число ременів, шт

$$z = \frac{P}{[P]}, \quad (3.86)$$

$$z = \frac{3629}{842} = 4,3. \quad (3.86)$$

Ухвалюємо кількість ременів рівне 5.

Визначимо зусилля в пасовій передачі, прийнявши напруження від попередньої навантаження, $\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$

$$\sigma_0 = 1,6. \quad (3.87)$$

Попередній натяг одного ременя, Н

$$S_0 = F \cdot \sigma_0. \quad (3.88)$$

де F - площа перетину ременя, мм^2 , $F = 476$.

$$S_0 = 476 \cdot 1,6 = 761,6. \quad (3.89)$$

Робочий натяг привідної стрічки, Н

$$S_1 = S_0 + \frac{P}{2z}, \quad (3.90)$$

$$S_1 = 761,6 + \frac{3629}{2 \cdot 5} = 1124,5. \quad (3.91)$$

Робочий натяг веденої стрічки, Н

$$S_2 = S_0 - \frac{P}{2z}, \quad (3.92)$$

3.4 Розрахунок дебалансного вала

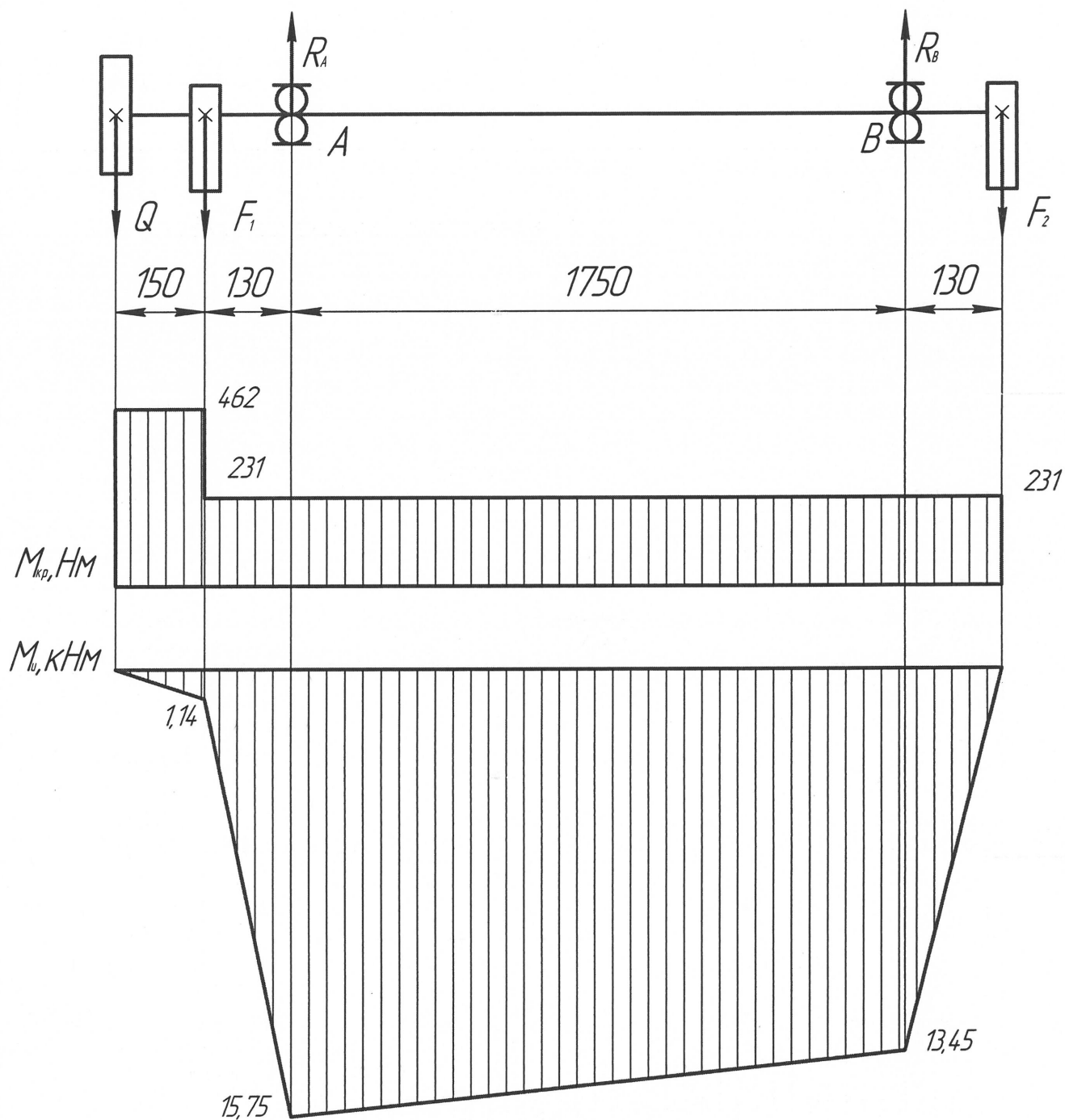


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема дебалансного вала

Зусилля на дебалансі, кН

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист
53

$$F_1 = F_2 = \frac{P}{2}, \quad (3.96)$$

$$F_1 = \frac{209,5}{2} = 104,75, \quad (3.97)$$

Зусилля на шкиві ременної передачі, кН

$$Q = 7,6. \quad (3.98)$$

Крутний момент, $H \cdot m$

$$M_{кр} = 462. \quad (3.99)$$

Визначаємо реакцію опори R_B з рівнянь рівноваги відносно точки А, кН

$$\sum M_A = 0, \quad (3.100)$$

$$\sum M_A = R_B \cdot 1750 + F_1 \cdot 130 + Q \cdot 280 - F_2 \cdot 1880 = 0, \quad (3.101)$$

$$R_B = \frac{F_2 \cdot 1880 - F_1 \cdot 130 - Q \cdot 280}{1750}, \quad (3.102)$$

$$R_B = \frac{104,75 \cdot 1880 - 104,75 \cdot 130 - 7,6 \cdot 280}{1750} = 103,5. \quad (3.103)$$

