

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студент Соколянський Максим Юрійович
(ПІБ)

академічної групи 133-21-1
(шифр)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(код і назва спеціальності)

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

на тему Зворотний інжиніринг інерційного приводу
вертикального вібраційного млина [REDACTED]
(назва за наказом ректора)

| Керівники | Прізвище, ініціали | Оцінка за шкалою | | Підпис |
|---------------------------|-----------------------|------------------|---------------|--------|
| | | рейтинговою | інституційною | |
| кваліфікаційної роботи | Анциферов О.В. | | | |
| розділів: | | | | |
| Конструкторськи й | Анциферов О.В. | | | |
| Експлуатаційний | Анциферов О.В. | | | |
| | | | | |
| Рецензент | Богданов О.О. | | | |
| Нормоконтролер | Анциферов О.В. | | | |

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

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачка кафедри
інжинірингу та дизайну в
машинобудуванні

_____ **Олена ПАНЧЕНКО**
(підпис)

« _____ » _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра**

студент _____ **Соколянський М.Ю.** _____ академічної групи _____ **133-21-1** _____
(ПІБ) (шифр)

спеціальності _____ **133 Галузеве машинобудування** _____
(код і назва спеціальності)

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

на тему **Зворотний інжиніринг інерційного приводу
вертикального вібраційного млина** _____

затверджену наказом ректора НТУ «ДП» № 369-с від 14.05.2025 р., додаток № 4

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|------------------|--|-------------------------|
| Конструкторський | На основі наданих креслеників, матеріалів виробничої та передатестаційної практик та інших науково-технічних джерел інформації провести зворотний інжиніринг приводу вертикального вібраційного млина _____ Провести розрахунок конструктивних і технологічних параметрів млина. Розробити конструкторську документацію: загальний вид приводу і деталі його основних елементів. | 11.06.2025 р. |
| Експлуатаційний | Розробити технологічний процес монтажу, пускових іспитів та умови експлуатації вібраційного млина. Сформулювати заходи щодо безпечного монтажу, обслуговування й експлуатації вібраційного млина _____ | 18.06.2025 р. |

Завдання видано _____ **Олександр АНЦИФЕРОВ**
(підпис керівника)

Дата видачі 30.04.2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії 24.06.2025 р.

Прийнято до виконання _____ **Максим СОКОЛЯНСЬКИЙ**

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

РЕФЕРАТ

Ілюстраційна записка: 68 сторінок, 7 рисунків, 17 посилань, 7 додатків.

Об'єкт розробки – процес формування спрямованих коливань вібраційного млина у вертикальній площині.

Предмет розробки система інерційних віброзбудників, що забезпечує коливання помольної камери у вертикальній площині, та її динамічний розрахунок.

Мета кваліфікаційної роботи – виконати розрахунок основних параметрів вібраційного млина [REDACTED] та оновити конструкторську документацію на інерційний привід.

У **вступі** наведено стисле обґрунтування актуальності проєкту та підстав його виконання, сформульовано мету кваліфікаційної роботи й визначено її практичне значення.

У **конструкторському розділі** розглянуто класифікацію млинів, загальні відомості про приводи вібраційних млинів, призначення та основні технічні характеристики вертикального вібраційного млина [REDACTED] його робочого органу і приводу. Проведено розрахунок пружної системи, потужності приводу та основних елементів млина.

В **експлуатаційному розділі** розроблено й обґрунтовано заходи щодо монтажу, випробувань і підготовки до пуску вібраційного млина [REDACTED]. Також розроблено заходи, пов'язані з експлуатацією приводу. Сформульовано вимоги безпеки під час експлуатації та технічного обслуговування вертикального вібраційного млина [REDACTED].

Практичне значення кваліфікаційної роботи полягає у перевірці та оновленні комплекту конструкторської документації на інерційний привід і його основні деталі вертикального вібраційного млина [REDACTED].

| | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|------------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розробив.</i> | <i>Соколянський</i> | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | 1 | 2 |
| <i>Керівник.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | <i>Реферат</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | |
| <i>Затвердив.</i> | <i>Панченко</i> | | | | | | |
| | | | | | <i>НТУ «ДП», ММФ, 133-21-1</i> | | |

Ключові слова: ВІБРАЦІЙНИЙ МЛИН, ВІБРОЗБУДНИК, ДЕБАЛАНС, КОЛИВАННЯ, РОЗРАХУНОК.

Графічна частина проекту становить 3 аркуші формату А1. Кваліфікаційна робота на тему «Зворотний інжиніринг приводу вертикального вібраційного млина [REDACTED]» перевірена на унікальність за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com.

Унікальність становить _____ %.

Результати перевірки містяться в додатку .

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

ЗМІСТ

| | |
|--|------|
| Критичну інформацію з матеріалів вилучено на підставі рекомендацій експертного висновку від 24.06.2025 | 6(7) |
| 1 Конструкторсько-розрахунковий розділ..... | 9 |
| 1.1 Вібраційний млин [REDACTED] | 9 |
| 1.1.2 Інерційні приводи вібраційних млинів..... | 12 |
| 1.1.3 Конструкція вертикального вібраційного млина | 14 |
| 1.1.4 Загальний вид млина [REDACTED] | 15 |
| 1.1.5 Конструктивна схема помольної камери вертикального вібраційного млина [REDACTED] | 17 |
| 1.1.6 Конструктивна схема вібратора..... | 19 |
| 1.2 Розрахункова частина..... | 20 |
| 1.2.1 Вихідні дані для розрахунку | 20 |
| 1.2.2 Розрахунок пружкої системи млина..... | 20 |
| 1.2.3 Розрахунок споживаної потужності і вибір електродвигуна..... | 23 |
| 1.2.4 Розрахунок підшипників вібратора..... | 24 |
| 1.2.5 Розрахунок дебалансу на міцність..... | 28 |
| 1.2.6 Розрахунок болтів кріплення робочого органу до рами..... | 30 |
| 1.3 Висновки за розділом..... | 33 |
| 2.1 Основні вимоги при монтажу і підготовки до роботи віброзбудника...35 | |
| 2.1.1 Вимоги до вихідної продукції..... | 35 |
| 2.1.2 Вимоги до з'єднань на високомірних болтах..... | 35 |
| 2.1.3 Вимоги до складання..... | 36 |
| 2.1.4 Вимоги до установки..... | 37 |
| 2.1.5 Підготовка до роботи..... | 38 |
| 2.2 Обслуговування вібраційних збудників коливань..... | 38 |
| 2.3 Правила техніки безпеки з обслуговування вібратора..... | 40 |

| | | | | | | | | |
|------------|--------------|----------|--------|------|--------------------------------|------|-------|---------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розробив. | Соколянський | | | | Зміст | Літ. | Аркуш | Аркушів |
| К.розділу | Анциферов | | | | | | 1 | 2 |
| Керівник. | Анциферов | | | | НТУ «ДІП», ММФ, 133-21-1 | | | |
| Н. Контр. | Анциферов | | | | | | | |
| Затвердив. | Панченко | | | | | | | |

| | |
|--|----|
| 2.4 Програма і методика випробувань млина [REDACTED] | 41 |
| 2.4.1 Перевірка відповідності млина технічним умовам і комплекту конструкторської документації | 43 |
| 2.4.2 Перевірка забезпечення стабільності роботи..... | 43 |
| 2.4.3 Перевірка зручності обслуговування та проведення ремонту млина..... | 43 |
| 2.4.4 Перевірка відповідності млина вимогам безпеки..... | 43 |
| 2.4.5 Підготовка млина до випробувань..... | 44 |
| 2.4.6 Тривалість і режими випробувань, вимірювання під час випробувань..... | 44 |
| 2.4.7 Заходи безпеки при випробуваннях..... | 46 |
| 2.4.8 Оформлення результатів випробувань..... | 46 |
| 2.5 Заходи безпеки при роботі на вібраційному млині [REDACTED] | 46 |
| Висновки | 49 |
| Перелік посилань | 50 |
| Додаток А Матеріали кваліфікаційної роботи бакалавра | 51 |
| Додаток Б Специфікації до складальних креслеників..... | 52 |
| Додаток В Презентація кваліфікаційної роботи | 58 |
| Додаток Г Витяг з протоколу засідання кафедри ІДМБ | 66 |
| Додаток Д Результат перевірки записки на плагіат | 67 |
| Додаток Е Відгук керівника кваліфікаційної роботи | 68 |
| Додаток Ж Рецензія на кваліфікаційну роботу | 69 |

