

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ д.т.н., проф.
Назаренко І.І.

" ____ " _____ 2023
року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

на тему : **ЛОГІСТИЧНА СХЕМА МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУЮЧОЇ
УСТАНОВКИ**

Виконав: студент 4 курсу, групи ІЛС
спеціальності " 131. "Прикладна механіка"

Хорошун Анастасія Вячеславівна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник Косминський Ігор Владленович

(прізвище та ініціали)

К.Т.Н., доцент

(вчене звання, науковий ступінь)

м. Київ - 2023 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
Кафедра Машин і обладнання технологічних процесів
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
спеціальності " 131. "Прикладна механіка"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри МОТП

_____ /д.т.н., проф. І.І. Назаренко/

" " 2023 року

З а в д а н н я
на дипломний проект студенту

Хорошун Анастасії Вячеславівна
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема проекту: Логістична схема модернізації формуючої
установки
керівник проекту: Косминський Ігор Владленович, кандидат
технічних наук, доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора КНУБА № _____ від " ____ " _____ 2023
року.

2. Строк подання студентом проекту 31 травня 2023 року.

3. Вихідні дані до проекту:

Ударно-вібраційна площадка з електромагнітним приводом на
постійному струмі

Вантажопідйомність - 2 т

Вихідний струм 14,0858 А

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що
необхідно розробити): Вступ. Огляд та аналіз існуючих

конструкцій подібних машин. Загальні розрахунки. Розрахунки на міцність деталей та вузлів. Техногенна безпека.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вид машини 1 арк.; креслення робочого обладнання з відповідними перерізами 1-2 арк.; складальні одиниці робочого обладнання 1-2 арк.; креслення деталей 1-2 арк.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техногенна безпека	к.т.н., доцент Гаркавенко О.М.		

7. Дата видачі завдання 19 грудня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Огляд та аналіз існуючого устаткування. Загальні розрахунки.	20.03.23	25%
2.	Креслення загальних видів. Розробка та розрахунок вузлів.	17.04.23	50%
3.	Розрахунки та робочі креслення деталей.	8.05.23	75%
4.	Техногенна безпека. Рецензування. Попередній захист.	1.06.23	100%

Студент _____

(підпис)

Керівник проекту _____ Косминський Ігор
Владленович, к.т.н., доцент

ЗМІСТ

<i>Вступ і постановка задачі проектування</i>	5
1. Огляд існуючих конструкцій.....	8
1.1 Опис принципової схеми і принципу дії віброплощинки з електромагнітним приводом.....	11
1.2 Аналіз та висновки.....	13
2. Дослідницька частина.....	14
3. Загальний розрахунок машини.....	20
4. Конструктивні розрахунки та розрахунки на міцність.....	30
4.1 Розрахунок необхідного перерізу ресори.....	30
4.2 Розрахунок ресори на витривалість.....	33
4.3 Розрахунок осі ресори.....	34
4.3.1 Перевірка осі ресори на зріз.....	34
4.3.2 Перевірка осі ресори за контактними напруженнями.....	35
4.4 Розрахунок опорних амортизаторів.....	36
4.5 Розрахунок прокладки буфера.....	38
5. Паспорт машини.....	39
6. Вібромашини в логістичних системах.....	40
7. Техніка безпеки.....	42
7.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що пов'язані з якимось станом об'єкта.....	42
7.2 Пожежна безпека.....	44
7.3 Електробезпека.....	46
7.4 Технічні заходи попередження електротравм при переході напруги на неструмоводні частини електроустановок.....	49

ВСТУП І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

Прискорення темпів розвитку промисловості збірного залізобетону, яка забезпечує неухильний ріст об'ємів промислового і громадського будівництва в нашій країні потребує удосконалення існуючих і розвитку нових технологій і обладнання.

Розвиток і удосконалення сучасного обладнання ставить перед інженерами багатоскладних інженерних проблем. Один з шляхів рішення яких – це пошук таких режимів роботи і конструкцій віброформовочного обладнання, котре наряду з високою ефективністю процесу ущільнення бетонної суміші могли б забезпечити зниження енергоємності і металоємності. Одним з шляхів підвищення ефективності процесу ущільнення і забезпечення стабільності режимів являється створення низькочастотного віброформовочного обладнання, яке працює в ударно-вібраційному режимі.

З літературних джерел і з досвіду робіт на кафедрі «Машин і обладнання технологічних процесів» Київського національного університету будівництва і архітектури було встановлено, що найбільш ефективною схемою низькочастотного віброформовочного обладнання, яке працює в ударно-вібраційному режимі являється схема віброплощадки з незалежною підвіскою ударника і електромагнітним приводом на випрямленому струмі.

Найбільш важливими перевагами такої конструкції віброплощадки являються:

- Формування ведеться в ударно-вібраційному близько резонансному режимі;
- Блочна конструкція віброплощадки, при чому синхронність досягається дуже простими методами;
- Кількість пар що труться зведено до мінімуму;

- Особливість приводу дозволяє суттєво знизити енергоємність і металоємність машини;
- Забезпечення найбільш стабільного режиму формування;
- Простота конструкції, і як наслідок, підвищена надійність і довговічність;
- Можливість плавного регулювання частоти і амплітуди коливань;
- Робота при мінімальному рівні шуму.

Методику розрахунку такої віброплощини було розроблено на кафедрі «Машин і обладнання технологічних процесів» Київського національного університету будівництва і архітектури.

Метою даної роботи є поліпшення ефективності ущільнення за рахунок забезпечення центрального удару, що досягається заміною одного магніту – двома.

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Станкові вібромашини (віброплощадки) застосовуються для ущільнення і формування одночасно всього об'єму суміші, що знаходиться в обмежувчій цей об'єм формі. Робочим органом цих вібромашин є ряд окремих блоків, на які встановлюється форма з бетонною сумішшю. Коливання передаються усьому об'єму суміші.

Віброплощадки являють собою велику групу машин, які відрізняються одна від одної рядом ознак. Такими основними ознаками є: напрямок вимушуючої дії, спектральний склад коливань робочого органу, конструкція робочого органу, тип вібробуджувача, вантажопідйомність.

- За напрямком вимушуючої дії розрізняють машини з коловими, вертикально направленими і горизонтально направленими коливаннями;
- По спектральному складу коливань розрізняють машини з гармонічними, багатогармонічними та ударно-вібраційними коливаннями;
- По конструкції робочого органу віброплощадки підрозділяються на рамні і блокові машини;
- По типу вібробуджувача розрізняють машини з відцентровим(дебалансним), електромагнітним і з кінематичним приводом;
- Вантажопідйомність машини складається з сумарної маси приводу разом з формою і, як правило, вказується в паспорті машини.

Найбільш розповсюдженими в практиці виробництва залізобетонних виробів віброплощадки з вертикально направленими коливаннями.

Більше досконалими є віброплощадки з гармонічно направленими коливаннями. Але не дивлячись на ряд переваг таких установок (зниження енергоємності, зменшення числа деталей, що швидко обертаються спрощення механізму для кріплення форм і т.п.) їх застосування все ж таки обмежене. Пояснюється це тим, що усталена робота віброплощадки з високим коефіцієнтом посилення амплітуди переміщень забезпечується тільки в низькій полосі біля

резонансного режиму коливань . Вихід з цієї зони призводить до випадкового та неорганізованого режиму коливань, зниження ефекту ущільнення, поломці вузлів та деталей машини.

Подальше удосконалення машин об'ємного формування направлено на створення таких конструктивних рішень, котрі зберегли б в собі переваги машини резонансного типу і забезпечували стабільну роботу в заданому режимі. Такими являються машини, що працюють в ударно – вібраційному режимі. Ці машини працюють в зоні, близькій до резонансу і мають нелінійну амплітудно-частотну характеристику, менш чутливу до зовнішнього впливу.

Найбільш складним елементом таких віброплощадок є кривошипно-шатунний віброзбудувач (кінематичний віброзбудувач). Робота цих віброплощадок в режимі близькому до резонансного дозволяє формувати велико габаритні вироби при мінімальних затратах енергії і незначних навантаженнях на привод площадки.

В водночас з віброплощадками, які здійснюють в одній з площин (вертикальній чи горизонтальній), створюються конструкції машин, які забезпечують рух робочого органу в двох площинах. Такі машини називають віброплощадками з багатокомпонентними коливаннями. Віброплощадки подібного типу працюють в зарезонансному режимі. Переваги таких площадок є: мала частота коливань, невелика кількість складальних одиниць, м'які гумові опори, що дозволяє знизити шум при роботі такої машини нижче рівня санітарних норм.

Основними напрямками подальшого удосконалення конструкції віброплощадок є:

- Створення машин з гармонічним збудженням, але яке діє на виріб, що формується, багатокомпонентним спектром коливань;
- Розробка та впровадження машин, що працюють у зоні близькій до резонансу з ударно-вібраційною дією на середовище яке ущільнюється та зниженою частотою коливань;

- Дослідження умов взаємодії робочих органів машин з середовищем і визначення на його основі оптимальних режимів формування;
- Пошук конструктивних рішень створення машин зі змінним амплітудно-частотним режимом коливань.
- Подальший розвиток резонансних вібромашин значною мірою буде визначатись дослідженням нових динамічних схем з урахуванням взаємодії з середовищем, що обробляється, а також створення синтезуючих методів розрахунку і конструювання машин з використанням складних резонансів.
- Одним з шляхів вирішення цієї задачі є використання електромагнітних і гідравлічних віброзбуджувачів коливань.

1.1 Опис принципової схеми і принципу дії віброплощадки з електромагнітним приводом

Ударно-вібраційна площадка з електромагнітним приводом на постійному струмі є віброустановкою блочної конструкції. Кількість віброблоків визначається вантажопідйомністю та габаритами виробу у плані. Тому, при забезпеченні синхронної роботи блоків опис динаміки машини зводиться до опису руху одного віброблоку.

Віброблок (рисунок 1.1) являє собою двохмасову автоколивальну систему. Верхня маса включає масу робочого органу 1, на який встановлюється форма 2 з ущільнюваною сумішшю, та масу статора 3 електромагніту з котушкою 4. Верхня маса віброізолюється від фундаменту опорними амортизаторами 5. Нижня маса включає масу ударника 6 з якорями 7 електромагнітів. Ударник з'єднується з робочим органом пружними зв'язками 8. Маси співударяються через буфери 9, зазор в яких менший зазору в магнітопроводі електромагнітів.

Принцип роботи віброплощадки полягає в наступному: при проходженні випрямленого току крізь обмотки електромагнітів виникає сила притягання між якорем та сердечником, котра сприяє притяганню мас. Зворотній рух робочого органу і ударника забезпечується пружними елементами. Параметри віброплощадки обрані таким чином, щоб переміщення мас забезпечувало їх взаємне співударяння через буфер. При цьому стрім в обмотці електромагнітів вмикається в такт коливань мас (в момент удару електромагніти відключаються). Іншими словами, між швидкістю машини і током в обмотці електромагнітів існує позитивний зворотній зв'язок. Струм вмикається та вимикається переключаючим пристроєм, який входить до системи керування. Струм в обмотках електромагнітів вмикається при знаходженні якоря у нижньому положенні і вимикається при співударянні буфера. Тому віброплощадка працює в автоколивальному режимі, поза залежності від зміни навантаження.