Визначаємо реакцію опори R_A з рівнянь рівноваги відносно точки В, кН

$$\sum M_B = 0, \quad (3.104)$$

$$\sum M_B = F_2 \cdot 130 + R_A \cdot 1750 - F_1 \cdot 1880 - Q \cdot 2030 = 0, \quad (3.105)$$

$$R_A = \frac{Q \cdot 2030 + F_1 \cdot 1880 - F_2 \cdot 130}{1750}, \quad (3.106)$$

$$R_A = \frac{7,6 \cdot 2030 + 104,75 \cdot 1880 - 104,75 \cdot 130}{1750} = 113,5. \quad (3.107)$$

Перевірка вірності проводимо з рівняння

$$\sum Y = R_a + R_b - F_1 - F_2 - Q, \quad (3.108)$$

$$\sum Y = 103,5 + 113,5 - 104,75 - 104,75 - 7,6 = 0. \quad (3.108)$$

Знайдемо приведений момент у перетині $I-I$, $кН \cdot м$

$$M_{np}^I = \sqrt{M_u^{I^2} + \alpha \cdot M_{кр}^{I^2}}, \quad (3.109)$$

де α - коефіцієнт враховуючий відмінність у характеристиках циклів напруг вигину й крутіння, $\alpha = 0,6$.

$$M_{np}^I = \sqrt{15,75^2 + 0,6(231 \cdot 10^{-3})^2} = 15,75. \quad (3.110)$$

Знайдемо приведений момент у перетині **II-II**, $\kappa H \cdot m$

$$M_{np}^{II} = \sqrt{M_u^{II2} + \alpha \cdot M_{кр}^{II2}}, \quad (3.111)$$

$$M_{np}^{II} = \sqrt{1,14^2 + 0,6 \cdot 0,462^2} = 1,19. \quad (3.112)$$

Приймаємо матеріал вала сталь 40Х для якої $[\sigma_{-1}] = 90 \text{ МПа}$ [5, стор. 169].

Розрахунковий діаметр вала в перетині **I-I**, мм

$$d^I \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}^I}{0,1[\sigma_{-1}]}} \quad (3.113)$$

$$d^I = \sqrt[3]{\frac{15,75 \cdot 10^{-6}}{0,1 \cdot 90 \cdot 10^{-3}}} = 120,5. \quad (3.114)$$

Приймаємо діаметр перерізу, мм

$$d^I = 130. \quad (3.115)$$

Розрахунковий діаметр вала в перетині **II-II**, мм

$$d^{II} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{np}^{II}}{0,1[\sigma_{-1}]}} \quad (3.116)$$

$$d^{II} = \sqrt[3]{\frac{1,19 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 90 \cdot 10^6}} = 50,9. \quad (3.117)$$

Приймаємо діаметр перерізу, мм

$$d^{II} = 110. \quad (3.118)$$

Перевіримо вал за коефіцієнтами запасу на витривалість для нормальних напружень у перетині **I-I**, який найбільш навантажено

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{k_\sigma \cdot \sigma_a \cdot \psi_\sigma \cdot \sigma_m} \geq [n], \quad (3.119)$$

де $\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$, [5, табл. 5.1]

Осьовий момент опору перетину, ì^3

$$W_0 = 0,2d^3, \quad (3.120)$$

$$W_0 = 0,2d^3 = 439400. \quad (3.121)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

55

Напруження вигину, МПа

$$\sigma_a = \sigma_o = \frac{\dot{I}_u}{W_o}, \quad (3.122)$$

$$\sigma_a = \frac{15,75 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{439400} = 71,7. \quad (3.123)$$

де ψ_σ - коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень,
 $\psi_\sigma = 0,15$ [5, табл. 5.1];

k_σ - коефіцієнт концентрації напруг, $k_\sigma = 1,45$ [5, табл. 5.11];

$[n]$ - припустимий коефіцієнт запасу, $[n] = 1,8$.

$$n_\sigma = \frac{450}{145 \cdot 71,7 + 0,15 \cdot 71,7} = 3,92 > [n] = 1,8. \quad (3.124)$$

Перевіримо вал за коефіцієнтами запасу на витривалість для дотичних напружень у перетині **I-I**

$$n_\tau = \frac{\tau_{-I}}{R_\tau \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} \geq [n], \quad (3.125)$$

де $\tau_{-I} = 250 \text{ МПа}$, [5 табл. 5.1],

ψ_τ - коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень,
 $\psi_\tau = 0,1$ [5 табл. 5.1]

k_σ - коефіцієнт концентрації напруг, $k_\sigma = 1,3$ [5 табл. 5.11].

$$\tau_a = \tau_m = \frac{M_{kp}}{W_p}, \quad (3.126)$$

де W_p - полярний момент опору перетину, і і^3

$$W_p = 0,2 \cdot d^3, \quad (3.127)$$

$$W_p = 0,2 \cdot 130^3 / 439400, \quad (3.128)$$

$$\tau_a = \tau_o = \frac{231 \cdot 10^3}{439400} = 0,53, \quad (3.129)$$

$$n_\tau = \frac{250}{1,3 \cdot 0,53 + 0,1 \cdot 0,53} = 337 \geq [n] = 1,8, \quad (3.130)$$

$$n_\tau = 337 \geq [n] = 1,8, \quad (3.131)$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

56

Загальний коефіцієнт запасу

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}}, \quad (3.132)$$

$$n = \frac{3,92 \cdot 337}{\sqrt{3,92^2 \cdot 337^2}} = 3,919, \quad (3.133)$$

$$n = 3,919 > [n] = 1,8. \quad (3.134)$$

Всі розрахунки були враховані при розробці робочого креслення вала, який зображено на рисунку 3.6.

