

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Модернізація механізму пересування візка
консольного крана

Виконав: студент IV курсу, групи 401-ММ
напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальність _____)

Бондал С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лютенко В. Є.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Винников Ю .Л.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2026 року

Модернізація механізму пересування візка консольного крана

Кваліфікаційна робота бакалавра

Лист затвердження

ГММ.401-ММ.003-00.00.000 КРБ - ЛУ

Розробив студент групи 401-ММ

С.І.Бондал С.І.Бондал

„17” червня 2026 р.

Керівник к.т.н., .с.н.с.

В.Є. Лютенко В.Є. Лютенко

„17” червня 2026 р.

Технологічний контроль к.т.н., доц.

О.С. Васильєв О.С. Васильєв

„17” червня 2026 р.

Нормативний контроль к.т.н., доц.

О.С. Васильєв О.С. Васильєв

„17” червня 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми

к.т.н., доц. О.С. Васильєв О.С. Васильєв

„17” червня 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки

к. т. н., доц.

О.В. Орисенко О.В. Орисенко

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
<i>Документація загальна</i>						
<i>Вперше розроблена</i>						
A4			ГММ.401-ММ.003-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1	
A4			ГММ.401-ММ.003-00.00.000А	Анотація	2	
			ГММ.401-ММ.003-00.00.000ВЗ	Кран консольний з механізмом пересування візка		
				Вигляд загальний	1	
A4			ГММ.401-ММ.003-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка	66	
<i>Документація наукова</i>						
<i>Вперше розроблена</i>						
A1			ГММ.401-ММ.003-00.00.000НК1	Визначення частот власних коливань механізму пересування візка крана		
				Наукове креслення	1	
A1			ГММ.401-ММ.003-00.00.000НК2	Динаміка механізму пересування візка крана. Розрахункова схема		
				Наукове креслення	1	
A1			ГММ.401-ММ.003-00.00.000НКЗ	Динаміка механізму пересування візка крана		
				Графіки		
				Наукове креслення	1	
<i>Документація технологічна</i>						
A1			ГММ.401-ММ.003-00.00.000ТП	Технологічний процес виготовлення пальця	1	
ГММ.401-ММ.003-00.00.000ВП						
Зм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата		
Розроб.	Бондал		<i>СВ</i>	14.06		
Перев.	Лютенко		<i>Лют</i>	17.06		
Н.контр.	Васильєв		<i>Вас</i>	12.06		
Затв.	Орисенко		<i>Орис</i>	15.06		
Модернізація механізму пересування візка консольного крана					Літ.	Лист
Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра					Н	1
Копіював					Формат А4	
Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра					НУ "Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка", ННІ ІТР, 2026 р.	

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра Галузевого машинобудування та мехатроніки

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки

О.В. Орисенко
“03” березня 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Бондалу Сергію Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація механізму пересування візка консольного крана.
керівник проекту (роботи) Лютенко Василь Єгорович, к.т.н, с. н. с.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом проекту (роботи) “19”червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Виконати конструкторські розрахунки механізму пересування візка крана зі швидкістю пересування вантажу 0,3 м/с. Дослідити механізм пересування візка крана зі швидкістю пересування вантажу 0,3 м/с і визначити його динамічні навантаження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Огляд стаціонарних поворотних кранів. 2 Конструкторський розділ. 3 Науковий розділ. Визначення частот власних коливань та дослідження динаміки механізму пересування візка крана. 4 Технологічна частина. Розроблення технологічного процесу на виготовлення пальця.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення загального вигляду крана 1×А1; технологічний процес на виготовлення пальця 1×А1; плакати до наукового розділу 3×А1. Усього 5 листів А1.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина Кваліфікаційної роботи бакалавра	Лютенко В.Є., к.т.н., с.н.с, доцент кафедри галузевого машинобуду- вання та мехатроніки		

7. Дата видачі завдання “_03_” березня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	03.03.26	
2	Теоретичні дослідження	10.04.26	
3	Розрахунки на ПК в MathCad	20.04.26	
4	Розрахунки основних параметрів і конструювання крана. Виконання креслень	15.05.26	
5	Оформлення слайдів	28.05.26	
6	Виправлення зауважень та оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра та креслень	10.06.26	
7	Представлення готової роботи на кафедрі	19.06.26	

Студент


 (підпис)

С.І. Бондал
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)

В.Є. Лютенко
 (прізвище та ініціали)

Гарант


О.С. Васильєв

АНОТАЦІЯ

С. І. Бондал. Модернізація механізму пересування візка консольного крана.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування, – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

В кваліфікаційній роботі бакалавра модернізовано та досліджено механізм пересування візка крана і отримані значення сил в його ланках.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра містить вичерпну інформацію про різновиди та призначення консольних кранів, а також виконано огляд робіт по стаціонарних поворотних кранах та підтверджено доцільність дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра.

В конструкторському розділі виконаний розрахунок механізму пересування візка крана і підібрані його необхідні складові.

В науковому розділі розглянута динаміка процесу пересування вантажу візком консольного крана, як з урахуванням відхилення вантажу на підвісі так і без нього, отримані результати розрахунків і побудовані графіки з використанням математичного застосунку MathCAD.

На листах представлені креслення загального вигляду крана з механізмом пересування візка, а також технологічні та наукові креслення по визначенню власних частот, в тому числі динаміки навантаження механізму пересування візка.

Результати дослідження механізму пересування візка крана можуть бути використані при проектуванні, розрахунку та визначення динамічних навантажень подібних кранів.