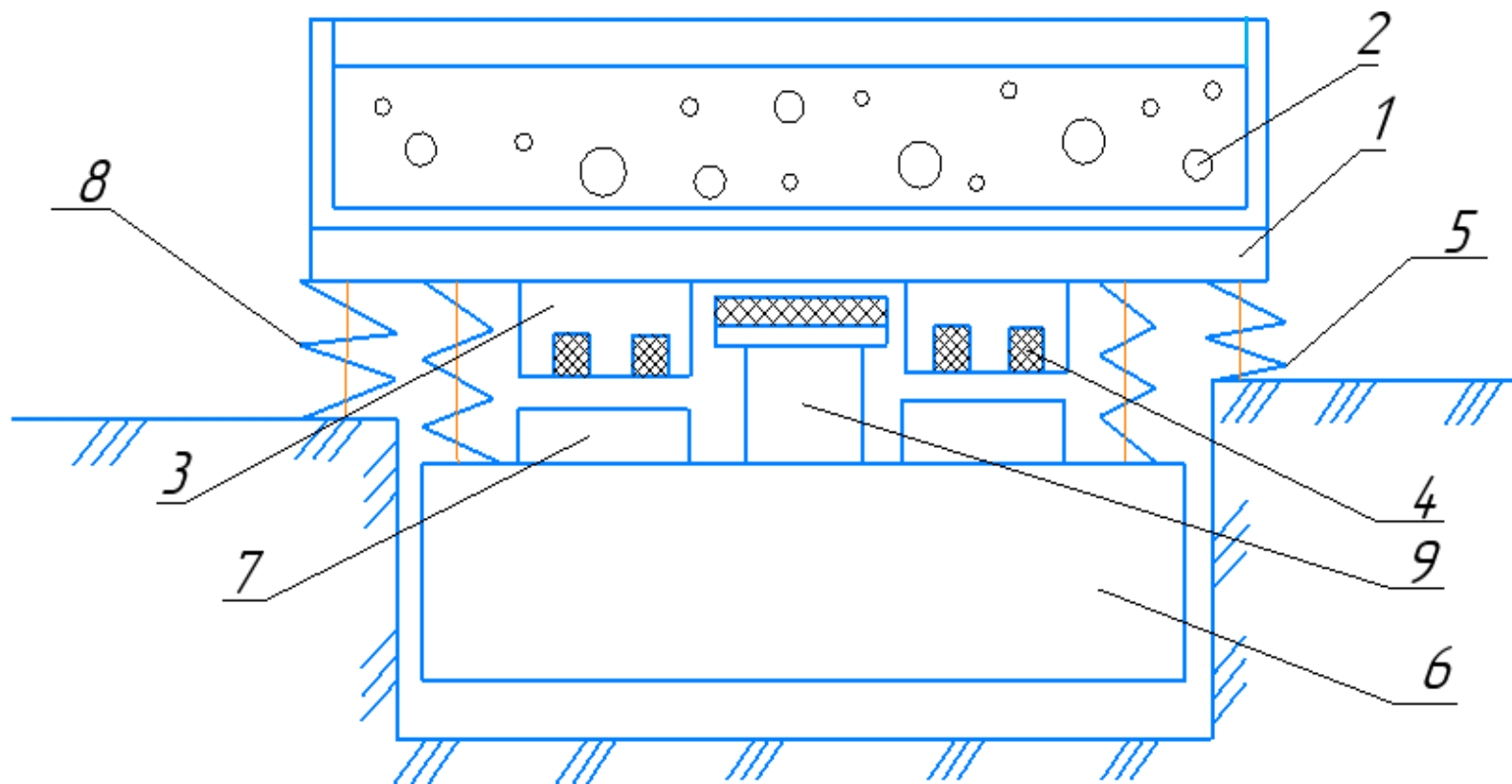


Рисунок 1.1 – Принципова схема ударного вібраційної площадки з електромагнітним приводом.

1.2 Аналіз та висновки

Беручи до уваги вищезазначену у двох попередніх розділах інформацію стає очевидним що:

- Віброплощадка з ударно-вібраційним впливом на середовище, що ущільняється з електромагнітним вібробуджувачем коливань є одним з шляхів подальшого розвитку резонансних вібромашин;
- Віброплощадка працює у автоколивальному режимі, поза залежності від зміни навантаження. Параметри коливань віброплощадки можуть регулюватися відповідно з потрібним законом руху, що відкриває широкі можливості регулювання і управління процесом руху системи, тобто машин зі змінними амплітудо-частотними режимами коливань.

З вищезазначеного видно, що створення та впровадження подібних вібромашин дає можливість використовувати їх у автоматичних лініях виробництва бетонних та залізобетонних виробів.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Метою цієї роботи було покращення процесу ущільнення за рахунок здійснення центрального удару.

Для цього ми взяли віброблок вантажопідйомністю дві тони. Базовий віброблок мав один великий магніт (1) та два буфери (2), об які відбувався удар (див. рисунок 2.1).

Базовий віброблок мав такі параметри (див. додаток А).

На нашу думку, щоб забезпечити центральний удар, треба один буфер (2) помістити в центр мас блоку, а два магніти (1) по обидві сторони від нього. Тоді удар буде відбуватися в одній точці, що повинно забезпечити кращі параметри ущільнення (див. рисунок 2.2).

Так як було змінено конструкцію віброблоку, то відповідно потрібно змінити і розрахунок.

Динаміка руху ударно-вібраційної системи з електромагнітним приводом описується наступною системою рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dv}{dt} = \frac{1+k}{M_2} * (c_1 * x_h + c_2 * x_k - (c_1 + c_2) * x - (b_1 + b_2) * v - \frac{\alpha * b * \psi_p^2}{2 * (b+x)^2}) \\ \frac{d\psi_p}{dt} = \frac{U - i * r - \frac{L_0 * \alpha * \psi_p * b * v}{(b+x)^2}}{\frac{L_0 * \alpha * x}{b+x} + L_0 * A * D * e^{b*\psi_p} + 1} \end{cases},$$

де M_2 – маса ударника;

c_1 – жорсткість підвіски ударника;

c_2 – жорсткість буфера;

b_1 – коефіцієнт опору підвіски ударника;

b_2 – коефіцієнт опору буфера;

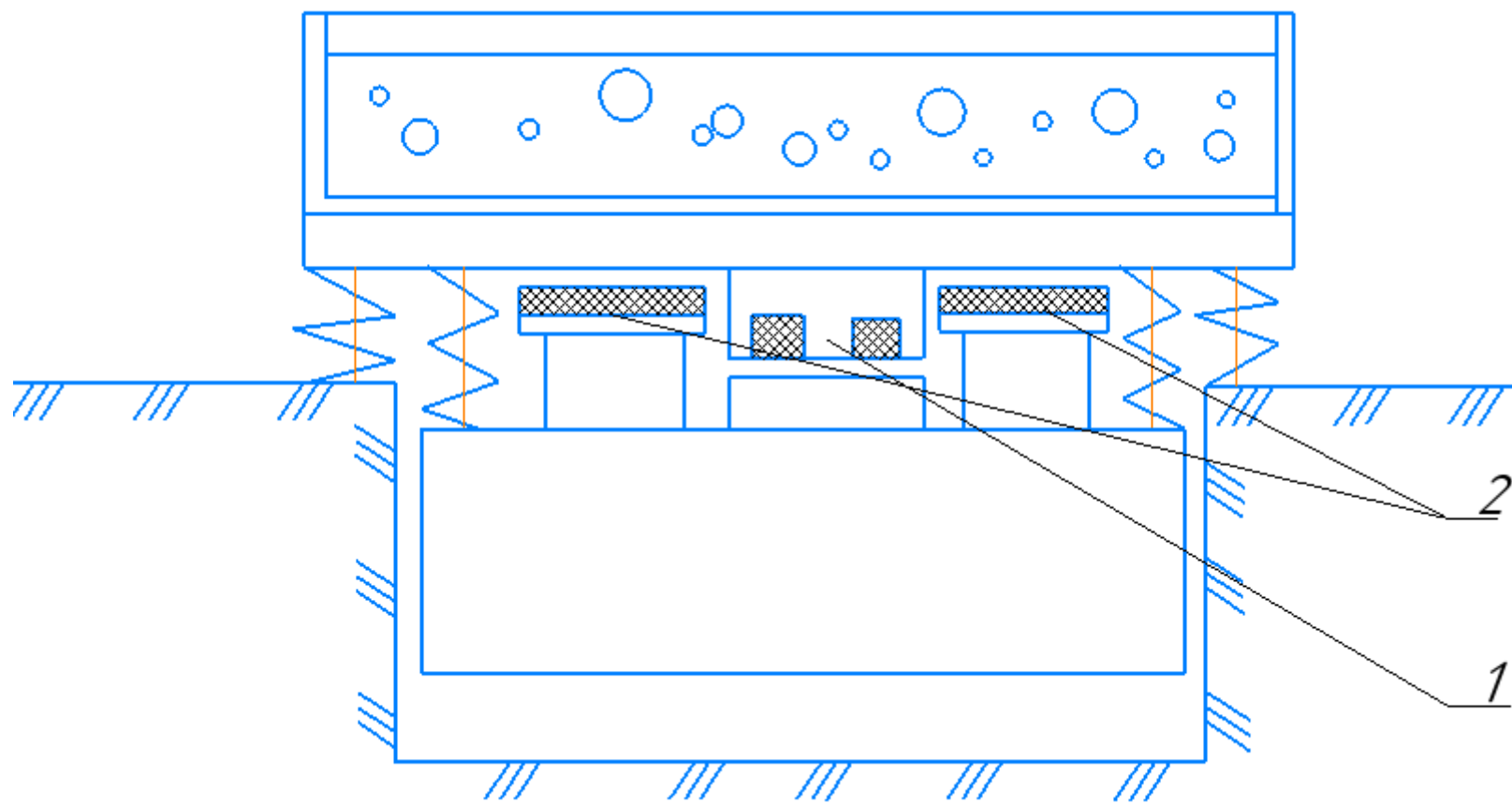


Рисунок 2.1 - Примітивна схема базового віброблоку.

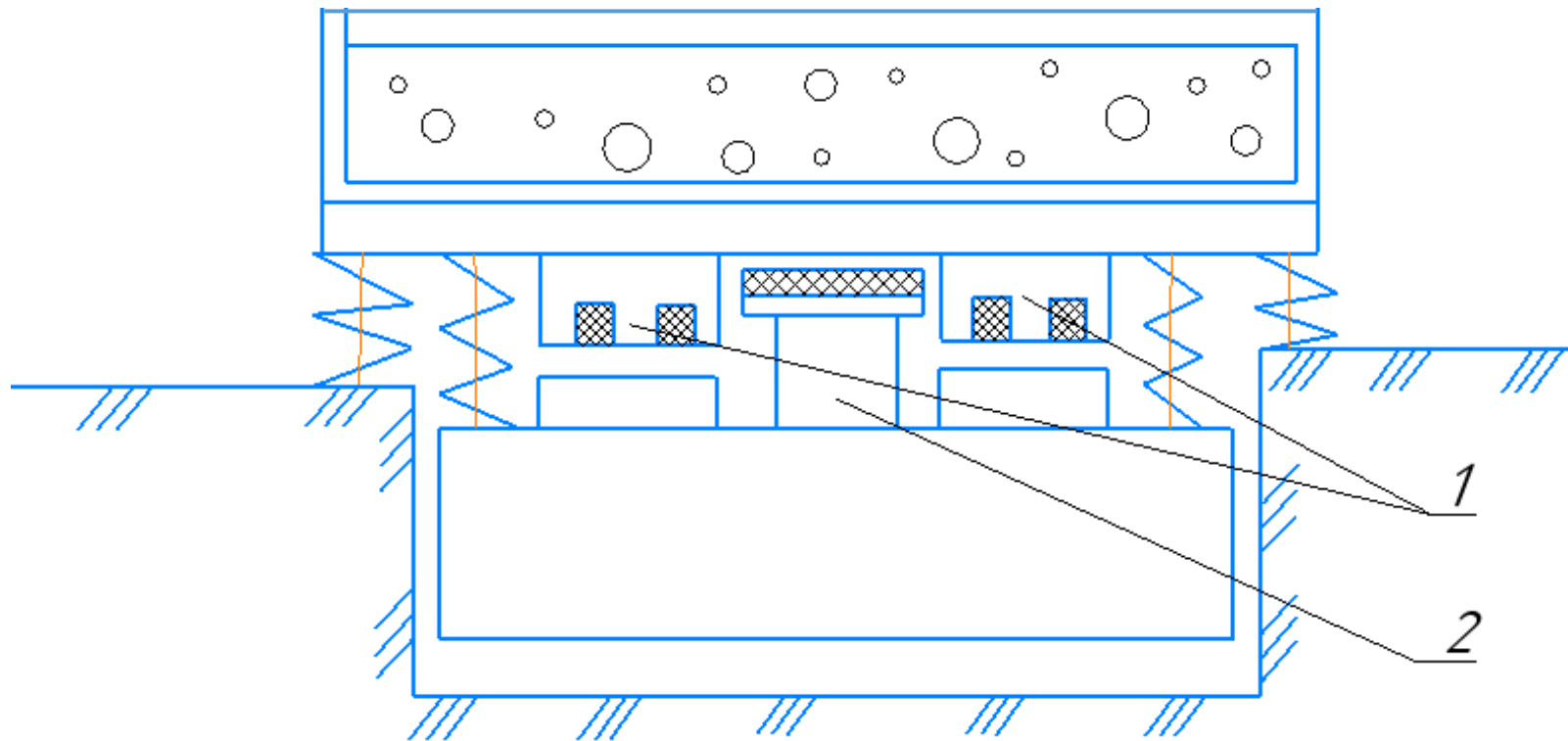


Рисунок 2.2 – Принципова схема модернізованого віброблоку.

