

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»
(назва факультету)

Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: **Вплив конструктивних параметрів кранових гальм на динамічні навантаження під час гальмування**

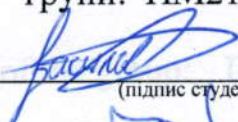
за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання»

зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент

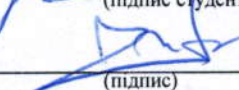
групи: ПМ2121

Done by the student:


(підпис студента)

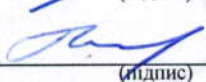
/ Дмитро ВАСИЛЬЄВ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ Сергій РАКША /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

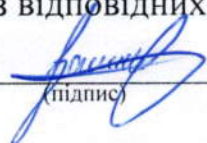

(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Normative controller:

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Dnipro – 2022

Дніпро – 2022

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Transport Engineering

(faculty)

Department of Applied Mechanics and Materials Science

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic:

Influence of design parameters of crane brakes on dynamic loads during braking

according to educational curriculum «Lifting, transport, construction, road, reclamation machines and equipment»

in the Speciality: 133 Industrial machinery engineering

(speciality and its code)

Done by the student of the group: IIM2121 / Dmitro VASYLIEV /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Serhii RAKSHA /
(position, name, surname)

Normative controller : / Oleksandr POSMITIUKHA /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Транспортна інженерія

Кафедра: Прикладна механіка та матеріалознавство

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Освітня програма: Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання

Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
_____ Сергій РАКША
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
(ступінь вищої освіти)

студенту Васильєву Дмитру Сергійовичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: **Вплив конструктивних параметрів кранових гальм на динамічні навантаження під час гальмування**

Керівник роботи: Ракша Сергій Васильович, д. т. н., професор
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "10" 11 2021 р. № 14ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Аналіз класифікації кранових фрикційних гальм з напрямками шляхів їх модернізації. Порівняння результатів під час гальмування класичних кранових гальм та з пружинно – гідравлічним гальмом

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Техніко-економічне обґрунтування дослідження

4.2 Конструктивне виконання кранових гальм

4.3 Конструкція та дослідження роботи пружинно – гідравлічного гальма

4.4 Вимоги щодо безпечної експлуатації вантажопідйомних машин

5. Перелік демонстраційного матеріалу:

Результати відповідно порівняння типів гальм, переваги та недоліки фрикційних кранових гальм, вимоги щодо безпеки їх експлуатації

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Охорона праці	Лоза В.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Техніко-економічне обґрунтування дослідження	24.03.2022	
2	Конструктивне виконання кранових гальм	26.05.2022	
3	Конструкція та дослідження роботи пружинно – гідравлічного гальма	22.07.2022	
4	Вимоги щодо безпечної експлуатації кранових гальм	20.10.2022	
5	Підготовка презентації роботи	03.12.2022	
6	Подання кваліфікаційної роботи до захисту	15.12.2022	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	22.12.2022	

Дата видачі завдання: « 10 » грудня 2021 р.

Студент

(підпис)

Дмитро ВАСИЛЬСВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій РАКША

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 58 сторінки

Найменування роботи: ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
КРАНОВИХ ГАЛЬМ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ ПІД ЧАС
ГАЛЬМУВАННЯ

Ілюстрації: схем 5, рисунків 18,
таблиць 2,

Ключові слова: КРАНОВІ ГАЛЬМА, ПРУЖИННО – ГІДРАВЛІЧНЕ
ГАЛЬМО, ВАНТАЖОПІДЙОМНІ МАШИНИ.

Текст реферату:

Метою роботи є аналіз впливу динамічних навантажень, що діють на привод і металеву конструкцію вантажопідйомних машин при гальмуванні механізму пересування крана, шляхом застосування пружинно-гідравлічного гальма.

Для досягнення визначеної мети поставлені наступні задачі:

1. Провести аналіз класифікації існуючих кранових гальм та напрямки їх вдосконалення.
2. Розглянути кожне кранове гальмо окремо та вказати їх переваги та недоліки.
3. Провести порівняльну характеристику під час використання пружинно – гідравлічного гальма з постійною та перемінною жорсткостями відповідно від класичних аналогів фрикційних гальм.
4. Представити вимоги щодо безпеки під час експлуатації вантажопідйомних машин та роботі у зоні підвищеної небезпеки.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Класифікація гальмівних пристроїв вантажопідйомних кранів.....	9
1.2. Напрями удосконалення кранових гальм.....	12
1.3. Задачі дослідження.....	15
2. КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ КРАНОВИХ ГАЛЬМ. ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ.....	16
2.1. Колодкові гальма.....	16
2.2. Стрічкові гальма.....	18
2.3. Дискові гальма.....	20
3. КОНСТРУКЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПРУЖИННО – ГІДРАВЛІЧНОГО ГАЛЬМА.....	22
3.1.Шляхи зменшення динамічних навантажень в кранових механізмах під час гальмування.....	30
3.2.Особливості будови і використання пружинно-гідравлічного гальма.....	36
3.3.Вплив конструктивних параметрів пружинно-гідравлічного гальма на динамічні навантаження у приводі.....	38
3.3.1 Визначення динамічних навантажень під час гальмування мостового крана.....	36
3.3.2 Вплив жорсткості пружини на процес гальмування.....	39
3.3.3 Вплив гідравлічного опору на процес гальмування.....	42
3.3.4 Аналіз процесу гальмування крана колодковим і пружинно-гідравлічним гальмом.....	44

					ДІТ.480000.101.КРПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Студент		Васильєв Д.С			Вплив конструктивних параметрів кранових гальм на динамічні навантаження під час гальмування	Літ.	Арк
Керівник		Ракша С.В					5
							58
Н. Контр.		Посмітюха О.П.				ДІТ зр. ПМ2121	
Затвердив		Ракша С.В.					

4. ВИМОГИ	ЩОДО	БЕЗПЕЧНОЇ	ЕКСПЛУАТАЦІЇ	
ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН.....				46
4.1 Вступ.....				46
4.2 Дії та вимоги до працівників і обладнання під час виконання роботи.....				46
4.2.1 Дії шкідливих факторів при обслуговуванні вантажопідйомних машин.....				46
4.2.2 Небезпечні зони вантажопідйомних машин.....				47
4.2.3 Порядок допуску обслуговуючого персоналу до роботи.....				50
4.2.4 Вимоги до обладнання.....				51
4.2.5 Пожежна безпека.....				52
4.3 Висновки.....				54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....				55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....				56

ВСТУП

Підйомно-транспортні машини є найважливішим устаткуванням для механізації робіт усіх галузей народного господарства, промисловості, будівництва та у сільськогосподарському виробництві. Також застосовуються для переміщення людей на коротких трасах у вертикальному, горизонтальному й похилому напрямках.

Відповідно до функцій, виконуваних підйомно-транспортними машинами, їх класифікують на вантажопідйомні, транспортні й вантажно-розвантажувальні.

Тема безпеки і надійності в роботі підйомно – транспортних машин є актуальною у будь який час і є важливою у всіх галузях сучасної промисловості. На сьогоднішній день, безпека працівників і в цілому об’єктів підвищеної небезпеки, до яких також відносяться крани всіх типів, є одним із основних пріоритетів кожної фірми та компанії як в економічному так і в соціальному аспекті. Кожний складовий елемент вантажопідйомних машин має свої вимоги та заходи, які необхідно виконувати для досягнення критеріїв безпечної і ефективної роботи усієї системи крана.

Під час експлуатації підйомно – транспортних машин і обладнання є низка вимог, які повинні бути виконані як власником так і робітниками об’єкту, або на виїзді до місця робіт. Всі процеси, перед роботами, супроводжуються інструктажами, та перевіркою робочого місця. Це стосується також всіх елементів системи крана та обладнання, які проходять перевірку перед початком роботи. Більш детально це питання, буде розглянуто у розділі 4.

Один з елементів кранової системи, який має значне місце в самому крані, незалежно від його типу або його сфери застосування – це кранові гальма. Як і всі елементи крана, вони класифікуються і мають, на сьогоднішній день, великий сортамент вибору відповідно до:

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- технічних характеристик;
- орієнтиру на зовнішні умови і загальне місце розташування об'єкту;
- від ступеня важливості крана та безпосередньо за самою конструкцією

кранових гальм.

Гальмом називається механізм, призначений для утримання вантажу на висоті, регулювання швидкості його опускання і швидкої зупинки горизонтально рухомих частин крана - моста і візка.

Особливістю процесу гальмування крана полягає в тому, що через короткі проміжки часу здійснюється повне або часткове гальмування крана . В процесі експлуатації, гальма крана обов'язково будуть піддаватися високим динамічним навантаженням.

Під час роботи гальм, а саме в момент переміщення, підйому або опускання вантажу, виникають різні види навантаження, як на елементи приводу так і безпосередньо на конструкцію крана. Відповідно, що під час дії цих навантажень, відбувається зношення елементів конструкції, як кранових гальм так і взаємодіючих вузлів приводу крана.

Основною задачею, в роботі, буде дослідити класифікацію кранових гальм, з акцентуванням уваги до пружино – гідравлічного гальма у складі різних типів мостових кранів, та вплив на елементи їх конструкції .

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Класифікація гальмівних пристроїв вантажопідйомних кранів

При роботі вантажопідйомного крана, важливу роль відіграє гальмівний вузол робочого механізму крана.

Тому, незалежно від конструкції кранового гальма, виставляється перелік необхідних вимог :

- плавність гальмування;
- низька вартість виробництва;
- відносно невисокі габарити та вага;
- швидке замикання та розмикання;
- підвищена стійкість до зносу елементів, до яких діє сила тертя.
- гранична температура при терті, що не перевищує граничну температуру матеріалу кранового гальма та його елементів;

Гальмування механізмів з електроприводом може здійснюватися як електричним, так і механічним способом. Електричне гальмування дозволяє значно знизити швидкість перед спрацюванням гальм. Однак навіть у цьому випадку механічне гальмо вважається єдиним засобом зупинки механізму при відключенні живлення.

Гальмівне обладнання можна класифікувати за різними ознаками [4, 6]:

1) Залежно від джерела гальмівного зусилля:

- від сили тертя;
- електродинамічні;
- гідромеханічні;
- порошкові;
- електромагнітні;

2) Конструктивне виконання виконавчого елемента:

- конічні гальма – з конічними виконавчими елементами;
- стрічкові гальма - мають виконавчий елемент у вигляді гнучкої стрічки, що охоплює гальмівний барабан;

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дискові гальма – з робочими органами у вигляді цілісних кільцевих дисків або окремих сегментних колодок;

- колодкові гальма - мають виконавчий елемент у вигляді колодки, яка взаємодіє із зовнішньою або внутрішньою поверхнею гальмівного барабана (шків);

Останні два типи гальм зазвичай об'єднують в одну групу з замикаючим зусиллям, що діє вздовж осі гальма (гальма з осьовим стисненням).

3) За принципом роботи:

- автоматичне гальмування (електромагнітний, електрогідравлічний або електромеханічний привід і замикання під дією ваги вантажу, що перевозиться), з гальмом, що замикає одночасно з двигуном механізму і незалежно від дій обслуговуючого персоналу;

- керовані гальма - їхнє блокування або розблокування здійснюється обслуговуючим персоналом під впливом органів управління.

4) За призначенням:

- спускні гальма та регулятори швидкості;

- стопорні гальма для зупинки та фіксації механізму.

5) Залежно від характеру дії сили, що керує гальмом:

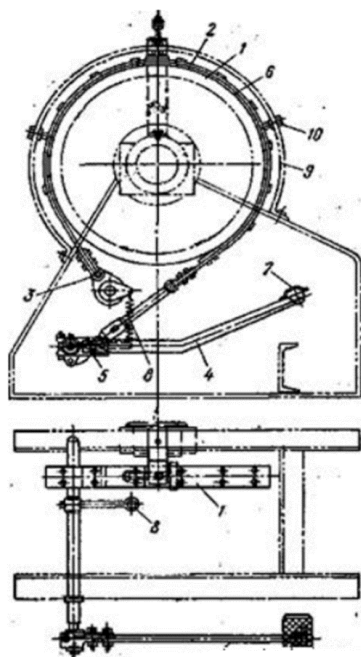
- нормально замкнуті гальма, в яких блокування створюється постійно діючою силою (від пружини, ваги спеціального стопорного вантажу тощо) і прикладається зусилля управління гальмом розмикання, що виникає одночасно з включенням приводу механізму (при вимкненому приводі, гальмо автоматично замкнене);

- нормально відкриті гальма, що відкриваються за допомогою постійно діючого відкриваючого зусилля і закриваються при прикладенні сили керування гальмом;

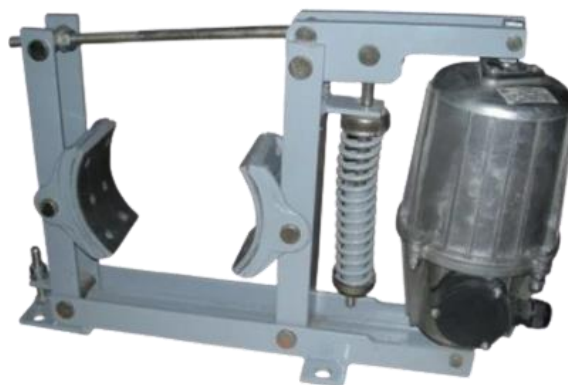
- комбіновані гальма, при стандартних умовах працюють як нормально відкриті, в аварійних - як гальма, нормально замкнуті від дії зовнішньо замикаючої сили.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

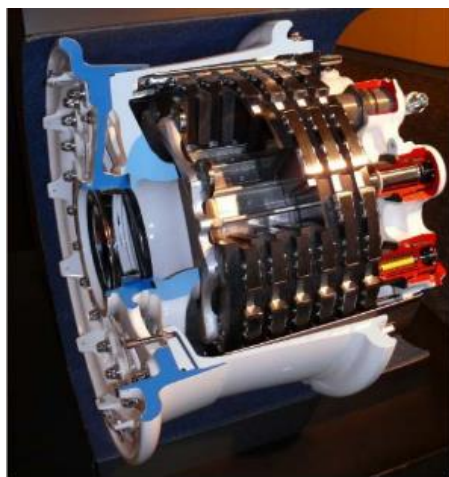
Широкої популярності серед кранових механізмів отримали фрикційні гальма нормально замкнутої конструкції. На рис. 1.1. продемонстровані типові представники гальм різних конструкцій [7]



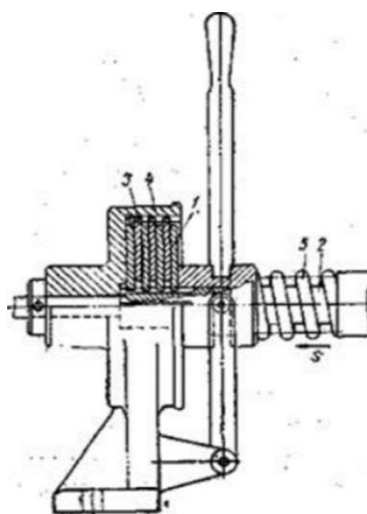
а)



б)



в)



г)

Рис. 1.1. Типи кранових гальм:

а – стрічкове; б – колодкове; в – багатодискове; г – дискове

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.480000.101.КРПЗ

Арк

11

1.2 Напрями удосконалення кранових гальм

Серед існуючого гальмівного обладнання, багато конструкцій мають велику кількість недоліків за якими дослідники встановили шляхи вдосконалення існуючих конструкцій або створення гальм нового типу.