Ключові слова: консольний кран, візок, механізм пересування, динаміка

					ГММ.401-ММ.003- 00.00.000А		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп	Дат	Анотація		
Розроб.	Бондал	СБв	17.06				
Перев.	Лютенко	ЛВм	17.06		Лім.	Лист	Листів
					Н	1	2
Н. контр.	Васильев	ОВ	17.06		НУ «Полтавська політ. ім. Юрія Кондратюка», ННІТР, 2026 р.		
Затв.	Орисенко	Ор	19.06				

ABSTRACT

S. I. Bondal. Modernization of the mechanism for moving the trolley of a cantilever crane.

Bachelor's qualification work for obtaining the first (bachelor's) level of higher education in specialty 133 Industrial Mechanical Engineering, - National University "Poltava Polytechnic named after Yuriy Kondratyuk", Poltava, 2026.

In the bachelor's qualification work, the mechanism of movement of the crane trolley was modernized and investigated and the values of the forces in its links were obtained. The explanatory note of the bachelor's qualification work contains comprehensive information about the types and purpose of cantilever cranes, as well as a review of work on stationary slewing cranes and the feasibility of studying the bachelor's qualification work was confirmed. In the design section, the calculation of the crane trolley movement mechanism was performed and its necessary components were selected.

The scientific section considers the dynamics of the process of moving a load by a cantilever crane trolley, both with and without the deflection of the load on the suspension, the results of calculations are obtained and graphs are constructed using the mathematical application MathCAD.

The sheets present drawings of the general appearance of the crane with a trolley movement mechanism, as well as technological and scientific drawings for determining the natural frequencies, including the loading dynamics of the trolley movement mechanism. The results of the study of the crane trolley movement mechanism can be used in the design, calculation and determination of dynamic loads of such cranes.

Keywords: cantilever crane, trolley, movement mechanism, dynamics.

					ГММ.401-ММ.003- 00.00.000 А	Лист
						2
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

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

**Модернізація механізму пересування візка консольного
крана**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра**

ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ

Полтава – 2026 року

Зміст

Вступ.....	4
1 Огляд стаціонарних поворотних кранів.....	7
2 Конструкторський розділ.....	13
2.1 Загальні положення.....	13
2.2 Розрахунок механізму переміщення візка консольного крана.....	17
2.2.1 Вибір кінематичної схеми.....	17
2.2.2 Складання розрахункової схеми консольного крана.....	18
2.2.3 Розрахунок потрібних сил для пересування візка вантажопід- йомного пристосування	19
2.2.3.1 Визначення статичних сил потрібних для перемі- щення візка вантажопідйомного пристрою	19
2.2.3.2 Опір переміщення від сил інерції при пуску привода.....	21
2.2.4 Розрахунок потужності електродвигуна та вибір редуктора.....	21
2.2.5 Перевірочні обчислення електричного двигуна за часом пус- ку.....	23
2.2.6 Перевірочні обчислення електричного двигуна на нагрівання.....	24
2.2.7 Перевірочні розрахунки електричного двигуна за крутним моментом.....	25
2.2.8 Розрахунок моменту гальмування та визначення типу галь- ма	26
2.2.9 Перевірка запасу зчеплення приводного колеса із рейкою при пуску механізму візка консольного крана	26
3 Науковий розділ.....	28

ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.	Бондал		<i>СВ</i>	17.06
Перев.	Лютенко		<i>Лют</i>	17.06
Н. контр.	Васильев		<i>Вас</i>	12.06
Затв.	Орисенко		<i>Ори</i>	19.06

Зміст		
Літ.	Лист	Листів
Н	2	2
НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка» ННІІТР. 2026 р.		

3.1 Вихідні положення.....	28
3.2 Визначення частот власних коливань механізму пересування візка консольного крана.....	29
3.3 Динаміка механізму пересування візка консольного крана	33
3.3.1 Загальні положення.....	33
3.3.2 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму.....	34
3.3.2.1 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму без урахування відхилення вантажу на підвісі.....	34
3.3.2.2 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму з урахуванням відхилення вантажу на підвісі.....	42
4 Технологічна частина.....	49
4.1 Підбір заготівельного матеріалу для створена пальця.....	49
4.2 Розроблення операційного плану та описання технологічного процесу виготовлення пальця.....	50
4.3 Підбір устаткування, приладів, інструментів.....	52
4.4 Розрахунок припусків на обробку та режимів різання.....	53
4.4.1 Вибір методів розрахунку.....	53
4.4.2 Розрахунок припусків.....	54
4.4.3 Розрахунок режимів різання.....	55
4.5 Розрахунок норми часу при обробці пальця.....	57
Висновки.....	59
Список літератури.....	60
Долаток А.....	64

Вступ

Вантажопідіймальна техніка набула широкого застосування в народному господарстві України.

Підйомно-транспортні машини є найголовнішим обладнанням для механізації робіт в усіх сферах народного господарства, в промисловості, будівництві та транспорті, в сільськогосподарському виробництві: їх використовують для переміщення людей на канатах у вертикальному, горизонтальному та похилому напрямках.

Підйомно-транспортні машини обслуговують усі галузі народного господарства країни, і в кожній із них використовуються багато видів цих машин загального призначення. Разом з цим ряд галузей використовують підйомно-транспортні машини, найбільш пристосовані для виконання операцій, які характерні для даної галузі. Крани, які призначені для будівництва, повинні бути пристосовані для переміщення як з одного будівельного майданчика на інший, так і в середині самого будівельного майданчика між споруджуваними об'єктами. Це основна різниця будівельних підйомно-транспортних машин загальнопромислового призначення.

