

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри

_____ Ракша С. В.
(підпис) (ПІБ)

20 ____ р. _____ « ____ »

ДИПЛОМНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань _____ 13 _____ Механічна інженерія
(шифр) (назва)

Спеціальність _____ 133 _____ Галузеве машинобудування
(шифр) (назва)

Тема Вплив розмірів складових ланок випробувального стенду для осей колісних пар на власні частоти коливань

Theme The influence of the dimensions of the components of the test bench axles of wheel pairs on the natural frequency of oscillation

Керівник дипломної роботи _____ доцент _____ Анофрієв П. Г.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Керівник розділу з БЖД _____ зав. кафедрою _____ Саблін О. І.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер _____ ст. викладач _____ Посмітюха О. П.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Студент групи _____ ПМ1926 _____ Ярковий Д. М.
(підпис) (ПІБ)

Student _____ Yarkovyi, Dmytro
(Family, name)

Дніпро
2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Факультет Транспортна інженерія кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство

Спеціальність «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав.кафедрою, професор, д.т.н.

_____ Ракша С.В.

” ___ ” _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до магістерської дипломної роботи на здобуття ОКР «магістр»

студента групи ПМ1926 (7ПТМ) Ярковий Дмитро Миколайович
(номер групи) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема дипломного проекту Вплив розмірів складових ланок випробувального
стенду для осей колісних пар на власні частоти коливань

Затверджена наказом по університету № 820ст від 28 жовтня 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) 30 листопада 2020 р.

3. Вихідні дані до дипломного проекту

Стенд для випробування осей колісних пар на витривалість.

Математичні моделі коливань важелів стенду

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) огляд конструкцій стендів
для випробування осей колісних пар залізничного транспорту; опис
математичних моделей вільних і вимушених коливань ланок стенду; розробка і
налагодження алгоритмів розрахунку власних частот стенду; дослідження впливу
розмірів перетину важелів стенду на його власні частоти коливань; вимоги
технічного регламенту безпеки машин і дії у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) _____

1. Тема, завдання роботи, методи та інструменти досліджень

2. Стенди для випробування осей колісних пар

3. Конструкція і розрахункова схема коливань стенду

4. Математичні моделі руху ланок стенду

5. Результати розрахунків параметрів ланок стенду

6. Результати досліджень вільних коливань стенду

7. Висновки

6. Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Саблін О. І.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломного проекту	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Огляд науково-технічної інформації що до стендів для випробування осей колісних пар на витривалість	12-18.10.2020	30%
Опис методики побудови рівнянь рухів ланок стану. Розрахунок вихідних даних, що необхідні для визначення власних частот стану. Розробка та налаштування алгоритму для визначення власних частот стану. Складання презентації.	09-15.11.2020	60%
Дослідження на математичних моделях впливу розмірів(маси) важелів стану на власні частоти. Розробка заходів з охорони праці та дій у надзвичайних ситуаціях. Складання презентації.	30.11-06.12.2019	100%

Дата видачі завдання « 04 » листопада 2019 р.

Керівник дипломного проекту _____ Анофрієв П.Г. _____
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Ярковий Д.М. _____
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 57 сторінок

Найменування роботи: ВПЛИВ РОЗМІРІВ СКЛАДОВИХ ЛАНОК
ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР НА ВЛАСНІ
ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ

Ілюстрації: схем _____, рисунків 27

графіків, _____, фотографій _____

таблиць 3

Ключові слова: випробувальний стенд, колісні пари, коливання, характеристики, математичні моделі, імітаційні моделі.

Виконано огляд конструкцій для випробування осей колісних пар рухомого складу залізниць на витривалість.

Дан опис методики побудови рівнянь рухів ланок стенду. Розраховані вихідні дані, що необхідні для визначення власних частот стенду. У Mathcad розроблений та налаштований алгоритм для визначення власних частот стенду.

На математичні моделі виконані дослідження впливу на власні частоти розмірів важелів стенду.

Побудовані графіки залежності власних частот стенда від маси важелів, що пов'язана зі зміною розмірів їх перетину.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ	6
2 СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР	12
2.1 Призначення стенду	12
2.2 Конструкція стенду	12
2.3 Завдання досліджень	14
3 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ СТЕНДУ	15
3.1 Імітаційна модель навантаження стенду	15
3.2 Розрахунок важелів стенду на міцність	17
3.2.1 Важель 1	18
3.2.2 Штовкач 2	23
3.2.3 Важель 3	23
3.3 Математична модель коливань стенду	28
3.4 Розрахунок параметрів важелів стенду	30
3.5 Вільні коливання стенду	32
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	37
4.1 Загальна характеристика стенду для випробування осей	37
4.1.1 Шкідливі і небезпечні фактори, які діють на персонал при роботі стенда	37
4.1.2 Вимоги безпеки до устаткування стенду	37
4.2 Безпека у надзвичайних і аварійних ситуаціях	52
ВИСНОВКИ	56
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	57

					ДІПТ.291000.912.МРПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Ярковий			Вплив розмірів складових ланок випробувального стенду для осей колісних пар на власні частоти коливань	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		Анофрієв				4	55	
<i>Реценз.</i>						ДНУЗТ, ПМ1926		
<i>Н. Контр.</i>		Посмітюха						
<i>Затверд.</i>		Ракша						

ВСТУП

К деталям ходової частина залізничних пасажирських і вантажних вагоні висуваються ряд вимог по критеріях міцності, жорсткості, зносостійкості та вібростійкості. Перевірка щодо відповідності характеристик деталей потрібним критеріям виконується на спеціальних стендах. Один з таких стендів для перевірки осей колісних пар на втому розробляється кафедрі «Прикладна механіка та матеріалознавство». Величини циклічних навантажень, схеми їх застосування та методики випробувань осей регламентуються галузевими державними та міждержавними документами.

У межах науково-дослідної роботи було розглянуто декілька конструкцій випробувальних стендів. Через простоту і дешевизну перевагу було віддано важільний конструкції стенду яка є системою типу подвійного стрижневого маятника з рівномірно розподіленим масою уздовж стрижнів і пружним зв'язком між ними за рахунок їх гнучкості.

Для цієї схеми було розроблено математичну модель коливань важелів, m-файли розрахунку власних частот та амплітудно-частотних характеристик стенду і s-модель для дослідження роботи стенду у перехідних режимах.

Завданням магістерської роботи є дослідження впливу маси важелів стенду на його критичні (власні) частоти.

Особливість цього дослідження полягає в тому, що важелі стенду мають коробчасту конструкцію і, якщо не змінювати їх довжину, то їх масу можливо найпростіше змінювати товщиною стінок. А як що змінюються товщиною стінок, то змінюються моменти інерції їх перетину, тобто змінюється їх жорсткість.

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТЕНДІВ

Для випробування осей на витривалість використовуються дві основні схеми їх закріплення: консольну і на двох опорах. Циклічні навантаження осей можуть створюватися симетричними знакозмінними гармонійними силами, знакопостійними пульсуючими силами і методом ступеневої зміни значення сил [1]. Консольне закріплення осі виконується на жорсткій або пружній основі [2] з додатком інерційного гармонійного обурення (рис. 1.1). Навантаження осі відбувається за рахунок дисбалансу, розміщеного на її консольній частині. Неврівноважена маса через карданний вал приводиться в обертання електродвигуном. Випробування осі на такому стенді створює сильне вібраційний вплив на фундамент стенда і на будівлю, в якому він працює. Зниження вібраційного впливу на фундамент досягається установкою пружних елементів під рамою стенду.

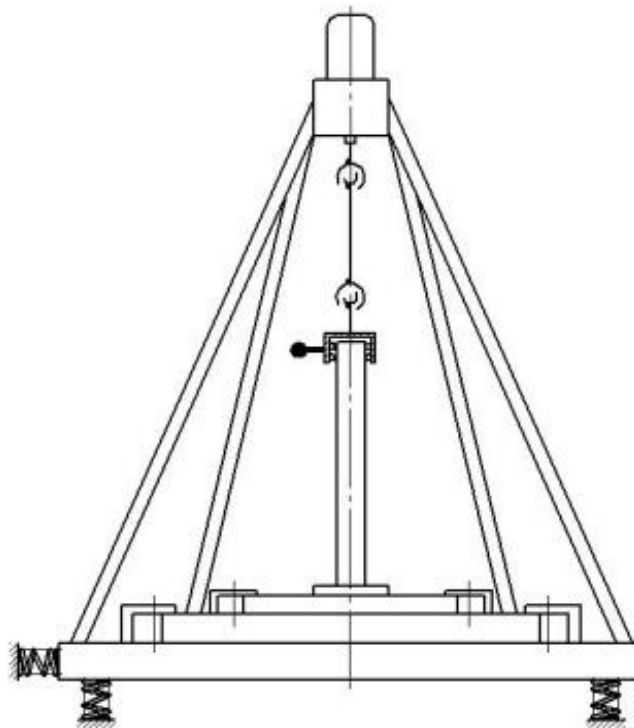


Рис. 1.1 Стенд для випробування осей з навантаженням на консолі

Стенд для випробування коліс і осей колісних пар на опір втоми і проведення дослідження поведінки металу в зоні контактної взаємодії колеса

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з рейкою [3], містить навантажувальний пристрій 1 (рис. 1.2) з неврівноваженою масою 2, що закріплена у верхній частині осі 3 фрагмента колісної пари, що складається з частини осі 3 з посадженим на неї колесом 4, опорну плиту 5, що спирається через пружини 6 на фундамент 7. На буксовими шийку, розташовану в нижній частині осі 3 досліджуваного фрагмента колісної пари, запресована знімна втулка 8 з зовнішньої кульової поверхнею 9. Фрагмент колісної пари вставлений в упор 10, встановлений і закріплений за допомогою кріпильних елементів 11 в центрі опорної плити 5 до упору 10 прикріплена кришка 12 упору 10, причому зовнішня кульова поверхню 9 знімною втулки 8 спільно з внутрішніми кульовими поверхнями 13 упору 10 і кришки 12 упору 10, утворюють кульовий шарнір, за допомогою якого фрагмент колісної пари прикріплений до опорної плити 5. Упор 10 і кришка 12 упору 10 стягнуті між собою кріпильними елементами 14. Також на опорну плиту 5 співвісно з вертикальною віссю, що проходить через центр кульового шарніра, кріпиться тримач 15. На внутрішній поверхні утримувача 15 виконаний кільцеподібний виступ 16 для спирання кільця рельсоімітатора 17, яке закріплене в утримувачі 15 за допомогою кришки 18 держателя 15, а також горизонтальних кріпильних елементів 19. Тримач 15 і кришка 18 держателя 15 стягнуті між собою вертикальними кріпильними елементами 20. Кільце рельсоімітатора 17 поверхнею кочення 21, виконаної на внутрішній стороні кільця рельсоімітатора 17, взаємодіє з поверхнею кочення 22 колеса 4. Поверхня катання 21 і формою його поперечного перерізу імітує форму поперечного перерізу поверхні катання рейки. Для змащення кульового шарніра в його верхній частині між знімною втулкою 8 і кришкою 12 упору 10 виконана верхня масляна порожнину 23, яка по підводящому мастилопроводу 24 поповнюється маслом, що стікає в нижню порожнину 25 кульового шарніра.

Для здійснення після закінчення випробувань гідрос'єма знімною втулки 8 з частини осі 3 на внутрішній циліндричній поверхні втулки 8 можуть бути

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
							7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

виконані масляні канали 26, наприклад, у вигляді кільцевої проточки, а в боковій стінці і днище знімною втулки 8 - різьбові отвори 27 і 28, заглушені , відповідно, олійними пробками 29 і 30 з метою запобігання потрапляння туди масла, змащуючого кульовий шарнір. Пробка 29, встановлена в бічній поверхні знімною втулки 8, заглиблена щодо зовнішньої кульової поверхні 9 знімною втулки 8, щоб не заважати роботі кульового шарніра. Для збільшення надійності кріплення упору 10 і утримувача 15 до опорної плити 5 в місцях їх установки в опорній плиті 5 можуть бути виконані поглиблення 31, що перешкоджають їх зміщення в горизонтальному напрямку.

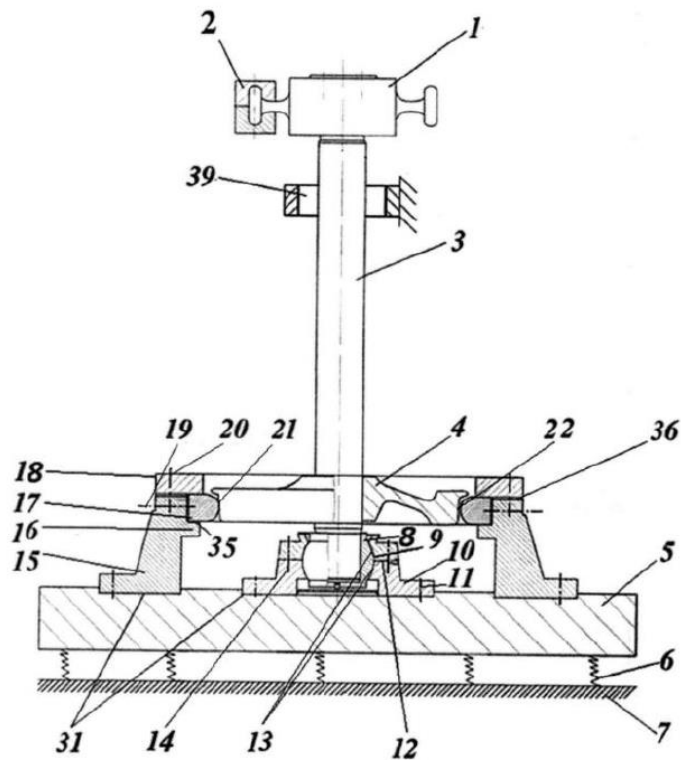


Рис. 1.2 Стенд для випробування осей і коліс одночасно

Випробування на втому проводяться або на випробувальній машині з віссю, що обертається, або, частіше, при випробуванні на резонанс на машині типу Sincotec [4]. Машина для випробувань на резонанс (рис. 1.3) викликає напруги згину в осі, яка запресована у маточину колеса, яке міцно закріплено на підставі. На верхній опорі осі встановлена навантажуюча головка з обертової ексцентрикової масою m , що створює відцентрову силу F_c .

									ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
										8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Контроль за випробуванням здійснюють контрольні тензодатчики, наклеєні на корпус осі біля місця випробування і на вільну поверхню осі. Випробування завершується після 10^7 циклів або при падінні частоти випробування на 0,5 Гц.

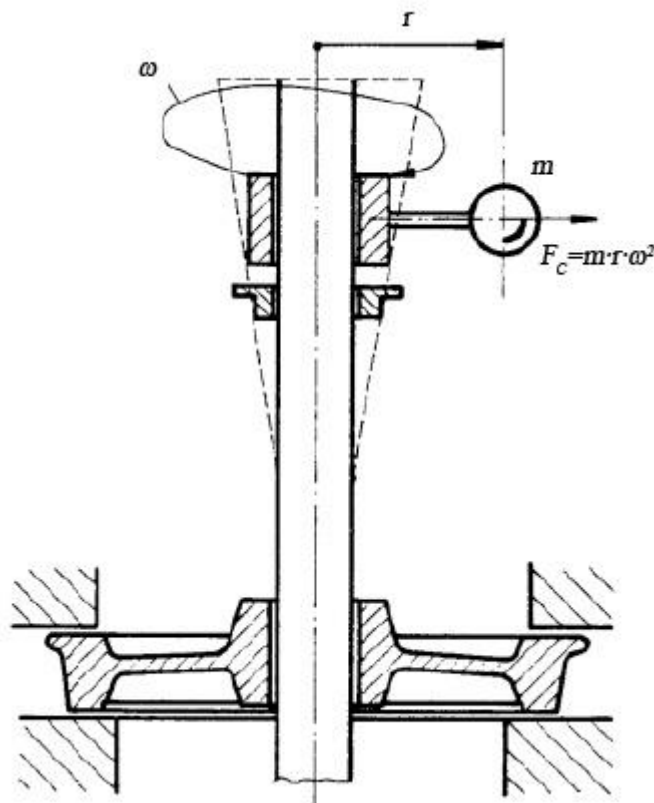


Рис. 1.3 Принцип роботи резонансної машини

З метою зниження вібрації, спричиненої процесом випробувань, була запропонована конструкція стенду для одночасних випробувань декількох осей [5], встановлених на платформі симетрично (рис. 1.4). Вектори сил, створюваних дебалансами на осях, протилежно спрямовані і компенсуються. Груповий привід забезпечує задану синхронізацію обертання неврівноважених мас з необхідним зсувом фаз. Одночасне навантаження декількох осей дозволяє зменшити час проведення випробувань.

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
							9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

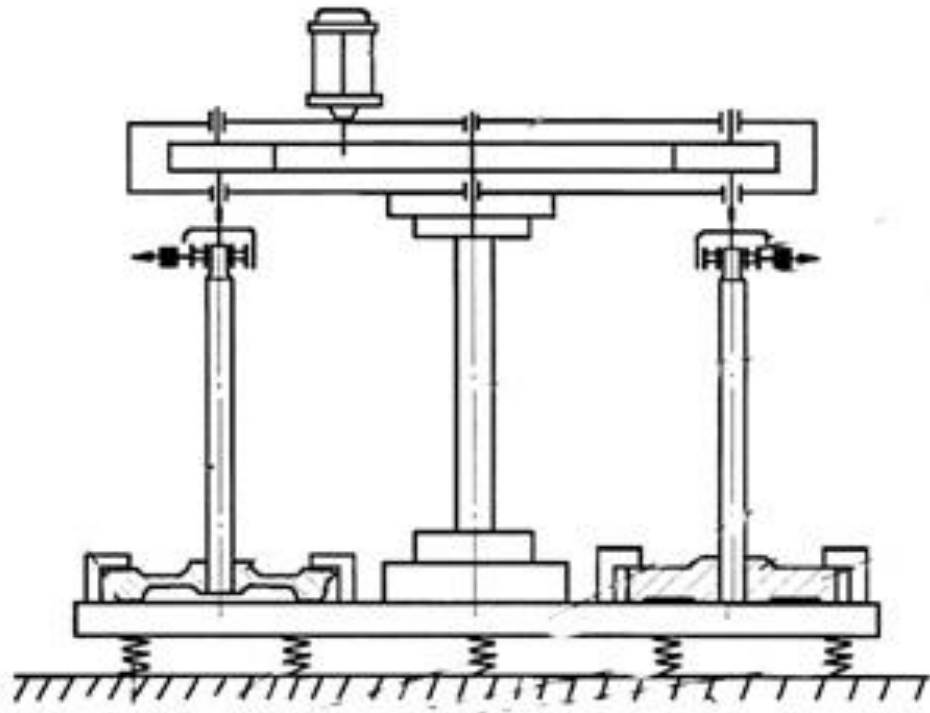


Рис. 1.4 Стенд для испытания осей с приложением нагрузки на консоли

При другой схеме испытаний [6] ось или ее часть нагружают как балку на двух опорах (рис. 1.5). Какими-либо особыми преимуществами эти схемы нагружения, по сравнению друг с другом, не обладают. Однако, немного удобнее установка оси на две опоры, чем вертикальная консольная с колесом.

Циклическую пульсационную нагрузку прикладывают между опорами с помощью гидравлического, инерционного или рычажного возбудителя. Для определения величины такой нагрузки вводится коэффициент приведения ее к эквивалентной симметричной знакопеременной нагрузке.

Предел выносливости оси σ_{-1} , МПа, на базе 5 млн. циклов вычисляют по формуле:

$$\sigma_{-1} = \frac{P \cdot L}{2K \cdot W}, \quad (1.1)$$

где P – нагрузка, Н;

L – плечо изгибающего момента, мм;

K – коэффициент, учитывающий переход от предела выносливости при

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

асиметричному навантаженні с коефіцієнтом асиметрії 0,1 к пределу вносливості при симетричному навантаженні, приймають равным 1,9;

W – момент сопротивлення шейки оси в месте излома, мм^3 , определяют по формуле:

$$W = \frac{\pi D^3}{32}, \quad (1.2)$$

де D – диаметр шейки оси в месте излома, мм.

Зразок вважається таким, що витримав випробування на межу витривалості шийки, якщо на базі 5 млн. циклів при заданому навантаженні він не зруйнувався і не має пошкоджень.

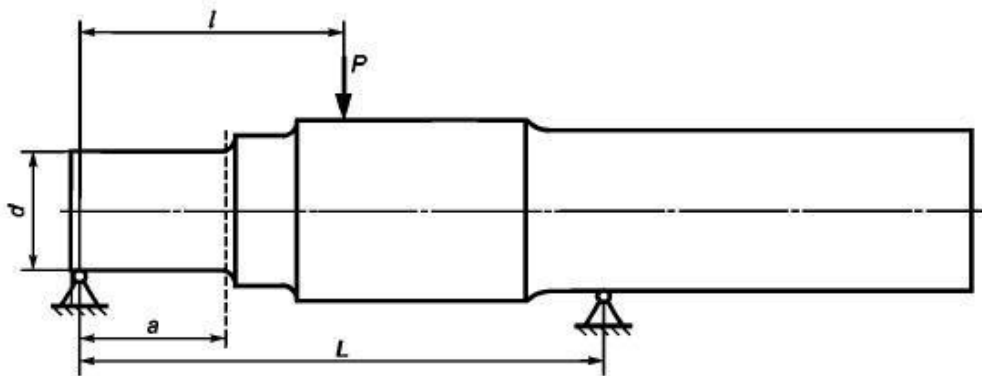


Рис. 1.5 Схема циклічного навантаження при випробуваннях осі на витривалість

Гідравлічні збудники динамічних навантажень досить складні і тому дорогі. Інерційні збудники дешевше за складом обладнання, але теж реалізується складними конструкціями. Найпростішими і недорогими є важільні механізми навантаження осей.

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

2.3 Завдання досліджень

Метою роботи є дослідження на математичних моделях вільних коливань ланок стану для випробування осей. Дослідження роботи стану на моделях дозволить проектувати ланки і їх з'єднання за критеріями міцності, жорсткості, вібраційної стійкості та вартості. Відповідно до мети ставляться такі завдання:

- 1) виконати огляд існуючих конструкцій станів для випробувань осей колісних пар на витривалість;
- 2) дати опис методики побудови рівнянь рухів ланок стану;
- 3) підготувати вихідні дані, що необхідні для визначення власних частот стану;
- 4) розробити та налаштувати алгоритм для визначення власних частот стану;
- 5) отримати залежності власних частот стану від маси його важелів;
- 6) виконати оцінку отриманих результатів.

Методика виконання завдань роботи базується на фундаментальних дослідженнях динаміки механічних систем з декількома ступенями свободи. Інструментом імітаційного моделювання прийнято додаток Simulink [7, 8], яке є розширенням інтерактивної системи Matlab [9, 10]. Для розрахунків математичних моделей обрана система інженерних розрахунків Mathcad.

Візуальне моделювання в Simulink має кілька переваг у порівнянні з загальноприйнятими методами будування математичних моделей. По-перше, при розробці моделі не складаються рівняння рівноваги, динаміки або інші вирази; по-друге, не потрібно використання алгоритмічних мов для запису програмного коду; по-третє, процес створення моделі істотно прискорюється.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

3 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ СТЕНДУ

3.1 Імітаційна модель навантаження стенду

Важільний збудник містить кілька стрижнів (балок), що утворюють передавальний механізм для навантаження осі (рис. 3.1). Відповідно до чинних робочими навантаженнями механізм стенду повинен створювати циклічну навантаження на вісь з амплітудою не менше 1300 кН і частотою в діапазоні 5-10 Гц і коефіцієнтом асиметрії 0,1 [11].

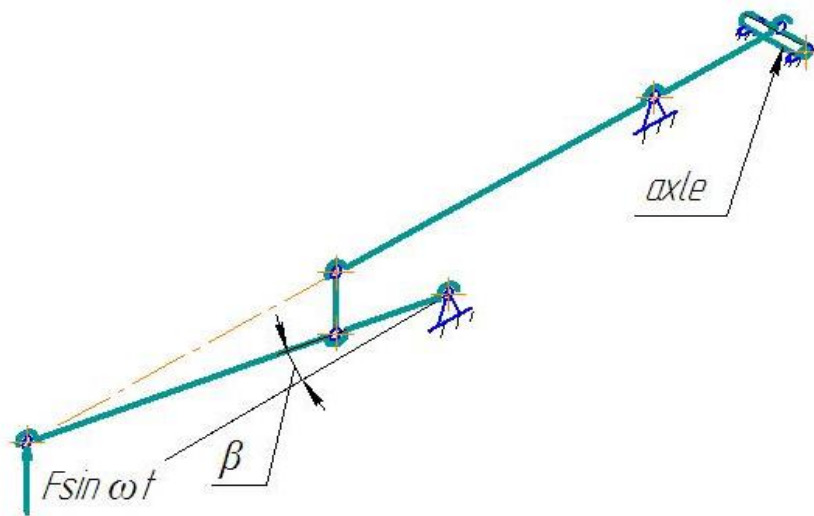


Рис. 3.1 Схема стенду з важільним збудником навантаження осі

За своєю конструкцією стенд є просторовим механізмом, однак, якщо в точці контакту важеля стенду з випробовуваною віссю помістити опору, то стенд можна розглядати як плоский механізм. Стенд повинен забезпечити силовий вплив на цю опору, відповідне розрахункового зусилля 1300 кН.

Плоска конструкція стенду (рис. 3.2) є системою типу подвійного стрижневого маятника з рівномірно розподіленим масою уздовж стрижнів і пружною зв'язком між ними за рахунок їх гнучкості. По виду відносної рухливості балка 1, що взаємодіє з приводом навантаження, є маятником, а балка 3, навантажує випробовувану вісь колісної пари, виконує роль коромисла. Між собою балки пов'язані коротким ланкою - штовхачем 2.

										ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
											15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

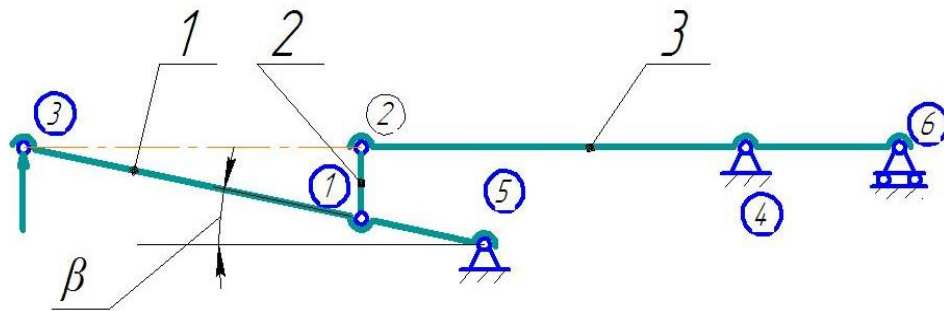


Рис. 3.2 Кінематична схема стану

З метою визначення реакцій опор і зусиль в кінематичних парах стану була побудована імітаційна модель стану (рис. 3.3). Для побудови моделі використані інструменти візуального програмування бібліотеки SimMechanics пакету Simulink, що працює в складі середовища Matlab [12]. Ця бібліотека призначена для моделювання механізмів з жорсткими ланками, пружними і кінематичними зв'язками між ланками.