$k = \frac{M_2}{M_1}$ – відношення мас ударника та робочого органу;

x – зазор в магнітопроводі;

x_h - положення ударника при $F_{пр} = 0$;

x_k – зазор в магнітопроводі перед ударом;

v – швидкість;

$$\alpha = \frac{2}{\mu_0 * \omega^2 * 1}, \quad A = \frac{\beta * l_{Fe}}{\omega}, \quad D = \frac{\gamma}{2 * \omega * b * 1}$$

Константи, що залежать від параметрів електромагніту.

Де μ_0 – магнітна стала;

ω – кількість витків;

β і γ – коефіцієнт, що залежать від кривої намагнічування;

l_{Fe} – довжина середньої лінії магнітного потоку;

b і l – розміри магнітопроводу;

ψ_p – робоче потокозшеплення;

U – робоча напруга живлення;

i – сила струму в колі катушки електромагніта;

r – опір в колі катушки;

L_0 – індуктивність розсіювання.

Магніт в рівняннях мас враховується складовою:

$$F_e = \frac{\alpha * b * \psi_p^2}{2 * (b + x)^2}.$$

Розділ одного магніту на два виконувався таким чином, щоб зберегти кількість витків. Це було зроблено для того, щоб інші константи, які залежать

від параметрів електромагніту не змінилися. Але якщо ми прийняли два магніта, то повинна змінитись і сила тяги електромагніту. На нашу думку сила тяги подвоїться, тоді формула буде мати вигляд:

$$F_e = \frac{\alpha * b * \psi_p^2}{(b + x)^2}.$$

А загальна система рівнянь динаміки руху буде мати наступний вигляд:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1 + k}{M_2} * (c_1 * x_h + c_2 * x_k - (c_1 + c_2) * x - (b_1 + b_2) * v - \frac{\alpha * b * \psi_p^2}{(b + x)^2})$$

$$\frac{d\psi_p}{dt} = \frac{U - i * r - \frac{L_0 * \alpha * \psi_p * b * v}{(b + x)^2}}{\frac{L_0 * \alpha * x}{b + x} + L_0 * A * D * e^{b * \psi_p} + 1}.$$

3 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК МАШИНИ

Як говорилося раніше для розрахунку було взято віброблок вантажопідйомністю дві тони.

Щоб з одного магніту перейти до двох ми вирішили розділити навпіл величину потрібного для розрахунку струму, залишивши не змінними кількість витків котушки. Це дозволило нам залишити деякі константи незмінними.

Нижче наведено розрахунок параметрів одного електромагніту для модернізованого віброблоку.

Вихідний струм $I=14,08519$ А.

Для розрахунку приймаємо $I/2=7,045$ А.

Тоді

1) Мінімально необхідна площа полюса магнітопроводу статора магніту:

$$b \times 1 = \frac{2 * L_k * x_k * I^2}{\mu_0 * (I * \omega)^2},$$

Де L_k – індуктивність котушки, Гн;

$x_k = 0,003$ м;

$I \times \omega$ – допустимий об'єм струму в пазу магнітопровода.

2) Індуктивність котушки:

$$L_k = \frac{k_E * Q}{I^2} = \frac{0,85 * 90,61}{7,05^2} = 1,55 \text{ Гн},$$

Де $k_E = 0,85$;

$Q = 90,61$ Дж – кінетична енергія(приймається для розрахунку).

3) Допустимий об'єм струму в пазу магніту:

$$I \times \omega = \frac{2 * B_{\Pi} * x_k}{\mu_0} = \frac{2 * 1,5 * 0,003}{1,256 * 10^{-6}} = 7,166 * 10^3,$$

Де $B_{\Pi} = 1,5$ Тл;

$\mu_0 = 4 * 3,14 * 10^{-7} = 1,256 * 10^{-6}$ – магнітна стала.

Тоді

$$b \times l = \frac{2 * 1,55 * 0,003 * 7,05^2}{1,256 * 10^{-6} * (7,166 * 10^3)^2} = 0,007 \text{ м}^2.$$

4) Ширина та довжина полюса статора:

$$b = \frac{b \times l}{\frac{k_b}{l}},$$

де $k_{\frac{b}{l}} = 1$, $b = l = \sqrt{b \times l}$.

Тоді

$$b = l = \sqrt{0,007} = 0,085 \text{ м}.$$

5) Необхідний переріз дроту:

$$q_{\Pi} = \frac{I}{j} = \frac{7,045}{6} = 1,17 \text{ мм}^2,$$

де j – щільність струму, $j = 6 \text{ А/мм}^2$.

б) Діаметр дроту

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{4 * q_{\Pi}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 1,17}{3,14}} = 1,22 \text{ мм}.$$

По сортаменту приймаємо:

$$d_{\Pi} = 1,25 \text{ мм}; d'_{\Pi} = 1,54 \text{ мм},$$

Де d'_{Π} - діаметр дроту з ізоляцією.

7) Уточнюємо значення q :

$$q = \frac{\pi * d_{\Pi}^2}{4} = \frac{3,14 * 1,25^2}{4} = 1,227 \text{ мм}^2.$$

8) Розмір сторони паза:

$$a = d'_\Pi * \omega' * \sqrt{n_\omega} + 20 = 1,54 * 14 * 1 + 20 = 41,56 \approx 42 \text{ мм},$$

$$\text{де } \omega' = ABS(\sqrt{\omega}) = ABS(\sqrt{196}) = 14;$$

n_ω – кількість дротів в одному витку.

9) Середня довжина лінії магнітного витку:

$$l_{Fe} = 4 * 84,5 = 338 \text{ мм}.$$

10) Опір котушки:

$$r_k = \frac{1,2 * \omega * l_{cp}}{57 * q},$$

де ω – кількість витків;

$$l_{cp} = 4 * b + \pi * a = 4 * 0,85 + 3,14 * 0,042 = 0,472 \text{ м},$$

Де a – розмір пазу електромагніта;

b – розмір полюсу електромагніта;

q – площа поперечного перерізу дроту.

Тоді

$$r_k = \frac{1,2 * 196 * 0,472}{57 * 1,227} = 1,5873 \text{ Ом}.$$

11) Коефіцієнти, що залежать від параметрів електромагніту:

$$A = \beta * \frac{l_{Fe}}{\omega},$$

Де $\beta = 6$ – коефіцієнт, що залежить від кривої намагнічування;

l_{Fe} – довжина середньої лінії магнітного потоку.

Тоді

$$A = 6 * \frac{0,338}{196} = 0,010.$$

$$D = \frac{\gamma}{2 * \omega * b * l'}$$

Де $\gamma = 4$ – коефіцієнт, що залежить від кривої намагнічування;

b і l – розміри магнітопроводу.

Тоді

$$D = \frac{4}{2 * 196 * 0,085^2} = 1,412.$$

$$\alpha = \frac{2}{\mu_0 * \omega^2 * l'}$$

Де $\mu_0 = 4 * 3,14 * 10^{-7} = 1,256 * 10^{-6}$ – магнітна стала.

Тоді

$$\alpha = \frac{2}{1,256 * 10^{-6} * 196^2 * 0,085} = 487,651.$$

12) Індуктивність розсіяння:

$$L_0 = \frac{2}{3} * \mu_0 * \omega^2 * l = \frac{2}{3} * 1,256 * 10^{-6} * 196^2 * 0,085 = 0,002734 \text{ Гн.}$$

Використавши дані наведених вище розрахунків можемо намалювати пластину статора (див. рисунок 3.1).