Для спорудження будь-якого будівельного об'єкту: житлового, промислового будинку, греблі, мосту – потрібна велика кількість матеріалів, які повинні бути заготовлені в кар'єрах, на цементних та цегляних заводах. На кожній з цих операцій матеріали та напівфабрикати повинні неодноразово перевантажуватися проходячи технологічний ланцюг виконавчих процесів до тих пір доки не буде безпосередньо використаний на споруджувальному об'єкті де і доцільно використовувати консольні поворотні та неповоротні крани невеликої вантажопідйомності.

					ГММ.401-ММ.003-00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Вступ		
Розроб.	Бондал		<i>СВ</i>	17.06			
Перев.	Лютенко		<i>Лют</i>	17.06			
Керівн.							
Н. контр.	Васильєв		<i>Вас</i>	12.06			
Затв.	Орисенко		<i>Орис</i>	19.06			
					Лім.	Лист	Листів
					Н	4	3
					НУ «Полтавська політ. імені Ю. Кондратюка», ННІІТР, 2026 р.		

Консольні поворотні та неповоротні крани є одними з основних вантажопідійомних пристроїв, що використовуються для виробництва в будівництві та на різноманітних заводах. Широке використання консольних кранів у будівництві та на заводах визначається їх простотою конструкції і обслуговування.

Народне господарство України включає велике різноманіття вантажопідійомних машин. Одне з основних місць серед них займають консольні крани. Такі їх якості, як простота конструкції, зручність в експлуатації та простота у використанні обумовлюють їх широке розповсюдження.

Робота механізмів вантажопідійомних машин, в тому числі консольних кранів, під час перехідних процесів супроводжується динамічними навантаженнями [1, 4], виникнення яких обумовлено пружністю ланок й їхньою здатністю до збудження в них коливальних процесів за певних умов. Змінна складова сил або моментів при пружних коливаннях може бути настільки великою, що сумарні миттєві значення їх перевищують статичні та інерційні навантаження. Це може привести до перевантаження механізмів і їх виходу з ладу. Уникнути цих коливань неможливо, проте можна їх суттєво зменшити на стадії проектування крана.

Отже, врахування динамічних навантажень на ланки механізмів крана є актуальним завданням і на попередньому етапі проектування його доцільно розв'язувати шляхом математичного моделювання.

З-поміж низки сучасних математичних прикладних програм, а це MATLAD, Matematika, Maple, Derive тощо, за функціональними можливостями, які поєднані з простотою вивчення та зручністю виконання обчислень, вигідно вирізняється математичний застосунок MathCAD.

MathCAD – це потужний засіб для виконання інженерних та наукових розрахунків різного рівня складності: від елементарних розрахунків до складних реалізацій числових методів. Тому нами і використаний математичний застосунок MathCAD при виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра.

Враховуючи приведені вище доведення, а також нашу фахову підготовку була обрана тема кваліфікаційної роботи бакалавра, яка направлена на вирішення викладеної вище проблеми, а саме вдосконалення та дослідження динамічних процесів у механізмі пересування візка консольного крана зі швидкістю пересування вантажу 0,3 м/с при різних варіантах роботи механізму.

					ГММ.401–ММ.003-00.00.000ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		6

1 Огляд стаціонарних поворотних кранів

В сучасній промисловості заподіяно масове впровадження різноманітної підіймальної техніки за допомогою якої здійснюється значний об'єм вантажно-розвантажувальних робіт.

Значне розмаїття виробничих процесів і технологічних операцій пов'язаних із переробкою вантажів та обслуговуванням виробництва дає можливість впроваджувати велику кількість вантажопідйомної техніки загального застосування. На разі з цим, приймаючи до уваги специфічні особливості роботи і фізико-механічні характеристики перероблюваних вантажів виникає необхідність впровадження вантажопідйомної техніки спеціального застосування.

Вантажопідйомна техніка поділяється: на стаціонарну, пересувну, причіпну та самохідну.

Стаціонарні поворотні (консольні) крани впроваджують при механізації деякого майданчика.

Відома конструкція консольного поворотного крана (рисунок 1.1), котра масово впроваджена в промисловості, а також і в будівельній індустрії за її спрощену будову та обслуговування. Але незважаючи на переваги цей кран не обладнаний механізмом пересування візка, що є суттєвим недоліком.

Поворотний настінний кран із вантажним візком (рисунок 1.2) впроваджується при комплексній механізації та здійсненні монтажних-демонтажних, а також вантажно-розвантажувальних робіт. У цьому крані підйом вантажу виконується механізмом підйому з електричним двигуном. Поворотний настінний кран із вантажним візком також має візок для

					ГММ.401-ММ.003-00.000ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат				
Розроб.	Бондал	СВ	17.06		Огляд кранів	Лім.	Лист	Листів
Перев.	Лютенко	ВМ	17.06			Н	2	6
Керівн.						НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», ННІ ІТР, 2026 р.		
Н. контр.	Восильев		12.06					
Затв.	Орисенко		19.06					

пересування вантажу по стрілі. Він призначений для обслуговування робочого місця: станда, верстата, а також може використовуватися на виробництві