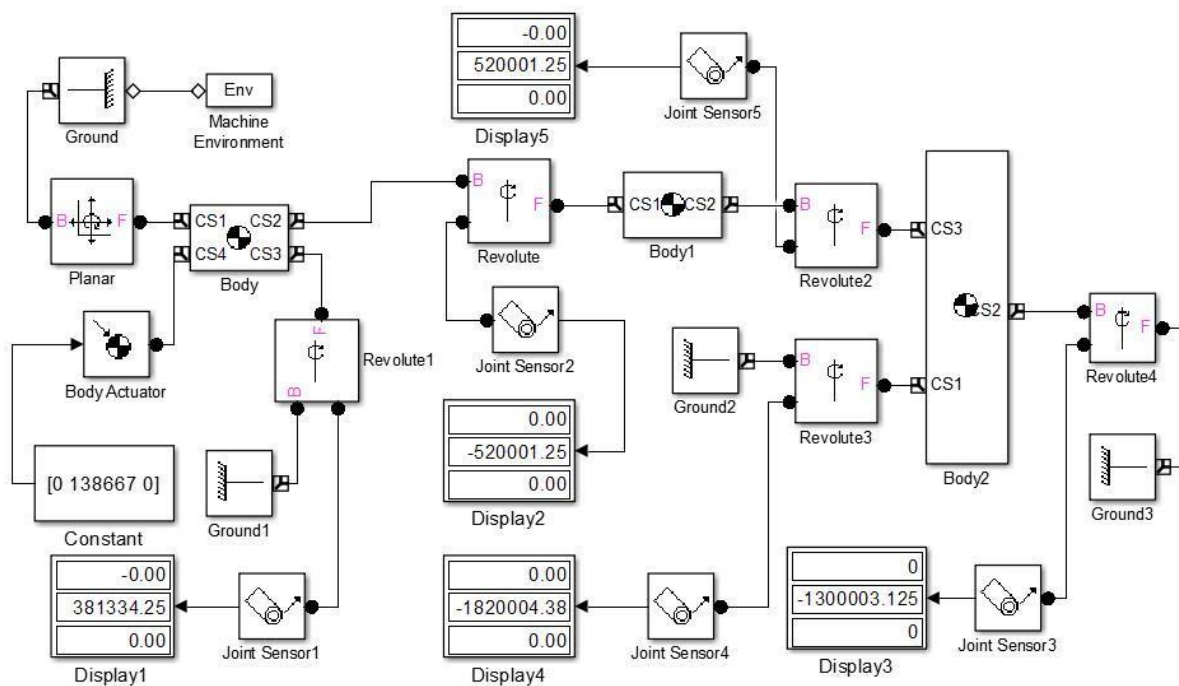


Рис. 3.3 Імітаційна модель розрахунку сил в конструкції стану

Блоки *body*, *body1* и *body2* імітують геометричні й інерційні параметри силових ланок стану. При визначенні статичних навантажень інерційні параметри у властивостях цих блоків можна задати одиничними. З'єднання

імітаторів ланок виконується так званими «примітивами», які імітують кінематичні пари, що допускають той чи інший вид відносного руху [12].

Вихідна навантаження задається блоком під назвою *body actuator*. Блок настройки дозволяє задати силу по трьох координатах і момент щодо тих же координатних осей. Якщо необхідно докласти кілька значень навантаження, тоді в *body actuator* за допомогою блоку *constant* передають вектор або матрицю значень навантаження.

Реєстрація реакцій в опорах і кінематичних парах виконується блоком *joint sensor* або *body sensor* відповідно. Ці блоки можуть бути налаштовані на вимірювання кінематичних і силових параметрів модельованої конструкції стенду. Для відображення результатів моделювання застосовані блоки *display* з бібліотеки *Sinks Simulink*.

Результати імітаційного моделювання силового взаємодії між ланками і опорами стенду (Табл. 1) дозволили визначити значення коефіцієнта передавальної функції сили механізму як відношення навантаження, що діє на випробовувану вісь (вузол 6), і навантаження, створюваної приводом стенду (вузол 3). При проектних геометричних параметрах стенду цей коефіцієнт дорівнює 9,375.

Таблиця 1.1 Навантаження на кінематичні пари стенду

№ узла	1	2	3	4	5	6
Display№	2	5	-	4	1	3
Сила, кН	-520	520	138,7	-1820	381,3	1300

3.2 Розрахунок важелів стенду на міцність

Навантаження, які діють на важелі стенду, мають досить високі значення. Тому для виготовлення важелів краща вуглецева якісна конструкційна сталь, наприклад, сталь 40.

3.2.1 Важель 1

$L = 1.53\text{м}; F = 520\text{кН}$

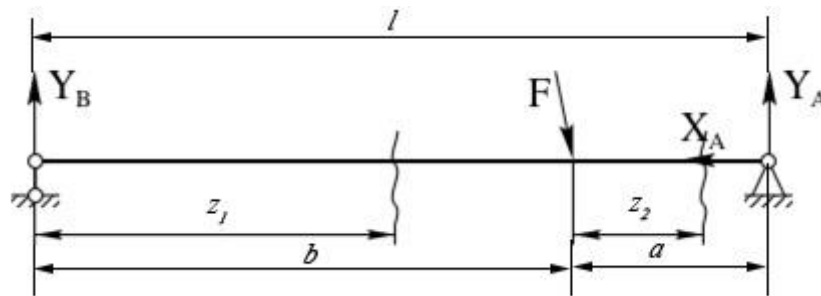


Рис. 3.4 Розрахункова схема

Рівняння статичної рівноваги:

$$\sum F_x = F \cdot \cos(78.7^\circ) - X_A = 0;$$

$$\sum F_y = -F \cdot \sin(78.7^\circ) + Y_A + Y_B = 0;$$

$$\sum M_A = F \cdot \sin(78.7^\circ) \cdot 0.408\text{м} - Y_B \cdot 1.53\text{м} = 0.$$

Рішення рівнянь статички дає наступні значення реакцій:

$$X_A = 101.89 \text{ кН};$$

$$Y_A = 373.94 \text{ кН};$$

$$Y_B = 135.97 \text{ кН}.$$

Побудова епюр внутрішніх силових факторів

Ділянка №1 ($0 \leq z_1 \leq 1.122 \text{ м}$)

$$Q_y = Y_B = 135.97 \text{ кН}.$$

$$M_x = Y_B \cdot z_1;$$

$$\text{при } z_1 = 0; M_x = 0.$$

$$\text{при } z_1 = 1.122\text{м}; M_x = -152.56 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Ділянка_№2 ($0 \leq z_2 \leq 0.408 \text{ м}$)

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$N_z = -F \cdot \cos(78.7^\circ) = -101.89 \text{ кН.}$$

$$Q_y = -F \cdot \sin(78.7^\circ) + Y_B = -373.94 \text{ кН.}$$

$$M_x = -F \cdot \sin(78.7^\circ) \cdot z_2 + Y_B \cdot (z_2 + 1.122 \text{ м});$$

при $z_2 = 0$; $M_x = -152.568 \text{ кН} \cdot \text{м.}$

при $z_2 = 0.408 \text{ м}$; $M_x = 0.$

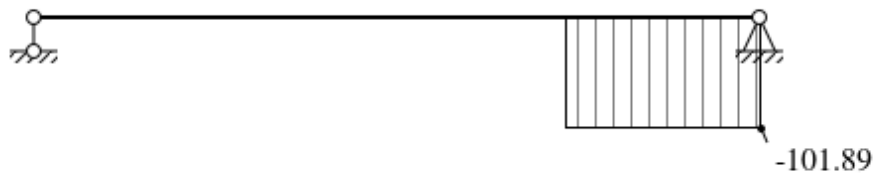


Рис. 3.5 Епюра N_z , кН (осевая сила)



Рис. 3.6 Епюра Q_y , кН (поперечная сила)

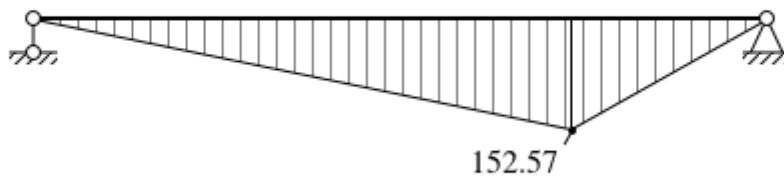


Рис. 3.7 Епюра M_x , кН·м (изгибающий момент)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Профіль №1

Прямокутник 200x300: $A_1 = 600 \text{ см}^2$; $I_{x1} = 45000 \text{ см}^4$; $I_{y1} = 20000 \text{ см}^4$.

Профіль №2

Прямокутник 176x276: $A_2 = -485.76 \text{ см}^2$; $I_{x2} = -30836 \text{ см}^4$; $I_{y2} = -12539 \text{ см}^4$.

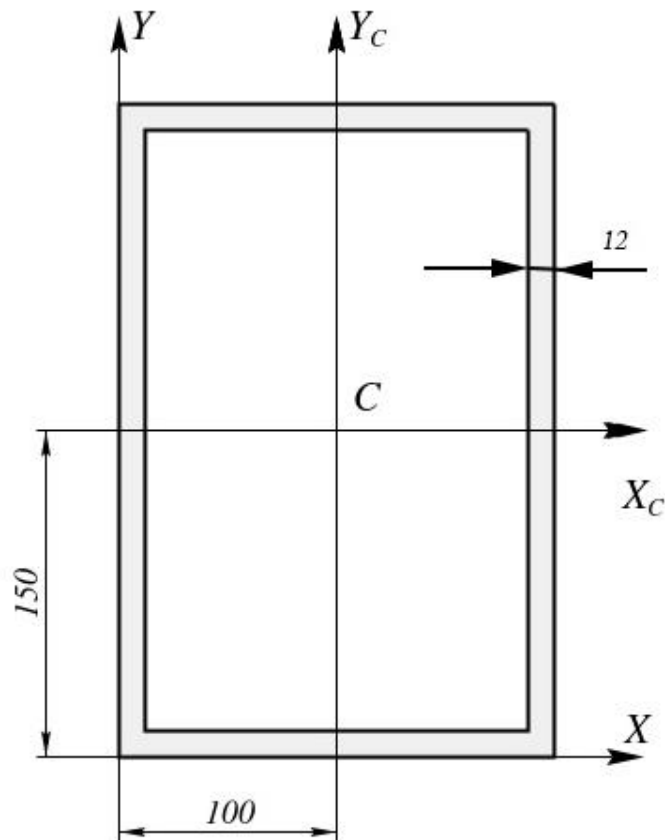


Рис. 3.8 Профіль важеля 1

1. Площа перетину

$$A = \sum A_i = 600 - 485.76 = 114.24 \text{ см}^2,$$

де, A_i - площа i -го профілю.

2 Положення центра тяжести сечення

$$x_c = \sum(A_i \cdot x_i) / A = (600 \cdot 10 + (-485.76) \cdot 10) / 114.24 = 10 \text{ см},$$

$$y_c = \sum(A_i \cdot y_i) / A = (600 \cdot 15 + (-485.76) \cdot 15) / 114.24 = 15 \text{ см},$$

де, x_i , y_i - координати центру ваги i -го профілю в системі координат XY.

3. Визначення моментів інерції всього перерізу відносно центральної системи координат XcYc.

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
							20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$I_{XC} = \sum I^{(i)}_{XC},$$

$$I_{YC} = \sum I^{(i)}_{YC},$$

$$I_{XCYC} = \sum I^{(i)}_{XCYC},$$

де, I_{XC} , I_{YC} , I_{XCYC} - осьові моменти і відцентровий момент інерції перерізу відповідно, $I^{(i)}_{XC}$, $I^{(i)}_{YC}$, $I^{(i)}_{XCYC}$ - осьові моменти і відцентровий момент інерції і-го профілю, які визначаються за такими формулами:

$$I^{(i)}_{XC} = I_{xi} + a_i \cdot A_i,$$

$$I^{(i)}_{YC} = I_{yi} + b_i \cdot A_i,$$

$$I^{(i)}_{XCYC} = I_{xiyi} + a_i \cdot b_i \cdot A_i,$$

де, $a_i = y_i - y_C$, $b_i = x_i - x_C$ - зміщення центру ваги і-го профілю по осях YC і XC відповідно.

Зміщення центру ваги кожного профілю.

Для профіля №1 " Прямокутник 200x300":

$$a_1 = 15 - 15 = 0 \text{ см},$$

$$b_1 = 10 - 10 = 0 \text{ см}.$$

Для профіля №2 " Прямокутник 176x276":

$$a_2 = 15 - 15 = 0 \text{ см},$$

$$b_2 = 10 - 10 = 0 \text{ см}.$$

Осьові моменти і відцентровий момент інерції кожного профілю.