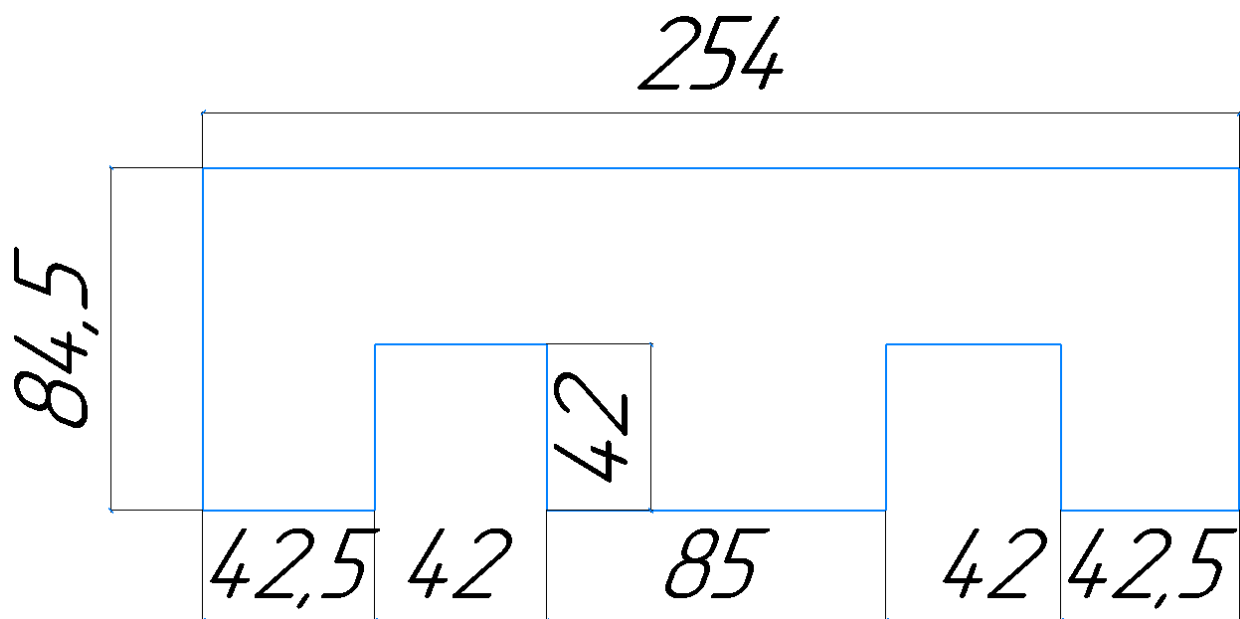
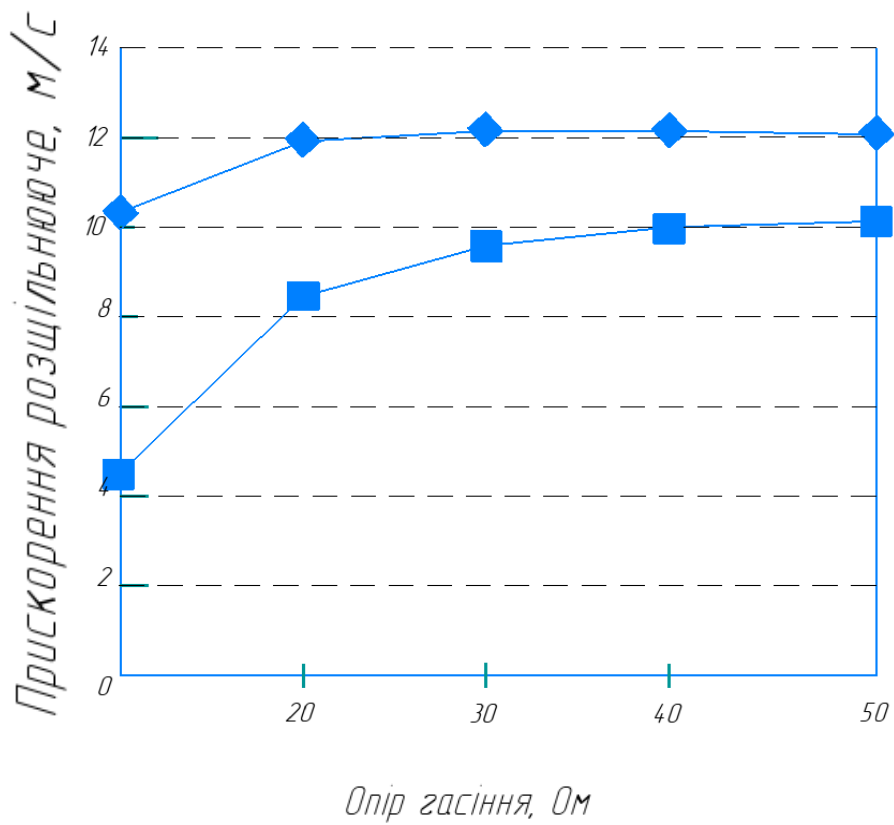
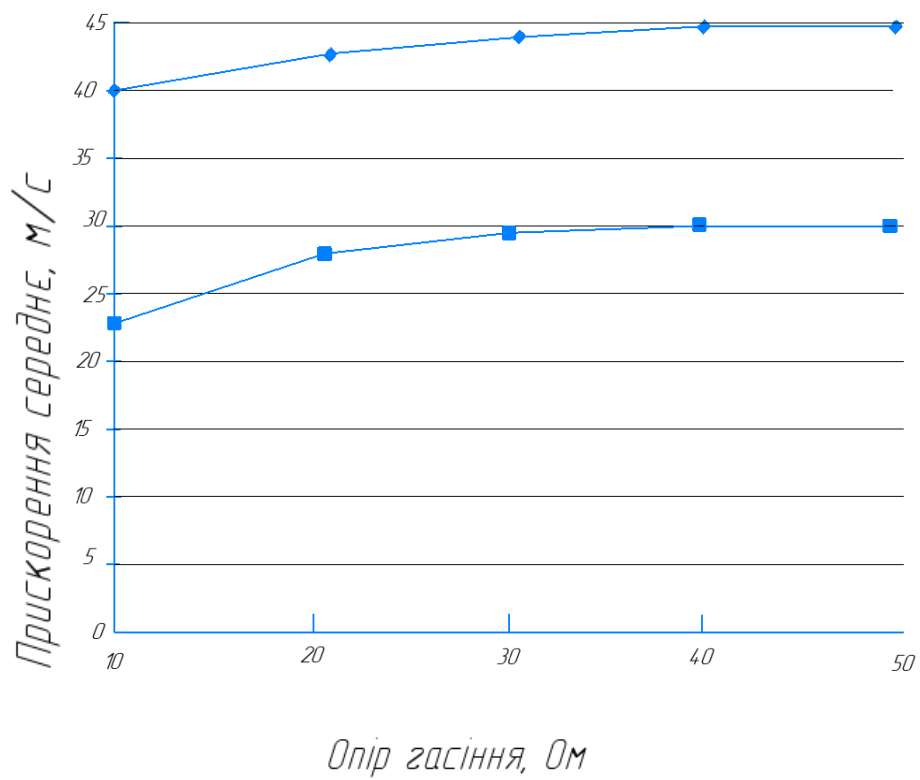


Рисунок 3.1 – Пластина статора.

Для порівняння енергетичних і технологічних параметрів ми, замість двох розрахованих електромагнітів, взяли два електромагніти з віброблоку вантажопідйомністю 1000кг. Результати порівнянь зведено у таблицю (див. таблицю 3.1) і представлено на графіках (див. рисунки 3.2-3.6).

З таблиці та графіків видно, що параметри розробленого нами віброблоку задовольняють енергетичним та технологічним вимогам.



Рисунки 3.2 – Графіки порівнянь

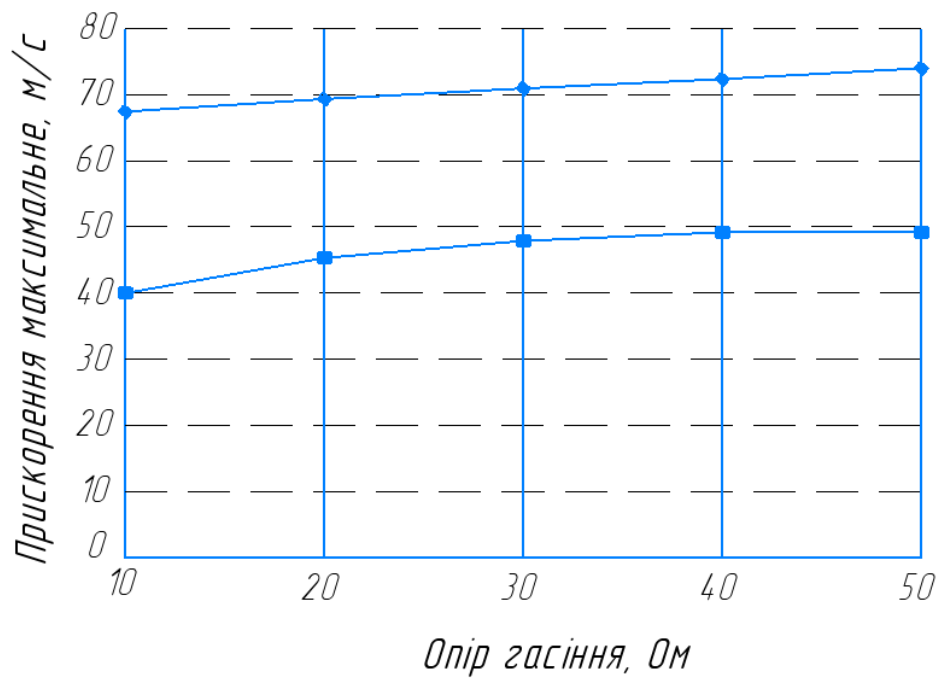
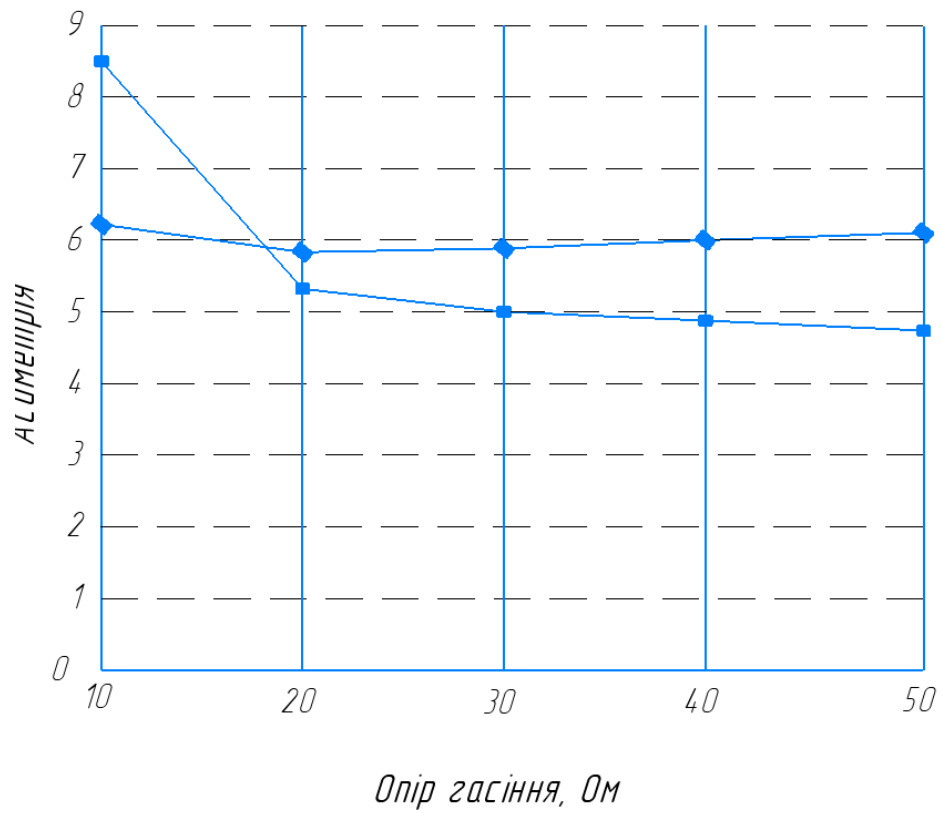
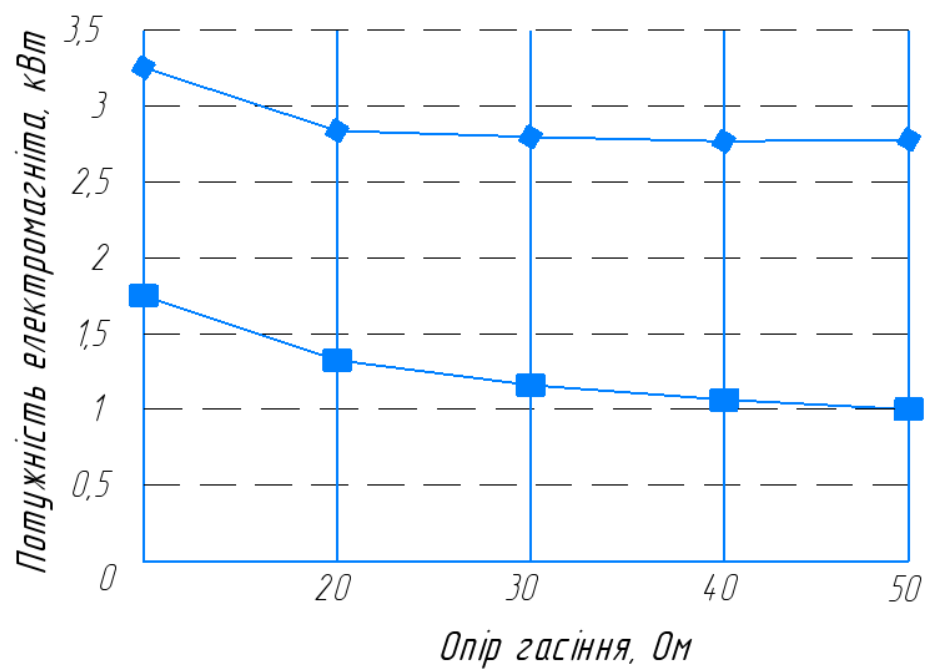


Рисунок 3.3 – Графіки порівнянь.