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

ВСТУП

У виробництві порошкових матеріалів, хімічній промисловості, а також у металургії часто виникає необхідність отримання дрібнодисперсних матеріалів з розміром частинок менше 100 мкм. Подрібнені компоненти даної крупності використовуються для виготовлення вогнетривких виробів (зокрема, карбіду кремнію, електрокорунду), деталей з порошкових сплавів, а також в технологіях радіокераміки й тугоплавких металів.

Для подрібнення сировини в промислових масштабах традиційно використовують барабанні кульові млини. Вони здатні забезпечити високу продуктивність, однак втрачають ефективність при необхідності отримання матеріалів з розміром частинок менше 0,06 мм.

Одним з напрямів підвищення якості подрібнення і зниження енергозатрат є застосування вібраційних млинів. Завдяки високочастотному коливальному режиму їх помольна камера створює велику кількість ударів за одиницю часу, що значно перевищує показники барабанних аналогів. Хоча окремі удари мають меншу енергію, їх частота дозволяє ефективно подрібнювати матеріал до 10 мкм і менше.

Будь-яка технологічна машина складається з робочого органу та приводу. У випадку з вібраційними млинами привід реалізується у вигляді спеціального пристрою – віброзбудника, який формує коливання певної частоти та амплітуди. Віброзбудник створює сили, необхідні для подолання опору матеріалу і забезпечення робочого процесу.

Залежно від конструкції, віброзбудники можуть бути інерційними або ексцентрикними. Найбільшого поширення в промисловості набули інерційні моделі, які мають простішу будову, але потребують точного монтажу, особливо при паралельній роботі кількох пристроїв.

| | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|--------------------------------|------------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | |
| <i>Розробив.</i> | | <i>Соколянський</i> | | | Вступ | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | | <i>Анциферов</i> | | | | | 1 | 2 |
| <i>Керівник.</i> | | <i>Анциферов</i> | | | | <i>НТУ «ДП», ММФ, 133-21-1</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Анциферов</i> | | | | | | |
| <i>Затвердив.</i> | | <i>Панченко</i> | | | | | | |

Одним із важливих параметрів є напрямок коливань – для вертикальних млинів воно повинно бути строго вертикальним. Це зумовлює необхідність динамічного розрахунку коливальної системи з урахуванням параметрів приводу.

Таким чином, вивчення взаємодії приводу з робочим органом є актуальним завданням для оптимізації роботи вібраційного млина.

Об'єкт розробки – процес створення спрямованих коливань вібраційного млина у вертикальній площині.

Предмет розробки система інерційних віброзбудників, що забезпечують коливання помольної камери у вертикальній площині і їх динамічний розрахунок.

Мета кваліфікаційної роботи – провести розрахунок основних параметрів вібраційного млина [REDACTED] і поновити конструкторську документацію на інерційний привід.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

РОЗДІЛ 1 КОНСТРУКТОРСЬКО-РОЗРАХУНКОВИЙ

1.1 Вібраційний млин

Вібраційні млини (див. рисунок 1.1) застосовуються для тонкого і надтонкого помелу різноманітних матеріалів, зокрема для подрібнення та активації цементу й інших в'язучих речовин. На рисунку 1.1 представлена конструкція вібраційного млина [REDACTED], робочий об'єм якого становить [REDACTED]

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

Рисунок 1.1 – Конструктивна схема млина [REDACTED]

| | | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------------------|--|--|----------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | | | | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | Розділ 1 | | | | | |
| <i>Розробив.</i> | <i>Соколянський</i> | | | | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | | | 1 | 2 |
| <i>Керівник.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | | НТУ «ДП», ММФ, 133-21-1 | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | | | | |
| <i>Затвердив.</i> | <i>Панченко</i> | | | | | | | | | |

В другій модифікації камера (поз. 1) розташована вище камери (поз. 2), а між ними на загальному кронштейні (поз. 3) встановлено дебалансний вібратор (поз. 4). Верхня камера завантажується через люк (поз. 5), нижня — через той самий люк і спеціальний трубопровід (поз. 6). Вивантаження відбувається через трубопроводи (поз. 7 і 8). Коливальна система за допомогою гумометалевих пружних елементів (поз. 9) опирається на стійки (поз. 10 і 11).

Трикамерний варіант зображено на рисунку 1.2, а. Камери (поз. 1, 2, 8) з'єднані загальним кронштейном (поз. 4) з інерційним вібратором (поз. 5). Матеріал завантажується через люки (поз. 6, 7, 8), а розвантаження здійснюється через люки (поз. 9, 10, 11). Коливальна система встановлена на рамі (поз. 13) через гумометалеві пружини (поз. 12).

На рисунку 1.2, д представлено конструкцію п'ятиконтейнерного млина. Два контейнери (поз. 1 і 2) розміщені вгорі, два (поз. 3 і 4) — внизу, а один (поз. 5) — посередині. Всі вони скріплені кронштейном (поз. 6) з двома інерційними вібраторами (поз. 7 і 8). Завантаження верхніх камер відбувається через люк (поз. 9), правих — через люк (поз. 10), середнього — через люк (поз. 11). Розвантаження здійснюється через люки (поз. 12, 13, 14). Коливальна система встановлена на опорній рамі (поз. 16) через гумометалеві пружні елементи (поз. 15).

Товщина сталевих плит, що армують робочі камери, підбирається залежно від міцності матеріалу, що подрібнюється.

Ефективність процесу значною мірою залежить від форми траєкторії коливань робочих камер. Для досягнення максимальної інтенсивності рекомендується використовувати еліптичні або кругові траєкторії.