Для профіля №1 " Прямокутник 200x300":

$$I^{(1)}_{XC} = 45000 + (-0)^2 \cdot 600 = 45000 \text{ см}^4,$$

$$I^{(1)}_{YC} = 20000 + (-0)^2 \cdot 600 = 20000 \text{ см}^4,$$

$$I^{(1)}_{XCYC} = 0 + (-0) \cdot (-0) \cdot 600 = 0 \text{ см}^4.$$

Для профіля №2 " Прямокутник 176x276":

$$I^{(2)}_{XC} = -30836.04 + (-0)^2 \cdot (-485.76) = -30836 \text{ см}^4,$$

$$I^{(2)}_{YC} = -12539.08 + (-0)^2 \cdot (-485.76) = -12539 \text{ см}^4,$$

$$I^{(2)}_{XCYC} = 0 + (-0) \cdot (-0) \cdot (-485.76) = 0 \text{ см}^4.$$

Моменти інерції всього перерізу відносно центральної системи координат XCYC дорівнюватимуть:

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{XC} = 45000 - 30836.04 = 14163.96 \text{ см}^4,$$

$$I_{YC} = 20000 - 12539.08 = 7460.92 \text{ см}^4,$$

$$I_{XCYC} = 0 - 0 = 0 \text{ см}^4.$$

4. Кут повороту головної центральної системи координат UV.

Тангенс кута повороту системи координат UV щодо системи координат XCYC визначиться за такою формулою

$$\operatorname{tg}(2\alpha) = -2I_{XCYC} / (I_{XC} - I_{YC}) = -2 \cdot 0 / (14163 - 7460) = 0.$$

Угол поворота будет равен

$$\alpha = 0^\circ.$$

5. Головні центральні моменти перетину

$$I_{max,min} = (I_{XC} + I_{YC}) / 2 \pm \frac{1}{2} \cdot [(I_{XC} - I_{YC})^2 + 4I_{XCYC}^2]^{1/2} = (14163.96 + 7460.92) / 2 \pm \frac{1}{2} \cdot [(14163.96 - 7460.92)^2 + 4 \cdot 0^2]^{1/2} = 10812.44 \pm 3351.52.$$

отже,

$$I_{min} = I_V = 7460 \text{ см}^4; I_{max} = I_U = 14163 \text{ см}^4.$$

6. Головні центральні моменти опору перерізу

З визначення моментів опору перерізу

$$W_U = I_U / |V_{max}|; W_V = I_V / |U_{max}|.$$

З ескізу перетину знайдемо

$$|U_{max}| = 10 \text{ см}; |V_{max}| = 15 \text{ см}.$$

Головні центральні моменти опору перерізу дорівнюватимуть

$$W_U = 14164 / 15 = 944 \text{ см}^3; W_V = 7460 / 10 = 746 \text{ см}^3.$$

7. Головні радіуси інерції

$$i_V = i_{min} = (I_V/A)^{1/2} = (7460.92 / 114.24)^{1/2} = 8.1 \text{ см};$$

$$i_U = i_{max} = (I_U/A)^{1/2} = (14163 / 114)^{1/2} = 11.13 \text{ см}.$$

Напруга у небезпечному перетині

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{152500}{944 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6} = 161,5 \text{ МПа} < [\sigma].$$

Прогин важеля під силою

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

$$y_F = \frac{F_1 a^2 b^2}{3EI(a+b)} = 7.979 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

де $F_1 = F \cos(11.3^\circ) = 510 \text{ кН}$ – нормальна проекція сили F на важіль;

$$E = 2.06 \cdot 10^{11} \text{ Па.}$$

Жорсткість важеля

$$C_1 = \frac{F_1}{y_F} = 6.39 \cdot 10^8 \text{ Н/м.}$$

Маса важеля

$$m_1 = \rho_1 l = 89.2 \cdot 1.53 = 136.5 \text{ кг,}$$

де ρ_1 – маса 1 п.м важеля.

Момент інерції важеля

$$J_1 = \frac{2}{3} \rho_1 \left(\frac{l}{2} \right)^3 = 26.6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

3.2.2 Штовкач 2

Штовкач 2 працює виключно на стискання. Рациональна форма такої деталі – труба. Розміри штовкача відносно малі, тому у розрахуках його масою нехтуємо.

3.2.3 Важель 3

Важиль 3 працює на згін (рис. 3.9).

Початкові дані: $L = 1.75 \text{ м}$; $F = 520 \text{ кН}$.

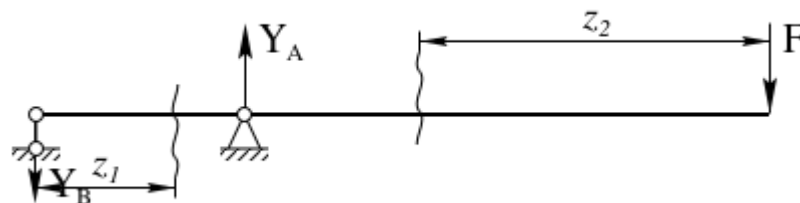


Рис. 3.9 Розрахункова схема

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

при $z_2 = 0$; $M_x = 0$.

при $z_2 = 1.25$ м; $M_x = -650$ кН·м.

Профіль №1

Прямокутник 250x500: $A_1 = 1250$ см²; $I_{x1} = 260416$ см⁴; $I_{y1} = 65104$ см⁴

Профіль №2

Прямокутник 210x460: $A_2 = -966$ см²; $I_{x2} = -170338$ см⁴; $I_{y2} = -35500$ см⁴

1. Площа перерезу

$$A = \sum A_i = 1250 - 966 = 284 \text{ см}^2,$$

де A_i - площа i -го профілю.

2. Положення центра ваги перерезу

$$x_C = \sum(A_i \cdot x_i)/A = (1250 \cdot 12.5 + (-966) \cdot 12.5) / 284 = 12.5 \text{ см},$$

$$y_C = \sum(A_i \cdot y_i)/A = (1250 \cdot 25 + (-966) \cdot 25) / 284 = 25 \text{ см},$$

де x_i, y_i - координати центра ваги i -го профіля у системі координат ХУ.

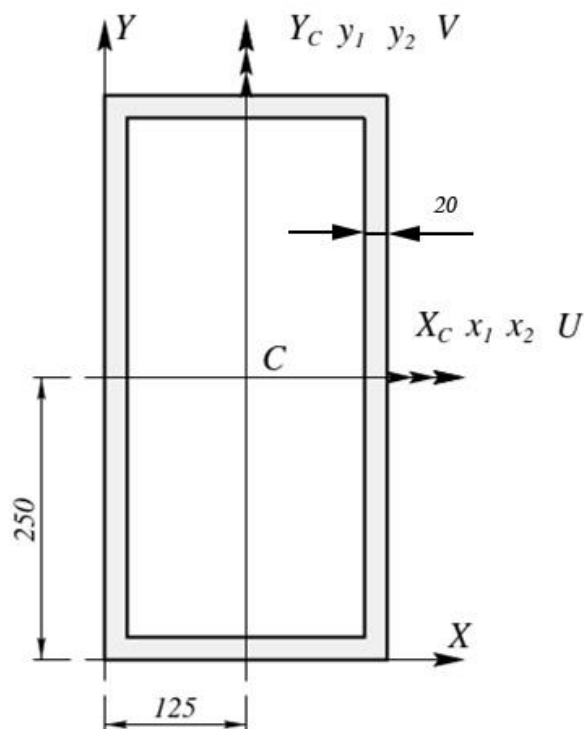


Рис. 3.12 Профіль важеля 3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.291000.912.МРПЗ

Арк.

25

3. Определение моментов инерции всего сечения относительно центральной системы координат ХСУС.

$$I_{XC} = \sum I^{(i)}_{XC},$$

$$I_{YC} = \sum I^{(i)}_{YC},$$

$$I_{XCYC} = \sum I^{(i)}_{XCYC},$$

де, I_{XC} , I_{YC} , I_{XCYC} - осевые моменты и центробежный момент инерции сечения соответственно, $I^{(i)}_{XC}$, $I^{(i)}_{YC}$, $I^{(i)}_{XCYC}$ - осевые моменты и центробежный момент инерции i -го профиля, которые определяются по следующим формулам:

$$I^{(i)}_{XC} = I_{xi} + a_i \cdot A_i,$$

$$I^{(i)}_{YC} = I_{yi} + b_i \cdot A_i,$$

$$I^{(i)}_{XCYC} = I_{xiyi} + a_i \cdot b_i \cdot A_i,$$

где, $a_i = y_i - y_C$, $b_i = x_i - x_C$ - смещения центра тяжести i -го профиля по осям УС и ХС соответственно.

Определим смещения центра тяжести каждого профиля.

Для профиля №1 "Прямоуг-к 250х500":

$$a_1 = 25 - 25 = 0 \text{ см},$$

$$b_1 = 12.5 - 12.5 = 0 \text{ см}.$$

Для профиля №2 "Прямоуг-к 210х460":

$$a_2 = 25 - 25 = 0 \text{ см},$$

$$b_2 = 12.5 - 12.5 = 0 \text{ см}.$$

Далее определим осевые моменты и центробежный момент инерции каждого профиля.

Для профиля №1 "Прямоуг-к 250х500":

$$I^{(1)}_{XC} = 260416.67 + 0^2 \cdot 1250 = 260416 \text{ см}^4,$$

$$I^{(1)}_{YC} = 65104.17 + 0^2 \cdot 1250 = 65104 \text{ см}^4,$$

$$I^{(1)}_{XCYC} = 0 + 0 \cdot 0 \cdot 1250 = 0 \text{ см}^4.$$

Для профиля №2 "Прямоуг-к 210х460":

$$I^{(2)}_{XC} = -170338 + 0^2 \cdot (-966) = -170338 \text{ см}^4,$$

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$I_{YC}^{(2)} = -35500.5 + 0^2 \cdot (-966) = -35500 \text{ см}^4,$$

$$I_{XCYC}^{(2)} = 0 + 0 \cdot 0 \cdot (-966) = 0 \text{ см}^4.$$

Моменты инерции всего сечения относительно центральной системы координат ХСҮС будут равны:

$$I_{XC} = 260416.67 - 170338 = 90078.67 \text{ см}^4,$$

$$I_{YC} = 65104.17 - 35500.5 = 29603 \text{ см}^4,$$

$$I_{XCYC} = 0 + 0 = 0 \text{ см}^4.$$

4. Определение угла поворота главной центральной системы координат UV .

Тангенс угла поворота системы координат UV относительно системы координат ХСҮС определится по следующей формуле

$$\text{tg}(2\alpha) = -2I_{XCYC} / (I_{XC} - I_{YC}) = -2 \cdot 0 / (90078 - 29603) = 0.$$

Откуда угол поворота будет равен

$$\alpha = 0^\circ.$$

5. Определение главных центральных моментов сечения

$$I_{max,min} = (I_{XC} + I_{YC}) / 2 \pm \frac{1}{2} \cdot [(I_{XC} - I_{YC})^2 + 4 \cdot I_{XCYC}^2]^{1/2} = (90078 + 29603) / 2 \pm \frac{1}{2} \cdot [(90078 - 29603)^2 + 4 \cdot 0^2]^{1/2} = 59841 \pm 30237.$$

Следовательно,

$$I_{min} = I_V = 29603 \text{ см}^4; I_{max} = I_U = 90078 \text{ см}^4.$$

6. Определение главных центральных моментов сопротивления сечения

Из определения моментов сопротивления сечения

$$W_U = I_U / |V_{max}|; W_V = I_V / |U_{max}|.$$

Из эскиза сечения найдем

$$|U_{max}| = 12.5 \text{ см}; |V_{max}| = 25 \text{ см}.$$

Главные центральные моменты сопротивления сечения будут равны

$$W_U = 90078 / 25 = 3603 \text{ см}^3; W_V = 29603 / 12.5 = 2368 \text{ см}^3.$$

7. Определение главных радиусов инерции

$$i_V = i_{min} = (I_V / A)^{1/2} = (29603 / 284)^{1/2} = 10 \text{ см}; i_U = i_{max} = (I_U / A)^{1/2} = (90078 / 284)^{1/2} = 17.81 \text{ см}.$$

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Напруга у небезпечному перетині

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{650000}{3604 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6} = 180,3 \text{ МПа} < [\sigma].$$

3.3 Математична модель коливань стенду

У першому наближенні побудова математичної моделі коливань стенду [13] було виконано як для простої коливальні системи с масами m_1 і m_2 (рис. 3.13). Лінійні переміщення цих мас відбуваються по узагальнених координатах q_1 і q_2 .

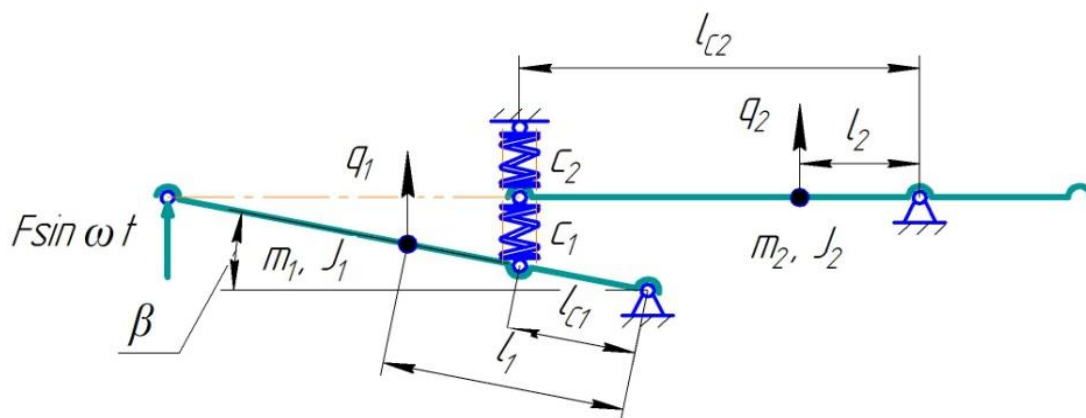


Рис. 3.13 Расчетная схема стенда

- Диференціальні рівняння руху Лагранжа складені при наступних припущеннях:
- розглядаються малі коливання системи важелів стенду;
- система консервативна;
- маси важелів стенду - зосереджені;
- масою штовхача 2 (див. рис. 3.13.) нехтуємо через її малість;
- пружні елементи системи мають лінійні характеристики;
- жорсткості пружних елементів рівні жорсткості відповідних важелів стенду.