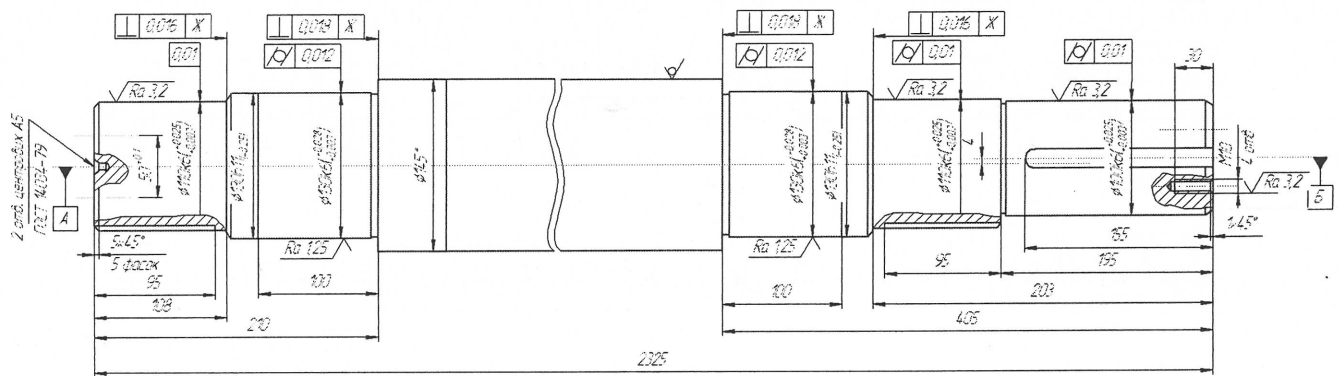


Рисунок 3.6 – Креслення дебалансного вала.

3.5 Уточнення типу підшипників

Знаходимо еквівалентне навантаження підшипника найбільш навантаженої
опори, кН

$$P_3 = 1 \cdot 113,5 \cdot 1,4 \cdot 1 = 158,9. \quad (3.135)$$

Вибираємо [4, стор. 174] підшипник типу 3626 з $C = 850 \text{ кН}$, $d = 130 \text{ мм}$,
 $D = 280 \text{ мм}$, $B = 93 \text{ мм}$.

Розрахункова довговічність у годинах

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

57

$$L_n = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n}, \quad (3.136)$$

$$L_n = \frac{267,7 \cdot 10^6}{60 \cdot 1080} = 4131. \quad (3.137)$$

3.6 Розрахунок шпонок

Розраховуємо шпонку в перетині під шківом пасової передачі

$$M_{кр} = 462 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad d = 100 \text{ мм}.$$

По [5, табл. 5.19] приймаємо розмір шпонки $28 \times 16 \text{ мм}$, матеріал шпонки сталь 45, у якої $[\sigma_{ст}] = 80 \text{ МПа}$.

Розрахункова довжина шпонки, мм

$$l_p \geq \frac{4 \cdot M_{кр}}{d \cdot n \cdot [\sigma_{ст}]}, \quad (3.138)$$

$$l_p = \frac{4 \cdot 462 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 80 \cdot 10^6} \cdot 10^3 = 14,4. \quad (3.139)$$

Довжину шпонки приймаємо конструктивно на 10 мм коротше маточини шківа відповідно до ДСТУ ISO 286.

Шпонку під дебаланс ухвалюємо конструктивно виходячи з діаметра вала.

3.7 Розрахування натяжного пристрою для сит і товщини стінок короба

Зусилля, Н, в натяжному пристрої (рис. 3.7) визначають із умови

$$\frac{Z_{\Pi} \sigma_{доп} F}{2} < Z_{\Pi} \sigma_{доп} F_0, \quad (3.140)$$

де Z_i – кількість дртинок сита, шт;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження при розтягуванні дртинок, Па;

F_0 – площа перетину одного дроту, м²;

L – довжина одного сита, м;

D_i – розмір отвору, м;

b_i – товщина дроту, м.

$$Z_{\Pi} = \frac{L}{D_i + b_i}, \quad (3.141)$$

$$Z_{\Pi} = \frac{L}{D_i + b_i}, \quad (3.142)$$

$$F_0 = \frac{\pi b_i^2}{4}, \quad (3.143)$$

$$F_0 = \frac{\pi b_i^2}{4}. \quad (3.143)$$

Товщина натяжної планки і стінки короба згідно з рисунком 3.7, м:

$$C = \sqrt{\frac{3Pl_{\text{кр}}(\cos\beta + \sin\beta)}{L\sigma_{\text{доп}}}}, \quad (3.144)$$

де $\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження вигину планки, Па;

β – кут між віссю болта і поверхнею сита, $\beta \approx 30^\circ$.

$$C = \sqrt{\frac{3Pl_{\text{кр}}(\cos\beta + \sin\beta)}{L\sigma_{\text{доп}}}}, \quad (3.145)$$

$$H = l_{\text{кр}}/2. \quad (3.146)$$

$$H = l_{\text{кр}}/2. \quad (3.147)$$

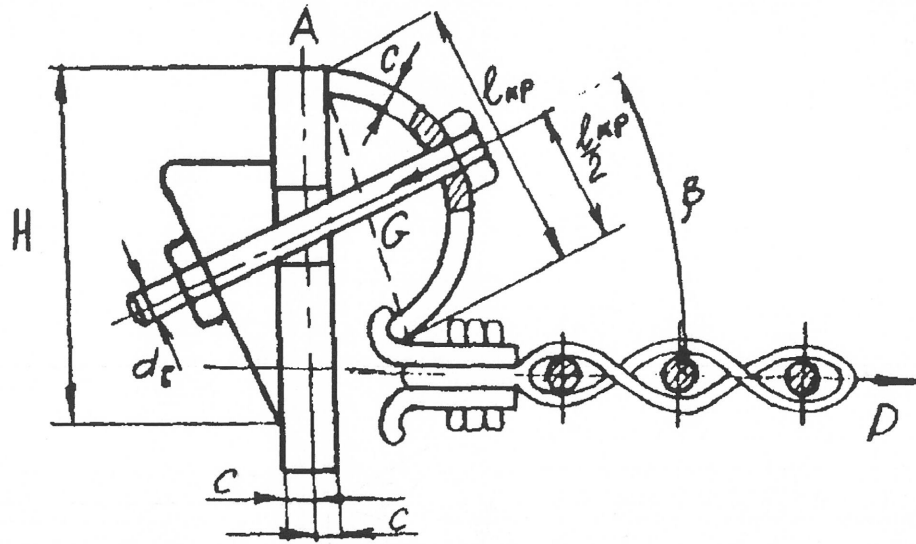


Рисунок 3.7 – Натяжний пристрій.