Також значно покращує ефективність і прискорює процес тонкого помелу додавання поверхнево-активних речовин до матеріалу, що подрібнюється.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

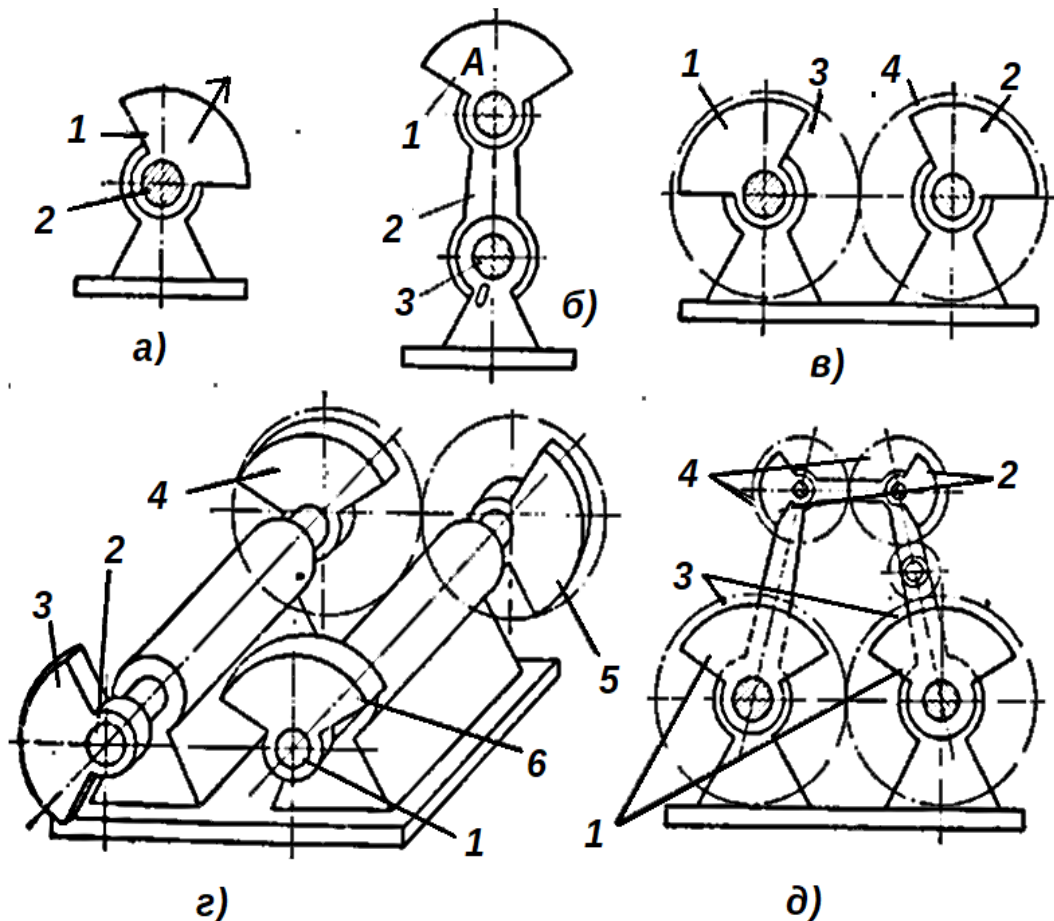


Рисунок 1.3 – Конструктивні схеми інерційних приводів

Для формування спрямованої вібрації і обмеження обертання вектора сили інерції застосовують маятникові вібратори (рисунок 1.3, б). Вони включають незбалансовану масу (поз. 1) та важіль (поз. 2), який з'єднаний з корпусом через гумовий блок-шарнір і палець (поз. 3). Важіль передає інерційну силу у визначеному напрямку осі ОА, обмежуючи рух коливань до невеликих поворотів навколо пальця. Таким чином створюється односпрямована інерційна сила.

Більшість вібраційних транспортних машин потребують направлених сил привода. Для цього використовують спрямовані інерційні вібратори (самобалансні типи), які складаються з двох вібраторів (поз. 1 і 2), з'єднаних парою зубчастих коліс (поз. 3 і 4), що обертаються в протилежні сторони (рисунок 1.3, в). Сили інерції від обох незбалансованих мас складаються векторами, утворюючи загальну силу, спрямовану перпендикулярно до лінії між осями валів. Ця сила змінюється за гармонічним законом.

| | | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--|-------------------------|------|
| | | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | 2 |

У випадках, коли робочим органам необхідно передавати не лише вібраційні сили, а й вібраційні моменти (наприклад, у вертикальних віброконвеєрах), застосовують більш складні інерційні вібратори (рисунок 1.3, г). На двох паралельних валах (поз. 1 і 2), з'єднаних двома однаковими зубчастими колесами, розміщено по два дебаланси (поз. 3 і 4 на валу 2, поз. 5 і 6 на валу 1). Вони повертаються відносно один одного під певним кутом, що дозволяє вертикальним складовим інерційних сил формувати спрямовану вібрацію, а горизонтальним — спрямований вібраційний момент.

Інерційний вібратор, який створює вібраційні сили за бігармонічним законом, показаний на рисунку 1.3, д. Він складається з двох самобалансних вібраторів (поз. 1 і 2), з'єднаних зубчастою передачею. Зубчасті колеса (поз. 3)

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

мають удвічі більше зубів, ніж колеса (поз. 4), що забезпечує утворення складною гармонічною частотою, яка відповідає частоті

яким чином загальна сила змінюється за бігармонічним

1.3 Конструкція вертикального вібраційного млина

Вертикальний вібраційний млин належить до типу безперервних подрібнювачів. Принцип його роботи полягає в тому, що

Число у позначенні моделі означає діаметр робочого органу (помольної камери) у метрах.

Циліндрична помольна камера розташована

Конструкція млина (рисунок 1.4) включає такі основні елементи:



| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

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

Рисунок 1.4– Загальний вид млина 

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Технічна характеристика млина [REDACTED]

Призначення: [REDACTED]

Вхідна крупність матеріалу: [REDACTED]

Коливальні характеристики:

Габаритні розміри:

Привідна система:

Конструктивна схема помольної камери

Конструктивна схема помольної камери млина [REDACTED] показана на рисунку 1.4. Вихідний продукт надходить у млин через [REDACTED]

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

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

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Технічна характеристика помольної камери.

1. Об'єм помольної камери — [REDACTED]

2. Молольні тіла: [REDACTED]

[REDACTED]

3. Діаметри молольних тіл:

[REDACTED]

4. Маса молольних тіл у кожній секції — [REDACTED]

[REDACTED]

5. Маса помольної камери (без молольних тіл) — [REDACTED]

Опис конструкції вібробудника

[REDACTED]

Основні елементи конструкції:

[REDACTED]

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

1.2 Розрахункова частина

1.2.1 Вихідні дані для розрахунку

Амплітуда коливання
Частота коливання
Маса коливальних частин
Кількість амортизаторів
Пружна підвіска–
Тип привода –



1.2.2 Розрахунок пружкої системи млина

Пружна система млина складається з [redacted] сприймають статичне навантаження P і [redacted] від дії збуджувальної сили. Правильна робота млина забезпечується при умові, що



$$[redacted] \quad (1.1)$$

Максимальна задана амплітуда коливань млина [redacted]

Приймаємо величину стиснення амортизаторів при статичному навантаженні їх вагою коливальної частини млина [redacted] Коливання млина щодо початкового статичного стискання амортизаторів відбуваються з амплітудою a вгору і вниз. Тоді максимальне стиснення амортизатора складе [redacted] Допустима відносна деформація стиснення гуми [redacted]

Звідси висота амортизатора визначиться з виразу

$$h = \delta_{\max} / [\epsilon]_{\text{сж}} \quad (1.2)$$



Площа опорної поверхні амортизатора визначаємо за умовою його стиснення до величини δ_{max} . Стиснення на величину $\delta_{ст}$ відбувається під дією ваги коливальних частин mg . Отже, це навантаження треба збільшити на коефіцієнт $\delta_{max} / \Delta_{ст}$, і тоді з відомої формули закону Гука маємо

$$F = \frac{mg}{E} \frac{\delta_{max}}{[\varepsilon_{сж}]_{к} \delta'_{ст}}$$

де E – модуль пружності гуми при стисканні

Після підстановки числових даних в (1.3) отримаємо





Звідси отримуємо діаметр амортизатора

Для амортизаторів відношення діаметра до висоти називається фактором форми [3]. У нашому випадку ми маємо