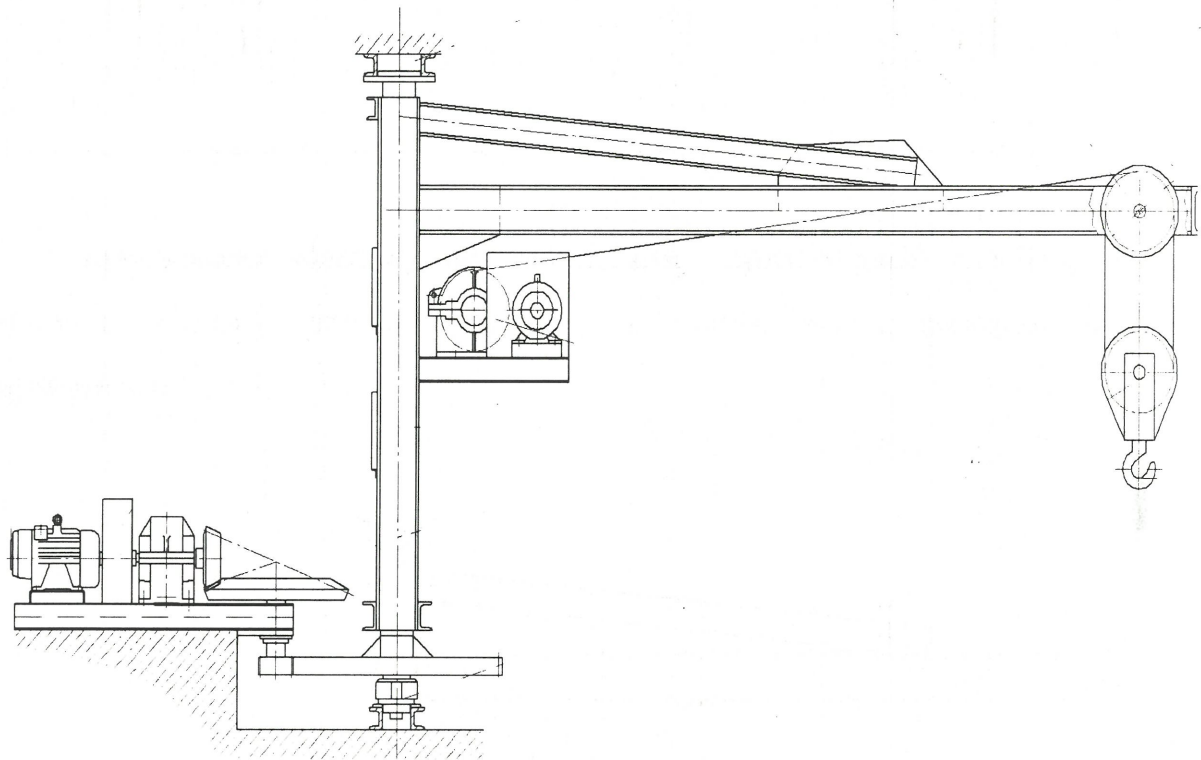


Рисунок 1.1 – Консольний поворотний кран

і в будівництві за його простоту конструкції і обслуговування. Але враховуючи всі переваги даний кран не має механізму переміщення вантажу по стрілі, що являється суттєвим недоліком.

Поворотний настінний кран із вантажним візком (рисунок 1.2) впроваджується при механізації для здійснення монтажу-демонтажу та вантажно-розвантажувальних операціях. У даному крані піднімання та опускання вантажу виконується механізмом підйому із електричним двигуном. Поворотний настінний кран із вантажним візком теж оснащений візком для пересування вантажу. Цей кран використовується при механізації робочого місця: станда, верстата, в тому числі при роботі в майстернях по ремонту техніки. Повертання стріли теж виконується вручну, що є суттєвим недоліком.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003-00.000ПЗ