Згідно цього, можна класифікувати шляхи досліджень таким чином:

- створення більш стійких матеріалів до фрикційних навантажень та досягнення стабільності гальм під час їх дії;
- зміна конструктивних та геометричних параметрів фрикційних гальм, для зменшення нагрівання елементів гальма або значне покращення відводу тепла із зони контакту, та стабілізацією температури в робочій зоні;
- створення автоматичного підсилювання гальм за рахунок складових елементів гальмівного пристрою;
- покращення існуючої системи керування приводу гальмівної системи та безпосередньо гальмівного пристрою для отримання необхідних характеристик гальмівного моменту та виведенням інформації машиністу під час роботи крана, за рахунок інформаційних технологій;
- створення та реалізація концепції безступінчастого гальмування за рахунок гальм та гальмівних систем.

Відповідно до цих напрямів, у роботах [12, 13] було запропоновано новий метод аналізу ефективності гальмування з використання інформаційних технологій, а саме за рахунок створення програм та алгоритмів які, в свою чергу, дозволяють оцінити безпеку експлуатації підйомно – транспортних машин під час зміни гальмівного моменту. Також було запропоновано варіант розрахунку температури в зоні контакту пар тертя в конструктивних елементах кранових гальм.

Завдяки даним дослідженням, були реалізовані конструкції згідно рекомендаціям щодо колодкових, дискових і дисково – колодкових гальм а саме:

					ДІП.480000.101.КРПЗ	Арк
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для колодкових гальм, було розроблено Duplex – систему важільної конструкції, значною перевагою якої вважається використання діапазону гальмівних моментів від 50 до 250 Нм;

- підвищення ресурсу шарнірних з'єднань за рахунок заміни класичних підшипників ковзання на металофторопластові, перевагою яких вважається їх можливість до самозмащування;

- за рахунок невеликої собівартості, також були зменшенні сумарні витрати, що призвело до більш дешевшої експлуатації гальма та менші затрати підприємства на його придбання;

- серед дискових гальм, вдалося скоротити кількість типорозмірів гальм, завдяки розробленому типорозмірному ряду, який має діапазон гальмівних моментів від 20 до 2100 Нм, що дало вимогу зробити корегування дискових гальм типу ТДП, результатом яких стало раціональне рішення щодо скорочення кількості їх типорозмірів з 5 до 4;

- зменшення впливу зносу елементів автоматичних компенсаторів зношування, а саме фрикційних накладок гальма на гальмівний момент;

- підвищення ресурсу фрикційної пари гальма;

- скорочення витрат під час експлуатації.

Детальний розгляд та великий внесок у вирішенні проблемі в енергонавантаженості гальмування, та огляд окремих елементів із визначенням їх температурного навантаження, а також їх вплив на гальмування зробив О.І. Вольченко [9]. Результати цих досліджень були зроблені на численних конструкціях стрічкових, колодкових та дискових гальм. Також були досліджені питання довговічності колодок, гальмівних шківів та дисків як елементів кранових гальм. Було запропоновано унікальну конструкцію гальма, яка дозволяє ефективно відводити зайве тепло від елементів тертя і зменшити гальмівний момент за рахунок стабілізації безконтрольного зростання температури під час тертя.

Акцентується увага до нормально замкнутих гальмах, властивості яких дозволяють змінювати гальмівний момент в процесі гальмування. Завдяки

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому, була запропонована конструкція керованого нормально замкнутого електромагнітного гальма [10], що дозволяє стабілізувати процес гальмування крана.

Одним з напрямків удосконалення кранових гальм є використання в кранових механізмах комбінованих гальм, що дозволяє більш ефективно використовувати елементи самого крана на прикладі вантажного візка, для покращення автоматичного замикання на кінцевих пунктах переміщення під час відсутності електроенергії. Самі комбіновані гальма не значно відрізняються між собою, відмінностями даного типів гальм є конструктивні зміни у циліндрах гідравлічних та пневматичних систем.

Комбіноване гальмо представлено на рис. 1.2. Для того щоб гальмо почало працювати, машиніст крану натискає на педаль, у результаті чого, обидві колодки притискаються до шківів практично одночасно. Якщо припинилася подача електроенергії на гальмо, тоді використовується пружина 6, яка спрацьовує автоматично за рахунок тяги яка діє на важелі 1 та 5.

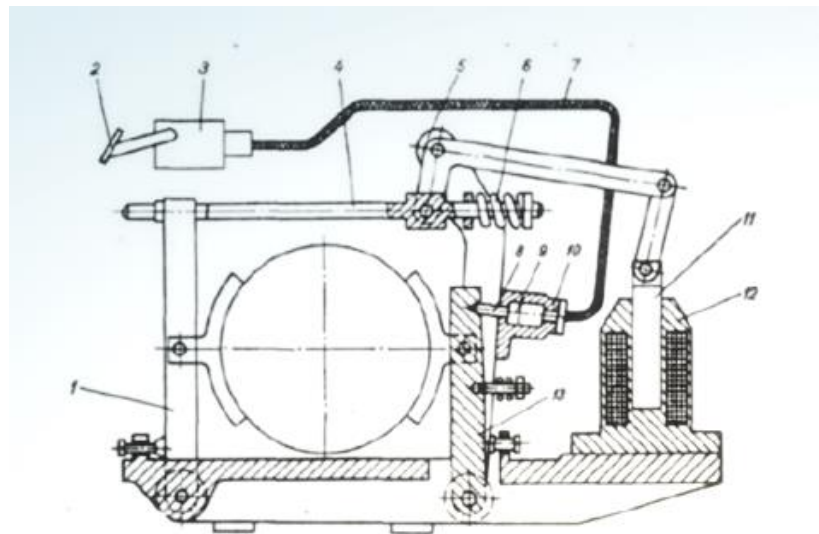


Рис. 1.2. Комбіноване гальмо:

1,5 – важелі; 2 – педаль; 3 – гідроциліндр; 4 – тяга; 6 – пружина; 7 – циліндр робочий; 8 – шток поршня; 9 – поршень; 10 – циліндр для подачі робочої рідини; 11 – сердечник; 12 – електромагніт

1.3 Задачі дослідження

Метою роботи є аналіз впливу динамічних навантажень, що діють на привод і металеву конструкцію вантажопідійомних машин при гальмуванні механізму пересування крана, та їх зменшення шляхом застосування пружинно-гідравлічного гальма.

Для досягнення визначеної мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести класифікацію існуючих кранових гальм та проаналізувати напрямки їх вдосконалення.
2. Розглянути будову кранових гальм, визначити їх переваги та недоліки.
3. Провести порівняльну характеристику під час використання пружинно – гідравлічного гальма з постійною та перемінною жорсткістю та класичних аналогів фрикційних гальм.
4. Представити вимоги щодо безпеки під час експлуатації кранових гальм та роботи у зоні підвищеної небезпеки.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 КОНСТРУКТИВНЕ ВИКОНАННЯ КРАНОВИХ ГАЛЬМ.

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ

2.1 Колодкові гальма

Основне завдання кранових гальм це повне зупинення роботи механізму крана або зменшення швидкості пересування, підйому вантажу.

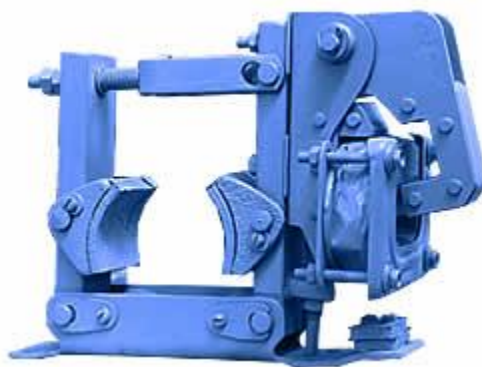
Колодкові гальма (рис. 2.1) виконують дану операцію за рахунок натискання колодок на елемент обертання кранового механізму. Широке застосування, колодкові гальма отримали серед використання на козлових, мостових кранах та машинах безперервного транспорту.



а)



б)



в)

Рис. 2.1. Типи колодкових гальм:

а – з гідравлічним штовхачем; б – з електромагнітом постійного струму;

в – з електромагнітом змінного струму

Принцип роботи колодкового гальма полягає у наступному. Колодка притискається важелем до гальмівного шків за допомогою стиснутої пружини. При відключенні штовхача поршні висувають штоки вгору, важелі, звільнившись від впливу пружин, розходяться і шків розгальмовується.

Принципову схему колодкового гальма з електрогідравлічним штовхачем наведено на рис. 2.2.

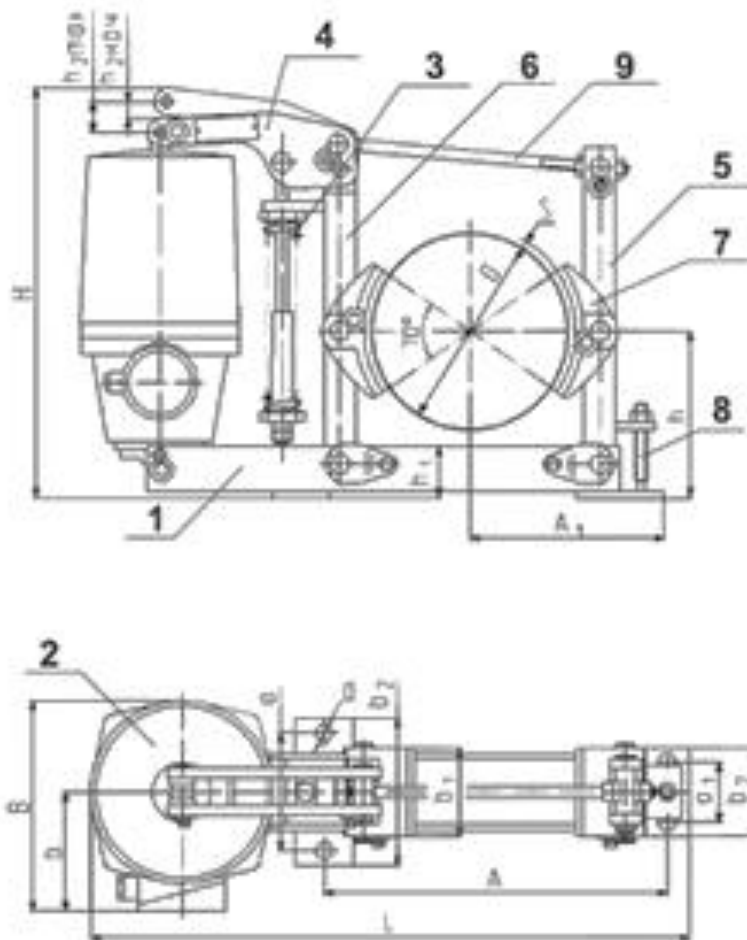


Рис. 2.2. Колодкове гальмо:

1 – платформа; 2 – електрогідравлічний штовхач; 3 – пружина; 4-6 – важелі;
7 – колодки; 8 – регулюючий болт; 9 – шток

Отже, колодкові гальма мають свої плюси і мінуси. Перевагами вважаються:

- легкість і зручність в обслуговуванні;
- створення однакового моменту при обертанні в обох напрямках.;
- прямі важільні гальма не мають радіальної сили на гальмівний вал.

Недоліками гальм вважаються наступні:

- відносно низька довговічність;
- обмеження частоти спрацювання;
- робота з ударними навантаженнями на привод механізму.

2.2 Стрічкові гальма

Такий тип гальм, як стрічкове, частіше всього використовується в конструкціях самохідних кранів, та лебідок.. У стрічкових і колодкових гальм зі збільшенням величини гальмівного моменту (розміру гальма) значно збільшується розмір гальмівного шків, що збільшує момент інерції швидкохідного валу механізму і підвищує динаміку в перехідний режим навантаження.

Схема простого стрічкового гальма, представлено на рис. 2.3. Гальмо складається з таких елементів як: гальмівний шків, сталева стрічка, що охоплює гальмівний шків і прикріплена одним (набігаючим) кінцем до корпусу машини, а другим кінцем, що збігає - до важеля гальма. До стрічки з внутрішньої сторони прикріплено фрикційну обкладку.

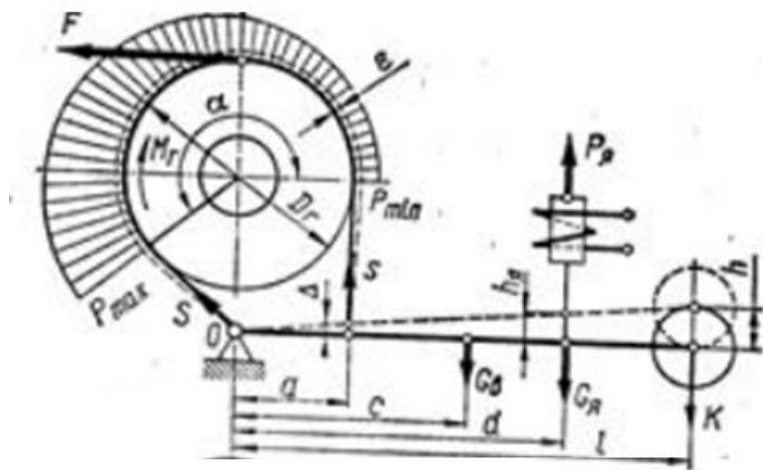


Рис. 2.3. Схема простого стрічкового гальма

При натисканні на педаль гальмівна стрічка натягується і щільно притискається до гальмівного шків. При знятті зусилля з педалі важіль піднімається пружиною і між гальмівною стрічкою та шківом утворюється

зазор 1...1,5 мм. Правильне положення стрічки по відношенню до шківа забезпечується кожухом та скобами.