Відповідно до прийнятих допущеннями для сталого режиму роботи отримана наступна система рівнянь руху важелів стенду:

$$\begin{cases} a_{11}\ddot{q}_1 + c_{11}q_1 + c_{12}q_2 = F' \sin \omega t; \\ a_{22}\ddot{q}_2 + c_{21}q_1 + c_{22}q_2 = 0, \end{cases} \quad (3.1)$$

де $a_{11} = m_1 + \frac{J_1}{(l_1 \cos \beta)^2}$, $a_{22} = m_2 + \frac{J_2}{l_2^2}$ – інерційні коефіцієнти системи;

$$c_{11} = c_1 \left(\frac{l_{c1} \cos \beta}{l_1} \right)^2, \quad c_{12} = -c_1 \frac{l_{c1} l_{c2} \cos \beta}{l_1 l_2}, \quad c_{21} = c_{12}; \quad c_{22} = (c_1 + c_2) \left(\frac{l_{c2}}{l_2} \right)^2 -$$

пружні коефіцієнти системи; m_1, m_2 – маси важелів приводу і осі; J_1, J_2 – моменти інерції важелів приводу і осі; c_1, c_2 – жорсткості важелів приводу і осі; l_1, l_2 – відстані від осей обертання важелів до їх центрів мас; l_{c1}, l_{c2} – відстані від осей обертання важелів до пружних елементів; β – кут нахилу важеля приводу; $F' = 2F$ – приведена до центру мас важеля амплітуда сили навантаження; ω – частота навантаження системи; t – час.

Частотне рівняння системи (3.1)

$$a_{11}a_{22}p^4 - (a_{11}c_{22} + a_{22}c_{11})p^2 + c_{11}c_{22} - c_{12}^2 = 0. \quad (3.2)$$

Позитивні коріння бікватратних рівняння (3.2) є власними частотами стенду.

У більш точної моделі коливань ланок стенду враховуються фактичні відхилення і поворот центрів мас важелів від положення рівноваги (рис. 3.14).

Для уточненої моделі загальний вигляд системи рівнянь руху залишається без змін, але інерційні і пружні коефіцієнти у неї інші:

$$\begin{cases} a'_{11}\ddot{q}_1 + c'_{11}q_1 + c'_{12}q_2 = F' \sin \omega t; \\ a'_{22}\ddot{q}_2 + c'_{21}q_1 + c'_{22}q_2 = 0, \end{cases} \quad (3.3)$$

де $a'_{11} = m_1 + J_1 k_{\theta m1}^2$, $a'_{22} = m_2 + J_2 k_{\theta m2}^2$ – інерційні коефіцієнти системи;

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$c'_{11} = c_1 \left(\frac{k_{F1}}{\cos \beta} \right)^2, \quad c'_{12} = -c_1 \frac{k_{F1} k_{F2}}{\cos \beta}, \quad c'_{21} = c'_{12}, \quad c'_{22} = (c_1 + c_2) k_{F2}^2 \quad - \text{ пружні}$$

коефіцієнти системи; $k_{\theta m1} = \frac{\theta_1}{q_1} \text{ м}^{-1}$, $k_{\theta m2} = \frac{\theta_2}{q_2} \text{ м}^{-1}$ – коефіцієнти впливу

переміщень центрів мас на кут їх повороту; $k_{F1} = \frac{\Delta c_1}{q_1}$, $k_{F2} = \frac{\Delta c_2}{q_2}$ – коефіцієнти

впливу переміщень центрів мас на деформацію пружних елементів системи.

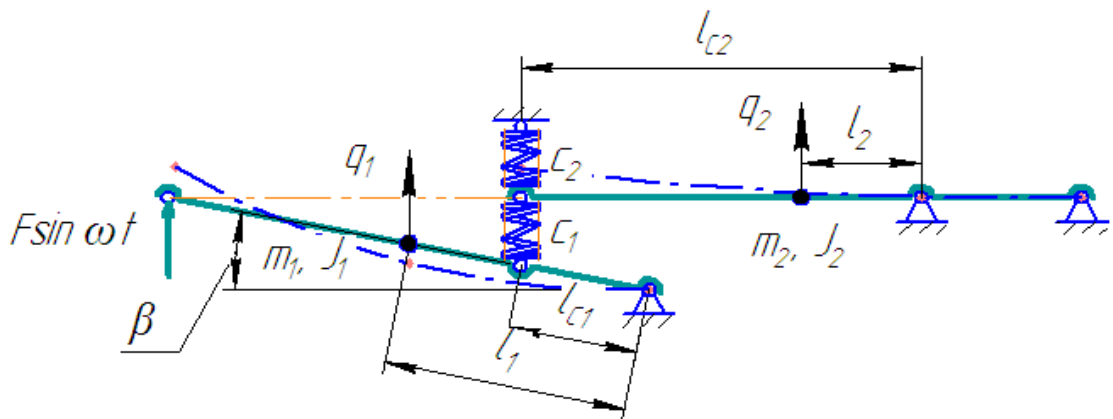


Рис. 3.14 Розрахункова схема стенду

Частотне рівняння системи (3.3)

$$a'_{11} a'_{22} p^4 - (a'_{11} c'_{22} + a'_{22} c'_{11}) p^2 + c'_{11} c'_{22} - c'_{12}^2 = 0. \quad (3.4)$$

3.4 Розрахунок параметрів важелів стенду

Розрахунок інерційних параметрів важелів стенду виконано без зміни їх довжини. Маса важелів стенду змінено за рахунок пропорційного збільшення товщини їх стінок. Інерційні параметри важелів розраховані за алгоритмом пункту 3.2 за допомогою ПОЕМ, і зведені до таблиці 3.1.

Жорсткість важеля 1 визначено як жорсткість двохопорної балки, що завантажена зосередженою силою (рис. 3.15)

$$c_1 = \frac{F}{y_F},$$

де $y_F = \frac{F a^2 b^2}{3EI}$ - прогін важеля під силою F [14].

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

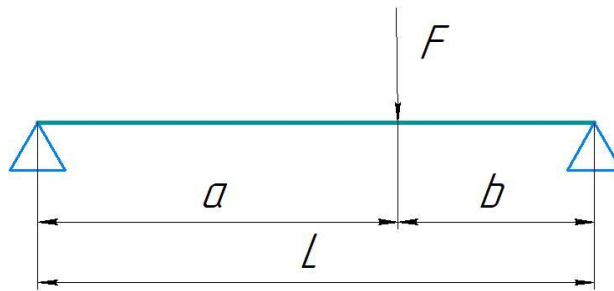


Рис. 3.15 Схема навантаження важеля 1

Жорсткість важеля 3 визначено як жорсткість двохопорної балки з консоллю, що завантажена зосередженою силою F_1 (рис. 3.16)

$$c_2 = \frac{F_1}{y_F},$$

де $y_C = \frac{F_1 c^2 (l + c)}{3EI}$ - прогін важеля під силою F_1 .



Рис. 3.16 Схема навантаження важеля 3

Результати варіантних розрахунків жорсткості важелів наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні характеристики важелів стенду

№	Маса важеля, кг		Момент інерції важеля, кг·м ²		Жорсткість важеля, МН/м		Товщина стінок важеля, мм		Площа перерізу важеля, см ²	
	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
1	136,5	388	26,6	98,9	639	204	12	20	114	284
2	168,3	478	32,8	122	772	245	15	25	141	350
3	188,6	531	36,8	136	856	269	17	28	158	389
4	219,6	616	42,8	157	973	305	20	33	184	451
5	239,9	666	46,8	170	1046	326	22	36	201	488

3.5 Вільні коливання стенду

Після підстановки вихідних характеристик важелів стенду (табл. 3.1) до частотних рівнянь (3.2), (3.4) та знаходження рішення цих рівнянь за допомогою системи Mathcad (рис. 3.17), отримані значення власних частот коливань стенду при різних масах важелів (табл. 3.2).

$$a_{11} := m_1 + J_1 \cdot k_{\theta m1}^2 = 139.196 \text{ kg} \quad a_{22} := m_2 + J_2 \cdot k_{\theta m2}^2 = 1.861 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$c_{11} := C_1 \left(\frac{k_{F1}}{\cos(\alpha)} \right)^2 \quad c_{12} := -C_1 k_{F2} \frac{k_{F1}}{\cos(\alpha)} \quad c_{21} := c_{12} \quad c_{22} := (C_1 + C_2) \cdot k_{F2}^2$$

$$\beta_1 := 3.255 \cdot 10^5 \quad \beta_2 := 1.002 \cdot 10^6$$

$$b_{11} := \beta_1 \left(\frac{k_{F1}}{\cos(\alpha)} \right)^2 \quad b_{12} := -\beta_1 k_{F2} \frac{k_{F1}}{\cos(\alpha)} \quad b_{21} := b_{12} \quad b_{22} := (\beta_1 + \beta_2) \cdot k_{F2}^2$$

a_{ij}	c_{i1}	c_{i2}	b_{i1}	b_{i2}
139,2	4,74E+08	-3,19E+09	241668	-2E+06
1861	-3,19E+09	2,83E+10	-2E+06	4,5E+07

$$(a_{11} \ c_{11} \ c_{12} \ a_{22} \ c_{21} \ c_{22} \ b_{11} \ b_{12} \ b_{21} \ b_{22})$$

Коефіцієнти біквдратного частотного рівняння

$$A1 := a_{11} a_{22} \quad B1 := -(a_{11} c_{22} + a_{22} c_{11}) \quad D := c_{11} c_{22} - c_{12}^2$$

$$p_1 := \frac{-B1 + \sqrt{B1^2 - 4 \cdot A1 \cdot D}}{2 \cdot A1} = 1.792 \times 10^7 \frac{1}{s^2} \quad p_2 := \frac{-B1 - \sqrt{B1^2 - 4 \cdot A1 \cdot D}}{2 \cdot A1} = 6.991 \times 10^5 \frac{1}{s^2}$$

$$p_{11} := \sqrt{p_1} = 4.234 \times 10^3 \frac{1}{s} \quad p_{22} := \sqrt{p_2} = 836.093 \frac{1}{s}$$

Рис. 3.17 Алгоритм знаходження коренів частотних рівнянь

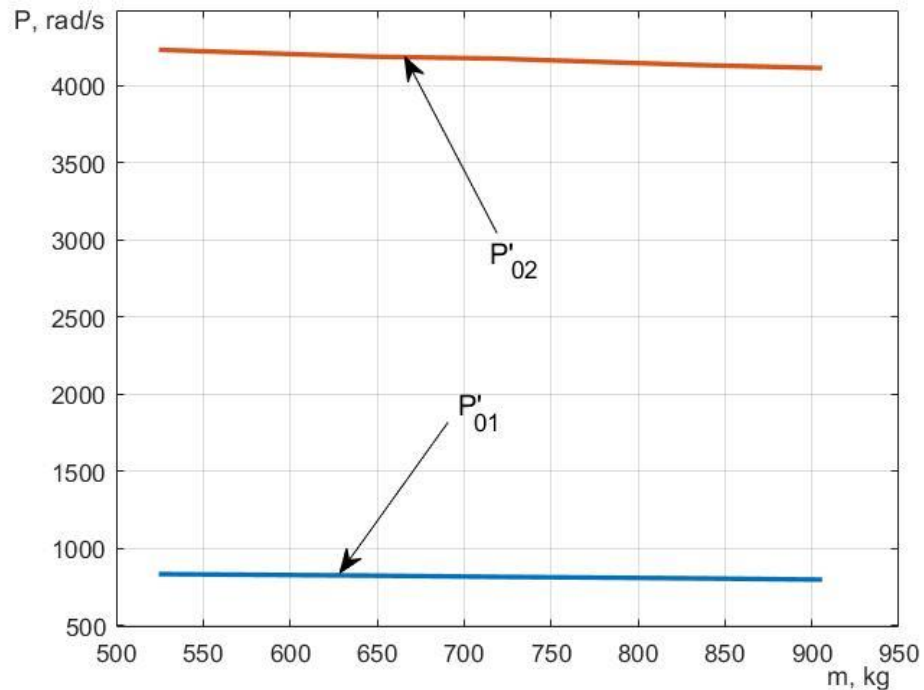


Рис. 3.19 Залежність власних частот коливань стенду від маси важелів при уточненій розрахунковій схемі (рис. 3.14)

Детальний аналіз залежності власних частот коливань стенду від маси важелів (рис. 3.20, рис. 3.21) показує незначне їх зниження з ростом маси важелів.

Рівняння лінійної регресії, що описує зміну першої власної частоти

$$P_{01} = 487,8 - 0,0521m, \quad (3.5)$$

де m – загальна маса важелів.

Рівняння лінійної регресії, що описує зміну другої власної частоти

$$P_{02} = 3166 - 0,2178m. \quad (3.6)$$

Коефіцієнт детермінації рівнянь (3.5, 3.6) дорівнює 0,99, що вказує на високу точність підбору рівнянь.