Лист

8

Поворотний кран із візком (рисунок 1.3) також як і поворотний настінний

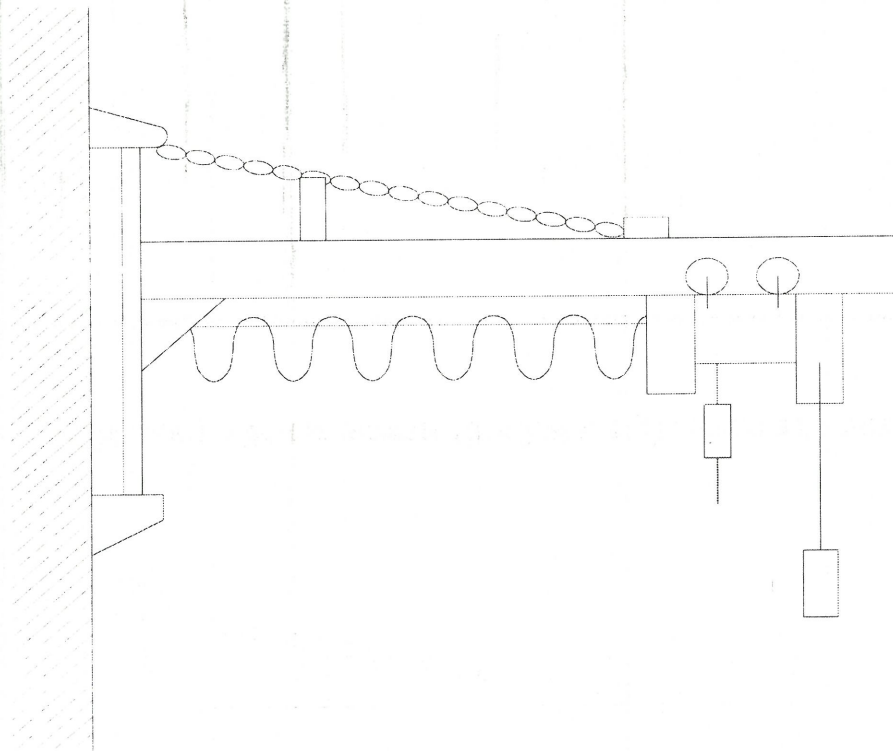


Рисунок 1.2 – Поворотний настінний кран із вантажним візком

кран із вантажним візком (рисунок 1.2) призначається для здійснення

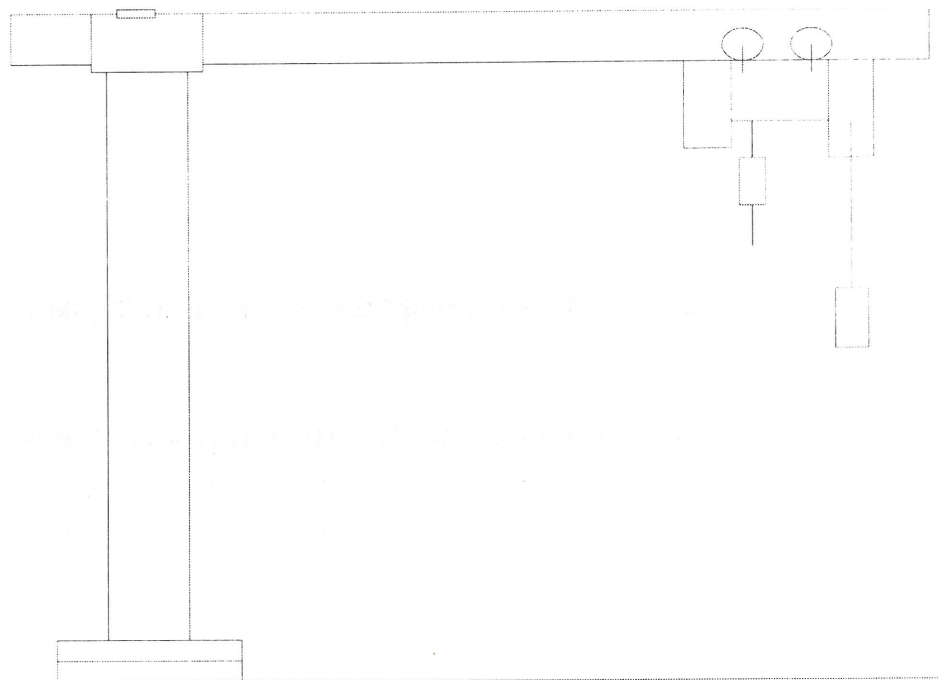


Рисунок 1.3 – Поворотний кран із візком

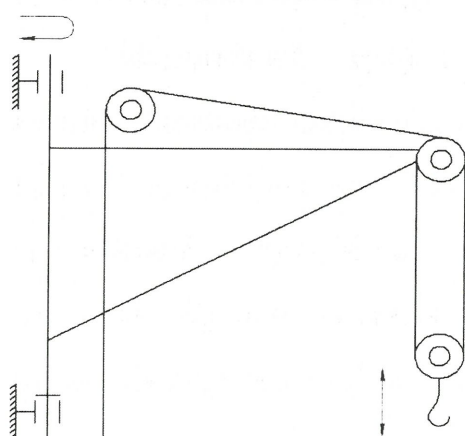
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003-00.000ПЗ

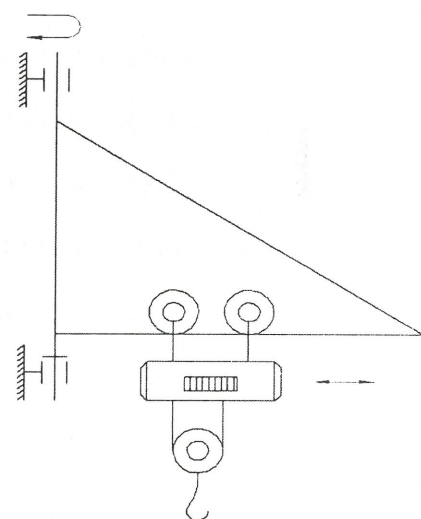
Лист
9

того ж самого переліку робіт монтажа- демонтажа вантажно-розвантажувального виду.

Поворотний кран із візком закріплюється на спеціально змонтованій колоні. Вантажопідйомність розглянутого крана залежить від міцності колони. Кран-укосину (рисунок 1.4 а) впроваджують при підйомі та опусканні вантажу в будівельній індустрії під час виконання навантажувально-розвантажувальних операцій. Крани- укосини виготовляють вантажопідйомністю 0,5 – 1,0 т із вильотом стріли 2 – 2,5 м та кутом повороту 230°.



а)



б)

Рисунок 1.4 – Поворотні крани:

а – кран-укосина; б – настінний струнний кран

Настінний струнний кран (рисунок 1.4 б) обладнаний візком для пересування вантажу в продовж стріли. Цей кран впроваджується при механізації робочого місця: станда, верстата. Вантажопідйомність і виліт залежать від максимального граничного моменту навантаження на будівлю. Цей кран теж не оснащений механізмом повороту.

Кран із неповотною колоною (рисунок 1.6), аналогічно крану із поворотною колоною та змінним вильотом (рисунок 1.5 б), впроваджують в майстернях по ремонту при демонтажі транспортної техніки, а також при

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003-00.000ПЗ

Лист

10

виконанні випробовування ДВЗ. Кран з неповоротною колоною (рисунок 1.6) не обладнаний візком для пересування вантажу.

Вантажопідйомність крана із поворотною колоною (рисунок 1.5 б), буває 100 кН при вильоті стріли біля 7 метрів. Із-за оснащення візком, що пересувається із вантажем по фермі крана та його повороту обслуговується краном значно більша виробнича площа. Цей кран теж не оснащений механізмом повороту.