При необхідності зменшення зусилля на педалі гальмівного важеля застосовують диференціальне стрічкове гальмо (рис. 2.4), що відрізняється від простого стрічкового гальма тим, що обидва кінці його гальмівної стрічки прикріплюються до важеля з двох сторін щодо осі його обертання.

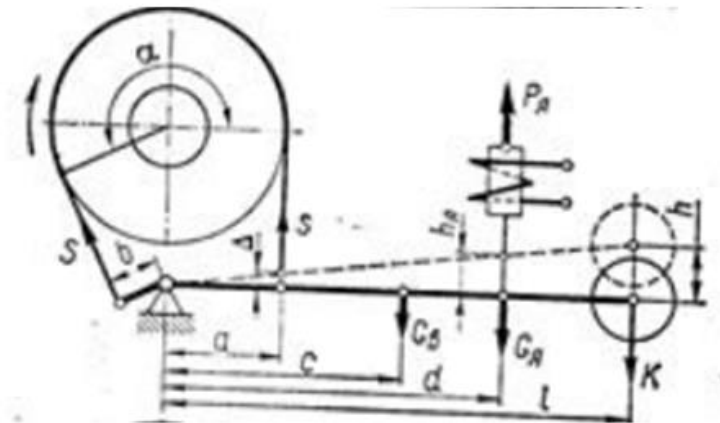


Рис. 2.4. Схема диференційного стрічкового гальма

Перевагами стрічкових гальм вважаються:

- невеликі розміри;
- легкість в обслуговуванні;
- нескладна конструкція;
- можливість домагатися великих гальмівних моментів при збільшенні кута охоплення.

До недоліків відноситься наступне:

- нерівномірний розподіл тиску по довжині охоплення шківа;
- складність розрахунків сили, яка згинає вал механізму;
- залежність від того, в якому напрямку обертається шків;
- часті пошкодження сталевієї стрічки.

2.3 Діскові гальма

Діскове гальмо (рис. 2.5) складається з декількох дисків, що встановлені на шліцах валу і обертаються разом з ним, між якими розміщені нерухомі диски, жорстко які посаджені у корпусі. Гальмівний момент створюється при стисканні обертових і нерухомих дисків між собою за рахунок пружини.

Принцип роботи такий. Диск 11 затискається колодками 12, через важелі 2 під дією пружини 8, які стоять на тязі 6. Посередині тяги закріплений важіль 13 з'єднаний із штоком електрогідропривода 5. При вмиканні привода важіль 13 повертається і діючи клином 4 на ролики 1 і допоміжну пружину 14 розводить важелі 2 і колодки. Пристрій 10 автоматично регулює зазор, у важелі колодки вгвинчено порожнисті втулки 9 куди входить циліндричний хвостовик колодок 12 на зовнішніх кінцях втулок у переді, точено храповик шарнірно з'єднаних тягами з валами 3. При кожному гальмуванні здійснюється коливальний рух повертаючи втулки, змикаючи зазор.

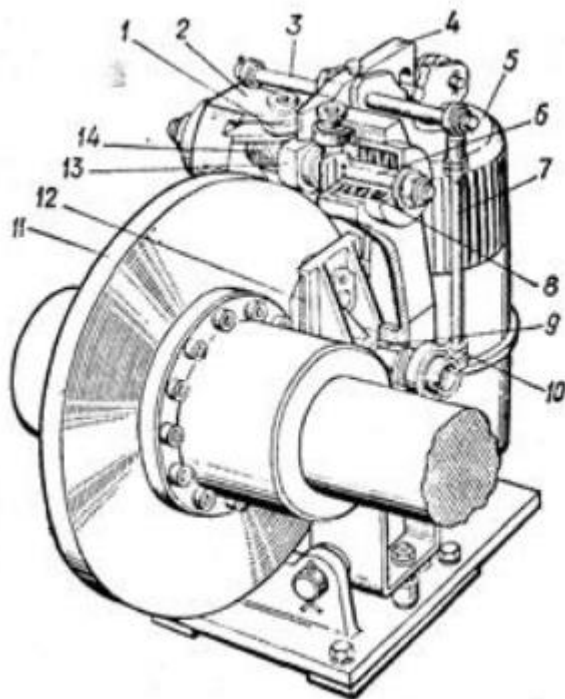


Рис. 2.5. Приклад дискового гальма

Дискові колодкові гальма стають популярними в наші дні. Питома енергоємність такого гальмівного обладнання, що використовується при інтенсивній короткочасній повторюваній роботі машини, значно вища порівняно з перерахованими типами гальм. Оскільки поверхні тертя елементів пари тертя плоскі, для виготовлення гальмівних накладок можна використовувати більш тверді, зносостійкі матеріали

Дискові гальма з компактними розмірами можуть створювати великі гальмівні моменти, але мають складну конструкцію та обмежений діапазон застосування.

Переваги дискових гальм:

- легкість і компактність;
- накладка рівномірно прилягає до диска, що забезпечує чудову ефективність;
- чудове охолодження;
- функція самоочищення;
- легко діагностувати та обслуговувати;
- можливість точного регулювання;
- можливість використання багатопоршневих супортів, використання перфорацій, різноманітних брудно- та газовідвідних канавок, насічок.

Недоліки дискових гальм:

- схильність до всіх видів забруднень, корозії;
- бризки холодної води на нагріту робочу поверхню можуть спричинити деформацію та розтріскування;
- значне тепловиділення під час роботи.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖИННО-ГІДРАВЛІЧНОГО ГАЛЬМА

3.1 Шляхи зменшення динамічних навантажень в кранових механізмах під час гальмування

Гальмування механізму пересування крана може бути реалізовано різними способами [11]:

- поступове – швидке збільшення гальмівного моменту за один цикл гальмування (один або кілька кроків);
- безступінчасті - збільшують гальмівний момент за певним законом.
- два гальма, встановлені на швидкохідному валу, один з них спрацьовує через деякий проміжок часу;
- пружинне гальмування, коли сила стиснутої пружини ініціює процес гальмування, а потім тиск на колодки через вагу вантажу з тимчасовою затримкою.

Режим гальмування робочого механізму є одним із найнебезпечніших режимів роботи вантажопідйомних машин. Якщо плавність пускових моментів може забезпечуватися електричними системами східчастого регулювання швидкості або частотним регулюванням, то гальмівні процеси, як правило, протікають ударно [1]. При гальмуванні механізму руху мостових кранів відношення максимального динамічного навантаження до навантаження статичного опору може бути в кілька разів більше.

У роботі [15] було розглянуто двохмасову систему для вантажу із гнучким підвісом під час гальмування крану. Завдяки цьому була зроблена оцінка динамічних навантажень під час постійного гальмівного моменту.

Також встановлено, що на величину динамічних навантажень при гальмуванні механізму пересування великий вплив робить початкова гальмівна сила, що показано у роботі [17], на прикладі гальмування механізму пересування крана гальмами з електромагнітним і електрогідравлічним штовхачами показано, як, навіть при незначному підвищенні плавності

гальмування, сильно знижуються динамічні навантаження на металоконструкцію.

У роботі [2] побудовано 2-х та 3-х масові динамічні моделі крана, які вирішено чисельними методами та знайдено аналітичне рішення. Досліджувалося динамічне навантаження пружних елементів механізму пересування та спільну роботу механізму крана та металоконструкції з урахуванням пружної піддатливості останньої. Запропоновано формувати дволанкову динамічну модель крана, залежно від того, яке пружне з'єднання мають динамічні сили.

Встановлено загальні положення, що дозволяють підвищити ефективність роботи мостових кранів з гнучкими підвісками вантажу за рахунок реалізації оптимальних режимів їх руху. В роботі [16] досліджувалася динаміка руху крана за умови постійного зазору в приводі (люфт механічної передачі). Виходячи з припущення постійності рушійного моменту двигуна, отримано вираз для динамічного коефіцієнта пружної муфти (гнучкого валу) в ходовому механізмі крана.

З метою зниження динамічного навантаження механізму пересування крана та інерційного навантаження кранового обладнання виконується значна кількість експериментальних досліджень з порівнянням практичних результатів із теоретичними.

Загальним недоліком механічних ступінчастих гальмівних систем є дуже складна конструкція і неможливість регулювання робочої швидкості в процесі гальмування. Застосування електродинамічних гальм має свої недоліки - потужність гальмівної характеристики залежить від встановленої потужності двигуна та частоти обертання валу, а також додаткове нагрівання двигуна в процесі гальмування.

Неможливо плавно зупинити кран, гальма якого автоматично блокуються при переміщенні вантажів різної ваги.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання процесу гальмування можливе лише при контрольованому гальмуванні. Це забезпечує плавність та точність при зупинці крана, підвищуючи продуктивність та безпеку експлуатації.

Складові гальма протягом усієї роботи механізму залишаються відключеним або знаходяться в автономному режимі від сили приводу (зазвичай електромагнітного або електрогідравлічного). Гальмування здійснюється за допомогою педалей, величина гальмівного моменту пропорційна зусиллю, прикладеному до педалі, і може змінюватись у досить широких межах. Кінематична схема складового гальма передбачає керовану поведінку приводу та незалежність від самозамикання при включенні головного вимикача.

Тому при спрацьовуванні кінцевого вимикача або відключення живлення, головний привід знеструмлюється і гальма автоматично замикаються під дією стиснутої пружини, що дозволяє знизити кількість нещасних випадків під час експлуатації.

Значні дослідження були спрямовані на електромагнітні порошкові гальма, які належать до групи нормально відкритих гальм. Цей тип гальма виявився дуже ефективним у механізмах переміщення крана та забезпечує безступінчасте гальмування. Були проведені дослідження поведінки цих гальм під час руху крана, також були розписано як визначити динамічне навантаження при безступінчастому гальмуванні, показавши вплив на елементи системи.

Згідно з дослідженнями [3, 5, 18], одним з найбільш небезпечних режимів роботи вантажопідійомних машин є режим гальмування робочого механізму. Якщо плавний пуск можна забезпечити електричною системою з плавним регулюванням швидкості або частоти, то процес гальмування зазвичай протікає різко. При гальмуванні механізму руху мостових кранів відношення максимального динамічного навантаження до статичного опору навантаження може перевищувати в кілька разів.

Більшість процесів гальмування крана здійснюються за допомогою автоматичних колодкових або дискових колодкових гальм з електрогідравлічними або електромагнітними штовхачами. Замикання таких гальм, особливо електромагнітних, супроводжується різким колодки по шківу, що викликає короткочасне але значне збільшення динамічного навантаження.

Визначено [14], що при гальмуванні механізму пересування крана перший пік динамічного навантаження виникає під час замикання колодок. Крім того, встановлено, що на величину динамічного навантаження при гальмуванні механізму пересування великий вплив має початкова сила гальмування.

Способи гальмування механізму руху мостового крана можна класифікувати за двома ознаками:

1) Через вплив на ходові колеса крана:

- механічне використання фрикційних гальмівних пристроїв;
- електричне використання приводного електродвигуна.

2) Від залежності швидкості зростання гальмівного зусилля:

- миттєве зростання;
- плавне зростання.

На рис. 3.1. представлена класифікація способів гальмування ходового механізму мостового крана.

Аналіз механічних методів гальмування та конструкцій фрикційних гальм, що використовуються для реалізації в кранових системах властиві недоліки [14]:

- зношування фрикційних накладок і, як наслідок, необхідність частої заміни цих накладок;
- низька надійність гальмування через перегрівання фрикційних накладок;
- гальмівна потужність завжди втрачається у вигляді тепла.

Такі недоліки можна обійти, використовуючи електричні гальма, де двигун працює як генератор, що перетворює механічну енергію на електричну.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таке перетворення призводить до крутного моменту, протилежного напрямку руху.



Рис. 3.1. Класифікація способів гальмування механізму пересування мостового крана

Електричне гальмування зазнало популярності під час використання на машинах, які необхідно часто та швидко зупиняти (наприклад, крани). З електричними гальмами кран можна зупиняти плавно, що значно знижує динамічні навантаження, що виникають при гальмуванні, підвищуючи надійність та довговічність вузлів, деталей та всього крана.

Однак у разі відключення електроенергії механічні гальма залишаються єдиним засобом зупинки крана. Тому при використанні електричної схеми гальмування необхідне механічне гальмо, і розрахунок такого гальма ведеться за гальмівним моментом без урахування можливості застосування електричного гальма для його зменшення.

Запропоновано новий спосіб гальмування механізму пересування мостових кранів підвищення ефективності механічного гальмування. Сила пружини, що сприймає кінетичну енергію руху крана у гальмівній системі. Цей метод гальмування усуває недоліки фрикційних гальм та забезпечує плавне збільшення гальмівного зусилля.

Проведено порівняльний аналіз динамічного навантаження, що виникає при гальмуванні рухомого механізму мостового крана двома способами гальмування: миттєвим гальмуванням і плавним наростанням гальмівного зусилля.

Для визначення динамічних навантажень використовують двомасовий метод мостового крана при гальмуванні рухомого механізму. Воно записується як диференціального рівняння і має аналітичне рішення.

Поступове збільшення сили гальмування перетворює кінетичну енергію на потенційну. З закону збереження енергії ми знаємо, що повна енергія дорівнює сумі кінетичної та потенційної енергії, тому для крана в даний момент часу справедлива наступна формула

$$\frac{mv^2}{2} = P \cdot x, \quad (3.1)$$

де m - наведена маса крана або візка, кг;

v - швидкість руху крана, м/с.

P - сила опору, рівна гальмівній силі пристрою, Н;

x - переміщення при гасінні кінетичної енергії, м.

Гальмівну силу пристрою можна представити у вигляді

$$P = c_{pr} \cdot x, \quad (3.2)$$

де c_{pr} - жорсткість пружини, Н/м.

Гальмівна сила в поточний момент часу може бути визначена по формулами:

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
P_{m_0} &= c_{pr} \cdot x = c_{pr} \cdot v_0 t_0; \\
P_{m_1} &= c_{pr} \cdot x = c_{pr} \cdot v_1 t_1; \\
P_{m_2} &= c_{pr} \cdot x = c_{pr} \cdot v_2 t_2; \\
P_{m_n} &= c_{pr} \cdot x = c_{pr} \cdot v_n t_n;
\end{aligned}
\tag{3.3}$$

Для часу t_n швидкість крана буде рівна

$$v_n = v_{n-1} \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (c_{pr} \cdot t_n^2)}{m}} \tag{3.4}$$

Динамічне навантаження в приводі, у відповідності, з поточним значенням гальмівної сили [17]:

$$F_n = \frac{P_{mn} \cdot m_2 - W \cdot m_1}{(m_1 + m_2)} \cdot (1 - \cos \cdot pt), \tag{3.5}$$

Використовуючи формули 3.3, 3.4, у розрахунках, отримуємо графіки залежностей гальмівної сили й швидкості для мостового крана вантажопідйомністю 20 тон при спрацюванні гальма із плавним наростанням гальмівної сили (моменту), а також покажемо (рис. 3.2) для порівняння характер зміни швидкості крана й гальмівної сили при гальмуванні колодковим гальмом (1 - колодкового гальма з миттєвим наростанням гальмівної сили, 2 гальма із плавним наростанням гальмівної сили).