(1.4)

З конструктивних міркувань можна змінити ці розміри. Наприклад, прийнявши діаметр  з (1.4) отримаємо  Визначимо стиснення чотирьох гумових амортизаторів з цими розмірами під дією відомої маси m

$$\Delta h = \frac{mgh}{kEF} \quad (1.5)$$



| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

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

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

...е значення менше δ_{cm} . і навіть менше максимального значення амплітуди, тобто умова (1.1) не виконується. Прийнемо висоту амортизатора

[redacted] Тоді з (1.5) отримаємо [redacted] Умова (1.1) виконано. Остаточо приймаємо амортизатори з розмірами [redacted]

[redacted] Жорсткість системи з [redacted]

$$c = \frac{mg}{\Delta h} \tag{1.6}$$



Власна частота такої системи визначиться з виразу [1]

$$p = \sqrt{\frac{c}{m}} \tag{1.7}$$



Кутова частота обертання електродвигуна

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \tag{1.8}$$



Ефективність віброізоляції визначається коефіцієнтом динамічності

$$\mu = \frac{1}{\left(\frac{\omega}{p}\right)^2 - 1} \tag{1.9}$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Динамічний ефект в нашому випадку менше статичного [REDACTED] тобто на раму млини згідно розрахунку (1.8) передається навантаження в [REDACTED] менше маси коливальної частини m [REDACTED]. Це означає, що сила високої частоти (в нашому випадку [REDACTED]) не викликає відчутних коливань в низькочастотній пружній системі млина, остання як би не встигає відгукуватися на вельми швидкі зміни вимушених коливань.

Вище було проведено розрахунок основних пружних зв'язків. Відомо, що при віброізоляції швидкохідних машин потрібно, щоб коефіцієнт динамічності був на рівні [REDACTED]. В нашому випадку дана умова виконана.

1.3 Розрахунок споживаної потужності і вибір електродвигуна

Визначимо необхідну збурюючу силу, що утворюється одним з чотирьох дебалансів для отримання максимальної заданої амплітуди коливань

$$P_d = \frac{1}{4} a * m(\omega^2 - p^2) \quad (1.10)$$

Потужність, що споживається вібратором при встановленому режимі роботи

$$N = \frac{\omega * M_k}{\eta_{\text{підш}}^2} \quad (1.11)$$

де— M_k - кінетичній момент дебаланса вібратора;


$\eta_{\text{підш}}$ - к.к.д. підшипника кочення ($\eta_{\text{підш}} = 0,99$).

Кінетичний момент дебаланса вібратора


| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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


$$M_k = \frac{P_D}{\omega^2} \quad (1.12)$$


Потужність електродвигуна, передаючого через  крутячий момент двох вібраторів з урахуванням (1.11)

$$N_{ДВ} = \frac{2\omega M_k}{(\eta_{підш})^2 * \eta_{муф.}} \quad (1.13)$$

де $\eta_{муф.}$ - к.к.д. 

Визначаємо потужність одного електродвигуна

 (1.14)

Приймаємо електродвигун 

1.4 Розрахунок підшипників вібратора

Підшипники кочення працюють за одночасної дії радіальних і осьових навантажень, які можуть бути сталими або супроводжуватися поштовхами й ударами; при цьому обертатися може внутрішнє або зовнішнє кільце. На довговічність підшипника істотно впливає температурний режим роботи. Вибір підшипника та визначення його довговічності здійснюють за еквівалентним динамічним навантаженням Р.

Для радіальних і радіально-упорних підшипників це постійне радіальне навантаження, яке забезпечує той самий строк служби, що й за реальних умов навантаження та обертання.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У вібробудниках інерційного типу для важких вібраційних машин застосовують радіальні дворядні сферичні роликотидшипники. Відповідно до ДСТУ 5721-95 і ДСТУ 8545-95 ці підшипники призначені переважно для сприйняття радіальних навантажень, однак можуть одночасно сприймати й осьове навантаження, що діє в обох напрямках і не перевищує 25 % величини невикористаного допустимого радіального навантаження. Радіальні дворядні сферичні роликотидшипники характеризуються значно вищою вантажопідйомністю, ніж рівногабаритні сферичні кулькові підшипники.

Допустимі частоти обертання цих підшипників істотно нижчі, ніж у підшипників із короткими циліндричними роликами. Розглянуті роликотидшипники можуть нормально працювати за значного перекосу зовнішнього кільця відносно внутрішнього (до 2–3°). Радіальні дворядні сферичні роликотидшипники застосовують для встановлення важконавантажених багатоопорних і двоопорних валів, а також валів, що зазнають значного прогину під дією зовнішніх сил, у вузлах, де технологічно не забезпечується висока співвісність посадкових місць, зокрема під час встановлення підшипників в окремих корпусах, розточування посадкових отворів за кілька установок тощо.

Вал дебалансу всередині корпусу вібратора спирається на два підшипники. Тоді радіальне навантаження на один підшипник з (1.10)

$$F_r = P_D / 2 \quad (1.15)$$

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

За умовою роботи дебаланса осьове навантаження

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за формулою [6]

$$P = (VXF_r + YF_a) K_\sigma K_T, \quad (1.16)$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

r і Fa - відповідно радіальне і осьове навантаження, кг;

V - коефіцієнт обертання (при внутрішньому кільці, нерухомому по відношенню до навантаження, $V = 1,2$);

X і Y — відповідні коефіцієнти радіального та осьового навантаження, які залежать від типу підшипника, кута контакту α (тобто кута між лінією дії навантаження на тіло кочення та площиною, перпендикулярною до осі підшипника) і відношення

$$Fa / V Fr (X = 1, Y$$

K_b - коефіцієнт безпеки, що враховує вплив динамічного навантаження на довговічність підшипників кочення ($K_b = 1$, тому що відсутні поштовхи або перенавантаження);

K_m - коефіцієнт, що враховує вплив температурного режиму роботи на довговічність підшипника ($K_m = 1$).

Підставляємо дані в (1.16) і отримуємо значення еквівалентного динамічного навантаження

$$(1.17)$$

Тепер задаємося номінальною довговічністю підшипника в годинах його роботи L_h .

Вибір номінальної довговічності підшипника зумовлюється техніко-економічними показниками експлуатації машини, складністю розбирання під час заміни підшипника та вимогами до надійності. Для машин, що працюють з перервами, середні значення номінальної довговічності приймають у межах 2500–10000 год. Для підшипників, установлених у механізмах, до яких не висувають високих вимог щодо надійності, достатньою вважається довговічність 3000-5000 год.

Для підшипників, установлених у механізмах, де ревизія опор і заміна підшипника ускладнені, а вихід з ладу навіть одного підшипника може спричинити небажані простої виробництва, доцільно рекомендувати номінальну

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

у) довговічність, що дорівнює тривалості роботи підшипника протягом ремонтного циклу, тобто між двома капітальними ремонтами. Так, наприклад, якщо механізм працює 2000 год на рік, а ремонтний цикл становить 6 років, то $L_h = 12000$ г.