 Розроблений
 Порівняльний

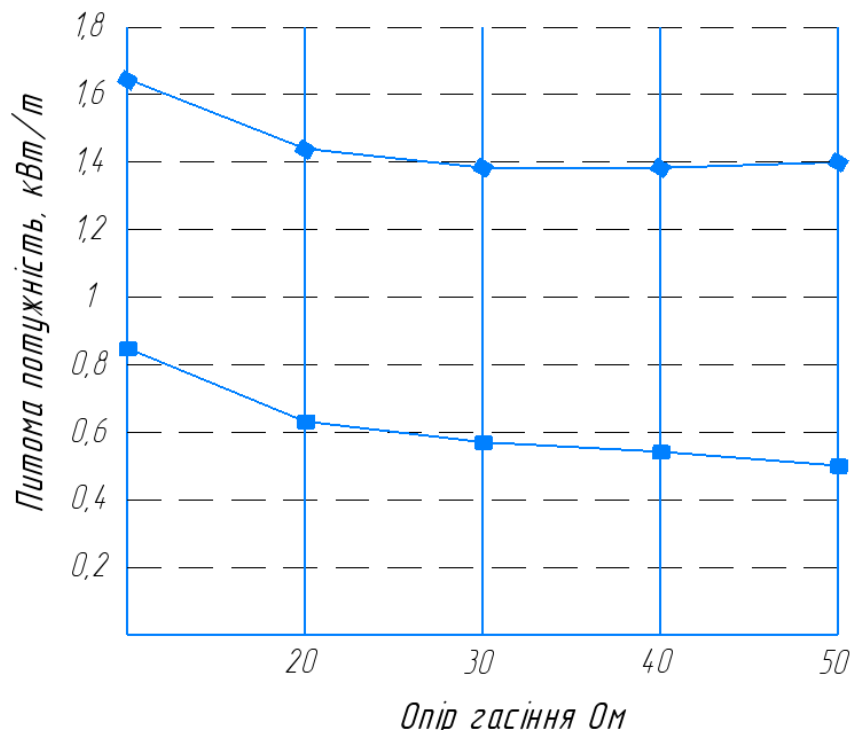
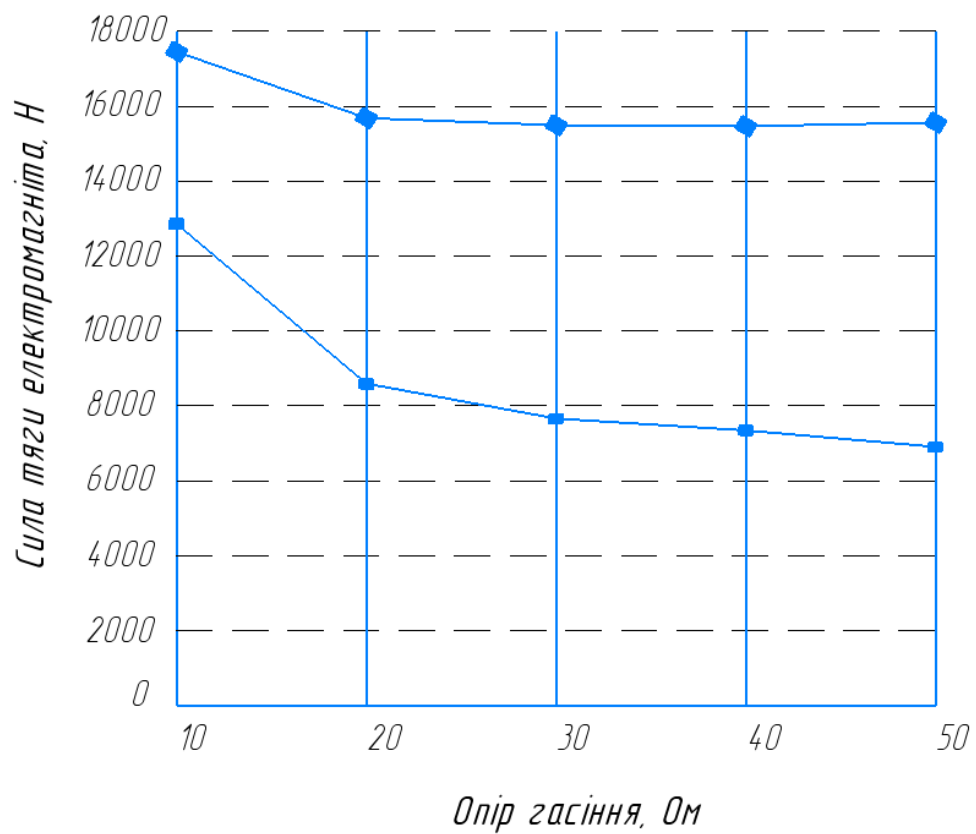


Рисунок 3.4 – Графіки порівнянь.



 Розроблений
 Порівняльний

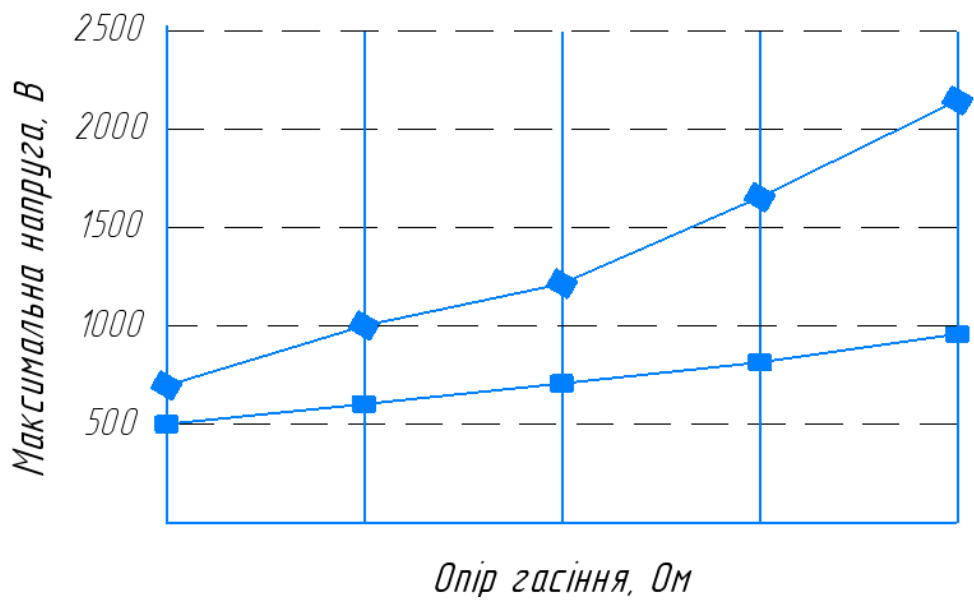


Рисунок 3.5 – Графіки порівнянь.

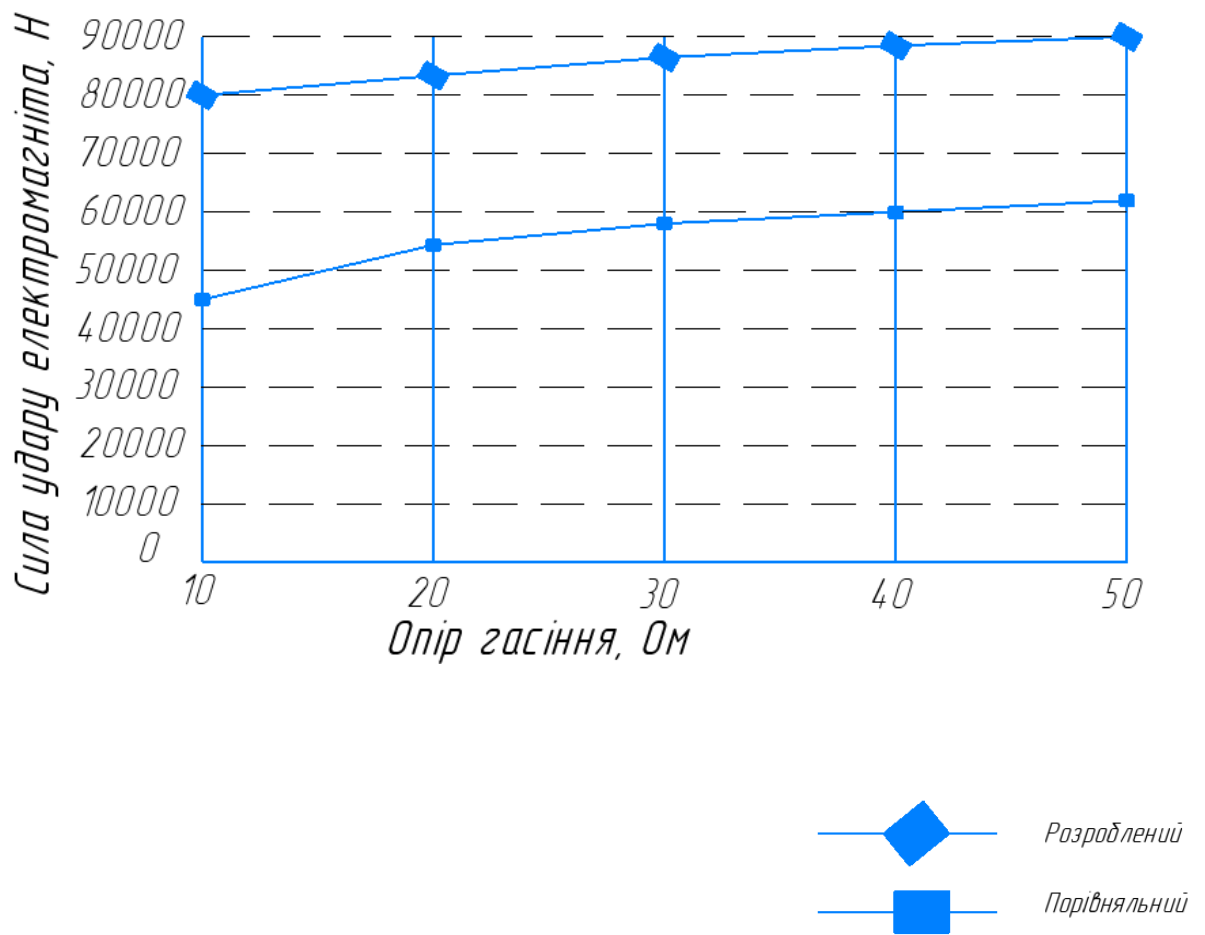


Рисунок 3.6 – Графіки порівнянь.

4 КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ТА РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Розрахунок необхідного перерізу ресори

Необхідно визначити геометричні розміри ресори:

- Робочу довжину L ;
- Ширину b ;
- Товщину h .

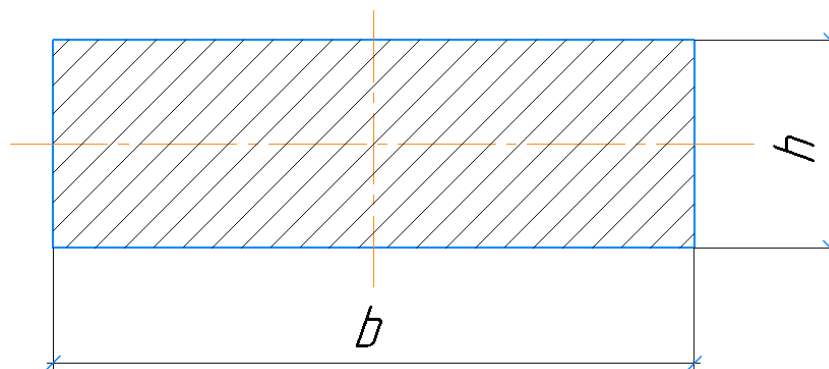


Рисунок 4.1.1 – Переріз ресори.

Ресора розраховується як балка на двох опорах і затисненою частиною у місці прикладення зусилля.

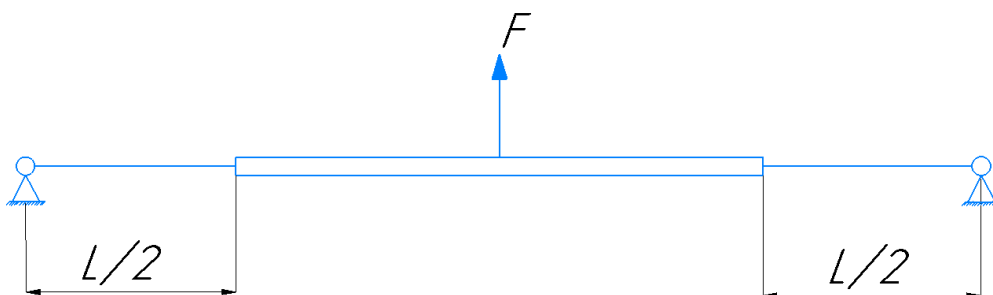


Рисунок 4.1.2 – Розрахункова схема.