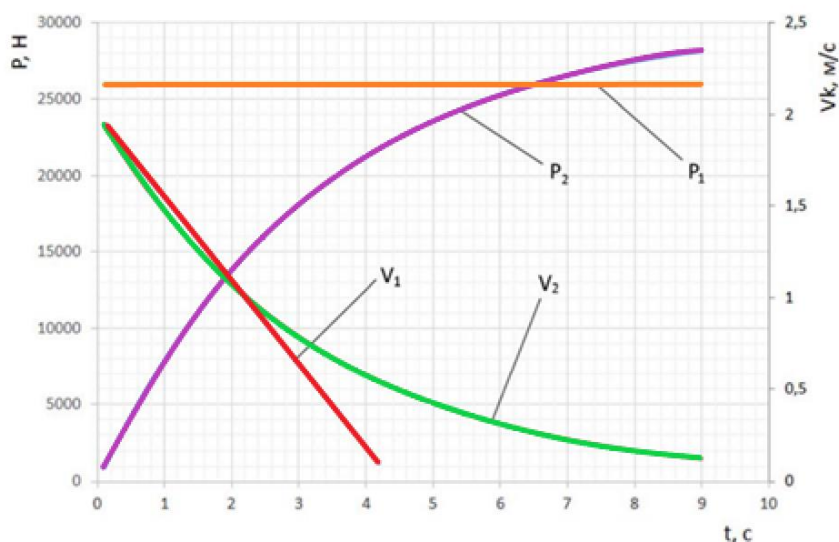


Рис. 3.2. Графіки залежності зниження швидкості крана і наростання гальмівної сили від часу гальмування

Скориставшись формулою 3.5 і результатами розрахунків швидкості й гальмівної сили визначимо величину динамічних навантажень при гальмуванні з миттєвим і плавним наростанням гальмівної сили. З формули 3.5 видно, що величину динамічного навантаження F можна змінювати шляхом регулювання гальмівної сили $P_{\text{гп}}$. Гальмівна сила може наростати миттєво (більшість конструкцій нормально замкнених гальм) або мінятися за заданим законом (плавне наростання, східчасте і т.д.) При плавному прикладені гальмівна сила буде змінюватися від нуля до значення, що відповідає часу повної зупинки крана.

Використовуючи формулу 3.5 побудуємо графіки динамічного навантаження в приводі механізму пересування крана від часу гальмування при миттєвому, східчастому й плавному наростанні гальмівної сили (рис.3.3).

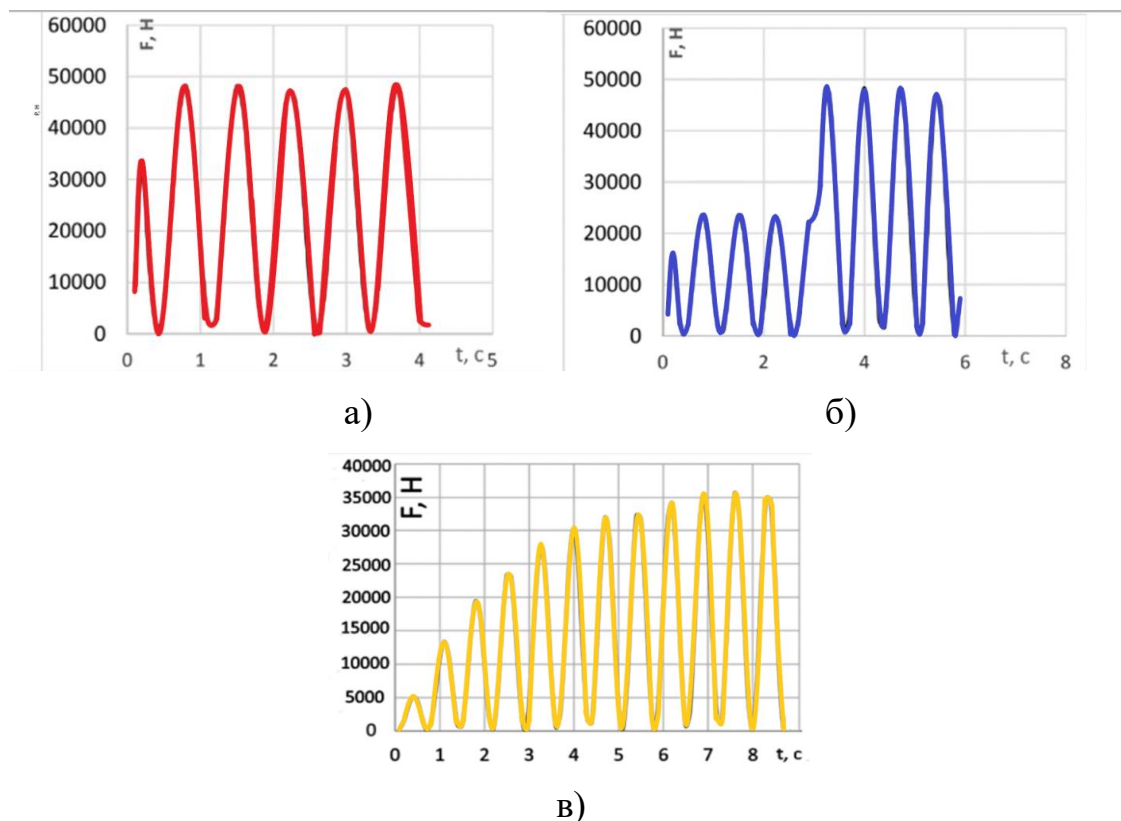


Рис. 3.3. Графіки залежності динамічного навантаження в приводі механізму пересування від часу перехідного процесу:

а) миттєве наростання сили гальмування; б) східчасте наростання сили гальмування; в) плавне наростання сили гальмування

Як бачимо, із графіків (рис. 3.3) найменше динамічне навантаження в приводі механізму пересування виникає при плавному наростанні сили. Запропонований спосіб гальмування механізму пересування мостового крана [18], усуваючи недоліки фрикційних гальм і реалізуючи плавне наростання гальмової сили, суттєво підвищує ефективність гальмування крана.

3.2 Особливості будови і використання пружинно-гідравлічного гальма

Пружинні гідравлічні гальма (рис. 3.4) при гальмуванні крана розсіюють кінетичну енергію крана і перетворюють її на потенційну енергію пружини стиснення (пружинного пакета). Як пружні елементи, використовуються пружини для створення гальмівної сили, що зупиняє кран. Зробити спіральну пружину з круглого дроту найпростіше і найдешевше. Це єдиний пружний елемент із малими габаритними розмірами і при цьому високою енергоємністю. Вита пружина є просторовою балкою, в поперечному перерізі якої діють всі фактори внутрішніх сил.

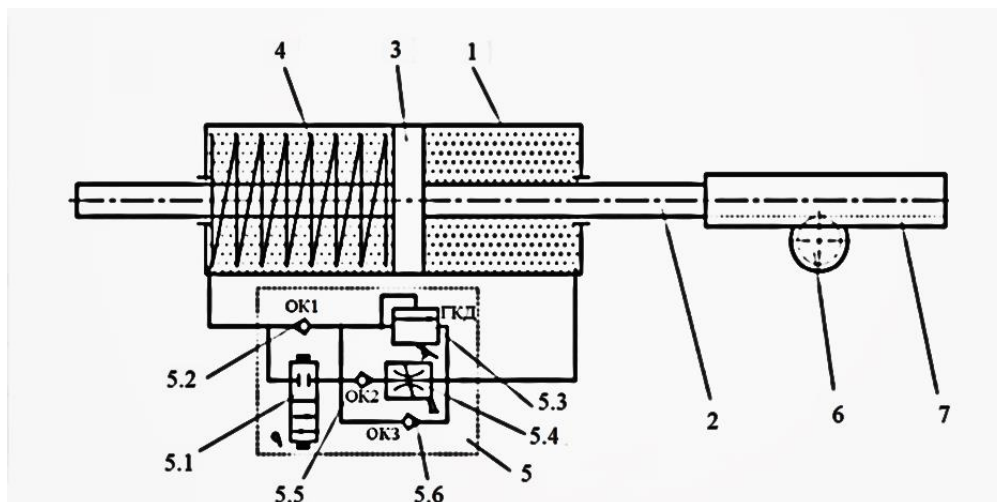


Рис. 3.4. Пружинно-гідравлічне гальмо:

1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – пружина; 5 – гідравлічна система керування; 6 – шестерня на валу ходового колеса; 7 – рейка.

Гідравлічна система керування 5 складається з:

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- автоматичний розподільник 5.1;
- зворотній клапан 5.2;
- регульований гідравлічний клапан 5.3;
- регульованим дроселем 5.4;
- зворотні клапани 5.5 та 5.6.

Пружинно-гідравлічне гальмо працює таким чином: при гальмуванні шестерня 6, з'єднана з валом, починає обертатися, а кранове колесо переміщає рейку 7. Рейка закріплена на штоку 2, у цей час Шток з поршнем 3 рухається, стискаючи пружину 4 та виштовхуючи гідравлічну рідину в порожнину штока без пружини, яка при спрацьовуванні гальма проходить через зворотний клапан 5.2 при цьому, завдяки регульованого гідравлічного клапану 5.3 створюється додатковий опір в системі, а розподільник 5.1 разом зі зворотними клапанами 5.5 та 5.6 є закритим.

Зворотний клапан пропускає рідину в одному напрямку (через яке проходить вся рідина при стиску пружини) і примусово блокує гальмо в стані гальмування. Коли гальмо потрібно відпустити, розподільник 5.1 відкривається, стискаючи пружину та переміщуючи поршень у зворотному напрямку. В результаті гідравлічна рідина проходить через регульований дросель 5.4 та зворотний клапан 5.5. При підвищенні тиску магістралі відкривається зворотний клапан 5.6 захисту системи від надлишкового тиску.

Пружинне гідравлічне гальмо, встановлене на мостовому крані, працює наступним чином (рис. 3.5). При вимиканні механізму приводу руху крана або візка включається тимчасова затримка в стоянковому гальмі 2 і муфті 5 (в залежності від напрямку руху. Спрацьовування муфти 5 призводить до переміщення зубчастої рейки 6 і спрацьовування пружинно – гідравлічного гальма 7. При русі штока гальма силова пружина або пакет пружин стискається, створюючи плавно зростаючу гальмівну силу P_m . У ходових колесах 4 створюється гальмівний момент M_t . Коли хід поршня повністю зупинено або вичерпано, включається гальмо 2, якому відводиться роль стоянкового та екстреного гальмування. У той же час у пружинно-

гідравлічному гальмі гідро апаратура 8 перекриває надходження рідини з порожнини штока назад у порожнину поршня, тим самим запобігаючи розрядку пружинно-гідравлічного гальма і рух крана у зворотному напрямку.

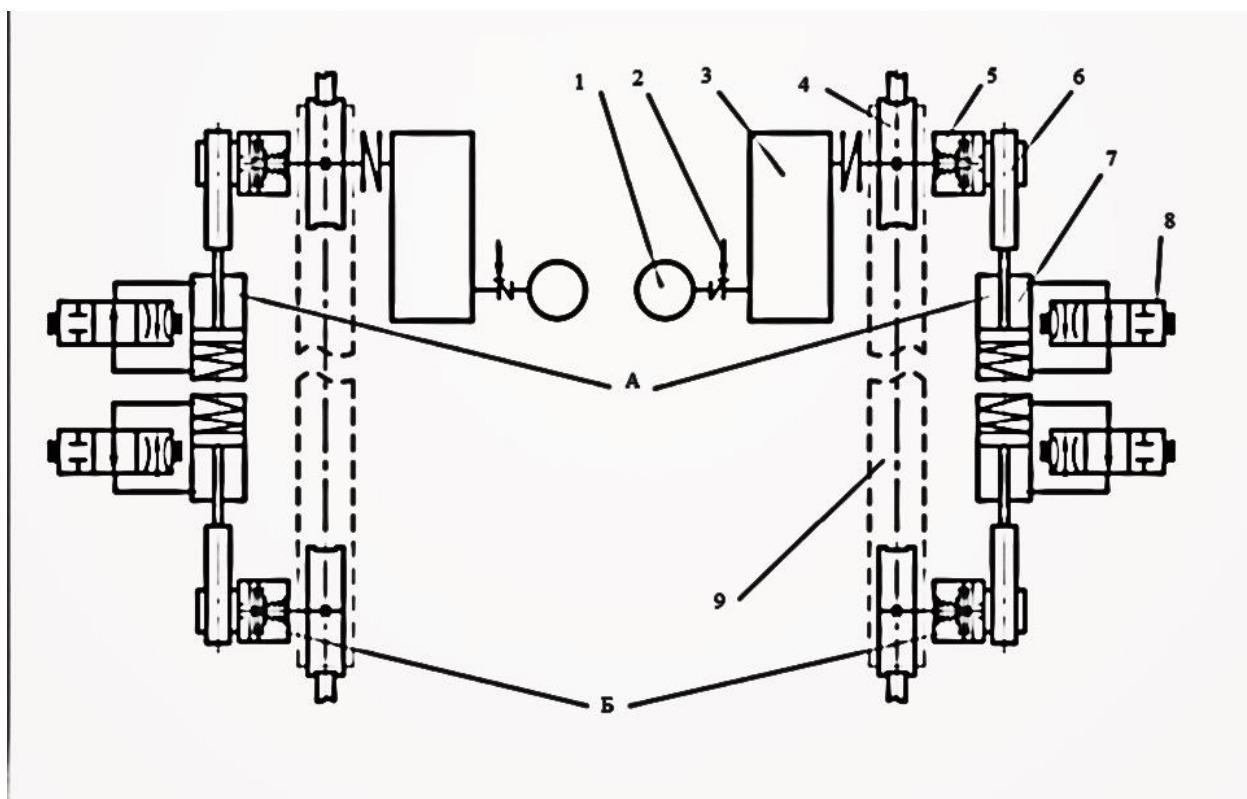


Рис. 3.5. Принципова схема установлення пружинно-гідравлічного гальма на мостовому крані з роздільним приводом:

1 – електродвигун механізму пересування; 2 – стоянково-аварійне гальмо; 3 – редуктор; 4 – ходове колесо; 5 – муфта запуску пружинно-гідравлічного гальма; 6 – пари зубчаста рейка-шестерня; 7 – пружинно-гідравлічне гальмо; 8 – керуюча гідроапаратура; 9 – кінцева балка мостового крана

При повній зупинці в гальмівному стані знаходяться нормально замкнуті фрикційні гальма, так і пружинно-гідравлічні гальма. При пуску механізму пружинне гідравлічне гальмо відпускається. Комплект пружинних гідравлічних гальм на іншій осі крана активується, коли підйомний кран рухається у протилежному напрямку.