Визначаємо число болтів на одній стороні сита, якщо d – їх діаметр:

$$Z_B = \frac{BP \cos \beta}{\pi d^2 \sigma_{\text{доп}}} \quad (3.148)$$

$$Z_B = \frac{BP \cos \beta}{\pi d^2 \sigma_{\text{доп}}} \quad (3.149)$$

Далі підраховуємо Z_B для всіх сит і вибираємо найбільше значення товщини планки.

Отже основні параметри грохота: розміри сит $B \times L$; розміри отворів осередків; амплітуда коливань; продуктивність; кількість сит; потужність двигуна; частота обертання вала; кут нахилу сит α ; габаритні розміри; маса розраховані.

4 Розробка технологічного процесу виготовлення вала

4.1 Вибір матеріалу

Розробка технологічних процесів ґрунтується на двох основних принципах: технічному та економічному. Технічний принцип передбачає, що створений технологічний процес має повністю відповідати вимогам робочого креслення та технічних умов, необхідних для виготовлення конкретного виробу. Економічний принцип, своєю чергою, наголошує на тому, що виробництво слід організовувати з максимальною ефективністю, забезпечуючи мінімальні витрати праці та виробничі витрати. Таким чином, технологічний процес повинен використовувати технічні можливості обладнання на максимум, одночасно мінімізуючи час виробництва та зменшуючи собівартість продукції. Необхідно розробити технологічний процес виготовлення вала, виробництво – одиничне.

Деталі технологічного обладнання в основному виготовляють із конструкційних і легованих сталей, вони повинні мати високу міцність, гарну оброблюваність. Цим вимогам найбільш повно відповідають сталі 35, 40, 45, 40X, 50X, 40Г2 і т.п., які у достатній мірі володіють вказаними властивостями і за певних умов їх використання економічно виправдане.

Леговані сталі в порівнянні з конструкційними застосовують рідше через їхній більш високу вартість та підвищену схильність до концентрації напружень, але у разі наявності корозійно активного середовища та необхідності утворення пари тертя вибір низколегованої хромистої сталі буде цілком виправданий. Відповідно до рекомендацій для виготовлення вала вибираємо леговану сталь

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.	Луценко			11.06			
Перев.	Рогозін			11.06			
Керівник	Васильєв			12.06			
Н. контр.	Васильєв			12.06			
Затв.	Орисенко			12.06			
Розробка технологічного процесу виготовлення вала					Лім.	Лист	Листів
					Н	61	70
					НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		

4.2 Вибір заготовки

Для гладких і ступінчастих деталей обертання із невеликим перепадом діаметрів ступеней, виберемо сортовий круглий, гарячекатаний прокат нормальної точності ДСТУ 4738:2007, категорії А, що призначений для холодної механічної обробки (точіння, фрезерування, тощо).

4.3 Попередня обробка заготовок

Попередня обробка заготовок полягає в доданні їм такого виду і стани, при котрих можливо виконання обробки на металорізних верстатах. На результат механічної обробки деталей значною мірою впливають тип матеріалу, габарити та форма вихідного матеріалу. Характеристики попередніх етапів виробництва визначаються типом вихідного матеріалу та обсягами серійного випуску.

Зазвичай, заготовки призначені для деталей обертання отримують шляхом відрізання відповідних відрізків від гарячекатаних або холоднотягнутих прутків стандартних розмірів. Отримані заготовки одразу ж направляються на подальшу механічну обробку. Така практика застосовується переважно в умовах дрібносерійного та одиничного виробництва, а також тоді, коли виготовляються деталі з мінімальною кількістю ступенів та незначними відмінностями в їхніх діаметрах.

Для виробництв з високими обсягами випуску, а також для виготовлення компонентів складної форми, застосовуються спеціалізовані методи. До таких методів належать кування, штампування, періодична прокатка, обкатування,

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

62

обтиснення та електровисадка. Ці технології дають змогу отримувати заготовки, форма та розміри яких максимально наближені до готових деталей. Це, в свою чергу, суттєво підвищує ефективність механічної обробки. Одночасно спостерігається відчутне зменшення витрат матеріалу, що відображається у підвищенні коефіцієнта використання металу.

Вибір найбільш раціонального способу одержання заготовок в кожному конкретному випадку визначається комплексно з обліком техніко-економічної доцільності.

Оскільки перепад діаметрів ділянок вала досить не значний, то з цілю зниження витрат на виготовлення заготовки і деталі у цілому доцільно застосувати заготовку отриману із сортового круглого прокату.

4.4 Вибір баз

Базовими елементами, на яких базується переважна більшість деталей обертання, таких як вали та втулки, є поверхні їхніх опорних посадкових ділянок. Однак, застосовувати ці поверхні як технологічні бази для обробки зовнішніх поверхонь здебільшого незручно, особливо коли потрібно дотриматися єдності баз, що є критично важливим для досягнення високої точності виготовлення деталі.

З огляду на це, під час виконання більшості технологічних операцій як бази використовують поверхні центральних отворів, розташованих на обох торцях заготовок. Це дає змогу обробляти практично всі зовнішні поверхні вала на однакових базах, встановлюючи його у центрах верстата. Саме тому механічна обробка деталей обертання розпочинається з операції підрізання торців та створення центральних отворів.

4.5 План технологічного процесу виготовлення вала

Режими обробки призначені по [16, с.99 – с.221]. За результатами попередньо призначаємо зміст технологічного процесу обробки деталі.