При збільшенні маси важелів на 72,7% перша власна частота зменшується на 4,3%, а друга – зменшується лише на 2,7%.

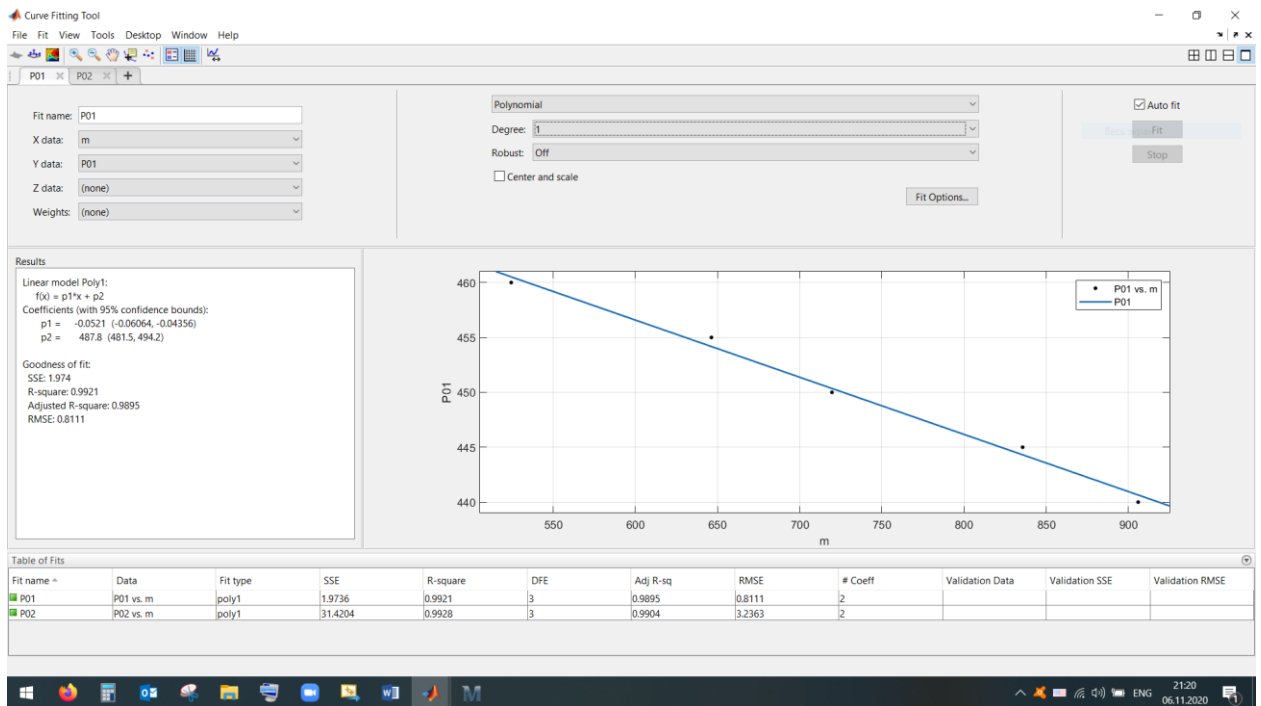


Рис. 3.20 Аналіз залежності першої власної частоти коливань стенду від маси важелів

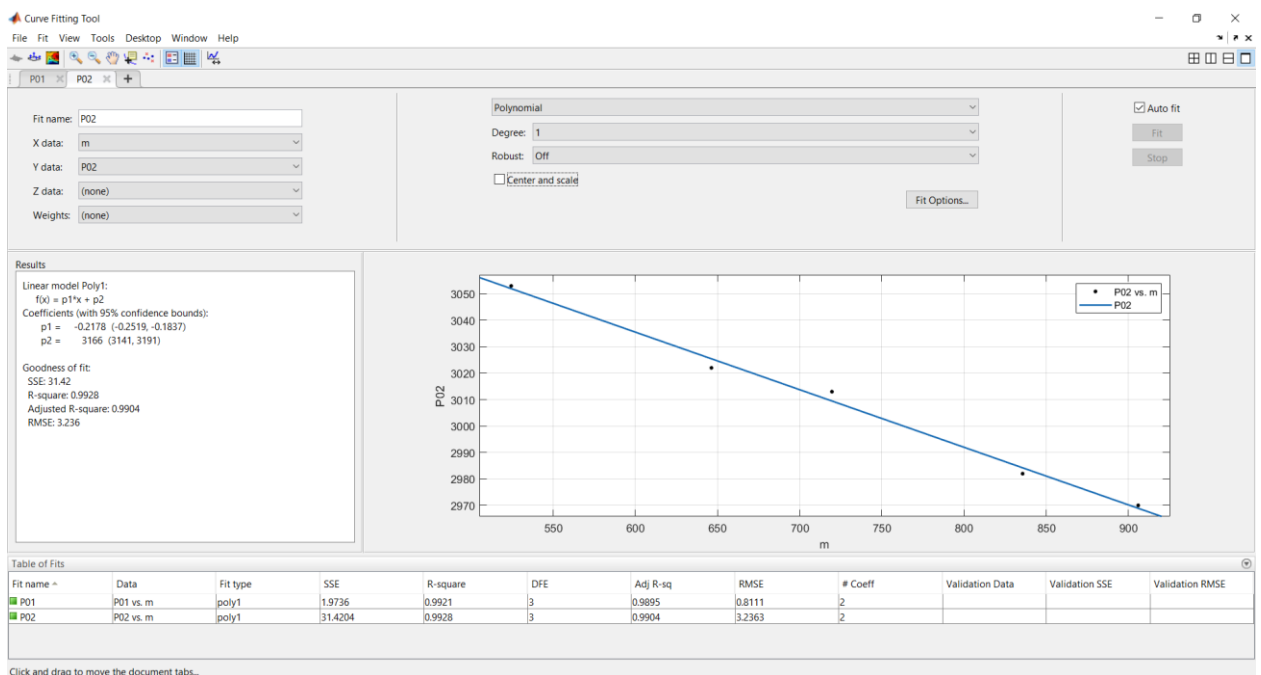


Рис. 3.21 Аналіз залежності другої власної частоти коливань стенду від маси важелів

Практична незалежність власних частот коливань стенду від маси важелів пояснюється ростом жорсткості важелів за рахунок збільшення товщини їх стінок.

Отримані результати досліджень дозволяють стверджувати, що не доцільно збільшувати масу важелів. Збільшення маси важелів веде до здороження стенда приблизно у 1,5 рази.

Єдиний позитивний результат збільшення маси важелів є зменшення напружень згину, за рахунок зростання моменту інерції перерізу важелів.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Загальна характеристика стенду для випробування осей

Стенд для випробування осей рухомого складу залізничного транспорту повинен бути розташований у промисловому приміщенні, поблизу технологічного обладнання виготовлення осей. Конструкція стенда повинна відповідати «Технічну регламенту безпеки машин» (документ: 62-2013-п, чинний, поточна редакція: редакція від 22.08.2020, підстава - 102-2020-п).

4.1.1 Шкідливі і небезпечні фактори, які діють на персонал при роботі стенда

При проведенні випробувальних робіт можлива дія наступних небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- підвищена температура поверхонь устаткування і оснащення;
- підвищені рівні шуму і вібрації;
- рухомі транспортне і вантажопідйомне устаткування, рухливі частини технологічного устаткування;
- електромагнітні і іонізуючі випромінювання;
- фізичні перевантаження із-за тягаря і напруженості праці;
- підвищена травмонебезпека;

4.1.2 Вимоги безпеки до устаткування стенду

Системи керування машинами повинні бути розроблені і вироблені таким чином, щоб запобігати виникненню небезпечних ситуацій. Насамперед вони повинні бути розроблені і вироблені таким чином, щоб:

могли витримувати передбачувані робочі навантаження та вплив зовнішніх факторів;

збої в роботі комп'ютерного обладнання або програмного забезпечення не призводили до небезпечних ситуацій;

помилки в логіці системи керування не призводили до небезпечних ситуацій;

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			37

розумно передбачувані помилки людини (оператора) під час експлуатації не призводили до небезпечних ситуацій.

Особливу увагу необхідно приділити таким моментам:

машини не повинні запускатися неочікувано;

параметри машин не повинні змінюватися неконтрольовано, якщо такі зміни можуть призвести до небезпечних ситуацій;

зупиненню машини ніщо не повинне заважати після подачі команди на зупинку;

жодні рухомі частини машини або деталі, утримувані машиною, не повинні випадати або викидатися;

автоматична або ручна зупинка рухомих частин незалежно від їх положення повинна бути безперешкодною;

захисні пристрої повинні постійно зберігати свою повну дієздатність або давати команду на зупинку;

пов'язані з безпекою частини системи керування повинні застосовуватися послідовно щодо всієї змонтованої машини та/або незавершеної машини.

Для безпроводного керування у разі неотримання правильних сигналів керування, зокрема у разі втрати зв'язку, повинна бути активована автоматична зупинка.

Пристрої керування машинами повинні бути:

чітко видимі і розпізнавані з використанням, якщо це прийнятно, піктограм;

розташовані так, щоб уможливлювати безпечне, безсумнівне, швидке та однозначне виконання дій;

розроблені так, щоб рух органу керування був узгодженим з відповідною функцією машини;

розташовані за межами небезпечних зон, за винятком, якщо це необхідно, певних органів керування машиною, таких як кнопка "аварійний стоп", підвісний пульт керування;

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

розташовані так, щоб їх використання не спричиняло додаткових ризиків;
розроблені або захищені так, щоб бажаний результат у разі виникнення небезпеки міг бути досягнутим лише через усвідомлену дію;

вироблені так, щоб мати змогу витримувати передбачувані навантаження.
Особливу увагу необхідно звернути на засоби аварійної зупинки, які можуть зазнати значних навантажень.

У разі коли пристрій керування машиною розроблено та вироблено для виконання різних операцій, тобто не для якоїсь однієї дії, дія, що підлягає виконанню, повинна бути чітко відображена (продемонстрована) та підлягати підтвердженню, якщо це необхідно.

Органи керування машиною повинні бути встановлені так, щоб їх розташування, робочий хід та протидія були з урахуванням принципів ергономіки сумісні з виконуваними операціями.

Машини з метою забезпечення керування ними повинні бути обладнані необхідними пристроями індикації. Оператору повинна бути забезпечена можливість розпізнавання їх з місця керування.

У разі наявності в машині більш як одного місця керування машиною система керування повинна бути розроблена таким чином, щоб користування одним з них запобігало можливості використання інших, за винятком пристроїв керування зупинкою та аварійними зупинками.

З кожного місця керування оператору повинна бути забезпечена можливість переконатися, що у небезпечних зонах відсутня жодна людина, або система керування повинна бути спроектована і вироблена таким чином, щоб запуск був неможливий, якщо хтось перебуває у небезпечній зоні. Якщо це неможливо, система керування повинна бути сконструйована і вироблена таким чином, щоб перед пуском машини подавався звуковий та/або візуальний попереджувальний сигнал. Незахищеним особам повинна бути надана можливість залишити небезпечну зону або запобігти запуску машини.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

У разі необхідності повинні бути передбачені засоби для забезпечення керування машиною лише з місць керування, розміщених в одній або більше заздалегідь визначених зонах чи місцях.

Якщо машина має два або більше місць керування, кожне з них повинне бути обладнано усіма необхідними органами керування для того, щоб оператори не заважали один одному або не ставили один одного у небезпечну ситуацію.

Пуск машини повинен бути можливим лише після навмисного приведення в дію призначеного для цього пристрою керування.

Зазначена вимога також діє у разі:

повторного запуску машини після зупинення незалежно від причини;
суттєвої зміни умов роботи.

Однак повторний запуск машини або зміна умов роботи можуть виконуватися у разі навмисного приведення в дію іншого, ніж призначеного для пуску, пристрою керування, за умови, що це не призведе до виникнення небезпечної ситуації.

Для машин, що працюють в автоматичному режимі, запуск, повторний запуск після зупинення або зміна умов роботи можуть відбуватися без втручання оператора за умови, що це не призводить до виникнення небезпечної ситуації.

Якщо машина має кілька органів керування її пуском, внаслідок чого оператори можуть спричинити небезпеку один для одного, повинні бути встановлені додаткові пристрої керування для запобігання таким ризикам. Якщо для убезпечення необхідно, щоб запуск та/або зупинка виконувалися у певній послідовності, повинні бути влаштовані пристрої керування, які забезпечують виконання таких операцій в належній послідовності.

Зупинення машини здійснюється пристроями нормальної (звичайної), експлуатаційної або аварійної зупинки, для чого:

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) кожна машина повинна бути обладнана пристроєм керування для безпечного здійснення повної зупинки.

Кожне робоче місце повинно бути обладнане пристроєм керування для зупинки деяких або всіх функцій машини залежно від виду існуючої небезпеки таким чином, щоб машина стала безпечною.

Керування зупинкою машини повинне мати пріоритет перед керуванням пуску.

Як тільки машина або її небезпечна функція зупинені, енергопостачання відповідних приводів повинне бути відключено;

2) якщо з експлуатаційних міркувань необхідно, щоб керування зупинкою не спричиняло відключення постачання енергії до приводу, умови зупинення повинні контролюватися і підтримуватися;

3) кожна машина повинна бути обладнана одним або кількома пристроями аварійної зупинки, здатними запобігти наявній або ймовірній небезпеці. Виняток становлять:

машини, в яких пристрій аварійної зупинки не зменшує ризик тому, що не зменшує часу зупинення, або не дає змогу вжити відповідних заходів до запобігання цьому ризику;

переносні ручні машини та/або керовані вручну машини.