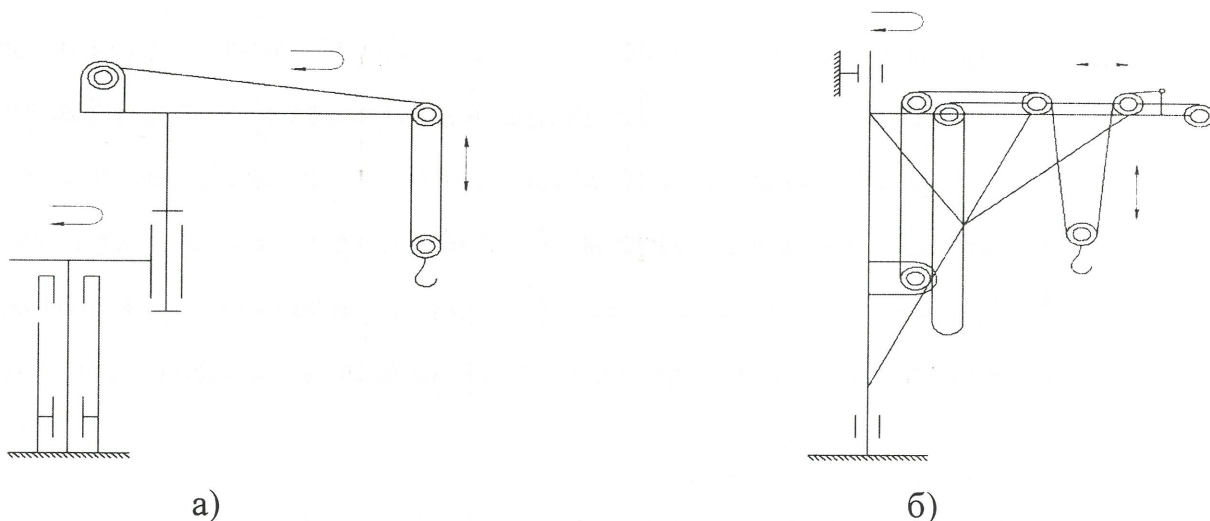


Рисунок 1.5 – Поворотні стаціонарні крани:

а – кран із стрілою, що переломлюється в горизонтальній площині; б – кран із поворотною колоною та змінним вильотом

При механізації місця роботи зручним являється поворотний кран із стрілою, що переломлюється в горизонтальній площині (рисунок 1.5 а). Цей кран розташовується на значно меншій площі та простий в обслуговуванні, але складніший при виготовленні.

Як аналог беремо поворотний кран із візком зображений на рисунку 1.2, котрий масово впроваджується в виробництво, а також в будівельну індустрію за його простоту будови та обслуговування.

Механізм переміщення візка даного типу і беремо для модернізації та дослідження в кваліфікацій роботі бакалавра.

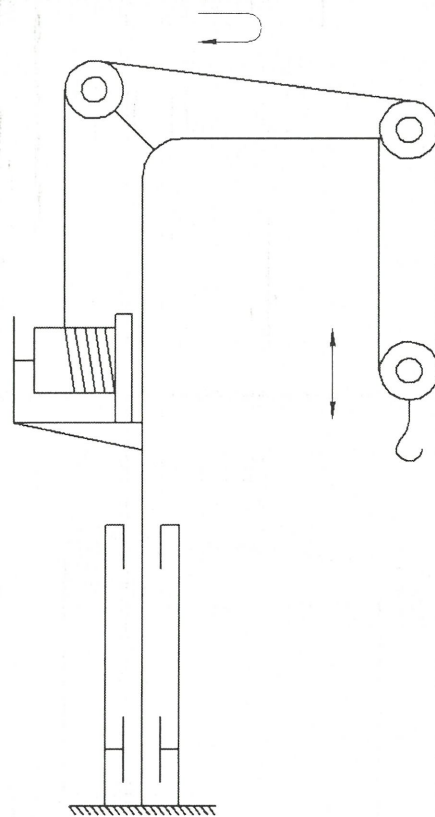


Рисунок 1.6 – Кран з неповоротною колоною

Дослідження сил від додаткових динамічних навантажень у механізмі переміщення візка крана, котрі появляються із-за пружності трансмісії, виконуємо як без урахування відхилення вантажу на підвісі, так і з урахуванням його. Перший випадок відповідає відсутності вантажу на гаку або вантажу, підтягнутому до точки підвісу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003-00.000ПЗ

Лист

12

2 Конструкторський розділ

2.1 Загальні положення

Механізми переміщення використовуються для виконання пересування крана чи візка, або вантажу по горизонталі. Відомі два різновиди абсолютно не однакової будови механізмів переміщення: це конструкції із колесами, що приводяться в рух і встановлені прямо на конструкції, яка сама рухається (на візку чи мосту крана); це конструкції із канатним чи ланцюговим переміщенням, які встановлені незалежно від устаткування, котре пересувається, і об'єднане з ним гнучкою ланкою (канатом або ланцюгом) [1]. У розроблюваній кваліфікаційній роботі бакалавра здійснюється розроблення механізму переміщення (візка) консольного крана з застосуванням рейкового ходу, котрий встановлено прямо на крані.