Необхідна умова – жорсткість ресори.

$$c = 4,44 * 10^6 \text{ Н/м.}$$

$$c = \frac{48 * E * J}{L} \rightarrow J = \frac{c * L}{48 * E}$$

Ширина ресори

$$b = \frac{12 * J}{h}$$

Для однозначного розв'язку цієї задачі не вистачає даних, тому задаймося рядом довжин та товщин ресори. Прослідкуємо, як змінюється J і b . Результати зводимо у таблицю 4.1.1.

Таблиця 4.1.1

L		1000	1100	1200	1300	1400	1500
J		44,05	58,63	76,12	96,77	120,8	148,6
h	3	19,58	26,06	33,83	43,01	53,72	66,07
	3,5	12,33	16,41	21,30	27,09	33,83	41,61
	4	8,26	10,99	14,27	18,15	22,66	27,87
	4,5	5,80	7,72	10,02	12,74	15,92	19,58
	5	4,23	5,63	7,31	9,29	11,60	14,67

Приймаємо готову ресорі від трактора Т-100 з розмірами:

$L = 1000$ мм;

$h = 35$ мм;

$b = 150$ мм;

$J = 53,6$ см².

Креслення ресори приведено на рисунку 4.1.3.

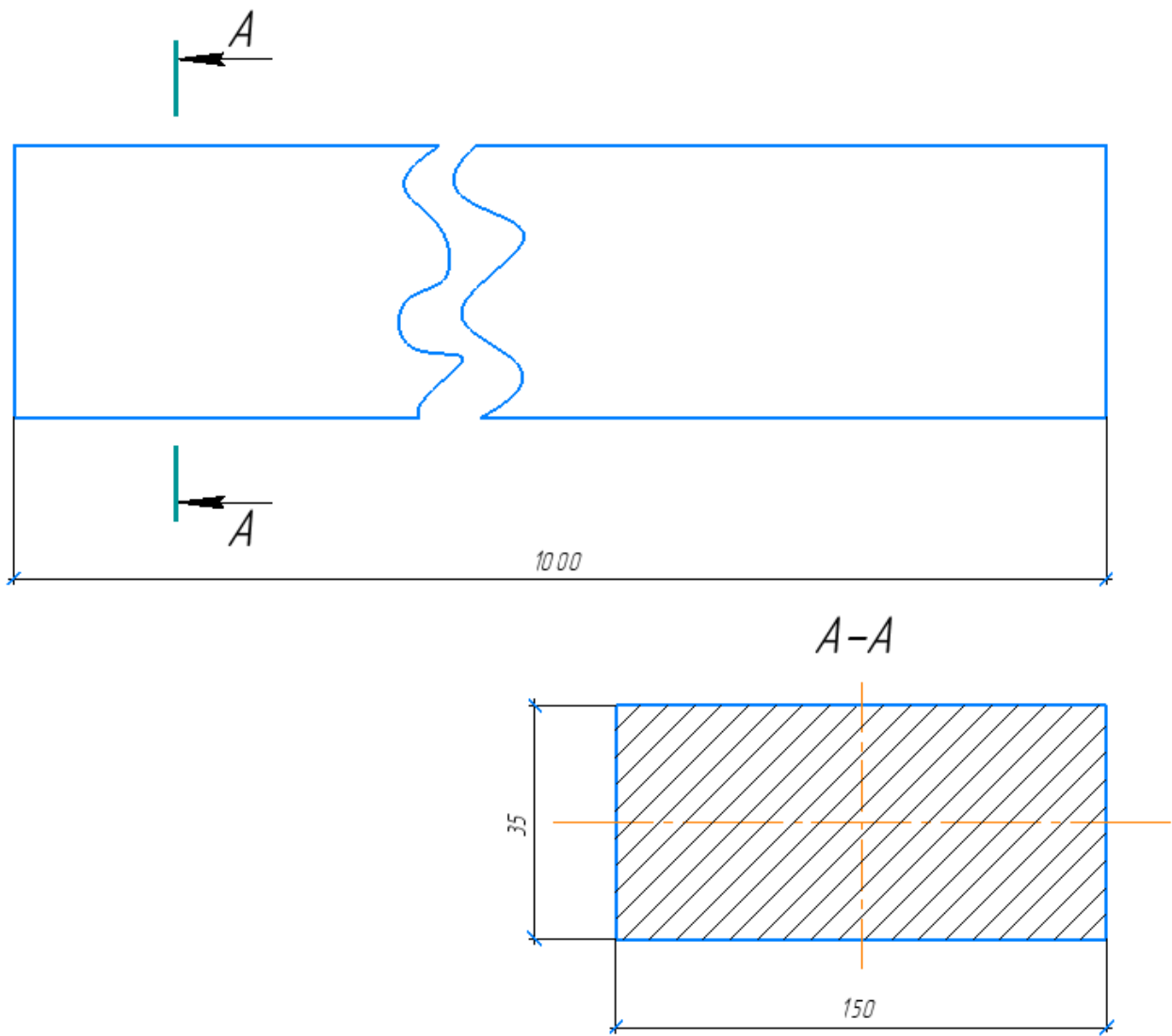


Рисунок 4.1.3 – Ескізне креслення ресори.

4.2 Розрахунок ресори на витривалість

Оскільки відома межа витривалості при знакозмінному симетричному циклі –

$$[\sigma_{-1}] = 200 \text{ МПа},$$

Визначаємо запас міцності по формулі:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a}{\sigma - 1} + \frac{\sigma_n}{\sigma_B},$$

Де $\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2$ – амплітуда зміни напруги;

$\sigma_a = (\sigma_{max} + \sigma_{min})/2$ – середнє напруження циклу;

$$\sigma_{min} = 0;$$

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W},$$

$$\text{Де } W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,15 \cdot 0,035^2}{6} = 3,063 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

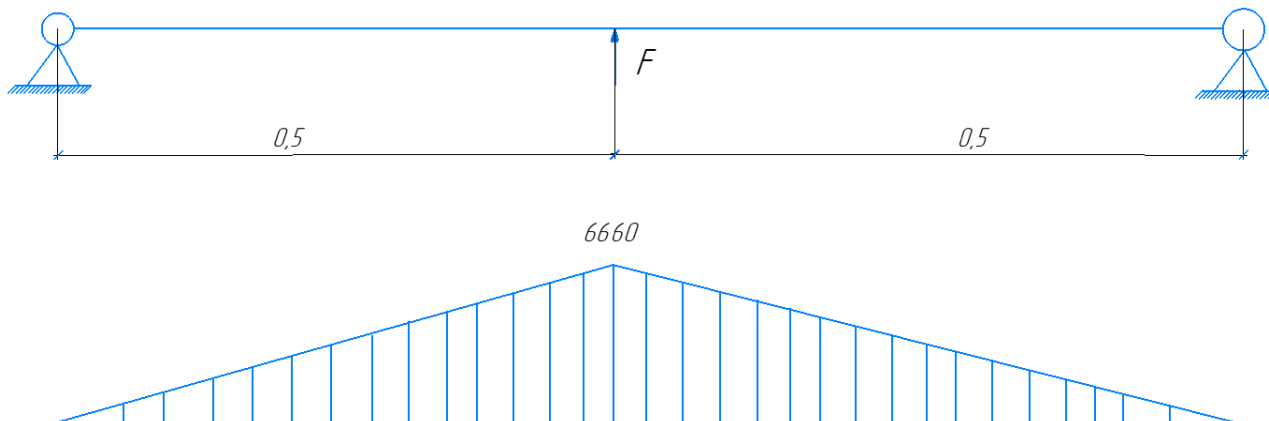
Будуємо епюру моментів:

Сила F, необхідна для згину ресори на 7 мм (амплітуда)

$$F = c \cdot x = 4,44 \cdot 10^6 \cdot 0,007 = 46640 \text{ Н}.$$

Згинаючий момент у небезпечному перерізі:

$$M = \frac{F \cdot l}{4} = \frac{26640 \cdot 1}{4} = 6660 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} = \frac{6660}{3,063 * 10^{-5}} = 2,174 * 10^8 \text{ Па} = 217,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = \sigma_n = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{2,174 * 10^8}{2} = 1,087 * 10^8 \text{ Па} = 108,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_b = 1,6 * 10^9 \text{ Па} = 1600 \text{ МПа}.$$

Тоді

$$\frac{1}{n} = \frac{108,7}{200} + \frac{108,7}{1600} = 0,611;$$

$$n = \frac{1}{0,611} = 1,637.$$

Коефіцієнт запасу $n = 1,637 > 1,5$, вихляючи з цього прийнята ресора задовольняє вимогам міцності і витривалості.

4.3. Розрахунок осі ресори

4.3.1 Перевірка осі ресори на зріз

Вісь не буде згинатись з-за достатньо великої жорсткості ресори.

Вісь ресори виготовлена з сталі 45 з допустимим напруженням на зріз

$$\tau_{зр} = 100 \text{ МПа}.$$

Максимальне навантаження на вісь буде досягатись в момент удару і буде дорівнювати:

$$F_0 = \frac{c * x}{2} = \frac{4,44 * 10^6 * 0,007}{2} = 13320 \text{ Н},$$

Де $c = 4,44 * 10^6 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ – жорсткість ресори;

$x = 0,007 \text{ м}$ – амплітуда.

Необхідний діаметр осі ресори:

$$d = \sqrt{\frac{2 * F_0}{\pi * [\tau_{зр}]}} = \sqrt{\frac{2 * 13320}{3,14 * 100}} = 9,21 \text{ мм.}$$

4.3.2 Перевірка осі ресори за контактними напруженнями

Схема ресори з віссю:

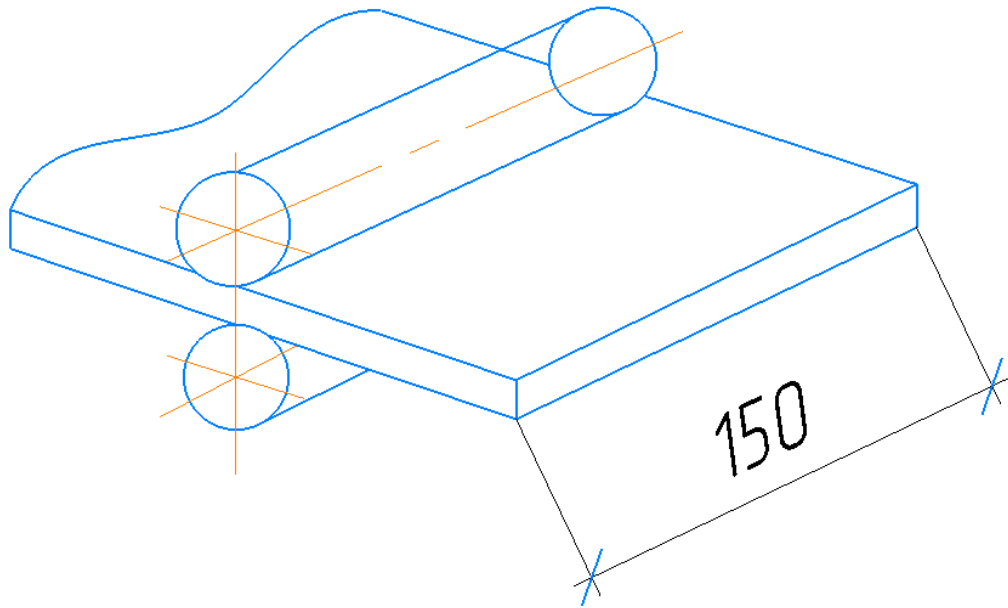


Рисунок 4.3.1.