Виберемо радіальний сферичний дворядний роликопідшипник середньої серії типу [REDACTED]

По таблиці [REDACTED]

Цій умові задовольняє підшипник [REDACTED]

Якщо вибрати коефіцієнт безпеки $K_\sigma = 2,5$ (дробильні машини, кривошипно-шатунні механізми, потужні вентилятори по таблиці [REDACTED]

Цій умові буде задовольняти підшипник [REDACTED]

1.2.5 Розрахунок дебалансу на міцність

Визначимо напруження в найтоншій частині стінки дебаланса навколо отвору під вал (рисунки 1.7, а). Цю частину називають шийкою дебаланса.

Розглянемо задачу в статичній постановці для циліндра, навантаженого внутрішнім тиском. Задача визначення напружень і переміщень у товстостінному циліндрі відома як задача Ляме — за ім'ям ученого XIX століття, який запропонував її розв'язання.

У внутрішній поверхні кільця σ_t досягає максимального значення.

$$\sigma_t = p \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} \quad (1.18)$$

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

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

| | | | | | | |
|------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

На шийку дебаланса діє збуджувальне зусилля P_d , яке визначається за формулою (1.10). Якщо подумки розрізати кільце по горизонталі, то половина зусилля P_d урівноважуватиметься напруженням σ_t , розподіленим по площі його дії

$$0,5 \cdot P_d = \sigma_t \cdot t \cdot (b - a). \quad (1.19)$$

З (1.19) визначаємо σ_t і підставляємо в ліву частину (1.18). Після перетворень отримаємо вираз

$$P = P_d \cdot \frac{(b + a)}{t \cdot (b^2 + a^2)}. \quad (1.20)$$

За теорією найбільших дотичних напружень (в разі відсутності осьової сили)

$$\sigma_{\text{екв}} = \sigma_1 - \sigma_3 = p \cdot \frac{b^2 + a^2}{b^2 - a^2} - (-p) = p \cdot \frac{2 \cdot b^2}{b^2 - a^2}. \quad (1.21)$$

Підставляємо сюди (1.20) і отримаємо

$$\sigma_{\text{екв}} = P_d \cdot \frac{2 \cdot b^2}{t \cdot (b^2 + a^2) \cdot (b - a)}. \quad (1.22)$$

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

Підставляємо сюди чисельні значення.



Напруження, що допускається для матеріалу дебаланса



тому для розглянутого випадку виконується умова:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

$$\sigma_{\text{екв}} < [\sigma].$$

1.2.6 Розрахунок болтів кріплення робочого органу до рами

З (1.12) загальна збуджувальна сила приводу [redacted] Звідси збуджувальна сила, що створюється одним з [redacted], дорівнює [redacted]

Розрахуємо мінімальний допустимий діаметр болтів [4]

$$[redacted] \quad (1.23)$$

Треба додати запас міцності. З урахуванням, що сила P_d є циклічною, вибираємо болт [redacted]

Зусилля, що перпендикулярне площині стику і припадає на один болт:

$$[redacted] \quad (1.24)$$

Зазвичай болти затягують, щоб забезпечити жорсткість та щільність стиску з'єднання, тому необхідно знати силу для затягування болта:

$$[redacted] \quad (1.25)$$

де [redacted] – коефіцієнт зовнішнього навантаження.

Момент, що закручує болт при затягуванні:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

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

31

(1.26)

де d – зовнішній діаметр різьби болта.

Розрахункове навантаження на один болт:

(1.27)

Напруга розтягу в нарізній частині болта

$$\sigma_1 = \frac{P_{\text{розр}}}{f}, \quad (1.28)$$

де f – коефіцієнт тертя в площині стику (приймаємо

Напруга розтягу в нарізній частині болта:

(1.29)

Найбільше дотичне напруження в нарізній частині болта

(1.30)

де $D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр різьби,

Найбільша приведена напруга в нарізаною частини болта

(1.31)

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності за пластичними деформаціями в нарізній частині болта:

$$\sigma_{\text{роз}} > [\sigma_{\text{п}}] \quad (1.32)$$

де $\sigma_{\text{п}}$ МПа – межа плинності матеріалу болта для $\sigma_{\text{п}}$

Допустимий коефіцієнт запасу міцності за пластичними деформаціями в нарізній частині болта повинен знаходитись в діапазоні $n_{\text{т роз}}$

Тобто, повинна виконуватись умова:

$$n_{\text{т роз}} > [n_{\text{т}}]. \quad (1.33)$$

З порівняння (1.32) і (1.33) робимо висновок, що умова виконується.

Розрахунковий коефіцієнт запасу за статичною міцністю в нарізній частині болта:

$$\sigma_{\text{роз}} > [\sigma_{\text{ст}}] \quad (1.34)$$

де $\sigma_{\text{ст}}$ – межа міцності при розтягуванні матеріалу болта $\sigma_{\text{ст}}$

Допустимий коефіцієнт запасу міцності по статичній міцності в нарізній частині болта повинен знаходитись в діапазоні $n_{\text{в роз}}$ Тобто повинна виконуватись умова:

$$n_{\text{в роз}} > [n_{\text{в}}]. \quad (1.35)$$

Отже, умова виконується.

Оскільки умови (1.33) та (1.35) виконуються, то можна зробити висновок, що болти мають достатній запас міцності.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

1.3 Висновки за конструкторсько-розрахунковим розділом

1. Розглянуто принцип роботи вібраційних млинів [REDACTED] для тонкого й надтонкого помелу матеріалів.
2. Проаналізовано конструктивні схеми:
 - a. Однокамерні;
 - b. Двокамерні (на одному та різних рівнях);
 - c. Трикамерні;
 - d. П'ятиконтейнерні установки.
3. Встановлено, що джерелом коливань є інерційні вібратори, які створюють еліптичні або спрямовані вібрації для інтенсивного подрібнення.
4. Описано типи приводів:
 - a. Інерційні (самобалансні, маятникові, бігармонічні);
 - b. Їх переваги — простота, надійність, регульованість амплітуди.
5. Розглянуто конструкцію вертикального млина [REDACTED]
 - a. Продуктивність [REDACTED]
 - b. Робота [REDACTED]
 - c. Висока ефективність подрібнення завдяки вертикальним коливанням.
6. Проведено розрахунок болтів кріплення:
 - a. Запас міцності за плинністю та статичною міцністю відповідає нормативам;
 - b. Конструкція є надійною в експлуатації.
7. Встановлено, що ефективність вібраційного подрібнення залежить від:
 - a. Форми траєкторії коливань (оптимально — еліптична);
 - b. Додавання ПАР (поверхнево-активних речовин);
 - c. Добору діаметра і маси молоткових тіл.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

РОЗДІЛ 2 ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ

2.1 Основні вимоги при монтажу і підготовки до роботи вібробудника

Комплект документації згідно зі специфікацією ІДМБ.РК.24.31-МВВ-0,7-01.000 і вимоги технічних умов визначають відповідність вібробудника. Зазначені на складальному кресленнику ІДМБ.РК.24.31-МВВ-0,7-01.000 СК основні параметри та розміри мають бути витримані під час його виготовлення.

2.1.1. Вимоги до вихідної продукції

1. Наявність сертифікатів підприємства-постачальника повинна підтверджувати, що всі матеріали, використані для виготовлення вібробудника, відповідають стандартам.

2. Якщо сертифікати на матеріал відсутні, підприємство-виробник повинно провести лабораторні дослідження матеріалів і встановити їх відповідність стандартам.