Механізми переміщення, в яких задіяні привідні колеса бувають із центральним чи індивідуальним приводом. Центральний привід часто впроваджується в механізмах переміщення кранів з використанням безрейкового ходу. Це у пневмоколісних, а також у гусеничних кранах, в тому числі в кранах із колією, яка менша 10 м. У мостових кранах із колією за 10 м, в тому числі у других нових кранів з використанням рейкового ходу (козлових, баштових, порталних та ін.) застосовуються механізми переміщення з впровадженням роздільного приводу.

Механізми переміщення з використанням центрального приводу на рейковому ході здійснюють за кількома конструктивними схемами: з малим ходом (тихохідним), а також із середньохідним ходом, в тому числі з швидким ходом (швидкохідним), які показані на рис. 2.1.

В механізмі переміщення з малим ходом трансмісійний вал, який

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Конструкторський розділ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Бондал	СВ	17.06			н	13	13
Перев.	Лютенко	Лют	17.06					
Керівн.								
Н. контр.	Васильєв		17.06					
Затв.	Орисенко		19.06		НУ «Полтавська політ. імені Ю. Кондратюка», ННІТР, 2026 р.			

показаний на рис. 2.1 а, кінцевий вал редуктора сполучають із трансмісійним валом, котрий має декілька елементів, об'єднаних разом і встановлених на опорах, що змонтовані на мосту крана. Трансмісійний вал має число обертів, яким наділені приводні колеса і передає далі значний момент. Тому складові трансмісії випускаються із великими габаритами і значним збільшенням загальної маси.

Механізм переміщення з малим ходом трансмісійного валу, який показаний на рис. 2.1 б менш масивний ніж розглянута раніше схема. Але із-за значної частоти обертання трансмісійного валу вимагається висока точність виготовлення і монтажу, в тому числі виконання балансування. Конструкція також випускається з збільшеною жорсткістю.

При монтажу цієї схеми, необхідне передавальне число трансмісії досягається в результаті використання двох редукторів.

Механізми пересування із середньохідним трансмісійним валом, який показаний на рис. 2.1 в, широкого вжитку не отримали із-за використання відкритої зубчастої передачі з малою довговічністю.

Використання трансвала викликає зростання маси і трудомісткості випуску крана, а також вимагає здійснення точного монтажу. В зв'язку з ліквідацією цих недоліків використовують роздільний привод (рисунок 2.2). Згідно цієї схеми всі кінцеві балки мосту крана наділені власним приводом. При створенні цих схем використовують двоступеневі горизонтальні та навісні вертикальні, в тому числі черв'ячні редуктори. Тихохідні вали редукторів, в цьому випадку, виготовляються із відкритою зубчастою передачею (рисунок 2.2 б), в тому числі і без неї (рисунок 2.2 а).

Кількість ходових коліс крана береться в залежності від навантаження, а кількість приводних коліс – від умов зчеплення із колією.

Опорно-ходовою частиною кран здійснює опирання на чотири опори, в яких можуть бути 1, 2, 3 і більше коліс. Коли кількість коліс під опорою більше одного, то їх сполучають системою балансирів.

Ходові колеса являються робочим елементом механізму переміщення. В залежності від форми робочої поверхні кочення їх ділять на циліндричні та

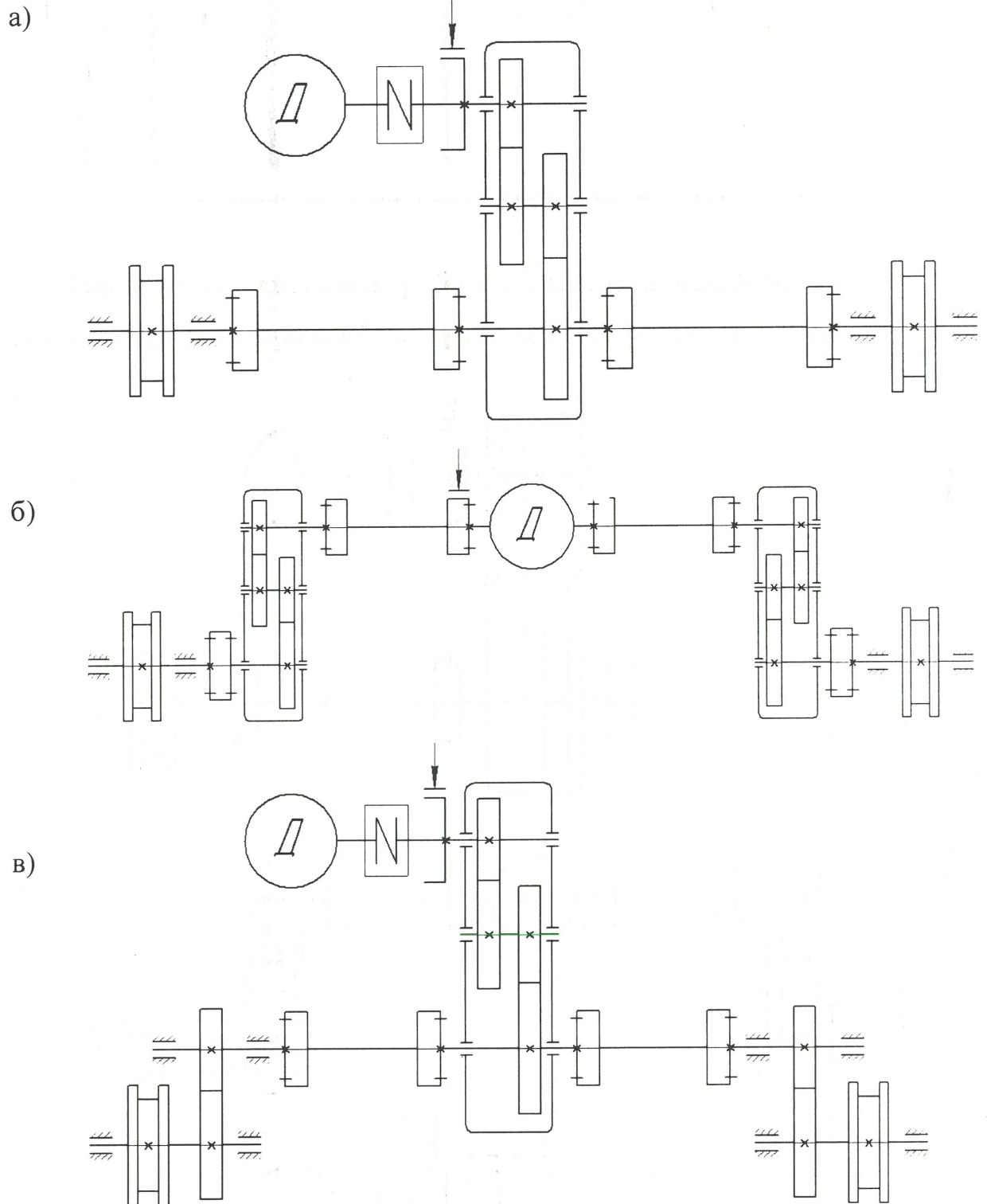
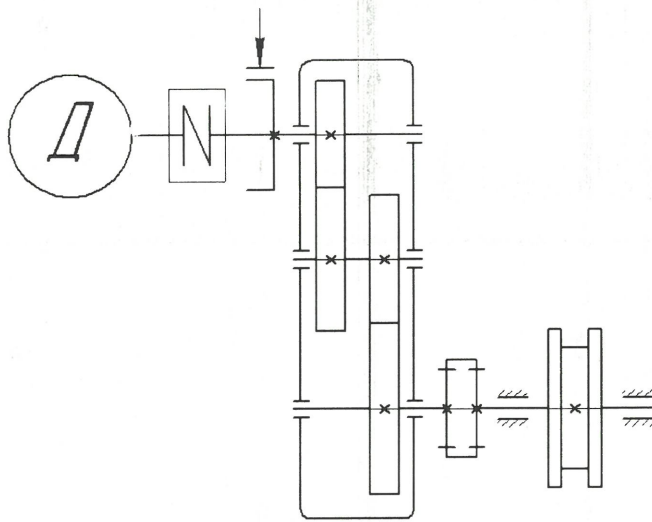