Пристрій аварійної зупинки повинен:

мати чітко розпізнавані, ясно видимі та швидкодоступні органи керування;

зупиняти небезпечний процес якнайшвидше, без створення додаткових ризиків;

запускати певні запобіжні рухи або дозволяти їх запуск, якщо це необхідно.

Після припинення безпосередньої дії на органи керування пристроєм аварійної зупинки і подачі команди на зупинку, ця команда повинна підтримуватися органом керування пристроєм аварійної зупинки через його

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

фіксацію до скасування команди спеціальною дією. Повинне унеможливлюватися включення пристрою аварійної зупинки без подачі команди на зупинку. Вивільнення (розфіксування) органом керування пристроєм аварійної зупинки повинне бути можливим тільки за умови цілеспрямованої дії та не повинне відновлювати роботу машини, а тільки давати можливість такого відновлення.

Функція аварійної зупинки повинна бути доступною та перебувати в робочому стані протягом усього часу незалежно від режиму роботи.

Пристрої аварійної зупинки повинні доповнювати інші запобіжні заходи, але не замінювати їх;

4) комплекси машин (машини або їх складові частини, призначені для сумісної роботи) повинні бути розроблені і вироблені так, щоб пристрої керування зупинкою, у тому числі аварійною, зупиняли не тільки саму машину, але і усе пов'язане з нею обладнання, якщо продовження його роботи може становити небезпеку.

Обраний режим керування або роботи повинен мати пріоритет перед усіма іншими режимами керування або роботи, за винятком аварійної зупинки.

Якщо машина розроблена і вироблена так, що допускає застосування у кількох режимах керування або роботи, які вимагають різних захисних заходів та/або виробничих циклів, вона повинна бути обладнана селектором режимів, який повинен фіксуватись у кожному положенні. Кожне положення селектора повинне бути чітко розпізнаване і відповідати одному з режимів керування або роботи.

Селектор може бути замінено іншим способом вибору режиму керування або роботи, який обмежує виконання певних функцій машини для певних категорій операторів.

Якщо під час виконання певних операцій необхідно, щоб машина працювала із зміщеними та/або усунутими огорожами та вимкненими

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

захисними пристроями, селектор режимів керування або роботи повинен водночас:

вимикати усі інші режими керування або роботи;

дозволяти виконання небезпечних функцій тільки за умови постійної дії на пристрій керування;

дозволяти виконання небезпечних функцій тільки за умови зменшеного ризику та запобігання небезпекам від пов'язаних наслідків;

запобігати виконанню будь-яких небезпечних функцій внаслідок навмисної або ненавмисної дії на датчики машини.

Якщо зазначені чотири умови не можуть бути виконані одночасно, селектор режиму керування або роботи повинен активувати інші захисні засоби, розроблені і вироблені для забезпечення зони втручання оператора.

Додатково оператор повинен мати змогу керувати роботою частин, з якими він працює, з пульта керування.

Перерва, поновлення після перерви або будь-якого виду коливання енергоживлення машини не повинні призводити до небезпечних ситуацій.

Особливу увагу необхідно приділяти таким моментам:

машина не повинна запускатися неочікувано;

параметри машини не повинні неконтрольовано змінюватися, якщо такі зміни можуть призвести до виникнення небезпечної ситуації;

не повинно виникати перешкод для зупинення машини, якщо команда на зупинку вже подана;

жодна рухома частина машини або предмет, який вона утримує, не повинні випадати або викидатися;

автоматичне або ручне зупинення будь-яких рухомих частин машини повинне виконуватися безперешкодно;

захисні пристрої повинні у повному обсязі зберігати робочий стан або давати команду на зупинку.

Захист від механічних небезпек

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Машини і їх компоненти та з'єднання повинні достатньою мірою бути стійкими для уникнення перекидання, падіння або некерованих рухів під час транспортування, складання, демонтажу та будь-яких інших дій, пов'язаних з машиною.

Якщо форма самої машини чи її призначене встановлення не забезпечують достатньої стійкості, необхідно передбачити відповідні кріпильні засоби та зазначити про це в інструкції.

Всі складові частини машини та їх механічні з'єднання повинні бути здатні витримувати навантаження, яким вони піддаються під час застосування.

Довговічність застосованих матеріалів повинна відповідати характеристикам робочого середовища, передбаченого виробником або його уповноваженим представником, особливо стосовно явищ втоми, старіння, корозії та абразивного зношування.

В інструкції з експлуатації машини зазначаються необхідні для її безпечної експлуатації види перевірок і обслуговування та періодичність їх проведення. У разі потреби слід зазначити швидкозношувані складові частини та компоненти машини і критерії їх заміни.

Якщо, незважаючи на вжиті заходи, залишається ризик розриву або руйнування компонентів машин, вони повинні бути змонтовані, розташовані та/або захищені таким чином, щоб у разі руйнування їх фрагменти і уламки не розкидалися, запобігаючи таким чином небезпечній ситуації.

Як жорсткі, так і гнучкі трубопроводи для рідин, особливо ті, що працюють під тиском, повинні витримувати передбачувані внутрішні і зовнішні навантаження та бути надійно закріпленими та/або захищеними для забезпечення запобігання ризику внаслідок розриву.

Якщо оброблюваний матеріал подається до інструмента машини автоматично, з метою запобігання ризику для людей повинні бути виконані такі умови:

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перед контактом заготовки з інструментом, останній повинен бути у своєму нормальному робочому стані;

під час початку роботи інструмента та/або у разі його зупинення (навмисного чи випадкового) рухи подачі та цього інструмента машини повинні бути скоординованими.

Для запобігання небезпекам від випадання або викидання предметів із машини повинні бути вжиті застережні заходи.

Доступні частини машини, наскільки це дозволяє їх призначення, не повинні мати гострих кромek, гострих кутів та шорсткуватих поверхонь, здатних спричинити травмування.

Якщо машина призначена для виконання кількох різних операцій з ручним переміщенням оброблюваного матеріалу між операціями (комбінована машина), така машина повинна бути розроблена та вироблена так, щоб робити можливим застосування кожного елемента окремо від інших елементів, що створюють ризик для незахищених осіб.

Для цього повинні бути передбачені незалежні пуск та зупинка будь-якої з незахищених частин комбінованої машини.

Якщо машина призначена для виконання операцій за різних робочих режимів, така машина повинна бути розроблена та вироблена так, щоб вибір і налагодження зазначених режимів могли здійснюватися безпечно та надійно.

Рухомі частини машини повинні бути розроблені та вироблені з недопущенням виникнення контакту, який може призвести до нещасного випадку або, якщо ризик залишається, повинні бути встановлені огорожі чи захисні пристрої.

Для запобігання випадковому блокуванню працюючих рухомих частин машини повинні бути вжиті всі необхідні заходи. Якщо, незважаючи на вжиті заходи, таке блокування може статися, необхідно у разі потреби передбачити спеціальні захисні пристрої та інструменти, які забезпечать можливість безпечного розблокування машини.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Якщо частину машини зупинено, будь-яке відхилення від стану зупинки за будь-яких обставин інших, ніж дія пристрою керування машиною (неконтрольований рух), повинне бути відвернене або бути таким, щоб не створювати небезпеки.

Огорожі та захисні пристрої повинні відповідати таким загальним вимогам:

мати міцну конструкцію;

бути надійно закріпленими на місці;

не створювати додаткових небезпек;

не допускати можливості їх легкого обминання чи виведення з ладу;

бути розміщені на відповідній відстані від небезпечної зони;

чинити мінімальні перешкоди нагляду за виробничим процесом;

давати змогу виконувати основні роботи щодо встановлення та/або заміни інструментів та технічного обслуговування, обмежуючи доступ виключно до зони, де повинна бути виконана робота, та, якщо це можливо, без демонтажу огорожі або приведення до неробочого стану захисного пристрою.

Крім того, огорожі повинні, там де це можливо, захищати від викидання або випадання матеріалів або предметів та від викидів, утворених машиною.

Додатково огорожі повинні задовольняти спеціальним вимогам, а саме:

1) стаціонарні огорожі повинні:

закріплюватися пристроями, що можуть відкриватися або зніматися лише із застосуванням інструментів;

по можливості бути нездатними утримувати рівновагу без пристроїв їх кріплення;

пристрої їх кріплення повинні залишатися закріпленими на огорожі або машині, якщо огорожу знято;

2) блокувальні рухомі огорожі повинні:

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наскільки це можливо, залишатися прикріпленими до машини після їх відчинення;

бути розробленими та виробленими так, щоб їх можна було встановити тільки шляхом навмисної дії.

Блокувальні рухомі огорожі повинні бути з'єднані з блокувальним пристроєм так, щоб:

запобігати запуску небезпечних функцій машини, поки вони не переведені в стан “зачинено”;

подавати команди на зупинку кожного разу, коли вони виводяться із стану “зачинено”.

Якщо у оператора є можливість досягнути небезпечної зони до зникнення ризику, спричиненого небезпечними функціями машини, рухомі огорожі на додаток до блокувального пристрою повинні бути з'єднані з пристроєм запирання огорожі, який:

унеможливорює запуск небезпечних функцій машини, поки огорожа не буде зачиненою і заблокованою;

утримує огорожу зачиненою і заблокованою до припинення ризику травмування через небезпечні функції машини.

Блокувальні рухомі огорожі повинні бути розроблені таким чином, щоб відсутність або несправність одного з компонентів таких огорож запобігала запуску або призводила до зупинки небезпечних функцій машини;

3) регульовані огорожі для обмеження доступу до необхідних для роботи зон з рухомими частинами машини повинні:

мати автоматичне чи ручне регулювання залежно від типу виконуваних робіт;

надавати можливість легкого регулювання без застосування інструмента.

Захисні пристрої повинні бути розроблені та вбудовані до системи керування машиною так, щоб:

										ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
											48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

рухомі частини машини не могли розпочинати рух, якщо вони перебувають у межах досяжності оператора;

люди не могли торкатися рухомих частин машини, поки частини рухаються; та

відсутність або несправність одного з компонентів захисного пристрою запобігала запуску або призводила до зупинки рухомих частин машини.

Захисні пристрої повинні регулюватися виключно шляхом навмисної дії.

Ризики від інших небезпек

Якщо машина має електричне живлення, вона повинна розроблятися, вироблятися та бути обладнана таким чином, щоб усі небезпеки електричного походження були або могли бути відвернені.

До машин повинні застосовуватися цілі, пов'язані з безпечністю, що визначені у Технічному регламенті низьковольтного електричного обладнання, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2015 р. № 1067 (Офіційний вісник України, 2015 р., № 102, ст. 3526). Проте зобов'язання щодо оцінки відповідності і введення в обіг та/або в експлуатацію машин стосовно електричних небезпек регулюються виключно Технічним регламентом безпеки машин.

{Абзац другий пункту 28 із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 533 від 04.07.2018}

Машини повинні бути розроблені та вироблені із запобіганням або обмеженням накопичення потенційно небезпечних електростатичних зарядів та/або бути обладнані системою їх розрядження.

Машини, які приводяться в дію від неелектричного джерела енергії, повинні бути розроблені, вироблені та обладнані для уникнення будь-яких потенційних ризиків, пов'язаних з такими джерелами енергії.

Помилки, які можуть бути зроблені під час з'єднання або від'єднання певних частин машини і які можуть стати джерелом ризику, повинні унеможливлуватися конструкцією та виробленням таких частин або, якщо це

										ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
											49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

виконати неможливо, шляхом нанесення попереджувальної інформації на самі частини та/або їх корпуси.

Якщо для уникнення ризику від рухомих частин машини повинен бути відомий напрямок їх руху, він повинен позначатися на таких рухомих частинах та/або їх корпусах.

У разі необхідності в інструкціях повинна надаватися додаткова інформація про зазначені ризики.

Якщо помилкове з'єднання може бути джерелом ризику, неправильне виконання з'єднання повинно унеможливлюватися конструкцією або, якщо це виконати неможливо, шляхом нанесення попереджувальної інформації на елементи для з'єднання та у разі необхідності на засоби з'єднання.

Повинні бути вжиті заходи для усунення будь-якого ризику ушкодження від контакту чи близькості до частин машини або речовин з високою або дуже низькою температурою, а також передбачені необхідні заходи щодо уникнення або запобігання ризику від викиду гарячих чи занадто холодних речовин.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб уникати будь-якого ризику загоряння чи надмірного нагрівання, обумовленого самими машинами або газами, рідинами, пилом, випаровуваннями чи іншими речовинами, які виробляються або використовуються машинами.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб уникати будь-якого ризику вибуху, обумовленого самими машинами або газами, рідинами, пилом, випаровуваннями чи іншими речовинами, які виробляються або використовуються машинами.

Стосовно ризику вибуху внаслідок експлуатації машин у потенційно вибухонебезпечному середовищі вони повинні відповідати іншим відповідним технічним регламентам.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб ризики від створюваного ними акустичного шуму зменшувалися до найнижчого рівня

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

з урахуванням рівня технічного прогресу та існуючих засобів зниження шуму, зокрема в місці його виникнення.

Рівень створюваного шуму може бути оцінений на підставі порівняльних даних створюваного шуму для аналогічних машин.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб ризики внаслідок створюваних машинами вібрацій зменшувалися до найнижчого рівня з урахуванням рівня технічного прогресу та існуючих засобів зменшення вібрації, зокрема в місці її виникнення.