05 Фрезерно відрізна

Заготовку закріплюємо у лещата самоцентруючі. Відрізаємо заготовку довжиною 2330 мм.

010 Фрезерно центрувальна

Заготовку закріплюємо у затискному пристосуванні. Фрезеруємо торці в розмір 2325 мм за два проходи (чорновий і чистовий). Свердлимо центрові отвори.

015 Токарна

Заготовку закріплюємо у 3-х кулачковому патроні. При цьому установі обробляються зовнішні поверхні $\varnothing 110$ мм, $\varnothing 130$ мм, начорно. Після переустановка обробляються зовнішні поверхні $\varnothing 130$ мм та $\varnothing 110$ мм з іншого боку начорно.

020 Токарна

Заготовку закріплюємо у 3-х кулачковому патроні. При цьому установі обробляються зовнішні поверхні $\varnothing 110$ мм, $\varnothing 130$ мм начисто. Точимо фаски, канавки, галтелі та підрізаємо торці. Після переустановка обробляються зовнішні поверхні $\varnothing 130$ мм та $\varnothing 110$ мм з іншого боку начисто. Точимо фаски, канавку, галтелі та підрізаємо торці.

025 Токарна

Заготовку закріплюємо у 3-х кулачковому патроні. При цьому установі обробляються зовнішню поверхню $\varnothing 100$ мм начерно та начисто зі зміщенням осі.

030 Фрезерна

Вал закріплюємо у затискному пристосуванні. Фрезеруємо шпоночні пази

035 Свердлильно-різьбонарізна

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист 64
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Свердлимо чотири отвори на торцях вала та нарізаємо різьбу М 10.

040 Термічна

Розогріваємо вал струмом високої частоти та проводимо нормалізацію на повітрі до твердості 190...210 НВ.

045 Шліфувальна

Заготовку закріплюємо у затискному пристосуванні. Шліфувати поверхні Ø130 мм.

050 Слюсарна

Заготовку закріплюємо в тиски. Зачистити від заусениць і гострі крайки притупити.

055 Контрольна

Перевірка розмірів за кресленням.

4.6 Призначення припусків на обробку

Норми припуску на обробку поверхонь деталей можна визначати, користуючись відповідними довідковими таблицями, державними стандартами України (ДСТУ) або ж шляхом розрахунково-аналітичного підходу. Також можливе застосування дослідно-статистичного (категорійного) методу розрахунку.

Стандарти (ДСТУ) та таблиці [18] надають можливість встановлювати припуски без урахування специфіки технологічного процесу обробки виробу та умов його реалізації. Звідси випливає, що в переважній більшості випадків ці норми є надмірними, що дозволяє закладати певний запас для зменшення як обсягу використаних матеріалів, так і витрат людської праці. Але в одиничному виробництві ними користуватися доцільно, тому припуски будемо визначати табличним методом.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

65

Призначення операційних припусків виконується таким чином. Спочатку вивчається креслення деталі і призначається маршрут обробки, який забезпечить точність розмірів та задану чистоту поверхні. Далі призначаються припуски на оздоблювальну, а потім на чистову операцію. Припуски на чорнову обробку визначаються, як різниця між припуском на обробку та сумою операційних припусків на чистову та оздоблювальну операції.

4.7 Визначення проміжних припусків і проміжних розмірів при обробці поверхні вала з максимальним діаметром ($\varnothing 130$)

Основними величинами від яких залежить значення припуску є найбільший діаметр деталі ($\varnothing 130$ мм) та загальна довжина деталі (2330 мм).

Для виготовлення деталі за вимогами креслення необхідно виконати такі операції:

- чорнове обточування;
- чистове обточування;
- шліфування.

Таблиця 4.1 припусків складається від кінцевого значення найбільшого діаметра деталі – $\varnothing 130$.

Таким чином, приймаємо найближчий більший діаметр із стандартного сортаменту круглого прокату за ДСТУ 4738:2007 сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, тому заготовка має такі розміри: діаметр 145 мм і довжина 2330 мм. У результаті чого припуск на чорнове точіння зменшиться до значення 3 мм.

Проміжні розміри визначаємо методом додавання значень припусків по максимальних і мінімальних значеннях, починаючи дію з розмірів деталі.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

66

Таблиця 4.1 – Припуски на механічну обробку

Маршрут обробки та визначені розміри	Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
Розмір за кресленням	130	—	—
Припуск на шліфування	—	0,19	0,5
Розмір після чистового точіння	131,0	—	—
Припуск на чистове точіння	—	0,74	2,0
Розмір після чорнового точіння	133,0	—	—
Припуск на чорнове точіння	—	—	5,9
Загальний припуск	—	—	8,4
Розрахунковий розмір заготовки	141,4	—	—

4.8 Вибір обладнання, пристосувань та інструмента

Для виконання токарних операцій (15-20) вибираємо універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20, призначений для виконання різноманітних токарних робіт. Завдяки своїй швидкохідності (до 1600 об/хв) та потужності 11 кВт він дає можливість виконувати токарні роботи з використанням різноманітних твердосплавних матеріалів.

Для правильного базування деталей, підвищення продуктивності праці та розширення технологічних можливостей верстатів застосовуємо різні універсальні пристосування: кулачкові патрони, люнети, станкові тиски.

При виконанні відрізної операції будемо застосовувати призму універсальну з гідрозажимом. При фрезеруванні торців використовуємо лещата 1400-2543 ДСТУ ISO 15601:2018. Для токарних операцій прийнято: патрон самоцентруючий трьохкулачковий за ДСТУ ISO 3442; центри за ДСТУ ISO 296:2004, люнет роликовий ДСТУ 21401:2009.

Основні фактори, що визначають вибір ріжучого інструменту: спосіб обробки; розміри, форма, точність та якість обробки деталі; матеріал деталі та інструмента; тип станка на якому буде оброблятися деталь. В якості ріжучого інструменту вибираємо: фрезу торцеву D300 мм ДСТУ 8721:2014; різець прохідний T15K6 ДСТУ 18879:2008.