Для даної схеми радіус вісі при найбільшому контактному напруженню $P_{max} = 1000$ МПа.

$$r = \frac{F}{\pi * P_{max}^2 * Q * l} = \frac{13320}{3,14 * 1000 * 8,88 * 10^{-6} * 140} = 3,16 \text{ мм,}$$

$$\text{де } Q = \frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} = \frac{1-0,26^2}{2,1*10^5} + \frac{1-0,26^2}{2,1*10^5} = 8,88 * 10^{-6}$$

$$E_1 = E_2 = 2,1 * 10^5 \text{ МПа.}$$

$\mu_1 = \mu_2 = 0,26$ – коефіцієнт Пуасона.

4.4 Розрахунок опорних амортизаторів

Розрахунок опорних амортизаторів виконується виходячи з умови виконання віброізоляції:

$$\frac{\omega}{\omega_0} = 7 \dots 10.$$

Де $\omega = 2 * \pi * f = 2 * 3,14 * 20 = 125,664 \text{ c}^{-1}$ – кутова частота коливань, тоді

$$\omega_0 = \frac{\omega}{7} = \frac{125,664}{7} = 17,952 \text{ c}^{-1}.$$

Потрібна жорсткість опорних амортизаторів:

$$c_0 = \omega_0^2 * (M_1 + M_2) = 17,952^2 * (2000 + 500) = 805686 \frac{\text{H}}{\text{м}},$$

де $M_1 + M_2 = 2000 + 500 = 2500$ – маса коливних частин.

Відповідно жорсткість одного опорного амортизатора:

$$c = \frac{c_0}{2} = \frac{805686}{2} = 402843 \frac{\text{H}}{\text{м}}.$$

Приймаємо готові стандартні амортизатори типу ВБ-20 ГОСТ 7338-77. Їх розміри

$$D = 175 \text{ мм};$$

$$d = 50 \text{ мм};$$

$$h = 200 \text{ мм}.$$

Креслення опорного амортизатора приведено на рисунку 4.4.1

Динамічний модуль пружності $E_D = 2,2 * 10^6 \text{ Н} * \text{м}$.

Жорсткість амортизаторів

$$c = \frac{E_D * S}{h},$$

$$\text{де } S = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{3,14 \cdot (0,175^2 - 0,05^2)}{4} = 0,022 \text{ м}^3.$$

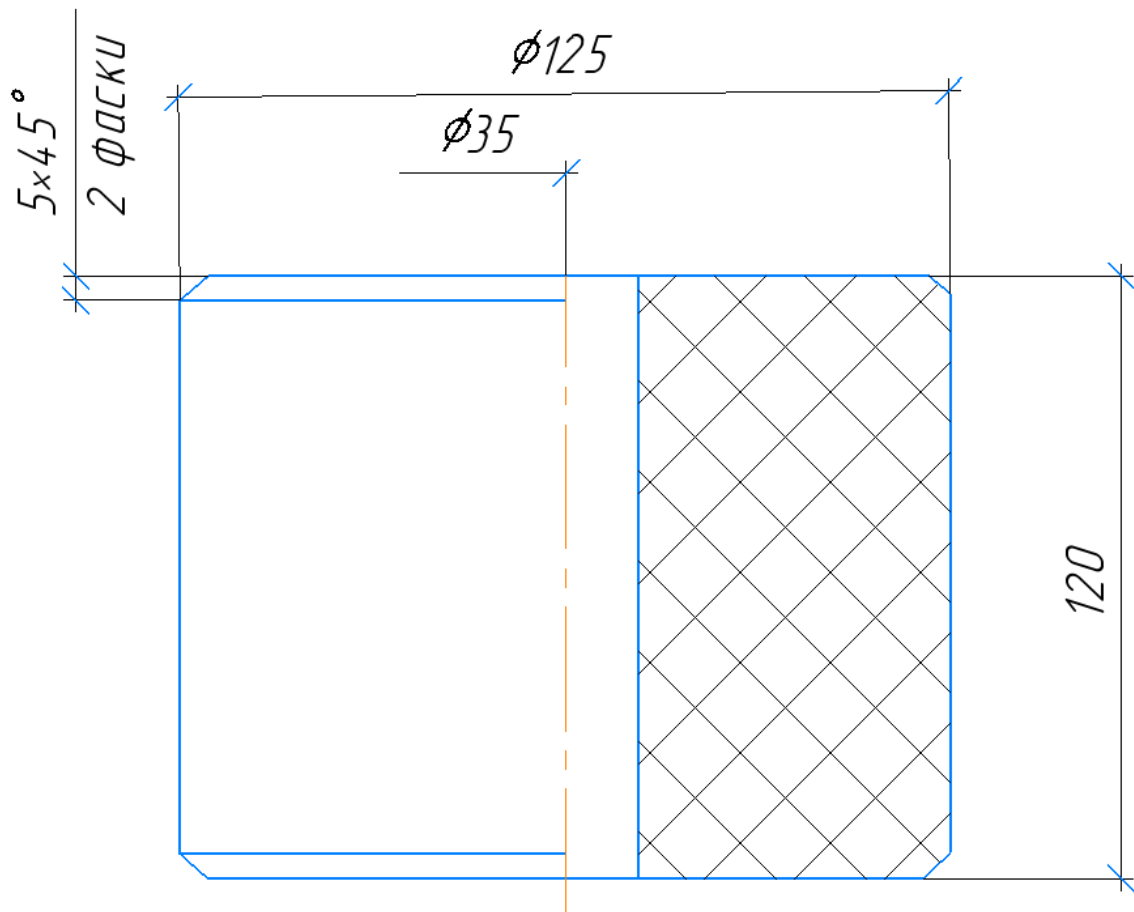


Рисунок 4.4.1 – Ескізне креслення опорного амортизатора.

Тоді

$$c = \frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot 0,022}{0,2} = 24200 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

Оскільки жорсткість прийнятих стандартних амортизаторів менше за потрібну ($242000 < 403000$), то умови віброізоляції будуть виконуватись з запасом.

4.5 розрахунок прокладки буфера

Розрахунок прокладки буфера зводиться до розрахунку її товщини за прийнятою площиною.

Приймаємо діаметр буфера 360 мм, тоді площа прокладки:

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * 0,36^2}{4} = 0,1 \text{ м}^2.$$

Товщина прокладки:

$$h = \frac{S * E}{c},$$

де $E = 9 * 10^6 \text{ Н/м}^2$ – модуль пружності гуми;

$c = 90606509 \text{ Н/м}$ – потрібна жорсткість буфера,

Тоді

$$h = \frac{0,1 * 9 * 10^6}{90606509} = 0,01 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину прокладки буфера 10 мм.

5 ПАСПОРТ МАШИНИ

Ударно-вібраційна площадка з електромагнітним приводом застосовується для ущільнення бетонної суміші при виготовленні залізобетонних плит.

Технічна характеристика

1. Параметри коливань:

- Напіврозмах 1...2 мм;
- частота 20 Гц.

- 2. Характер коливань асиметричний
- 3. Вантажнапідйомність блока 2000 кг
- 4. Маса рами 400 кг
- 5. Маса ударника 500 кг
- 6. Кількість віброблоків 2
- 7. Потужність привода 12,6 кВт
- 8. Розміри віброблоку 2110 мм × 430 мм × 680 мм

6. ВІБРОМАШИНИ В ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Логістична система – це система, що складається з декількох підсистем, виконує логістичні функції і має розвинені зв'язки із зовнішнім середовищем, тобто з ринком (споживачами, постачальниками, партнерами, посередниками).

Основна мета логістичної системи вібромашин полягає у забезпеченні безперебійного та ефективного пересування вібромашин від місця виготовлення до кінцевого пункту використання. Це включає в себе планування транспортних маршрутів, організацію перевезень, зберігання та обробку вібромашин, а також координацію всіх дій із залученими сторонами, такими як виробники, постачальники, транспортні компанії та кінцеві користувачі.

Вібраційні машини часто використовуються в логістичних системах для різних цілей, включаючи сортування, пакування, та транспортування. Основна перевага вібраторів у логістиці полягає в тому, що вони можуть ефективно обробляти і переміщати різні типи матеріалів, товарів і вантажів.

Одним з основних застосувань вібромашин у логістиці є сортування. Вони можуть бути використані для розділення товарів за розміром, формою або вагою. Вібраційні системи можуть розподіляти вантажі на різні напрямки, використовуючи віброуючі конвеєри або сортувальні лотки. Це дозволяє автоматизувати процес сортування та зменшити потребу в ручній праці.

Пакування є ще одним важливим етапом логістичних процесів. Вібромашини можуть бути використані для комплектування товарів або вантажів у щільні стопки або контейнери. Вони можуть також допомагати у пакуванні товарів у плівку, яка забезпечує їх стабільність та захист під час транспортування.

Транспортування товарів і вантажів також можна покращити за допомогою штекерів. Їх можна використовувати для рівномірного переміщення

товарів на конвеєрах і вирівнювання їх, щоб запобігти затримкам або пошкодженням під час транспортування.

Усі ці застосування вібромашин у логістичних системах сприяють автоматизації та покращенню продуктивності процесів логістики, зменшенню часу та затрат на обробку товарів та вантажів, а також зниженню ризику пошкоджень під час транспортування.

7. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

7.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що пов'язані з якимось станом об'єкта.

В процесі роботи на установці оператор та люди, що знаходяться в зоні дії машини наражаються на дію небезпечних і шкідливих чинників.

Під небезпечними виробничими чинниками розуміється дія небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Під небезпечними виробничими чинниками розуміється дія на людину, яка в певних умовах призведе до травми або різкого погіршення здоров'я.

Під шкідливими виробничими чинниками розуміється дія на людину, що призведе в певних умовах до професійного захворювання або зниження працездатності.

Місця над і біля яких відбувається процес дроблення гірських порід, а також зона праці людей біля об'єкту відноситься до зон стало діючих небезпечних виробничих чинників.

Далі розглянемо деякі з цих чинників:

повітря робочої зони;

робота, яка виконується робочими, відноситься до роботи середньої важкості (енерговитрати 80 Дж/год);

Згідно з ДБН 3.3.6.042-99 оптимально температура повітря дорівнює 17 ...23 °С. В холодний період року температура забезпечується системою повітряного опалення. Вентиляція в цеху по способу переміщення є природною.

За методом дії – загальною.

Вібрація та шум .

В робочому приміщенні шум викликають наступні чинники:

робота електроприводу;

робота підшипників;

зношені деталі та вузли;

металеві конструкції огорожі та інше.

Шум на виробництві спричиняє велику шкоду, впливаючи на організм людини, що спричиняє зниження продуктивності праці. За ДБН 3.3.6.037-99 шум не повинен перевищувати 80 Дб.

Значне послаблення шуму можна отримати завдяки якісному монтажу отриманих вузлів машини, динамічному балансуванню та своєчасному проведенню технічних обслуговувань та ремонтів. Для зменшення шуму, який виникає в роботі електроприводу, необхідно застосовувати звукоізоляцію, задля цього привод розміщують в звукоізоляційному кожусі.

Причиною виникнення вібрації при роботі машини і механізмів може бути виникнення не зрівноважених силових систем. В нашому випадку джерелом вібрації є механізм бетоноукладача.

Систематичний вплив загальних вібрацій (з рівнем віброшвидкості більше 108 Дб) може бути причиною вібраційної хвороби – стійких порушень фізіологічних функцій організму, обумовлених дією вібрації на центральну нервову систему людини.

За ДБН 3.3.6.039 – 99 гігієнічна норма вібрації, які діють на людину в виробничих умовах:

- Віброшвидкість – $1,3 \text{ м/с} \cdot 10^{-2}$, не більше;
- Рівень віброшвидкості – 108 Дб, не більше.

Для зменшення вібрації при конструювання машин і проектуванні технологічних процесів перевага повинна віддаватися таким кінематичним та технологічним схемам, за яких динамічні процеси були б зведені до мінімуму. Також для боротьби з вібрацією використовуються: вібродемфування та віброізоляційні матеріали.