3. Відповідність усіх покупних виробів за якістю та характеристиками встановленим стандартам, технічним умовам, кресленникам або паспортам підприємства-постачальника є обов'язковою, при цьому вироби повинні постачатися разом з експлуатаційною документацією.

2.1.2. Вимоги до з'єднань на високоміцних болтах

1. Перед установленням високоміцних болтів поверхні, що з'єднуються, мають бути очищені від іржі, масляних плям, бруду, окалини та інших дефектів, які перешкоджають їх щільному приляганню. Таке очищення слід

| | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|---|--------------|----------------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розробив.</i> | <i>Соколянський</i> | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | 1 | 2 |
| <i>Керівник.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | Розділ 2 <i>НТУ «ДП», ММФ, 133-21-1</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | |
| <i>Затвердив.</i> | <i>Панченко</i> | | | | | | |

раніше ніж за 12 годин до монтажу високоміцних болтів. Під час іхні поверхні повинні залишатися сухими.

2. До встановлення в конструкцію високоміцні болти, гайки та шайби необхідно знежирити й протерти сухою ганчіркою, щоб видалити захисне змащення, бруд і наліт іржі з різьби болтів і гайок, а також із поверхонь шайб. Гайки слід прогнати по всій довжині різьби болтів. Перед затягуванням болтів до розрахункового зусилля різьбу потрібно покрити

Різьблення болтів змазувати не рекомендується.

3. Необхідна міцність з'єднання на високоміцних болтах забезпечується наданням болтам певного натягу, який створюється прикладанням до гайок відповідного крутного моменту.

4. Високоміцні болти затягують динамометричним ключем. Під час затягування допускається відхилення показань динамометра від значення, що відповідає розрахунковому моменту: у менший бік — до 5 %, у більший — до 10 %.

5, Затяжку всіх болтових з'єднань виробляти в два етапи:

6. Щоб запобігти нерівномірній передачі зусиль, високоміцні болти слід затягувати врозбіг від середини до країв, причому болти, розташовані на кінцях стику або прикріплення, необхідно затягувати в останню чергу. Після завершення затягування всіх болтів слід перевірити натяг раніше встановлених болтів, оскільки внаслідок затягування сусідніх болтів вони можуть послабитися.

2.1.3. Вимоги до складання

1. При складанні не допускається застосування компенсаторів і прокладок, не передбачених креслениками.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

При складанні віброзбудника, блоків підшипникових та інших деталей, що мають посадочні поверхні, повинні застосовуватися пристосування, які виключають можливість ушкодження зазначених деталей і деталей з ними пов'язаних.

3. Опорні поверхні болтів, гайок і гвинтів повинні щільно, без зазорів лежати на опорних поверхнях деталей.

4. Вали в зібраному вібровозбуднику повинні вільно провертатися від руки без заїдань і помітного збільшення опору обертанню (при знятих дебалансах).

5. Не співвісність валів віброзбудника і валу електродвигуна в статичному положенні не більше 2 мм.

6. Перед шпаклівкою поверхні очищаються від окалини, іржі, бруду металевими щітками, потім продуваються стисненим повітрям і обезжирюють ацетоном. Шпаклівка повинна здійснюватися не більше, ніж через 0,5 години після очищення,

7. В деталях, що пред'являються до складання, гострі кромки повинні бути заокруглені радіусом $R = 0,3$ мм, якщо немає особливих вказівок на кресленику.

2.1.4. Вимоги до установки.

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

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

2.1.5. Підготовка до роботи

Перш ніж встановити вібратор, необхідно:

- 1) переконатися у відсутності ушкоджень;
- 2) перевірити, чи відповідає його тип, потужність і напругазапроекованим;
- 3) слід переконатися, що обмотки статора електродвигуна або трансформатора не відсиріли; за потреби їх необхідно просушити та перевірити на пробій.

4) зібраний вібратор потрібно протягом кількох хвилин обкатати на холостому ході, підклавши під нього лист гуми; обкатування на твердій поверхні не допускається.

Під час складання необхідно контролювати, щоб під головки кріпильних гвинтів і болтів, а також під гайки були встановлені пружинні шайби, призначені для запобігання самовідгвинчуванню. Після монтажу вібратора слід перевірити правильність усіх з'єднань і наявність заземлення (за напруги 220/380 В), а потім випробувати механізм у роботі, вимірюючи величину струму, споживаного вібратором.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.2 Обслуговування вібраційних збудників коливань

Якщо під час складання установки дотримано всіх вимог і правильно вибрано тип вібратора, його обслуговування не є складним. У процесі роботи, особливо на початковому етапі, необхідно стежити за тим, щоб не послаблювалися різьбові з'єднання, а температура корпусу вібратора не перевищувала температуру навколишнього повітря більш ніж на 55 °С. Також слід періодично перевіряти стан контактів у клемній коробці та відсутність пошкоджень кабелю, які можуть виникати внаслідок вібрацій.

Змащують підшипники вібраторів зазвичай через 150 год. роботи. Періодичність може бути змінена в залежності від інтенсивності і умов роботи. Мазило [REDACTED] повинна заповнювати простір підшипника на $\frac{1}{4}$.

В процесі експлуатації треба перевіряти:

- 1) відсутність пошкоджень в кабелі (пошкодження можуть викликати замикання і електродвигун вийде з ладу);
- 2) затягування різьбових з'єднань (ослаблена затягування може привести до поломки кріпильних болтів і лап корпусу вібратора);
- 3) кріплення вивідного кабелю і справним станом контактів;
- 4) чистоту механізму; після роботи вібратор повинен бути очищений від пилу і бруду.

Змащувати підшипник необхідно через [REDACTED] мастилом [REDACTED], заповнюючи нею $\frac{1}{4}$ простору підшипника.

Вібратор з обкаткою повинен запускатися з легкого поштовху. Не слід сильно вдаряти його кілька разів; якщо він не вібрує, це ознака несправності механізму. Вібратор рекомендується розібрати (відвернути і витягнути дебаланс) і оглянути. Найчастіше причиною несправності виявляється грязюка або масло, що потрапили на робочі поверхні. Їх треба ретельно промити бензином і витерти.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Після закінчення роботи вібратор повинен бути очищений від пилу і бруду.


Треба особливо ретельно стежити за чистотою амортизатора і затягуванням його болтів.

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

У всіх вібраторах необхідно:

1) ретельно очищати зовнішню поверхню (корпус) електродвигуна, а у двигунів із зовнішнім обдуванням - отвори і щілини підлогу кожухом для проходу повітря; при недотриманні цих вимог порушується робота двигунів

2) стежити за неправим станом дозволяє кабелю контактних затискачів і вимикача, а також штепсельних з'єднань;

3) через 150 годин роботи змащувати підшипники мастилом  закладаючи на $\frac{1}{5}$ - $\frac{1}{4}$, простору в них.

Термін служби вібратора значно подовжується при правильному використанні і хорошому догляді.

2.3 Правила техніки безпеки з обслуговування вібратора

До роботи з вібратором повинні допускатися люди, ознайомлені з інструкцією з його експлуатації.

Необхідно дотримуватися даної документації, завжди, при експлуатації, установки або введенні в експлуатацію. Крім того необхідно діяти відповідно до загальних і місцевими приписами, що запобігають нещасним випадкам.