Для контролю якості технологічного процесу виготовлення вала будемо використовувати: лінійку вимірювальну металічну 0-500 ДСТУ 427:2009; штангенциркуль ШЦ-П 1-500-01 ДСТУ EN ISO 13385-1:2020, мікрометр МК 50...75 ДСТУ EN ISO 13385-1:2020.

4.9 Визначення режимів різання

Глибина різання t , при чорновому точінні і відсутності обмежень потужності устаткування, жорсткості системи ВПД приймається рівної припуску на обробку: при чистовому точінні припуск зрізається за два і більш проходи.

На кожному наступному проході варто призначати меншу глибину різання, чим на попередньому. При параметрі шорсткості обробленої поверхні $Ra = 2,5$ мкм, включно $t = 0,5 \cdot 3 = 1,5$ мм.

Призначимо подачу S .

Відповідно до рекомендацій табл. 11 [17], приймаємо $S = 0,71$ мм/об.

Швидкість різання v , м/хв.

За картою “Швидкість різання” [19] $\sigma_B = 720$ МПа, з глибиною різання $t = 1,5$ мм, з подачею $S = 0,71$ мм/об для різця з головним кутом у плані $\varphi = 45^\circ$, інтерполюючи, отримаємо

$$V_1 = 82 - \frac{82 - 73}{0,23} \cdot 0,07 = 79,3. \quad (4.1)$$

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		68

Узгоджуємо отримане значення швидкості різання з паспортними даними верстата та отримаємо фактичне значення 79,1 м/хв.

Сила різання P .

За таблицями нормативів „Сила подачі” [19] визначаємо, що при обробці деталі з глибиною різання $t = 1,5$ мм з подачею $S = 0,71$ мм/об при вершині різця 45° , сила подачі $P_x = 1090$ Н, тобто менше, ніж допускає механізм поздовжньої подачі верстата.

Потужність різання

За нормативами згідно з картою „Потужність необхідна для різання” [19] при чорновому обточуванні поверхні заготовки із сталі 40Х з межею міцності $\sigma_b = 720$ МПа, з глибиною різання $t = 1,5$ мм, подачею $S = 0,71$ мм/об і швидкістю різання $V = 79,1$ м/хв – потужність, яка необхідна для різання $N_e = 5,8$ кВт.

Визначаємо потужність на шпинделі, кВт, верстата за формулою

$$N_{\text{шп}} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (4.2)$$

де η – ККД верстата, $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = \frac{5,8}{0,8} = 7,25. \quad (4.3)$$

Значення $N_{\text{шп}}$ повинно бути меншим або рівним потужності електродвигуна верстата, тобто $N_{\text{шп}} \leq N_{\text{дв}}$.

Отже, обробка деталі (вала) в даному випадку можлива, оскільки

$$N_{\text{шп}} = 7,25 \leq N_{\text{дв}} = 10. \quad (4.4)$$

Визначення основного (технологічного) часу

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (4.5)$$

де i – число проходів різця.

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{нер}} \quad (4.6)$$

При прохідному різці $\varphi = 45^\circ$, $l_{\text{вр}} = l_{\text{нер}} = 11$ мм;

а при куті різання $\varphi = 90^\circ$, $l_{\text{вр}} = l_{\text{нер}} = 4$ мм (за таблицею).

Для поверхні (1), хв.,

$$t_{01}=(308+11) \cdot 1/315 \cdot 0,71=1,42. \quad (4.7)$$

Для поверхні (2), хв.,

$$t_{02}=(65+4) \cdot 2/315 \cdot 0,71=0,62. \quad (4.8)$$

Для поверхні (3), хв.,

$$t_{03}=(20+4) \cdot 1/315 \cdot 0,71=0,11. \quad (4.9)$$

Для поверхні (4), хв.,

$$t_{04}=(128+4) \cdot 2/315 \cdot 0,71=1,18. \quad (4.10)$$

Для поверхні (5), хв.,

$$t_{05}=(83+4) \cdot 1/315 \cdot 0,71=0,39. \quad (4.11)$$

Для поверхні (6), хв.,

$$t_{06}=(33+4) \cdot 1/315 \cdot 0,71=0,17. \quad (4.12)$$

Основний час на операцію обточки по діаметру – чорновий, хв.,

$$t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06} = 3,89. \quad (4.13)$$

Визначаємо Тшт, на виконання операції, хв,

$$T_{шт} = t_{оп} + t_{доп}. \quad (4.14)$$

$$t_{опер} = t_0 + (30...50)\%t_0 = t_{оп} = 3,89 + 1,95 = 5,84. \quad (4.15)$$

t допоміжне включає: t технічного обслуговування + t фізичні потреби.

$$t_{доп} = (5...8)\% t_{оп}. \quad (4.16)$$

$$T_{шт} = 5,84 + 0,47 = 6,31. \quad (4.17)$$

Технологічний процес виготовлення вала оформляємо маршрутно-операційною картою за ДСТУ ISO 10209:2009.

Висновки

В результаті проведеного огляду існуючих конструкцій віброгрозотів, в тому числі й інерційних, з визначенням їх недоліків і переваг були запропоновані подальші напрями для удосконалення. Було запропоновано зменшення потужності двигуна за рахунок застосування захисту від перевантажень.

Наведено вигляд загальний віброгрозота запропонованої конструкції, описаний принцип його дії. Виконані розрахунки основних параметрів віброгрозота, визначені параметри складових частин та вузлів. Виконані розрахунки на міцність елементів приводу та конструкцій.

Представлені складальні креслення вузлів запропонованого віброгрозота, а також розроблені робочі креслення основних деталей.

Технологічна частина проекту демонструє володіння методикою визначення параметрів технологічного процесу виготовлення основної несучої деталі віброгрозота, починаючи з вибору заготовки і закінчуючи визначенням режимів і часу механічної обробки.