Привід має штатні нормально-замкнуті гальма, тому наявність пружинно-гідравлічних гальм не суперечить правилам безпечної будови та

експлуатації кранів. Але в той же час він має велику перевагу, тому що в процесі гальмування кінетична енергія розсіюється пружинно-гідравлічним гальмом, яке включається тільки при повній зупинці замкнутого нормального фрикційного гальма. Таким чином, пружинні гідравлічні гальма захищають фрикційні гальма від нагріву та зносу фрикційних елементів, зводячи до мінімуму їх знос і необхідність регулярного обслуговування та контролю та регулювання робіт.

Іншим конструктивним виконанням є схема кріплення пружинно-гідравлічних гальм через приводи керування (рис. 3.6). Так конструкція дозволяє здійснювати гальмування при будь-якій комбінації рухів крана, у тому числі при багаторазових переміщеннях і односпрямованих зупинках, або при рухах, що чергуються, вперед і назад. Механізм управління 8 має муфту включення та пари зачеплення.

Розглянемо процес гальмування крана за допомогою пружинно – гідравлічних гальм та органів управління (керуючої передачі) (рис. 3.7). При русі в одну сторону (напрямок І) і подальшому гальмуванні включається муфта включення 1 і шестірні 3, що міцно фіксується на валу, передаючи тим самим крутний момент від колеса на зачеплення 3 і 2, а далі на шестерню пружинно – гідравлічного гальма. При спрацьовуванні гальм збільшується гальмівна сила штока циліндра, у результаті виникає гальмівний момент на колесі крана. При русі та зменшенні швидкості в напрямку ІІ відбувається аналогічна поведінка, за винятком того, що в зачепленні 4 є додаткова шестерня, що забезпечує зміну напрямку обертання вихідної ланки щодо напрямку обертання колеса.

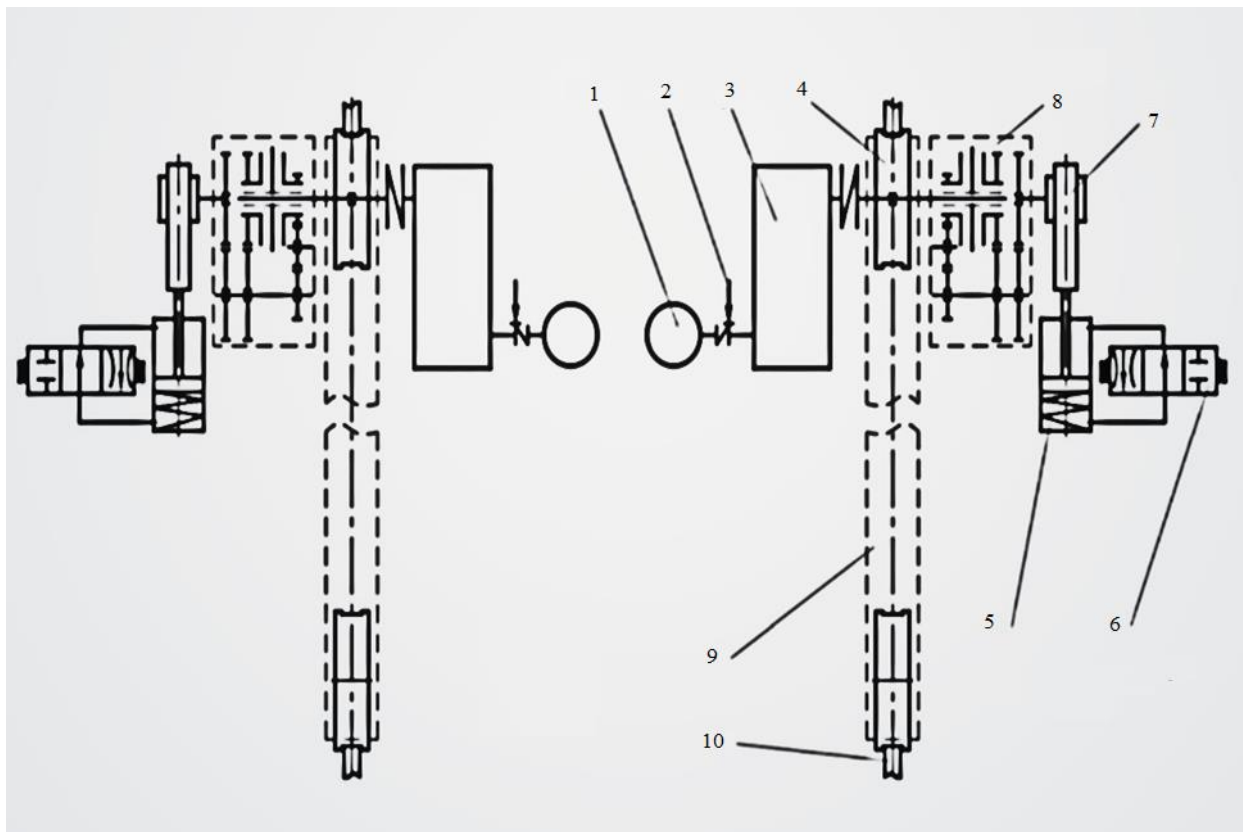


Рис. 3.6. Принципова схема установки пружинно-гидравлического тормоза с реверсивной передачей на мостовом кране с раздельным приводом:

1 – электродвигун механізму пересування; 2 – стоянково-аварійне гальмо (колодкове, дисково-колодкове або дискове нормально замкнене гальмо);

3 – редуктор; 4 – ходове колесо; 5 – пружинно-гидравлический тормоз;

6 – керуюча гідроапаратура; 7 – пари зубчаста рейка шестерня; 8 – керуюча передача пружинно-гидравлическим тормозом; 9 – кінцева балка мостового крана; 10 – підкранова колія

Розрядка пружинно-гидравлического тормоза (рисунок 3.7) відбувається при пуску крана або його стоянці. Муфта запуску займає нейтральне положення на валу, де вона розмикає шестірню, а гидравлическа система спрямовує потік рідини з порожнини штока в порожнину поршня. В результаті пружина розтискається і проходить розрядка гальма. Така конструкція дозволяє зменшити кількість пружинних гидравлических гальм без суттєвого ускладнення конструкції. Всі перераховані вище конструкції можуть бути використані на існуючих моделях мостових кранів та їх візків без серйозних

додаток при збереженні стандартного приводного та гальмівного обладнання. Також плавне наростання гальмівного моменту дозволяє зменшити величину динамічного навантаження на привід та металоконструкцію, продовжуючи цим термін служби крана.

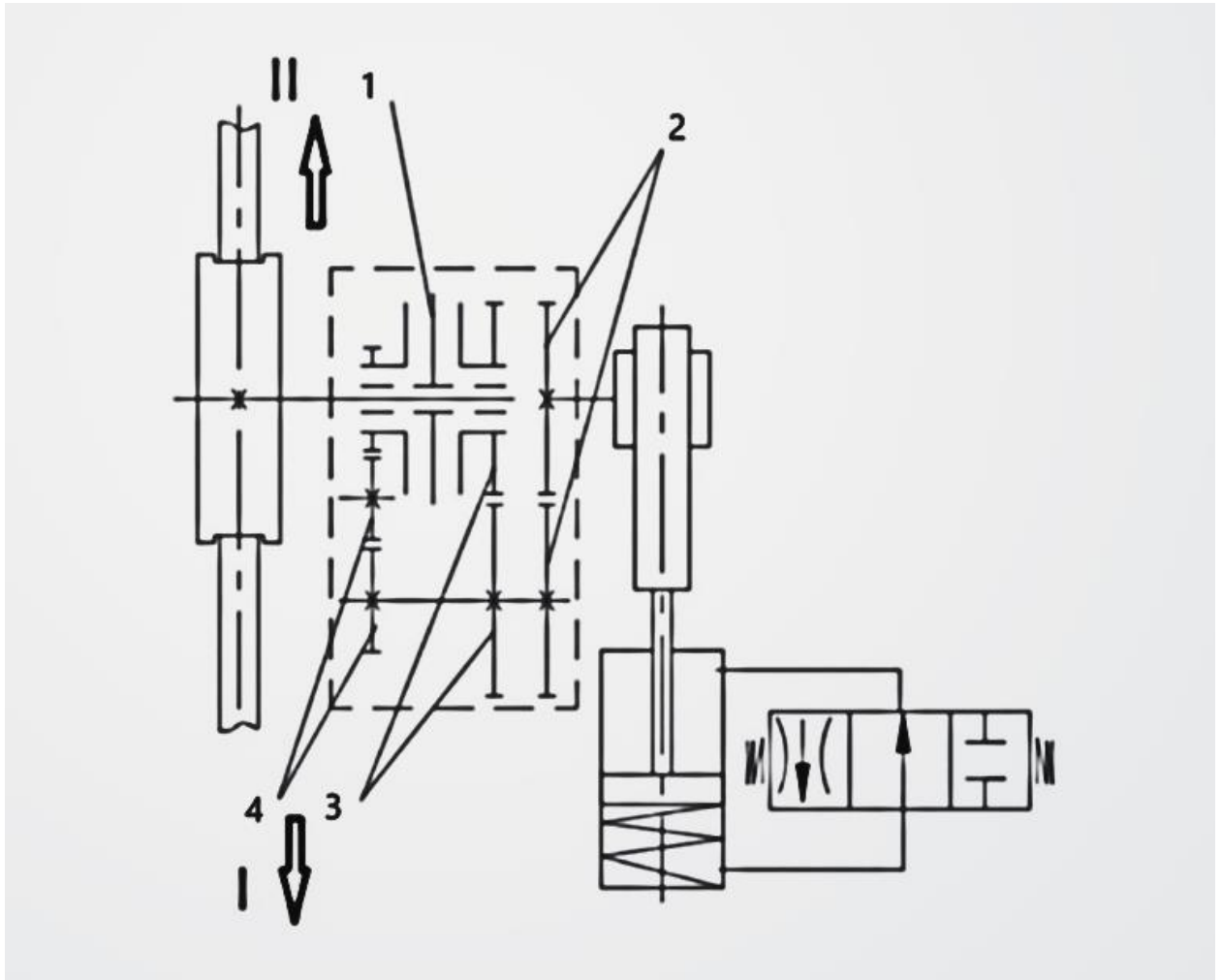


Рис. 3.7. Вузол керування пружинно-гідравлічним гальмом:

1 – муфта включення; 2 – пара шестерень постійного зачеплення;
3 – шестірні прямої передачі підключення гальма; 4 – реверсивна передача підключення гальма

3.3. Вплив конструктивних параметрів пружинно-гідравлічного гальма на динамічні навантаження у приводі

3.3.1. Визначення динамічних навантажень під час гальмування мостового крана

При гальмуванні мостового крана динамічне навантаження на привод та металоконструкцію залежить від гальмівного зусилля крана та характеру наростання цього зусилля. Гальмування - складний процес, що характеризується великою кількістю важливих та другорядних параметрів, які постійно змінюються від початку гальмування до зупинки механізму або машини. Найважливішими параметрами, які визначають безпеку процесу гальмування, є характер гальмівного зусилля P_t та його наростання залежно від нього: час гальмування крана – t_T прискорення гальмування крана – a_T , максимальне інерційне навантаження на металоконструкцію крана – P_m^{max} та рух крана і максимальне динамічне навантаження у механізмі пересування крана P_n^{max} .

Величина максимального динамічного навантаження на металоконструкцію крана P_m^{max} суттєво впливає на його надійність та довговічність. Це пов'язано з тим, що металеві елементи конструкції будуть руйнуватися через втому, якщо ці сили досягатимуть постійно високих значень. Під час гальмування особливу увагу слід приділяти загальному часу гальмування t_T та уповільнення a_T . З одного боку, ці параметри впливають на точність гальмування та загальний час циклу, а з іншого боку, надмірно швидке гальмування прискорює зношування та пошкодження елементів приводу. і металевих конструкцій, що також негативно впливають на умови праці кранівника через підвищений рівень вібрації.

Вихідними параметрами стандартного фрикційного гальма є час гальмування та гальмівний момент. При визначенні гальмівного моменту механізму, що рухається, необхідно забезпечити виключення ковзання ходових коліс по рейці (юз) в період гальмування. Щоб запобігти цьому, сила зчеплення з рейкою завжди повинна бути більшою, ніж сила гальмування

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коліс. Тому пружинно – гідравлічні гальма повинні надійно зупиняти кран без юза коліс.