Забороняється працювати з несправним вібратором млина

Експлуатація дебалансного віброзбудника дозволена тільки в разі, якщо його осі знаходяться в горизонтальному положенні.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Під час роботи з ручними вібраторами необхідно користуватися гумовими чоботями та рукавичками. Експлуатація несправного вібратора забороняється. Вібратори, розраховані на напругу 220 В або 380 В, а також знижувальні трансформатори повинні бути заземлені; робота без заземлення не допускається. Перед увімкненням вібратора слід переконатися в його справності та правильності під'єднання заземлення.

Не допускається встановлювати вилку штепсельного з'єднання на кабелі, що підводить електроживлення від джерела струму. Під час монтажу штепсельних з'єднань на 220 В або 380 В до заземлювальних контактів необхідно приєднувати заземлювальні жили кабелів. Кабель має бути закріплений гвинтовими затискачами й не повинен мати оголених жил.

У блоках вібраторів над синхронізувальними валами повинні бути встановлені огорожі, що унеможливають дотик руки до обертового вала.

В амортизаторах віброзбудників болти повинні бути належним чином затягнуті. У разі втрати гумою еластичності її необхідно замінити.

Робота вібромеханізмів не повинна чинити шкідливого впливу на обслуговувальний персонал; для цього рівень вібрації має відповідати встановленим нормам. Зокрема, за частоти 2800 кол/хв (у разі вібрації всього тіла) допустима амплітуда коливань не повинна перевищувати 0,007 мм.

Переробляти вібратори не допускається, оскільки при цьому нульова точка нерідко змінює своє положення, а рівень вібрації істотно зростає.

Усі роботи, пов'язані з технічним обслуговуванням та встановленням дебалансного віброзбудника, можуть виконуватися лише в нерухомому стані. Перед початком таких робіт необхідно переконатися, що дебалансний віброзбудник не може бути ввімкнений випадково або сторонніми особами.

2.4 Програма і методика випробувань млина

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

| | | | |
|--------|------|--------------------------------|------|
| | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Підпис | Дата | | 2 |

рама і методика випробувань призначені для організації, підготовки та проведення попередніх і приймальних випробувань вібраційного млина (далі млин) і встановлюють порядок, обсяг та методи їх проведення.

Метою попередніх випробувань є встановлення відповідності млина технічним умовам і конструкторській документації, перевірка працездатності його вузлів і млина загалом, а також вирішення питання щодо направлення споживачеві для проведення приймальних випробувань в умовах експлуатації.

Метою приймальних випробувань є встановлення відповідності млина технічному завданню, технічним умовам і комплекту конструкторської документації, перевірка працездатності вузлів і млина загалом, а також вирішення питання щодо можливості передачі у виробництво для експлуатації за призначенням.

Млин подається на випробування після його приймання ВТК заводу-виробника. Комісії, що проводить попередні випробування, повинні бути подані:

- зібраний млин відповідно до кресленика
- комплекти специфікації;
- свідоцтво про приймання ВТК заводу – виробника;
- комплект конструкторської документації та інші документи на вимогу комісії.

Приймальні випробування проводяться у споживача комісією. До складу комісії мають входити представник споживача — голова комісії, а також представники розробника, виробника (за потреби), головний санітарний лікар та інспектор ЦК профспілок..

Комісії з проведення приймальних робіт і випробувань повинні бути представлені:

- зібраний млин згідно креслення [REDACTED] та підготовлений до експлуатації за призначенням;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- технічне завдання;
 - технічні умови;
 - протокол попередніх випробувань;
 - комплект конструкторської документації; згідно з паспортом
-
- інші матеріали на вимогу комісії.

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

2.4.1 Перевірка відповідності млина технічним умовам і комплекту конструкторської документації

Слід перевірити комплектність млина та документації відповідно до паспорта.

Під час попередніх і приймальних випробувань млина підлягають перевірці показники та параметри, визначені програмою випробувань.

Показники призначення:

- амплітуда коливань млина;
- габаритні розміри;
- маса млина;
- працездатність вузлів і елементів млина;
- температура підшипникових вузлів;
- частота коливань ексцентрикових валів.

Технологічні показники:

- максимальна продуктивність по вихідному живленню;
- фактори, що обмежують пропускну здатність;
- середній час перебування матеріалу в помольній камері.

Показники міцності:

- напруження в елементах конструкції млина.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

2.4.2 Перевірка забезпечення стабільності роботи млина

Стабільність роботи млина забезпечується дотриманням усіх його параметрів і умов експлуатації, а також відповідністю комплектувальних елементів, передбачених проектом, заданим умовам експлуатації.

2.4.3 Перевірка зручності обслуговування та проведення ремонту млина

Перевірку зручності проведення ремонту здійснюють у процесі складання млина, а зручності обслуговування — під час його налаштування та регулювання відповідно до технічного опису й інструкції з експлуатації.

2.4.4 Перевірка відповідності млина вимогам безпеки

- перевірити технічний стан млина на відповідність вимогам, викладеним в технічному описі та інструкції експлуатації;
- перевірити відповідність млина вимогам розділу «Вимоги безпеки» та виконати роботи відповідно до вимог розділу «Методи контролю» щодо параметрів, зазначених у технічних умовах..

2.4.5 Підготовка млина до випробувань

- для проведення випробувань повинний бути підготовлений майданчик розміром 5 x 5 м;
- перед проведенням випробувань необхідно ознайомитися з технічним описом та інструкцією з експлуатації;
- ділянку проведення випробувань захистити шнуром з червоними прапорцями;
- підготувати необхідні для випробування обладнання, матеріали та засоби вимірювань згідно з переліком, наведеним у додатку технічних умов [REDACTED]

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

Рівність і режими випробувань, вимірювання під час

випробувань

Попередні випробування



У перервах між обкаткою перевіряти затяжку болтових з'єднань.

Випробування млина під навантаженням

Перед початком випробувань необхідно виконати роботи, передбачені пунктами а–в програми попередніх випробувань.

Слід провести перевірку герметичності помольних камер; запилення при цьому не допускається.

Частоту коливань вимірюють відповідними приладами, що пройшли сертифіковану перевірку.

Габаритні розміри млина визначають за допомогою металевої мірної рулетки ЗПК2–10АНП/1 ДСТУ 7502–80.

Масу млина перевіряють шляхом зважування на вагах середнього класу точності ДСТУ 23678–79 з межами зважування не менше 1 т.

Температуру підшипникових вузлів слід контролювати термоелектричним термометром ТХК – 0379 – 01 за ДСТУ 25.02.702289–80, установленим в отвір кришки підшипника. Допустима похибка вимірювання становить $\pm 10^{\circ} \text{C}$.

Амплітуду коливань визначають шляхом порівняння координат довільної точки на помольній камері в діаметрально протилежних технічних положеннях ексцентрикових валів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| | | | | | | 2 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Максимальну продуктивність за вихідним живленням перевіряють шляхом поступового збільшення подачі матеріалу в млин. Рівень подачі, за якого спостерігається переповнення завантажувального пристрою, фіксують, після чого його визначають шляхом завантаження живильного пристрою в мірну ємність протягом певного часу, який відлічують секундоміром.

Середній час перебування матеріалу в млині контролюють шляхом введення в потік матеріалу індикаторних частинок такого самого розміру, як і основна маса матеріалу, що подрібнюється. Як індикаторні частинки можуть використовуватися металеві кульки. Їх необхідно відбирати з потоку розвантаження через фіксовані проміжки часу (0,5–1 хв). Залежність кількості індикаторних частинок у пробі від часу відбору утворює криву їх розподілу за часом перебування в млині. Максимум цієї кривої відповідає середньому часу перебування частинок у млині, тобто часу їх подрібнення.