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Висновки		
Розроб.	Луценко	Луценко	13.06				
Перев.	Васильєв	Васильєв	12.06				
Н. контр.	Васильєв	Васильєв	12.06				
Затв.	Орисенко	Орисенко	13.06				
					Лім.	Лист	Листів
					Н	7	8
					НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		

Список літератури

1 Білецький В. С., Олійник Т. А., Смирнов В. О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин: навчальний посібник. — К.: Ліра-К 2020. — 634 с.

2 Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Донбас, 2004. — Т. 1 : А — К. — 640 с. — ISBN 966-7804-14-3.

3 Смирнов В. О., Білецький В. С. Підготовчі процеси збагачення корисних копалин. [навчальний посібник]. — Донецьк: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, 2012. — 284 с.

4 Нестеренко М.П. Вібробуджувач із вертикальним валом / М.П. Нестеренко, О.І. Хименко, Т. М. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). — Полтава : ПолтНТУ, 2010. — Вип. 26. — С. 93-99.

5 Делембовський, М., & Клименко, М. (2020). Забезпечення надійності вібраційних майданчиків будівельної індустрії з урахуванням методів аналізу. Збірник наукових праць ЛОГОС, 26-28. <https://doi.org/10.36074/09.10.2020.v2.06>

6 Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. — Харків : НТУ «ХП», 2020. — 275 с.

7 Нестеренко М.М. Теоретичні положення та аналіз робочого процесу ущільнення бетонних сумішей / М.М. Нестеренко, В.В. Ведмідь // Техніка будівництва. — 2025. — № 42. — С. 4–13. — <https://doi.org/10.32347/tb.2025-42.0501>

8 Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.

					ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Зміст	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Луценко		Луценко	17.06		Н		
Перев.	Васильєв		сб	12.06			72	3
						НУПП, ННІТР 401-ММ, 2026 р.		
Н. контр.	Васильєв		сб	12.06				
Затв.	Орисенко		Орисенко	19.06				

9 Arnold W, Vogel G. Übersicht über die verschiedenen Typen horizontal irregten Vibrationshische zur Verdichtung von Beton. Maschinen bautechnik, Berlin, 22 (1973) H.9, s.409-412.

10 Vibrating tables with the spatial oscillations of the moving frame technological properties for forming reinforced concrete products / M.P. Nesterenko, M.M. Nesterenko, O.V. Orysenko, T.O. Sklyarenko // Academic Journal Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering. – 2019. – Vol. 2 (53). – P. 13-19.

11 Nazarenko I.I. The Dynamic Processes Mathematical Modeling in the Traction Coupling Device From Cars to the Trailers / I.I. Nazarenko, M.M. Nesterenko, O.V. Orysenko, A.Yu. Zygun // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, № 4.8. – P. 284–288. – DOI: 10.14419/ijet.v7i4.8.27257

12 Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання: підручник. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 390 с.

13 Нестеренко М.П. Експериментальні дослідження робочого режиму віброформи / М.П. Нестеренко, Д.С. Педь // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / редкол.: С.Ф. Пічугін (голов. ред.) [та ін.]. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – Вип. 1 (31). – С. 248–255.

14 Rocard Y. Dinamigue generale des vibrations. Paris, Masson, 1993.

15 Mazet R. Mechanigue vibratoir librarie politechnique. Paris Biege, Ch. Beranger, 1995.

16 Cassette vibration installation mathematical modeling for compacting concrete mix during the formation reinforced concrete products / M.P. Nesterenko, A.G. Maslov, P.O. Molchanov, Ju.S. Salenko // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, № 4.8. – P. 306-311. – DOI: 10.14419 / ijet.v7i4.8.27261

17 Онищенко О. Г., Драченко Б. Ф., Головкін О. В. Механізація опоряджувальних робіт у будівництві. – К. Урожай, 1998. – 320 с.

18 Баладінський В. Л., Назаренко І. І., Онищенко О. Г. Будівельна техніка: Підручник. – Київ-Полтава: КНУБА-ПолтНТУ, 2002. – 463с.

19 Будівельні і меліоративні машини / В. Л. Баладінський, В. С. Зінь, С. В. Кравець та ін. – Рівне: РДТУ, 1998. – 404 с.

20 Назаренко І. І. Машина для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.

21 Сівко В. Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник. – К.: ІСДО, 1994. – 360 с.

22 Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник / Н. О. Амеліна, В. П. Азутов, О. Ю. Бердник та ін.; під загальною редакцією В. І. Гоца. – Київ : Основа, 2019. – 464 с.

23 Structural analysis of vibration platform for panel units forming and consideration of its utilizing options / Ivan Nazarenko, Oleksandr Diachenko, Vasyl Pryhotskyi, Mykola Nesterenko // Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво = Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава : Нац. ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2021. – Вип. 1 (56). – С. 37–42. – <https://doi.org/10.26906/znp.2021.56.2505>

24 Коробко Б.О. Вплив важільного закріплення віброзбуджувача на загальну ефективність віброущільнення / Б.О. Коробко, Ю.Ю. Коротич // Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво. - Полтава, 2021. - Вип. 1 (56). Т. 1. - С. 12-17.

25 ДСТУ Б В.2.7-137:2008 Будівельні матеріали.