Для кранів, вантажопідйомністю 20 т, номінальний гальмівний момент дорівнює $M_m = 424$ Нм. Для розрахунку максимального уповільнення щоб запобігти юзу коліс використовуємо формулу:

$$a_T = \left[\frac{z_{np}}{z_k} \left(\frac{\varphi}{1,2} - \frac{f \cdot d}{D_k} \right) + \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D_k} \right] \cdot g \quad (3.6)$$

$$a_T = \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,2}{1,2} - \frac{0,015 \cdot 0,12}{0,7} \right) + \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} + 0,015 \cdot 0,12}{0,7} \right] \cdot 9,81 = 0,84 \frac{m}{c^2}$$

Відповідно для запобігання юзу величина уповільнення не повинна перевищувати $0,84 \frac{m}{c^2}$

Технічні дані мостового крана занесені до таблиці 3.1

Табл 3.1

Технічні дані мостового крана

Технічні характеристики	Умовне позначення	Числове значення
Вантажопідйомність крана, т	Q	20
Проліт крана, м	L	28,5
Маса крана, т	$m_{кр}$	49
Висота підйому вантажу, м	H	8
Частота обертання ротора двигуна, $хв^{-1}$	n_d	705
Передатне відношення приводу пересування	U_m	12,64
Потужність двигуна механізму пересування, кВт	N	15x2
Діаметр ходового колеса, м	$D_{хк}$	0,7
Опір пересування крана, кН	PW	19
Номінальна швидкість пересування крана, м/с	V_k	2
Наведена до ходових коліс гальмівна сила приводу, кН	P_m	26

Допустиму величину гальмівну гальмівного шляху розраховую наступним чином:

$$S_t = \frac{2}{3} \cdot V_k^2 \quad (3.7)$$

$$S_t = \frac{2}{3} \cdot 2^2 = 2,67 \text{ м}$$

А мінімальний час гальмування розраховую наступною формулою:

$$t_T = \frac{V_k}{a_T} \quad (3.8)$$

$$t_T = \frac{2}{0,84} = 2,38 \text{ с}$$

Під час розрахунку основних параметрів та динамічних навантажень під час гальмування крана використовуємо систему диференціальних рівнянь які впливають з динамічної трьохмасової моделі (рис. 3.8).

$$\begin{cases} m_n \cdot \ddot{x}_n + C_n \cdot (x_n - x_k) + P_m \cdot (\ddot{z}_1, \ddot{z}_2 \dots \ddot{z}_n) = 0 \\ m_k \cdot \ddot{x}_k - C_n \cdot (x_n - x_k) + C_m \cdot (x_n - x_m) + P_w = 0 \\ m_m \cdot \ddot{x}_m - C_m \cdot (x_k - x_m) = 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

де m_n - наведена до ходових коліс маса обертових частин привода, кг;

m_k - маса мосту, наведена до переміщення кінцевих балок, кг;

m_m - наведена до середини прольоту маса середніх частин мосту й порожнього візка, кг;

P_m - наведена до поступального пересування крана гальмівна сила привода в різних режимах, Н;

P_w - сила статичного опору пересуванню крана, Н;

C_n - коефіцієнт жорсткості привода механізму пересування, наведений до ходових коліс, Н/м;

Рішення системи диференціальних рівнянь (3.9) знаходилося методом Рунге-Кутта з постійним кроком інтегрування.

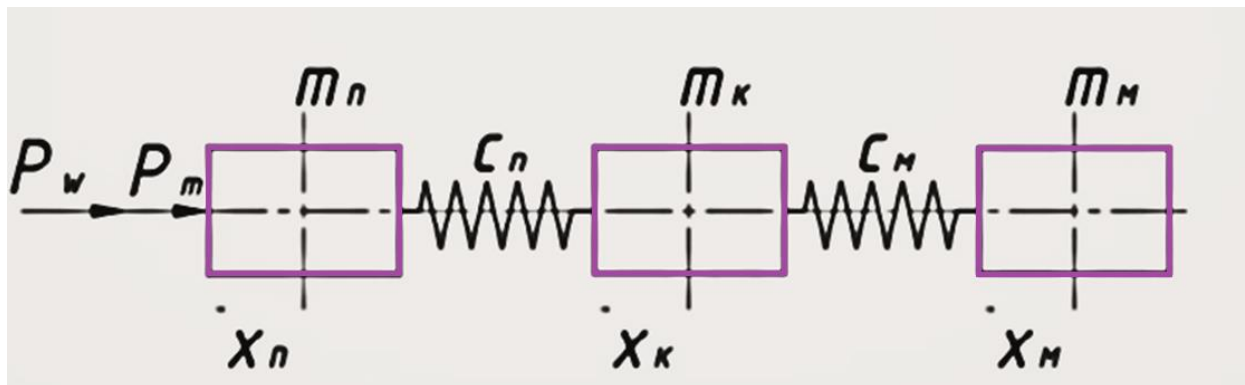


Рис. 3.8. Трьохмасова розрахункова динамічна модель мостового крана

3.3.2. Вплив жорсткості пружини на процес гальмування

Використання у конструкції пружинно-гідравлічного гальма лише однієї пружини призводить до значних габаритів гальма. Тому використовуються пакети пружин різної жорсткості, які, наприклад, встановлюються одна в іншу – концентрично або ж в іншій комбінації.

Пружини змінної жорсткості використовують у тих випадках, коли машина або механізм, під час експлуатації, змінює свою масу за різних факторів. На прикладі мостового крана можна сказати, що за рахунок пересування та періодичних зупинок, під час роботи, з вантажем чи без нього маса крана змінюється і тому раціонально буде використовувати саме таку пружину. Для коректності її роботи повинен змінюватися середній діаметр пружини так як і діаметр дроту, за рахунок цього, пружина отримає можливість змінювати свої характеристики згідно виконуваної роботи, тобто вона може бути як більш так і менш жорсткою, що допоможе компенсувати відсоток впливу від динамічного навантаження.

На рис. 3.9. зображено залежність прогресивної (змінної жорсткості) характеристики пружини до сили пружності, яка не пропорційна осіданню пружини, є прямою протилежністю від лінійної характеристики пружини.

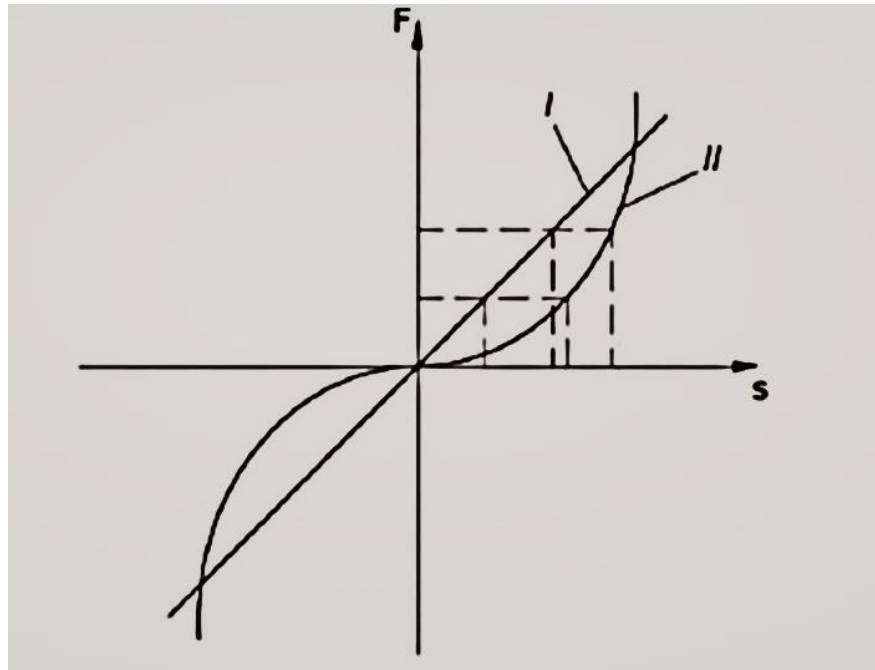


Рис. 3.9. Залежність сили пружності від осідання пружини з лінійною(I) і прогресивною характеристикою (II).

Під час аналізу впливу жорсткості пружини допустимо, що гідравлічна рідина перетікає з поршневої порожнини до штокової без додаткових зусиль, що не впливає на величину гальмівної сили та характеру її зміни. Тому сила гальмування P_t пружинно-гідравлічного гальма залежить від жорсткості пружини й може бути визначена по вираженню:

$$P_t = c_{\text{пруж}} \cdot x_i \quad (3.10)$$

де $c_{\text{пруж}}$ – жорсткість пружини в Н/м;

x_i – поточне осідання пружини, м.

За рахунок формули 3.9, аналіз жорсткості пружини різної жорсткості ведеться в діапазоні їх показника, а це від 2000 Н/м до 9000 Н/м, а також проходить паралельний аналіз пружин постійної жорсткості (рис. 3.10 – 3.12).

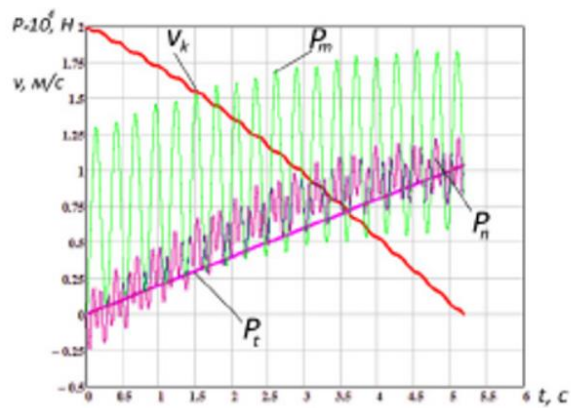


Рис. 3.10. Процес гальмування пружинно – гідравлічного гальма із пружиною постійною жорсткості $c_{\text{пружн}} = 2000 \text{ Н/м}$

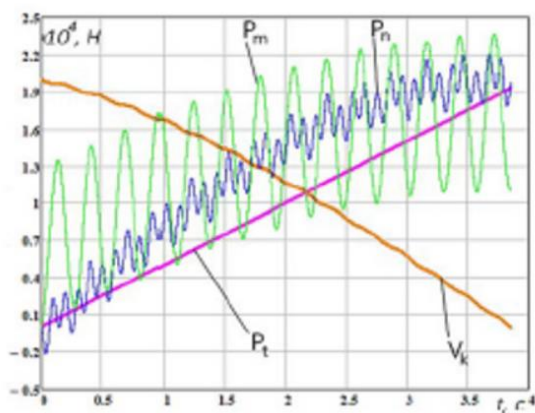


Рис. 3.11. Процес гальмування пружинно – гідравлічного гальма із пружиною постійною жорсткості $c_{\text{пружн}} = 5000 \text{ Н/м}$

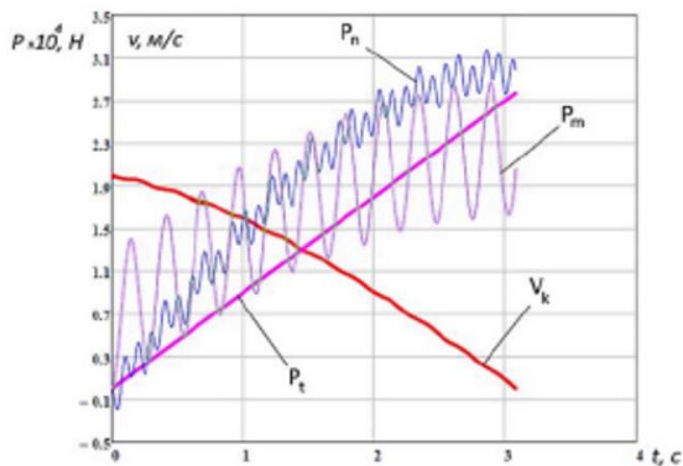


Рис. 3.12. Процес гальмування пружинно – гідравлічного гальма із пружиною постійною жорсткості $c_{\text{пружн}} = 9000 \text{ Н/м}$

Відповідно до графіків, на рис. 3.10-3.12, якщо розглядати пружини з постійною жорсткістю (лінійної характеристики), можна помітити, що під час

підвищення жорсткості пружини, динамічні зусилля в приводі крана значно зростають, також це відноситься і до горизонтальних зусиль. При цьому час гальмування зменшується.

3.3.3. Вплив гідравлічного опору на процес гальмування

Опір в трубопроводі та гідравлічне обладнанні складають опір в гідравлічній частині пружинно – гідравлічного гальма, а гідравлічні втрати на пряму залежать від величини самого гідравлічного опору. Величина гідравлічного опору обернено пропорційна величині втрат при спрацьовуванні пружинно-гідравлічного гальма.

Втрати тиску на прямих ділянках трубопроводу:

$$\Delta p_{\text{пр}} = \frac{\lambda \cdot l \cdot V_{\text{ж}}^2 \cdot \rho_{\text{ж}}}{2 \cdot d_y \cdot 10^6} \quad (3.11)$$

де l – довжина трубопроводу, м;

$V_{\text{ж}}$ – швидкість плинину рідини в трубопроводі, м/с;

d_y – умовний прохід;

ρ - щільність рідини, кг/м³;

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя рідини.

Сумарні втрати в гідросистемі

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{ап}} + \Delta p_{\text{м}} \quad (3.12)$$

де $\Delta p_{\text{тр}}$ – втрати тиску по довжині трубопроводу;

$\Delta p_{\text{ап}}$ – втрати тиску в апаратах;

$\Delta p_{\text{м}}$ – втрати тиску на перехідних ділянках.

Місцеві втрати в гідросистемі

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_m = 0,21 \cdot \frac{Q^2}{d_y^2} \cdot \sum \xi \quad , \quad (3.13)$$

де Q – втрати рідини, л/хв;

d_y – умовний прохід, мм;

ξ – місцеві втрати.

Втрати в устаткуванні

$$\Delta p_{уст} = \Delta p_{обл_1} + \Delta p_{обл_2} + \dots + \Delta p_{обл_n}, \quad (3.14)$$

де $\Delta p_{обл_2} + \dots + \Delta p_{обл_n}$ – втрати тиску в регульованому гідравлічному клапані тиску, зворотному клапані та розподільнику, мПа.

Від величини гідравлічного опору буде повністю залежна сила опору на штоці пружинно – гідравлічного гальма:

$$P_{гидр} = \Delta p \cdot S_n, \quad (3.15)$$

де Δp – сумарні втрати в гідросистемі, мПа;

S_n – площа поршня пружинно – гідравлічного гальма, мм.

За допомогою системи керування гідроприводу можна отримати показник гальмівної сили та характер її зміни пружинно – гідравлічного гальма. Завдяки цьому гідравлічний привід виконує силову та замикаючу функцію, яка дозволяє створити гальмівну силу або частину при спільній роботі з пружиною. Таким чином, використовуючи гідравлічного опору для створення гальмівної сили дозволяє зменшити масу та габарити пружини та її жорсткість, що дозволяє зменшити вплив динамічних навантажень, тобто є можливість використовувати пружину з лінійною характеристикою.

При такій взаємодії пружини та гідравлічного опору, сила розраховується наступним чином:

$$P_t = P_{пруж} + P_{гидр} = (c_{пруж} \cdot x_i) + (\Delta p_i \cdot S_n), \quad (3.16)$$

де $P_{пруж}$ – гальмівна сила, що створюється пружиною, Н;

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{\text{гидр}}$ – гальмівна сила, що створюється гідравлічним опором, Н.

Також представлено графік процесу гальмування на рис. 3.13. пружинно – гідравлічного гальма з використанням автоматичного нерегульованого золотника. Можна побачити, під час старту гальмування трапляється невеликий випіл гальмівної сили, величина якої складає 10000 Н, яке з часом супроводжується плавним збільшенням сили, що переходить до постійного значення під час всього періоду гальмування. При розрахунках Δp не враховується, тому що клапан золотника спрацьовує миттєво.