Рівень створюваної вібрації може бути оцінений на підставі порівняльних даних створюваної вібрації для аналогічних машин.

Небажане випромінювання від машин повинне бути виключено або знижено до рівня, який не завдає шкідливого впливу на людей.

Усе робоче іонізуюче випромінювання повинне бути обмежено до найнижчого рівня, достатнього для належного виконання визначених функцій машини під час налагодження, роботи та чищення. Якщо ризик існує, повинні бути вжиті необхідні захисні заходи.

Усе робоче неіонізуюче випромінювання під час налагоджування, роботи та чищення необхідно обмежити до рівнів, які не завдають шкідливого впливу на людей.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб зовнішнє випромінювання не заважало їх роботі.

Якщо в машинах застосовується лазерне обладнання, воно повинне бути розроблене та вироблене з унеможливленням будь-якого випадкового випромінювання і захищене так, щоб пряме, відбите або розсіяне та вторинне випромінювання не створювало загрози здоров'ю людей. Оптичні пристрої для догляду або регулювання лазерного обладнання машини не повинні викликати ризику для здоров'я від впливу лазерних променів.

Машини повинні бути розроблені та вироблені таким чином, щоб можна було уникнути ризику вдихання, проковтування, контакту із шкірою, очима,

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			51

слизовими оболонками та проникнення через шкіру небезпечних матеріалів і речовин, які виробляються цими машинами.

Якщо такі ризики не можуть бути усунені, машини повинні бути обладнані так, щоб небезпечні матеріали і речовини можна було зібрати до контейнерів, видалити, осадити шляхом змивання водою, відфільтрувати або обробити іншим придатним методом.

Якщо машини під час нормальної роботи повністю не закриті, пристрої для збирання та/або видалення речовин повинні бути розташовані так, щоб діяти найбільш ефективно.

Машини повинні бути розроблені, вироблені або обладнані засобами щодо запобігання замиканню людей усередині машини або, якщо це виконати неможливо, засобами виклику допомоги.

Частини машин, де особи можуть пересуватись або стояти, повинні бути розроблені та вироблені таким чином, що запобігали можливості проковзування, спотикання або падіння на цих частинах або з них.

У разі необхідності такі частини машин повинні бути обладнані поручнями, що встановлені для користувачів та забезпечують їм можливість утримувати свою рівновагу.

Машини, що потребують захисту від впливу блискавок під час експлуатації, повинні бути обладнані системою для відведення отриманого електричного заряду в землю.

4.2 Безпека у надзвичайних і аварійних ситуаціях

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру – це ситуації, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих ядерних об'єктів, систем зв'язку та телекомунікації, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

пристроїв у громадських місцях, викрадення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру – це ситуації, пов’язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, транспортних та інженерних комунікацій. Про надзвичайні ситуації повідомляють по радіо чи телебаченню.

Для того, щоб людина увімкнула радіо чи телевізор, використовують звуковий сигнал – завивання сирен, переривчасті гудки на підприємствах. Пам’ятай, що це є попереджувальний сигнал „Увага всім!” Почувши його, негайно вмикай радіоприймач чи телевізор і слухай інформацію служби надзвичайних ситуацій. Ти можеш почути повідомлення про можливі стихійні явища природи (землетрус, зсув ґрунту, повінь, снігопад, пожежу, штормове попередження), промислові аварії на місцевому підприємстві, тощо.

Після повідомлення про надзвичайну ситуацію, пропонується також план евакуації населення або заходи щодо збереження здоров’я та життя оточуючих. Зберігай спокій, не панікуй. Виконуй усі накази. Після того як небезпека минула, служба надзвичайних ситуацій передає повідомлення про відбій тривоги.

Правила і дії, які потрібно пам’ятати тим, хто опинився в небезпечній ситуації:

1. Оцінити рівень небезпеки. Якщо ситуація загрожує життю, часу на роздуми немає, діяти негайно.
2. Якщо загрози життю немає, спочатку треба заспокоїться.
3. Якщо сам впораєшся з ситуацією, склади план дій і виконуй його.
4. Якщо потрібна допомога, негайно звернися до рятувальних служб, родичів, сусідів, випадкових перехожих.

										ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
											53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

5. Якщо допомога не надходить, не втрачай надії, ситуація може змінитися на краще наступної миті.

У аварійних ситуаціях можливе виникнення нещасних випадків. При нещасних випадках дуже важливо до приїзду лікаря своєчасно надати першу долікарську допомогу потерпілому. Контроль за організацією надання першої долікарської допомоги, наявністю та комплектністю аптечок, справністю пристосувань та засобів надання першої допомоги, а також навчання персоналу покладається на керівника підприємства.

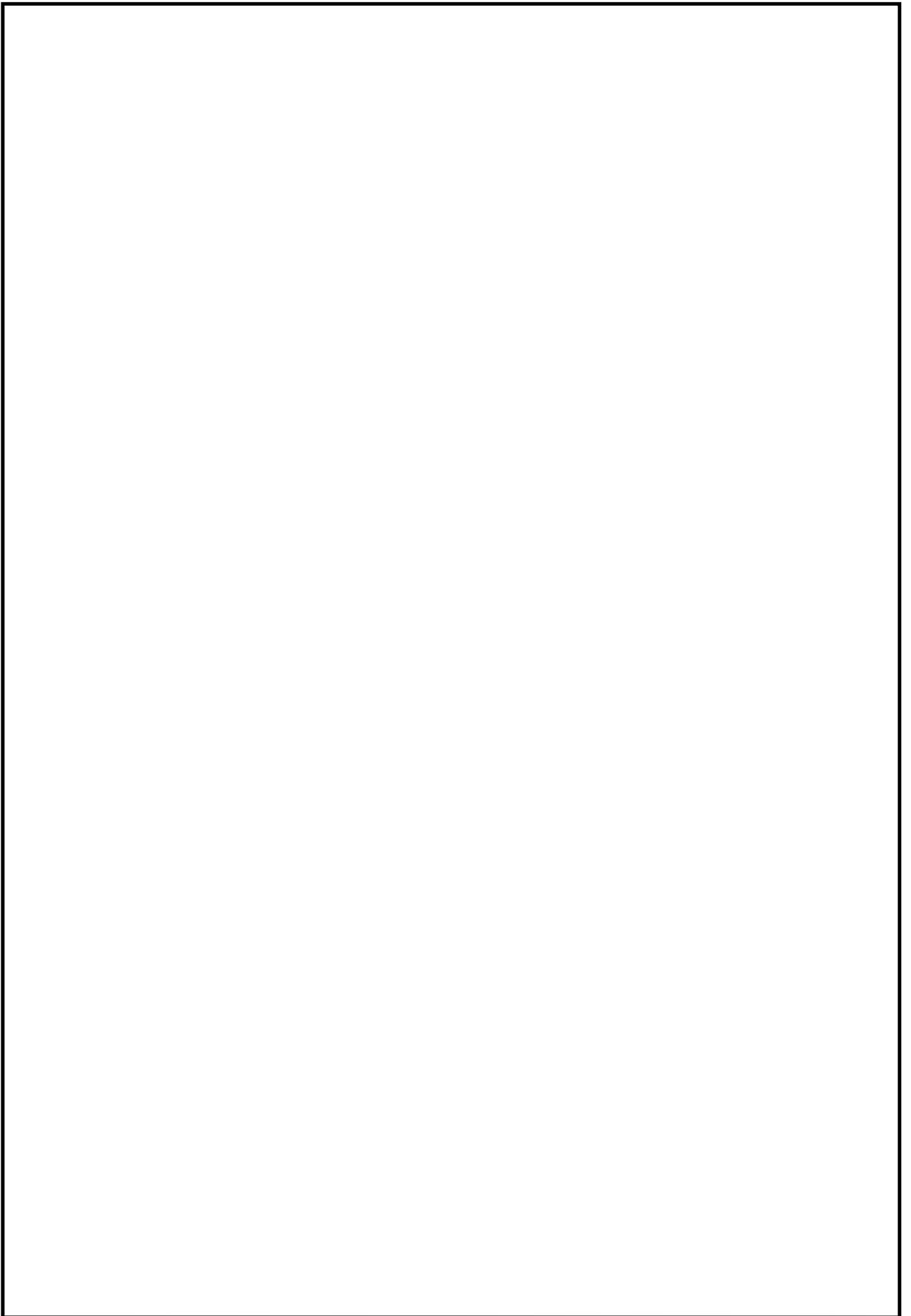
Схема послідовності при наданні першої долікарської допомоги:

- 1) вивести потерпілого з оточення, де стався нещасний випадок;
- 2) вибрати потерпілому найбільш зручне положення, що забезпечує спокій;
- 3) визначити вид травми (перелом, поранення, опік тощо);
- 4) визначити загальний стан потерпілого, встановити, чи не порушені функції життєво важливих органів.
- 5) Розпочати проведення необхідних заходів:
 - зупинити місце перелому;
 - зафіксувати місце перелому;
 - вжити реанімаційних заходів (оживлення): штучне дихання, зовнішній масаж серця;
 - обробити ушкоджені частини тіла.

Одночасно з наданням долікарської допомоги необхідно повідомити керівника ділянки про те, що трапилось; викликати швидку допомогу, або підготувати транспорт для відправки потерпілого до найближчої медичної установи.

Важливо знати обставини, при яких сталася травма, умови, які спонукали до її виникнення, та час, годину і навіть хвилини, особливо, коли потерпілий втратив свідомість.

					ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54



					ДІПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд існуючих конструкцій стендів для випробувань осей колісних пар на витривалість.
2. Дан опис методики побудови рівнянь рухів ланок стенду.
3. Розраховані вихідні дані, що необхідні для визначення власних частот стенду.
4. У Mathcad розроблений та налаштований алгоритм для визначення власних частот стенду.
5. Отримані залежності власних частот стенда от маси його важелів.
6. У системі Matlab побудовані та аналізовані залежності власних частот стенда от маси його важелів.
7. Залежність власних частот коливань стенду від маси важелів по-перше має майже лінійний характер; по друге – практично лишаються незмінними з ростом маси важелів.
8. Практична незалежність власних частот коливань стенду від маси важелів пояснюється ростом жорсткості важелів за рахунок збільшення товщини їх стінок.
9. При збільшенні маси важелів на 72,7% перша власна частота зменшується на 4,3%, а друга – зменшується лише на 2,7%.
10. Аналіз досліджень дозволяє стверджувати, що не доцільно збільшувати масу важелів. Збільшення маси важелів веде до здороження стенда приблизно у 1,5 рази.
11. У четвертому розділі викладений технічний регламент безпеки конструкції стенду.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия (EN 13261:2009, NEQ), (ISO 1005-3:1982, NEQ): ГОСТ 33200-2014. [Действующий с 2015-11-01]. – Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 42 с.
2. Патент RU 2650327 С1. Стенд для испытания колес и осей колесных пар на сопротивление усталости / Кочетков Е. В., Князев Д. А., Трепачева Т. В. Акционерное общество "Научно-исследовательский и конструкторский институт подвижного состава" (АО "ВНИКТИ") (RU). 2018.
3. Патент RU 2665358 С1. Стенд и способ испытания на стенде колес и осей колесных пар на сопротивление усталости и исследования поведения металла в зоне контактного взаимодействия колеса с рельсом / Кочетков Е. В., Оганьян Э.С., Бубнов А.А., Трепачева Т.В. Акционерное общество "Научно-исследовательский и конструкторский институт подвижного состава" (АО "ВНИКТИ") (RU). 2018.
4. Miroslav Novosada, Rostislav Fajkošb, Bohuslav Reha, Rudolf Rezní Rekb. Fatigue tests of railway axles. Procedia Engineering 2 (2010) 2259–2268. 2010 г.
5. Патент RU 2651629 С1. Стенд для испытания колес и осей колесных пар на сопротивление усталости и способ проведения/Бидуля А.Л., Волохов Г.М., Кочетков Е.В., Князев Д.А., Тимаков М.В., Щербаков В.В. Акционерное общество "Научно-исследовательский и конструкторский институт подвижного состава" (АО "ВНИКТИ") (RU). 2018.
6. Оси чистовые вагонные. Определение предела выносливости шеек осей. Типовая методика испытаний/СТ ССФЖТ ТМ 152 - 2003.
7. Дьяконов В. (2008). Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.
8. Дьяконов В. (2002). Simulink 4: Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002. – 528 с.
9. Дьяконов В. (2012). MATLAB. Полный Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2012. – 768 с.
10. Горбаченко В. (2011). Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB. Учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 320 с . http://www.bhv.ru/books/full_contents.php?id=189162.

						ДПТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

11. Оси чистовые вагонные. Определение предела выносливости шеек осей. Типовая методика испытаний: СТ ССФЖТТМ 152-2003. [Действующий с 2003-06-27]. – Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2003. – 8 с.

12. Моделирование и визуализация движений механических систем в MATLAB: Учебное пособие / В.С.Щербаков, М. С. Корытов, А.А. Руппель, В.А. Глушец, С.А. Милюшенко. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 84 с.

13. Raksha, S., Kuropiatnyk, O. Anofriev, P. Simulation modelling of the rolling stock axle test-bench. MATEC Web Conf. Volume 294, 2019. 2nd International Scientific and Practical Conference “Energy-Optimal Technologies, Logistic and Safety on Transport” (EOT-2019). Article Number 03008. 16.10.2019.

14. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для студентов вузов/Под ред. В.А. Финогенова. 6-е изд., перераб. - М.: Высш. шк., 2000. - 383 с.

					ДІТ.291000.912.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58