Прискорення та переміщення окремих вузлів несучої конструкції — рами, траверси тощо, а також напружений стан елементів конструкції контролюють за допомогою датчиків переміщення ДП-3, датчиків прискорення ДУ-5 і терморезисторів 2ПКБ-20, установлених у вибраних місцях. Для вимірювань застосовують апаратуру ВІ-6, осцилограф Н117 із джерелом живлення ВС-26, «Агат» та інші прилади.

2.4.7 Заходи безпеки при випробуваннях

Для проведення випробувань необхідно призначити з числа інженерно-технічних працівників відповідального керівника випробувань.

На видному місці поставити табличку з написом «Йдуть випробування».

Під час проведення випробувань слід керуватися вимогами безпеки, викладеними в розділі «Вказівки щодо заходів безпеки» технічного опису та інструкції з експлуатації.

2.4.8 Оформлення результатів випробувань

Результати попередніх випробувань повинні бути оформлені актом, затвердженим керівником підприємства–виготовлювача.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

ати приймальних випробувань оформити актом приймальних випробувань і затвердити замовником.

2.5 Заходи безпеки при роботі на вібраційному млині

До експлуатації та обслуговування млина допускаються особи, які ознайомлені з його технічним описом і правилами експлуатації.

Усі монтажні роботи, пов'язані з підйомом, стропуванням і розстропуванням окремих елементів млина, повинні виконуватися відповідно до загальних вимог до вантажопідіймальних робіт, прийнятих у промисловості.

Максимальна вантажопідіймальність засобів, що застосовуються для підйому складових частин млина, повинна бути не меншою ніж

Усі роботи з регулювання механізмів і підтягування кріплень слід виконувати лише за вимкненого млина.

Температура нагрівання гумових елементів не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більш ніж на 40 °С.

У зоні роботи млина не повинні перебувати особи, не залучені до його обслуговування.

Майданчик у зоні роботи млина має бути очищений від сторонніх предметів.

ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- працювати при несправному млині;
- працювати при порушеній герметизації елементів і виходу пилу в середину виробничого приміщення;
- виконувати роботи, що не відповідають призначенню млина;
- включати млин без огороження;
- включати млин за наявності несправності в системах блокування і сигналізації;
- робити регулювання і ремонт частин млина під час її роботи;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
| | | | | | ІДМБ.РК.25.29-00.00.000 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

– експлуатувати млин без заземлення корпусу або при несправному заземленні;

– подавати матеріал в непрацюючий млин.

2.6 Висновки за експлуатаційним розділом

1. Визначені основні вимоги до монтажу вібробудника.
2. Рекомендовано мастило для підшипників [REDACTED]
3. Розписано регламент догляду за вібробудником під час експлуатації.
4. Розроблено правила техніки безпеки з обслуговування інерційного збудника коливань.
5. Розроблено програму і методику випробувань млина [REDACTED]
6. Розроблено заходи безпеки при роботі на вібраційному млині [REDACTED]

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

| | | | | | | |
|-----|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 2 |

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто принцип роботи та конструкції вібраційних млинів.
2. Вивчив конструкції інерційних приводів.
3. Ознайомився з конструкцією вертикального вібраційного млина [REDACTED] та конструкцією його робочого органу (помольної камери)
4. Млин відноситься до млинів [REDACTED]
5. Проведено розрахунок пружної системи млина.
6. Визначено розміри амортизаторів [REDACTED]
7. Визначена потрібна потужність приводу та прийнято електродвигун [REDACTED]
8. Для валу дебалансу інерційного приводу підібрані радіальні дворядні сферичні роликотидшипники [REDACTED]
9. Розрахована напруга у шийці дебалансу [REDACTED] при допустимій нарузі на матеріал дебалансу [REDACTED]
10. Визначені основні вимоги при монтажі і підготовці до роботи і обслуговуванні вібробудника.
11. Розроблені правила техніки безпеки під час експлуатації і обслуговуванні млина.

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

| | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|---------------|-------------|------------------------------------|--------------|----------------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розробив.</i> | | <i>Соколянський</i> | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | | <i>Анциферов</i> | | | 1 | 2 | |
| <i>Керівник.</i> | | <i>Анциферов</i> | | | <i>Висновки</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | | <i>Анциферов</i> | | | <i>НТУ «ДП», ММФ, 133-21-1</i> | | |
| <i>Затвердив.</i> | | <i>Панченко</i> | | | | | |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи динаміки машин. Ч. 1. Основи прикладної теорії коливань: навчальний посібн. / В.П. Франчук, О.В. Анциферов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: 2022. – 127 с. [Електронний ресурс]
2. Вайнкоф Я.П. Гірнична вібротехніка / Я.П. Вайнкоф. – К.: Техніка, 1969. – 178 с.
3. Остафійчук Б.К. Коливання і хвилі: курс лекцій / Б.К. Остафійчук, І.М. Гасюк, Л.С. Кайкан. – Івано-Франківськ: Вид-во Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника, 2012. – 197 с.
4. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів / В.І. Шваб'юк. – Київ.: Знання, 2016. – 407 с.
5. Карнаух С. Г. Розрахунки механічних передач : навчальний посібник до курсового й дипломного проектування / С. Г. Карнаух, Н. В. Чоста. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 204 с.
6. Симоновський В.І. Теорія коливань: навчальний посібник / В.І. Симоновський. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 71 с.
7. Шваб'юк В.І. Динамічні задачі в опорі матеріалів: навчальний посібник для студентів механічних та матеріалознавчих спеціальностей / В.І. Шваб'юк, В.М. Максимович, О.А. Мікуліч, М.І. Морозов. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – 220 с.
8. Бригінець В.П. Коливання і хвилі: навчальний посібник / В.П. Бригінець, С.О. Подласов. – НТУУ «КПІ» – 2021.
9. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2017. – 203 с.

| | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|---|--------------|----------------|
| | | | | | <i>ІДМБ.РК.25.29-00.00.000</i> | | |
| <i>Зм.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Розробив.</i> | <i>Соколянський</i> | | | | <i>Літ.</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>К.розділу</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | 1 | 2 |
| <i>Керівник.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | Перелік посилань <i>НТУ «ДП», ММФ,</i> <i>133-21-1</i> | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Анциферов</i> | | | | | | |
| <i>Затвердив.</i> | <i>Панченко</i> | | | | | | |



Звіт подібності

метадані

Назва організації

Dnipro Polytechnic National Technical University

Заголовок

КР пояснювальна зап.Соколянський М.Ю.

Автор

Науковий керівник / Експерт

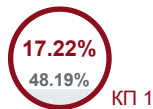
Соколянський Олена Панченко

підрозділ

Dnipro Polytechnic National Technical University

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

**25**

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

6616

Кількість слів

49956

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|------------------------|--|-----|
| Заміна букв | | 29 |
| Інтервали | | 8 |
| Мікропробіли | | 33 |
| Білі знаки | | 0 |
| Парафрази (SmartMarks) | | 230 |

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|---|---|
| 1 | https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/158501/%D0%94%D1%96%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.pdf?sequence=1 | 1033 15.61 % |
| 2 | https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/154860/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD.pdf?sequence=1 | 176 2.66 % |
| 3 | https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/154860/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BD.pdf?sequence=1 | 151 2.28 % |