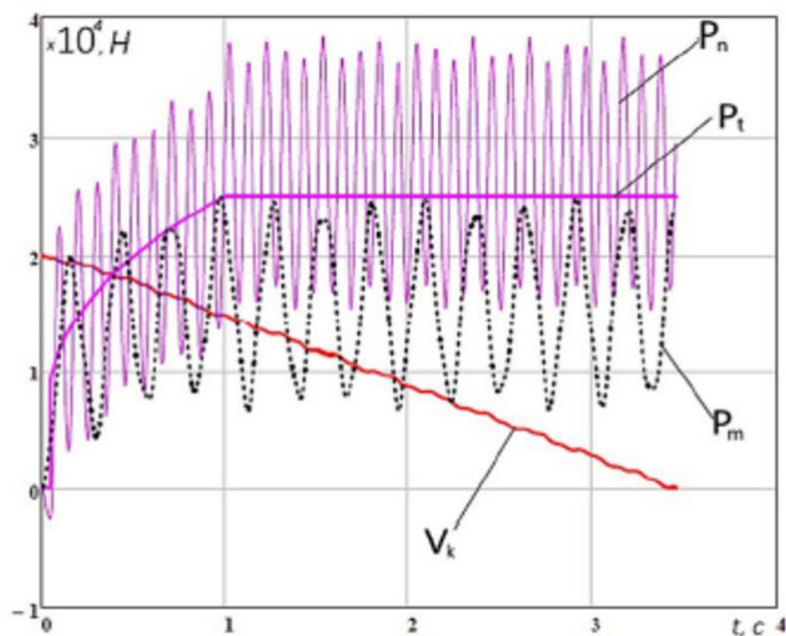


Рис. 3.13. Процес гальмування пружинно – гідравлічного гальма за рахунок гідравлічного опору

На початковому етапі спостерігається випіл динамічних сил, які визвані інертністю клапана золотника що відкривається з наступним рідом та стабілізацією гальмівної сили.

3.3.4. Аналіз процесу гальмування крана колодковим і пружинно-гідравлічним гальмом

Динамічними навантаженнями, які виникають на металоконструкціях крана при гальмуванні можна оцінити ефективність роботи пружинно – гідравлічного гальма. За допомогою рівняння 3.9, методом Рунге – Кутта розрахована система диференціальних рівнянь для колодкових гальм з

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

пружинно – гідравлічним гальмом із пружиною постійної жорсткості та на рис. 3.14. представлені результати гальмування цими видами гальм.

Аналізуючи отримані графіки ми бачимо, що з номінальної швидкості, штатного гальма, 2 м/с повна зупинка трапляється за 2,75 с, максимальне навантаження приводу складає 50420 Н, а металоконструкції 40100 Н (рис. 3.14(а)). При пружинно – гідравлічному гальмі (рис. 3.14(б)), маючи пружину жорсткістю 1000 Н/м, повна зупинка складає 6,09 с враховуючи номінальну швидкість. Максимальне навантаження приводу складає 7703 Н, а металоконструкції 15960 Н

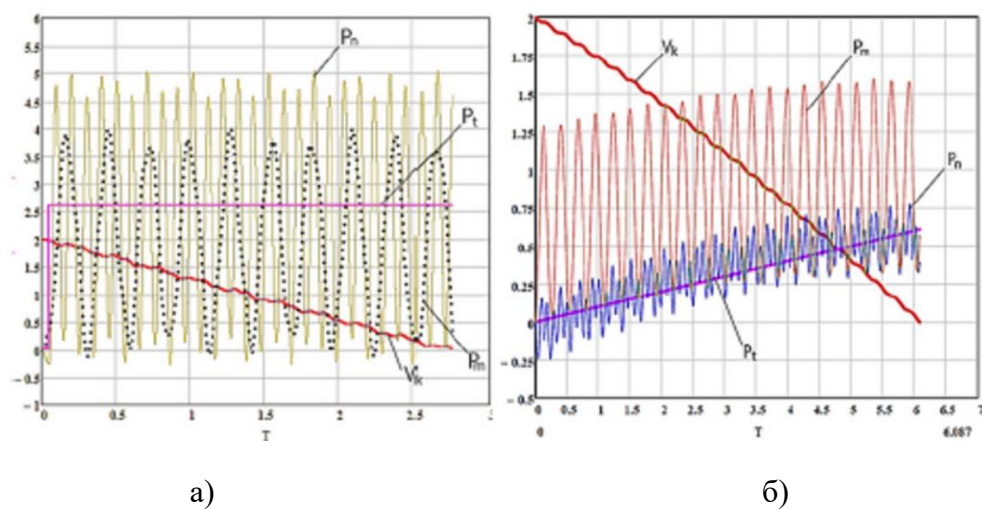


Рис. 3.14 – Процес гальмування крана:

а) колодковим гальмом з гальмівним моментом $M = 424 \text{ Нм}$ ($P_t = 26000 \text{ Н}$);

б) пружинно – гідравлічним гальмом із пружиною постійної жорсткості

$$c_{\text{пруж}} = 1000 \text{ Н/м.}$$

Пружинно – гідравлічне гальмо дозволяє зменшити максимальні динамічні навантаження (суттєво), але при цьому збільшується час гальмування та гальмівного шляху до 6,5 м.

4 ВИМОГИ ЩОДО БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНИХ МАШИН

4.1 Вступ

Сучасне життя неможливо уявити без вантажопідйомного обладнання і техніки. У будівництві, промисловості, майстернях, на відкритих майданчиках та скрізь таке обладнання використовується для ремонту пошкоджених ліній електропередач та ліквідації наслідків як природних, так і техногенних катастроф.

Звичайно, всі машини є об'єктами підвищеної небезпеки, тому безпечне використання вантажопідйомних механізмів потребує дотримання певних правил охорони праці. Такі правила зібрані та викладені у НПАОП [19].

Окрім цього існує дуже багато і зовнішніх факторів, які теж можуть безпосередньо впливати як на роботу персоналу так і на роботу механізмів крану так і самої машини в цілому.

4.2 Дії та вимоги до працівників і обладнання під час виконання роботи

4.2.1 Дії шкідливих факторів при обслуговуванні вантажопідйомних машин

Відповідно до НПАОП 0.00-1.80-18 "Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідйомальних кранів, підйомальних пристроїв і відповідного обладнання" [19] робота з вантажопідйомальними кранами повинна відповідати вимогам дійсного законодавства з питань охорони праці.

Правила мають досить великий обсяг, відносно до ПТМ і обладнання, і якщо нехтувати ними, можуть бути небезпечні для життя наслідки. Окрім цього, присутні і зовнішні фактори, які впливають на стан здоров'я членів бригади об'єкта або робочого місця крана. Візьмемо на прикладі машиніста, які небезпечні фактори діють під час його роботи відповідно до «Правил...» [19].

					ДІП.480000.101.КРПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На машиніста крана, під час експлуатації крана, діють шкідливі виробничі фактори такі як: шум, вібрація, іонізуючі випромінювання та шкідливі речовини у повітрі які залежать від зони розташування. Також можливі дії вірусів, інфекцій, що передаються через кров, біологічні рідини. Сукупність цих факторів спричиняють порушення нормальної життєдіяльності машиніста, з причини викликання гострих та хронічних захворювань.

Тому відповідно дійсного законодавства з питань охорони праці, під час робочої зміни, проводиться: чергування праці і відпочинку, виробнича гімнастика, правила гігієни які викликані особливістю праці за даною професією.

Вимоги до опалення, вентиляції та кондиціонування повітря виробничих, та робочих місцях робітників, правила та рекомендації щодо експлуатації систем опалення та вентиляції.

Також до факторів відносяться види освітлення: природне, штучне, робоче та аварійне освітлення до яких прикладаються вимоги і рекомендації під час експлуатації крана.

До випадків поранення або отримання травм, на підприємстві передбачене санітарно-побутове забезпечення працівників.

Для запобігання розвитку різних захворювань також передбачені щорічні медичні огляди працюючих осіб.

4.2.2 Небезпечні зони роботи вантажопідійомних машин

Приведено вимоги при виконанні кранових робіт, відповідно до НПАОП 0.00-1.80-18, в небезпечних зонах, а саме біля краю укосів і котлованів (рис. 4.1.) та біля лінії електропередач (рис. 4.2.)

					ДІП.480000.101.КРПЗ	Арк
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

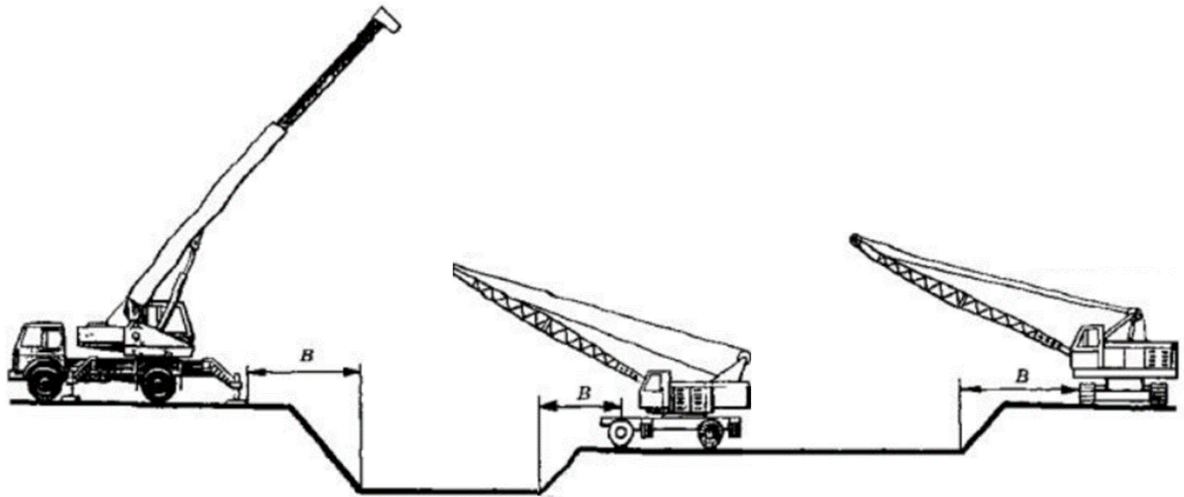


Рис. 4.1. Установка стреловых кранів біля краю укосів котлованів, траншей і інших виїмок:

B – відстань між опорою крана та відкосу виїмки від 1 до 6 м.

Установлення стрілового крана слід проводити так, щоб при роботі відстань між поворотною частиною крана в будь-якому його положенні і будовами, штабелями вантажів і іншими предметами складало не менше 1000 мм.

При необхідності установки стрілового крану на виносні опори за вимогами встановлюється на всі наявні опори без винятку. Під опори повинні бути покладені міцні і стійкі інвентарні підкладки.

Стрілові крани на краю укосу канави (рис. 4.1) встановлюють з дотриманням відстаней, вказаних в таблиці 4.1. При глибині котловану більше 5 м і при неможливості дотримання цих відстаней укис повинен бути укріплений відповідно правил.

В охоронній зоні високовольтних ліній електропередач робота крана особливо небезпечна для обслуговуючого персоналу, тому всі роботи по переміщенню вантажів повинні проводитися тільки у виняткових випадках і при суворому дотриманні вимог, передбачених «Правилами охорони високовольтних електричних мереж». До обов'язків особи, відповідальної за проведення робіт з переміщення вантажів краном в охоронній зоні лінії

електропередачі, входить проведення спеціального інструктажу на робочому місці з охорони праці для машиніста і бригади такелажників.

Табл. 4.1.

Мінімально допустимі відстані між опорою крана та відкосу виїмки

Глибина котловану, м	Ґрунт				
	пісчаний, гравійний	супісь	суглинок	льос	глина
1	1.5	1.25	1	1	1
2	3	2.4	2	2	1.5
3	4	3.6	3.25	2.5	1.75
4	5	4.4	4	3	3
5	6	5.3	4.75	3.5	3.5

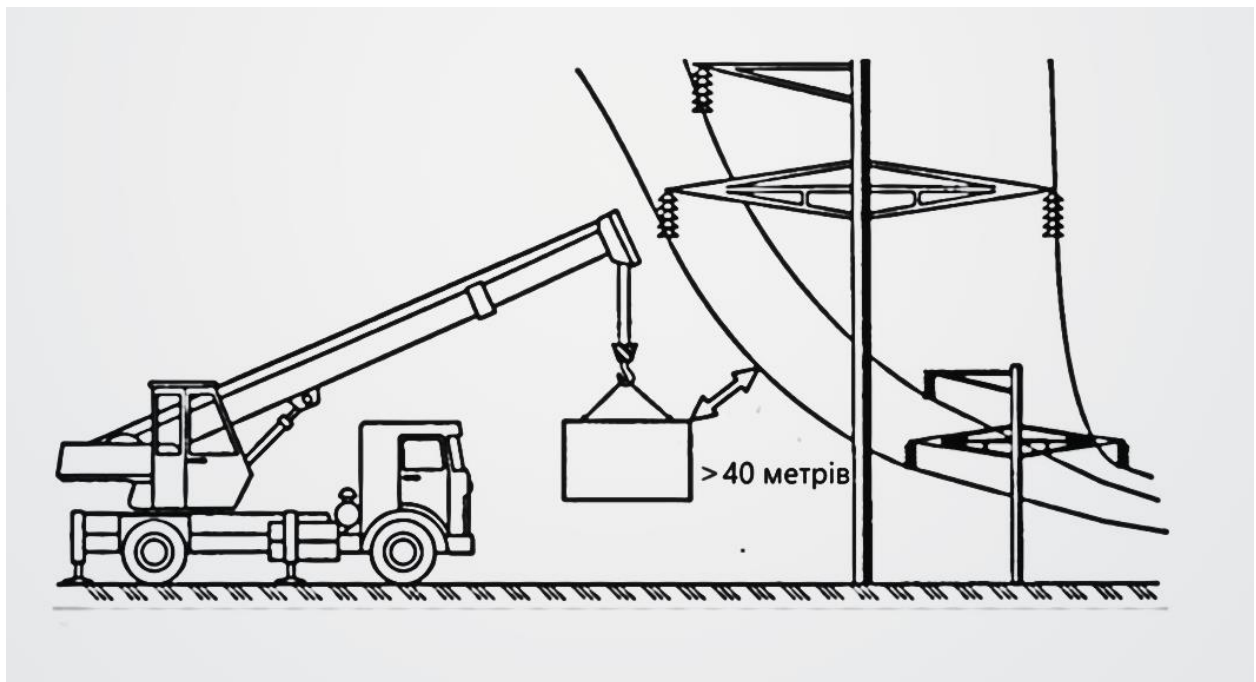


Рис. 4.2. Схема розташування крана біля ліній електропередач

4.2.3 Порядок допуску обслуговуючого персоналу до роботи

Порядок проведення навчання, перевірки знань, інструктажів з питань охорони праці, проведення стажувань, допуску до дублювання та самостійної роботи працівників підприємств регламентується «Типовим положенням про навчання та перевірку знань працівників з питань охорони праці» НПАОП 0,00-Регламентується 4.12. -05 (далі - положення) [21] та ДСПТО 8333.ОІ.45.20-2013 "Державний стандарт професійно-технічної освіти" [23]. Щоб не допустити помилок у практичній роботі, підприємство встановлює, відповідно до нормативних актів послідовність цих процедур із новоприйнятим співробітником. У Положенні визначено послідовність процедур при прийнятті працівника на роботу.