26 <https://probud.in.ua/tehnologiya-virobnitstva-pinobetonu-retsept-otrimannya-yakisnogo-produktu.html>

27 <https://uk.blog-oremonte.ua/budivnitstvo/pinobetonozmishuvach-turbulentnii-pristrii-dlia-zmishuvannia.html>

28 <https://www.ibeton.ua/product/smesiteli-penobetona/kavitatsionnye/>

29 <http://ntb.org.ua/ntb/machinery/building/pbeton/sb350/>

30 <http://www.stroy-fasad.ua/catalog/rastvoronasos.php>

31 <http://mashkomplekt.com/catalogue/popump-rf/>

34 <http://www.mpssm.ua/fmtec11ssb02.php>

32 <https://studfile.net/preview/9256264/page:8/>

33 <http://vsau.vin.ua/repository/card.php?lang=en&id=28894>

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.011-00.00.000 ПЗ

Лист

74

Додаток

маршрутно-операційна карта виготовлення вала

[illegible]

А	Цех	Від.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа									
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К. шт.	Т. шт.
Б	Код, найменування обладнання					Позначення і код									
К/М	Найменування деталі, ск. одиниці або матер.														
А 01	Проточити начерно поверхні Ø 110, Ø 130 з переустановом, точити фаски, галтелі, підрізаємо торці														
Б 02	Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014, центр ISO 298, люнет ДСТУ 21190:2008, різець прохідний 2100-0209 ДСТУ 9795:2008,														
03	різець підрізний 2201-0109 ДСТУ 18877:2008, ШЦ-1-500-0,1														
04	25 Токарна														
05	Верстат токарно-гвинторізний 1К62														
06	Проточити начерно та начисто зі зменшенням осі поверхню Ø100,														
07	Патрон ДСТУ ISO 3442-1:2014, центр ISO 298, люнет ДСТУ 21190:2008, різець прохідний 2100-0209 ДСТУ 9795:2008,														
08	різець підрізний 2201-0109 ДСТУ 18877:2008, ШЦ-1-500-0,1														
09	30 Фрезерна														
10	Верстат вертикально-фрезерний 6Р12														
11	Фрезерувати шпоночні пази														
12	Лещата 140-2543 ДСТУ ISO 10817-1:2024, фреза циліндрична 2203-0105 ДСТУ EN ISO 16089:2018, ШЦ-1-160-0,1														
13	35 Свердлильно-різбонарізна														
14	Верстат токарно-гвинторізний 16К20														
15	Свердлити чотири отвори, нарізати різьбу М10														
16	Лещата 140-2543 ДСТУ ISO 10817-1:2024, свердло 8,5 1025-010 ДСТУ ISO 194 2018, метчик М10 ДСТУ 19740:2009, різьбмір ДСТУ ISO 1502:2004,														
17	ШЦ-1-160-0,1														
18	40 Термічна														
19	СВЧ піч УИНВ-30														

А	Цех	Від.	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа									
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К. шт.	Т шт.
Б	Код, найменування одполання					Позначення і код									
К/М	Найменування деталі, ск. одиниці або матер.														
А 01	Розігріті вал та провести нормалізацію до 190...210 НВ														
Б 02	Твердомір														
03	45 Шліфувальна														
04	Круглошліфувальний верстат 3А550														
05	Шліфувати поверхні Ø 130														
06	Центр 14.05-2041 ДСТУ ISO 14015:2009, круг ПВ 200х100х150 24А 10-П С2 7 К5 ДСТУ ISO 603-1:2022, індикатор ИЧ 10														
07	50 Слюсарна														
08	Верстак слюсарний 2268														
09	Запиляти гострі кромки														
10	Лещата 140-2543 ДСТУ ISO 10817-1:2024														
11	55 Контрольна														
12	Плита побірочна ДСТУ 2014:9:2009														
13	Контролювати якість геометричних параметрів деталі														
14	Граничні калібри скоди ISO 8512														
15															
16															
17															
18															
19															

Перш застосує	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
Додатк. №					Документація		
	A1			ГММ.401-ММ.011-01.00.000 СК	Складальне креслення		
					Деталі		
			1	ГММ.401-ММ.011-01.00.001	Швелер верхній	2	
			2	ГММ.401-ММ.011-01.00.002	Швелер нижній	2	
			3	ГММ.401-ММ.011-01.00.003	Кутик	8	
			4	ГММ.401-ММ.011-01.00.004	Кутик	4	
			5	ГММ.401-ММ.011-01.00.005	Кутик	8	
			6	ГММ.401-ММ.011-01.00.006	Кутик	4	
			7	ГММ.401-ММ.011-01.00.007	Плита	4	
			8	ГММ.401-ММ.011-01.00.008	Плита	1	
			9	ГММ.401-ММ.011-01.00.009	Редро	3	
Підп. і дата							
Взам. інв. №							
Підп. і дата							
Інв. № дісн.							

Зм. Лист

№ докум.

Підп.

Дата

Разраб.

Лиценко

Васильев

12.06

Перевір.

Васильев

12.06

Н.контр.

Васильев

12.06

Затв.

Орисенко

19.06

ГММ.401-ММ.011-01.00.000

Рама

Лит. Лист Листів

Н

1

1

НУПН, ННІТР,

401-ММ, 2026 р.

Копіював

Формат А4

Перш застосу		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк	Примітка	
						Документація			
		A1			ГММ.401-ММ.011-04.00.000 СК	Складальне креслення			
						Деталі			
				1	ГММ.401-ММ.011-04.00.001	Вал	1		
				2	БГММ.401-ММ.011-04.00.006	Дебаланс	4		
				3	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Кришка	2		
				4	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Кришка підшипника	2		
				5	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Прокладка	2		
				6	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Корпус підшипника	2		
				7	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Труба	1		
				8	ГММ.401-ММ.011-04.00.006	Шайба торцева	2		
				9	ГММ.401-ММ.011-04.00.007	Шків	1		
				10	ГММ.401-ММ.011-04.00.008	Пластина стопорна	2		
						Стандартні вироби			
						Болти по ДСТУ 7798:2008			
				12		М 10-6gx25.58.016	20		
				13		М 10-6gx35.58.016	16		
				14		Гайка М10-6Н.5.016			
						ДСТУ 5915:2008	16		
				15		Манжета І-125x145			
						ДСТУ 8759:2008	2		
		ГММ.401-ММ.011-04.00.000							
		Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
		Розроб.	Льценко			17.08			
		Перевір.	Васильєв			12.06			
		Н.контр.	Васильєв			12.06			
		Затв.	Орисенко			19.06			
		Вал дебалансний					Літ.	Лист	Листів
								1	2
							НУПІ, ННІТР		
							401-ММ, 2026 р.		

Копіював

Формат А4