7.2 Пожежна безпека

При роботі бетоноукладаючої установки використовуються матеріали, які не горять.

Виникнення пожежі можливе лише внаслідок загоряння електропроводки (коротке замикання), неякісне з'єднання дротів, перевантаження тощо.

Виробнича споруда по вибухо- та пожежній безпеці відноситься до категорії В. Ступінь вогнестійкості споруди – 1. Протипожежний захист забезпечується застосуванням засобів пожежогасіння, а також пожежною сигналізацією та організацією евакуації людей. В якості засобів пожежогасіння використовуються вуглекислотні вогнегасники марки ОУ – 5. В процесі експлуатації, монтажу, ремонту обладнання забороняється перекривати та загороджувати проходи і виходи з споруди, доступу до засобів гасіння пожежі. Число виходів для евакуації людей з врахуванням всіх вимог згідно ДБН 1.1.7 - 2002.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що пов'язані з експлуатацією розвантажувального комплексу

Чинник	Джерело	Кількісна оцінка чинника	Норматив
Шкідливі виробничі чинники			
Шум	Робота віброплощадки	Менше 80 ДБ для промисловості	ДСТУ ГОСТ 31170:2006
Вібрація		Амплітуда 0,5 мм	
Мікроклімат на робочому місці	Відкритий майданчик	Відносна вологість 70 відсотків, температура 18...20 градусів Цельсія	ДБН 3.3.6.042-1999
Запиленість	Будівельні матеріали	ЛДК – 4 мг на метр кубічний	ДСТУ 2456-94
Психофізіологічний	Відповідальність за житті у зоні роботи вібромашин	Збереження обладнання	
Електричний струм	Електродроти машини та інш.	Сила струму, час дії на організм людини	ДСТУ БА.2.4-24:2008

7.3 Електробезпека

В умовах експлуатації потужних енергосистем, електричних машин та апаратів та комп'ютеризації виробництва важливого значення набуває проблема в електробезпеці — захисті електротехнічного персоналу та інших осіб, які обслуговують електроустаткування від ураження електричним струмом.

60-85% смертельних уражень електричним струмом відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (127-380 В).

Безпека людини на виробництві залежить від багатьох факторів, у тому числі, від рівня електробезпеки. Належне вирішення проблеми електробезпеки полягає в тому, щоб люди могли використовувати електричну енергію в будь-якій ситуації без ризику для життя.

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

Електричний струм, проходячи через живі організми, має термічний, електролітичний та біологічний ефекти. Тепловий та електролітичний ефекти притаманні будь-якому провіднику, в той час як біологічні ефекти є специфічними для біологічних тканин.

Термічна (теплова) дія електричного струму проявляється в опіках певних частин тіла, які нагрівають органи, що знаходяться на шляху струму, такі як кровоносні судини, нерви, серце і мозок, до високих температур, викликаючи серйозні функціональні порушення цих органів і організму в цілому.

Електролітична (хімічна) дія струму виражається в розкладі (електролізі) органічних рідин, в тому числі й крові, що супроводжується значними порушеннями їх фізико-хімічного складу.

Біологічна дія струму виявляється в подразненні та збудженні живих тканин організму, а також у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, які протікають у нормально діючому організмі й тісно пов'язані з його життєвими органами.

Подразнювальна біологічна дія на тканини організму може бути прямою, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах, і рефлекторною, тобто дія відбувається через центральну нервову систему, а шлях струму пролягає за межами цих тканин.

Механічна (динамічна) дія струму виявляється в розшаруванні, розриві та інших подібних пошкодженнях різних тканин організму, в тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин легеневої тканини тощо внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перенагрітої струмом рідини тканини і крові.

Різноманітний вплив електричного струму на організм людини призводить до різних електричних порушень, які умовно можна звести до двох типів: «місцеві електричні порушення», коли відбувається локальне ураження організму, і коли порушується нормальне функціонування життєво важливих органів і систем і уражається (або виникає загроза ураження) весь організм.

Електричний опік - найбільш поширена електротравма. Залежно від умов виникнення розрізняють два основних види опіків: струмовий (або контактний), який виникає в електроустановках з відносно невеликою напругою - не вище 2 кВ, при проходженні струму безпосередньо крізь тіло людини внаслідок контакту зі струмопровідною частиною. При більш високій напрузі, як правило, утворюється електрична дуга або іскра, яка й спричиняє виникнення опіку другого виду — дугового

Електрометалізація шкіри — проникнення у верхні шари шкіри дрібних частинок металу, що розплавився під дією електричної дуги. Уражена частина шкіри має жорстку поверхню, колір якої визначається кольором сполуки металу, який потрапив у шкіру. Електрометалізація шкіри не становить небезпеки і з часом зникає, як і електричні знаки.

Електрофтальмія - запалення зовнішньої оболонки ока, роговиці та кон'юнктиви (слизової оболонки, яка покриває очне яблуко), що виникає у разі дії потужного потоку ультрафіолетових променів, які енергійно поглинаються клітинами організму і викликають у них фізичні зміни. Таке можливе при появі

електричної дуги - джерела інтенсивного випромінювання не тільки видимого світла, а й ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Звичайно хвороба триває кілька днів. У разі ураження рогової оболонки лікування є складнішим і довготривалішим.

Електричний удар - електротравма, зумовлена рефлекторною дією електричного струму (який діє через нервову систему), внаслідок чого починаються спазми м'язів або інших тканин, порушується серцево-судинна діяльність. Залежно від виду ураження електричні удари поділяються на чотири групи (ступеня):

I - спазматичне скорочення м'язів без утрати свідомості;

II - спазматичне скорочення м'язів зі втратою свідомості, але з працюючим серцем та системою дихання;

III - втрата свідомості з порушенням серцевої діяльності або дихання (або того й іншого разом);

IV - клінічна смерть. Відсутність дихання та кровообігу.

Клінічна смерть - короткочасний перехідний стан від життя до смерті, який настає з моменту припинення діяльності серця та легенів. У людини, яка перебуває у стадії клінічної смерті, відсутні усі ознаки життя: вона не дихає, серце не працює, больові подразнення не викликають ніякої реакції, зіниці ока дуже розширені й не реагують на світло. Тривалість клінічної смерті визначається з моменту припинення серцевої діяльності та дихання до початку загибелі клітин кори головного мозку, у більшості випадків вона триває 4-6 хвилин. При загибелі здорової людини від випадкової причини, наприклад, від електричного струму, тривалість клінічної смерті може становити 7—8 хвилин, а в разі смерті людини через тяжку хворобу серця, легень тощо лише кілька секунд. Проте якщо в цей період надати постраждалому допомогу, тобто штучним диханням забезпечити збагачення його крові киснем, а непрямим масажем серця налагодити в організмі штучний кровообіг і тим самим забезпечити клітини організму киснем, то розвиток смерті можна буде припинити, а життя повернути.

Біологічна, або істинна, смерть - необоротне явище, яке характеризується зупинкою біологічних процесів у клітинах та тканинах і розкладом білкових структур. Вона починається після закінчення періоду клінічної смерті.

7.4 Технічні заходи попередження електротравм при переході напруги на неструмоводні частини електроустановок

Захисне заземлення застосовують у мережах з напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю та в мережах, напругою вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі джерела живлення.

Захисне заземлення — це навмисне електричне з'єднання із землею або з її еквівалентом металевих струмопровідних нормально неструмовідних частин, які можуть опинитися під напругою.

Захист від ураження струмом забезпечується шляхом приєднання корпусу до заземлювача, який має малий опір заземлення R та малий коефіцієнт напруги доторкання α . Оскільки опір заземлення малий, то основна частина струму замикання на землю пройде саме через нього, а через людину, пройде малий (безпечний) струм. У цьому і полягає суть захисного заземлення. Причому струм, що пройде через людину зменшиться у стільки разів, у скільки опір людини більший за опір заземлення.

Заземлювальним пристроєм називають сукупність конструктивно об'єднаних заземлювальних провідників та заземлювача.

Заземлювач — провідник або сукупність електрично з'єднаних провідників, які перебувають у контакті із землею або її еквівалентом.

Опір захисного заземлення в електроустановках напругою до 1000 В і потужністю понад 100 кВА не повинен перевищувати 4 Ом.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) захисне заземлення повинно виконуватись: при напрузі змінного струму вище 380 В і постійного струму вище 440 В — у всіх електроустановках, при номінальній напрузі змінного струму вище 42 В та постійного струму вище 110 В — тільки в електроустановках і зовнішніх електроустановках підвищеної небезпеки, особливо

небезпечних зонах, при будь-якій напрузі змінного і постійного струму — у вибухонебезпечних установках.

Занулення застосовується у чотири провідних мережах, напругою до 1000 В з глухо заземленою нейтраллю.

Занулення — це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих нормально неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою.

Нульовий захисний провідник — це провідник, який з'єднує частини, що підлягають зануленню, з глухо заземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму або її еквівалентом.

Якщо під час занулення фазний провідник замикається на корпус установки, тобто між фазним і нульовим проводом, виникає однофазне коротке замикання. Струм короткого замикання, що генерується в цьому випадку, повинен забезпечити спрацювання максимального струмового захисту.

Під час занулення найважливіше вибрати запобіжник або автоматичний вимикач, що відповідає струму короткого замикання петлі фаза-нуль.

Захисне вимикання — це швидкодіючий захист, який забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки (не більше ніж за 0,2 с) при виникненні в ній небезпеки ураження струмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І.І. Механічне обладнання хімічних підприємств. У трьох частинах – частина 1: конспект лекцій/ І.І. Назаренко, М.О. Клименко, О.С. Дьяченко, Є.О. Міщук. – К.: КНУБА, 2023. – 66 с.
2. Теорія пружності: конспект лекцій/ І. І. Назаренко, Є. О. Міщук, В. І. Лесько. – Київ: КНУБА, 2022. – 152 с.
3. Назаренко І.І. Основи моделювання і проектування логістичних процесів і систем: Методичні вказівки до виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи / Уклад.: І.І. Назаренко, Є.О. Міщук, О.С. Дьяченко – К.: КНУБА, 2021. – 46 с.
4. Назаренко І.І., Чубук Ю.Ф., Баранов Ю.О., Омельченко В.А., ін. Атлас конструкцій машин і обладнання будіндустрії. Розділ: Вібраційні машини і установки. – К.: КДТУБА, 1994.
5. Назаренко І.І. (укладач). Машини, процеси, екологія, економіка та технологія будівництва (теорія, експеримент, застосування): колект. моногр. Київ: Видавництво «Людмила», 2020. – 243 с. ISBN 978-617-7828-56-2.
6. А.С. 1502312. Устройство для уплотнения бетонных смесей в форме. – 1989. 4. Баранов Ю. А. Особенности проектирования ударно-вибрационных площадок с электромагнитным приводом// Горные, строительные, дорожные и мелиоративные машины. – 1990. – в.4. – С.69-72.
7. Косминського І.В., Хорошун А.В. Проблематика обрання системи управління запасами при виробництві залізобетонних виробів . Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 74): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща) 6-7 лютого 2023 р.
8. Логістична система: визначення, структура. Pidru4niki. URL: https://pidru4niki.com/72771/logistika/logistichna_sistema_viznachennya_struktura (дата звернення: 16.06.2023).

9. CORE – Aggregating the world’s open access research papers. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/33754567.pdf> (дата звернення: 16.06.2023).

10. Домашня сторінка. URL: <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/188291/11-Basarab.pdf?sequence=1> (дата звернення: 16.06.2023).

11. Баранов Ю. А. Создание строительных ударно-вибрационных машин с электромагнитным приводом дис...канд.техн.наук:05.05.04 / Баранов Юрий Алексеевич ; Киевский гос. технический ун-т строительства и архитектуры. - К., 1994. - 150 л. - л.:134-142