Після навчання та атестації видаються посвідчення, що дають право виконувати ті чи інші роботи з обслуговування кранів. Допуск до роботи кранівників та інших осіб, які обслуговують крани, повинен оформлятися наказом по цеху або підприємству. Перед допуском їх до роботи видається виробнича інструкція, з якою працівники повинні ознайомитися до початку работ. У посвідченнях кранівників та стропальників повинні бути фотокартки.

Подальшу перевірку знань осіб, які обслуговують крани, слід проводити періодично - не рідше одного разу на рік, а також при переході з одного підприємства на інше і на вимогу інженерно-технічних працівників з нагляду за вантажопідйомними машинами або інспектора. При наступних перевірках знань присутність інженера-контролера необов'язково.

Результати атестації та перевірки знань обслуговуючого персоналу оформляють протоколом і заносять в журнал перевірки знань.

Незалежно від терміну навчання, робітники повинні пройти стажування по роботі на крані терміном не менше одного місяця під керівництвом досвідченого кранівника. До управління електричним мостовим краном допускаються особи, які мають спеціальні знання і практичні навички роботи на крані.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.4 Вимоги до обладнання

Відповідно НПАОП 0.00-1.80-18 [19] до елементів вантажопідійомних машин поставлена низка вимог які виконуються для отримання відповідного дозволу для експлуатації кранів.

У механізмів підіймання та висування повинні бути обладнані гальмами нормально закритого типу, які автоматично розмикаються під час запуску механізму та автоматично замикаються під час його вимкнення, або іншими пристроями, що доводитимуть вірогідність мимовільного їх спрацювання.

Гальма повинні мати кінематичний зв'язок, що не розмикається, з барабанами і забезпечувати гальмівний момент із коефіцієнтом запасу гальмування не менше ніж 1,5. Гальма мають бути захищені від потрапляння мастила і вологи.

У механізмах підіймання та висування з гідроциліндром має бути передбачений пристрій (зворотний клапан), який виключає можливість опускання (переміщення) робочої платформи у разі падіння тиску в гідроприводі.

Механізми підіймання та висування з ручним приводом обладнуються вантажоупорними гальмами.

Механізм повертання мобільного підйомника має бути самогальмівний або обладнаний гальмом з коефіцієнтом запасу гальмування не менше ніж 1,5.

Причіпні підйомники і підйомники на спецшасі мають бути обладнані стоянковим гальмом.

Кабіна машиніста або пост керування повинні розташовуватись в такому місці, щоб машиніст міг спостерігати за зачіплюванням вантажу, тобто видимості не заважали додаткові елементи конструкції або будівлі, а також за вантажозахоплювальним органом і вантажем протягом повного робочого циклу. Виняток може бути допущений для баштових, самохідних стрілових із баштово-стріловим обладнанням, кабельних, спеціальних і порталних кранів.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У кабіні вантажопідіймального крана має бути забезпечений вільний доступ до розташованого в ній обладнання.

Вантажопідіймальні крани та машини з машинним приводом мають бути обладнані обмежниками робочих рухів (кінцевими вимикачами). Вантажопідіймальні крани та машини з машинним приводом мають бути обладнані обмежниками робочих рухів (кінцевими вимикачами) для автоматичної зупинки.

Ходові колеса вантажопідіймальних кранів і машин з машинним приводом та їх вантажних візків виготовляються із сталі, а для автомобільних кранів з високоякісної гуми. Дозволяється застосовувати ходові колеса, виготовлені з високоміцного чавуну з графітом, у вантажопідіймальних кранах і машинах із ручним приводом - з чавунного литва, а також з інших матеріалів (поліуретан, поліамід тощо).

Гаки вантажопідіймальністю понад 3 т (за винятком гаків кранів спеціального призначення) установлюються на закритих опорах кочення із застосуванням упорних підшипників. Кріплення кованого та штампованого гака вантажопідіймністю 5 т і більше, а також вилки пластинчастого гака в траверсі має надавати надійності та не допускати довільне відкручування гайки, для чого вона закріплюється стопорною планкою.

Механічне обладнання вантажопідіймальних кранів і машин з кулачковими та іншими механічними пристроями для вмикання або перемикання швидкостей робочих рухів, мають бути виконані таким чином, щоб довільне вмикання або роз'єднання механізму було неможливе.

4.2.5 Пожежна безпека

У виробничих умовах, а також при виконанні ремонтно-монтажних робіт при порушенні протипожежних заходів не виключено виникнення вогнищ загоряння, які можуть перетворитися в пожежу.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому відповідно до НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні" [22], основні вимоги протипожежних заходів на будь-якому підприємстві включають до себе:

- робочі місця, проходи і проїзди необхідно утримувати в чистоті;
- промаслений обтиральний матеріал збирається та закривається в залізні ящики і щодня прибираються з цеху, до місця встановленого підприємством;
- у цехах забороняється зберігати бензин, гас, нітрофарби, масло та інші легкозаймисті та горючі рідини;
- для зберігання спецодягу облаштовуються спеціальні приміщення, де забруднений, промаслений спецодяг зберігається в залізних шафах у розгорнутому вигляді;
- на підприємстві, у кишенях забороняється залишати промаслене ганчір'я і ганчірки;
- на пожежо та вибухонебезпечних ділянках підприємства вивіщується попереджувальний плакат «Палити забороняється». Паління дозволяється тільки в спеціально відведених місцях, де є урни або бочки з водою для недопалків. У цих місцях встановлюють напис «Місце для паління». На багатьох передових підприємствах прийняли більш рішучі заходи і перед входом встановили плакат «На території заводу курити заборонено».

Для кранівника пожежа на крані особливо небезпечна по причині відсутності шляху для відступу при поширенні пожежі, та важко надати допомогу за причини висоти крана.

Пожежі на кранах іноді виникають внаслідок несправностей електрообладнання. Найчастіше горять обмотки гальмових електромагнітів змінного струму, що перегріваються при поганому з'єднанні якоря магніту з сердечником. Рідше займаються обмотки електродвигунів. Але такі пожежі, що мають малий обсяг і межі, тривають 2-3 секунди і гаснуть самі при відключенні струму. Для гасіння пожежі на крані застосовують переносний вогнегасник типу ОУ-5 і ОУ-8

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Не можна допускати прямого нагріву балона сонячними променями або іншими джерелами теплоти щоб уникнути підвищення тиску в балоні, розриву запобіжної мембрани і передчасного викиду вуглекислого газу. Не рідше трьох разів на місяць треба виробляти масовий контроль заряду. При зменшенні заряду на 10% в порівнянні з нормою необхідно усунути несправність і доповнити заряд до норми. Через 12 міс рекомендується зробити новий заряд. Вогнегасник повинен бути опломбований.

Не можна допускати потрапляння на вентиль бензину, масла, вологи і прикладати фізичну силу до балона.

Застосовування вогнегасників на пінній основі на кранах неприпустимо, тому що піна є провідником електричного струму, що може призвести до ураження електричним струмом людини, яка використовує вогнегасник. Крім того, піна містить їдкі речовини і при попаданні на працюючих може призвести до опіків шкіри та псування одягу.

4.3 Висновки

В розділі 4 представлено загальні вимоги к допуску до праці робітників та під час виконання регламентних робіт які відносяться до підйомно – транспортних машин і обладнання. Також було проаналізовано, які небезпечні фактори впливають на роботу кранової бригади, інформацію щодо небезпечних зон вантажопідйомних машин і вимоги до робочого персоналу під час виконання робіт.

Було проаналізовано та вказано, в якому стані повинно бути обладнання і робоче місце робітника.

Під час роботи на підприємстві пропоную виділяти одну або декілька годин на місяць спілкування працівника з психологом з питань стану його емоційного стресу та самопочуття під час роботи, або після неї. Це допоможе підвищити його ефективність та мотивацію під час роботи, а також знизиться коефіцієнт відносної зміни кадрів з причин зменшення моральної втоми від роботи

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі, було проведено аналіз впливу динамічних навантажень на елементи конструкції кранових гальм з використання пружинно – гідравлічного гальма. Наведено графіки залежності роботи кранових гальм відносно часу та сили, що діє на металоконструкції та елементи приводу крана.

Проведено аналіз класифікації кранових гальм та шляхів їх покращення за рахунок дослідницької діяльності, а також окремо розглянуті фрикційні гальма різного типу а саме: колодкові, дискові та стрічкові гальма.

Таким чином було встановлено, що під час використання пружинно – гідравлічного гальма при постійній жорсткості або змінній, значно зменшується вплив динамічного навантаження, але при цьому збільшується час гальмування та відстань гальмування.

Проаналізовано відповідні вимоги щодо безпечної експлуатації кранових гальм діючих нормативних документів та безпеки кранівників при роботі у зоні підвищеної небезпеки.

					ДІПТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вудвуд О.М. Обґрунтування конструктивних параметрів пружинно-гідравлічного гальма мостових кранів/ О.М. Вудвуд. – 2019.– 171 с.
2. Казак С.А. Безотказность и усталостная долговечность подъемнотранспортных машин / С. А. Казак. –1989. – 160 с.
3. Будиков Л. Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа : монография / Л. Я. Будиков. – Луганск : Изд-во СНУ им. В. Даля, 2003. – 210 с.: ил.
4. Александров М. П. Тормоза подъёмно-транспортных машин / М. П. Александров. – М. : Машиностроение, 1976. – 383 с.
5. Шишков Н. А. Надёжность и безопасность грузоподъёмных машин / Н. А. Шишков. – М. : Недра, 1990. – 252 с.
6. Тормозные устройства : справочник / М. П. Александров, А. Г. Лысяков, В. Н. Федосеев, В. Н. Новожилов ; под общ. ред. М. П. Александрова. – М. : Машиностроение, 1985. – 312 с.
7. Тормозные устройства / А. И. Вольченко, З. А. Сочавский, И. Ф. Низол, С. И. Михаловский. – Луганск : Луганский рабочий, 1993. – 289 с. 145
8. Пат. 2295067 С2 РФ, МПК F16D 49/08. Двухступенчатый ленточно-колодочный тормоз с радиально подвижными накладками в шкиве / Д. А. Вольченко ; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. нац. техн. ун-т нефти и газа. – № 2005100750/11 ; заявл. 13.01.2005 ; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7.
9. Вольченко Н. А. К вопросу оптимизации конструктивных параметров пар трения дисково-колодочного тормоза / Н. А. Вольченко, А. В. Возный, О. Б. Стадник, А. Н. Вудвуд // Проблемы тертя та зношування. – 2015. – № 3. – С. 21–30.
10. Бежок Г. В. Оптимизация процесса торможения мостового крана с помощью управляемого электромагнитного тормоза : автореф дис. ... канд. техн. наук : 05.05.05 – Подъемно-транспортные машины / Г.В. Бежок. – Харьков, 1984. – 25 с.
11. А. с. 1180350, В 66 D 5/26. Система управления тормозом шахтной подъемной машины / А. Г. Степанов, А. И. Новиков, А. А. Зайлер – № 3654467/27-11; заявл. 26.10.83; опубл. 23.09.85. Бюл. № 35.
12. Nosko A. The evaluation of friction pair heat duty of brake devices / A. Nosko, A. Sokolov // Proceedings of the International Tribology Conference. – Nagoya, 1990. – P. 1497–1502.

13. Nosko A. L. Surface temperature measurement with tape-type thermocouples / A. Nosko, Y. Kimura // Proceedings of the 6th Nordic Symposium on Tribology. – Uppsala, 1994. – P. 613–620. 149

14. Лобов Н. А. Динамика передвижения кранов по рельсовому пути : учеб. пособие / Н. А. Лобов. – М. : – 232 с. : ил.

15. Ловейкін В. С. Встановлення адекватності математичних моделей режимів руху кранових механізмів / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич // Підйомно-транспортна техніка. – 2015. – № 2. – С. 4–12.

16. Базил Ш. Управление электроприводом циклически работающих механизмов горизонтального перемещения : дис. ... канд.техн.наук : 05.09.03 / Ш. Базил ; Одес. политехн. ин-т. – Одесса, 1993. – 186 с.

17. Вудвуд А. Н. Способ повышения эффективности торможения механизма передвижения мостового крана / А. Н. Вудвуд // Підйомно-транспортна техніка. – 2018. – № 1. – С. 76–81.

18. Семенюк В. Ф. Оценка влияния характера силы торможения мостового крана на величину динамических нагрузок / В. Ф. Семенюк, А. Н. Вудвуд. // Подъемные сооружения. Специальная техника. – 2018. – № 11. – С. 15–17.

19. НПАОП 0.00-1.80-18 “ Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання”. 19.01.2018/наказ №62/ Держ.комітет України з нагляду за охороною праці // Зареєстр. Мін’юст. України / 27.02.2018 / № 44/31696.

20. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12)

21. НПАОП 0.00-4.12-05 "Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці".-26.01.2005/ Наказ №15 / Держ.комітет України з нагляду за охороною праці // Зареєстр. Мін’юст. України / 15.02.2005 / №231 / 10511.

22. НАПБ А.01.001-2014 "Правила пожежної безпеки в Україні". – 30.12.2014/Наказ №1417/ Держ.комітет України з нагляду за охороною праці // Зареєстр. Мін’юст. України/ 05.03.2015/№252/26697.

23. ДСПТО 8333.ОІ.45.20-2013 "Державний стандарт професійно-технічної освіти".

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. «Правила охорони високовольтних електричних мереж». – 04.03.1997/Наказ №209/ Кабінет Міністрів України.

25. Васильєв Д. С. Динамічні навантаження під час гальмування механізму підйому вантажопідйомних кранів. Молода академія 2022 : тези доп. всеукраїнської науково-технічної конф. студентів і молодих учених, м. Дніпро, 19-20 травня 2022 р. – Дніпро, 2022. – С. 77.

					ДІТ.480000.101.КРПЗ	Арк
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		