Рисунок 2.1 – Схеми механізмів переміщення з центральним приводом: а – із тихохідним трансвалом; б – із швидкохідним трансвалом; в – із середньохідним трансвалом

а)



б)

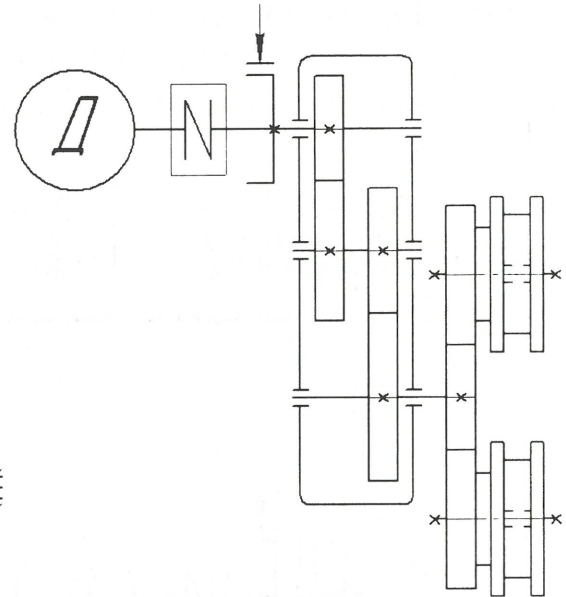


Рисунок 2.2 – Схеми механізмів переміщення із роздільним приводом:
а – із редуктором; в – з редуктором і відкритою зубчастою передачею

конічні, за встановлення виступів, які спрямовують переміщення крана, – на одно-, дво-, а також на безребордні. Найчастіше ходові колеса виготовляють дворобордними. Одноробордних коліс можливе використання для наземних кранів (крім баштових), в випадку коли ширина колії не більше ніж 4 м і рейки розташовано на одному рівні, в тому числі, коли кожна сторона крана переміщується по двох рейках і розташування реборд коліс на рейках взаємно протилежне. Також, одноробордні колеса використовуються для навісних візків, які переміщуються по однорейковій колії.

Поверхня кочення коліс, частіше всього, циліндричної форми. Конічні колеса використовуються в підвісних візках, коли рейкою являється двотавр, в тому числі в механізмах переміщення по рейках з випуклою головою. В даному випадку конічні колеса застосовуються для центрування і розміщуються по одному колесу на кожній рейці.

Діаметр ходового колеса визначають в залежності від навантаження та швидкості переміщення крана.

2.2 Розрахунок механізму переміщення візка консольного крана

2.2.1 Вибір кінематичної схеми

Аналогічно існуючим механізмам переміщення для крана, що проектується, приймаємо механізм переміщення, в котрий входять: електричний двигун 1, редуктор 4, відкрита зубчаста передача 5, ходове колесо 6, гальмо 3 і муфта 2, як зображено на рис. 2.3. Для подальшої роботи згідно завданню беремо наступне: швидкість пересування візка крана $v_k = 0,3$ м/с (відповідно завданню); виліт $L = 10$ м; режим роботи – 4М; вантажопідйомність крана $Q = 100$ кН.

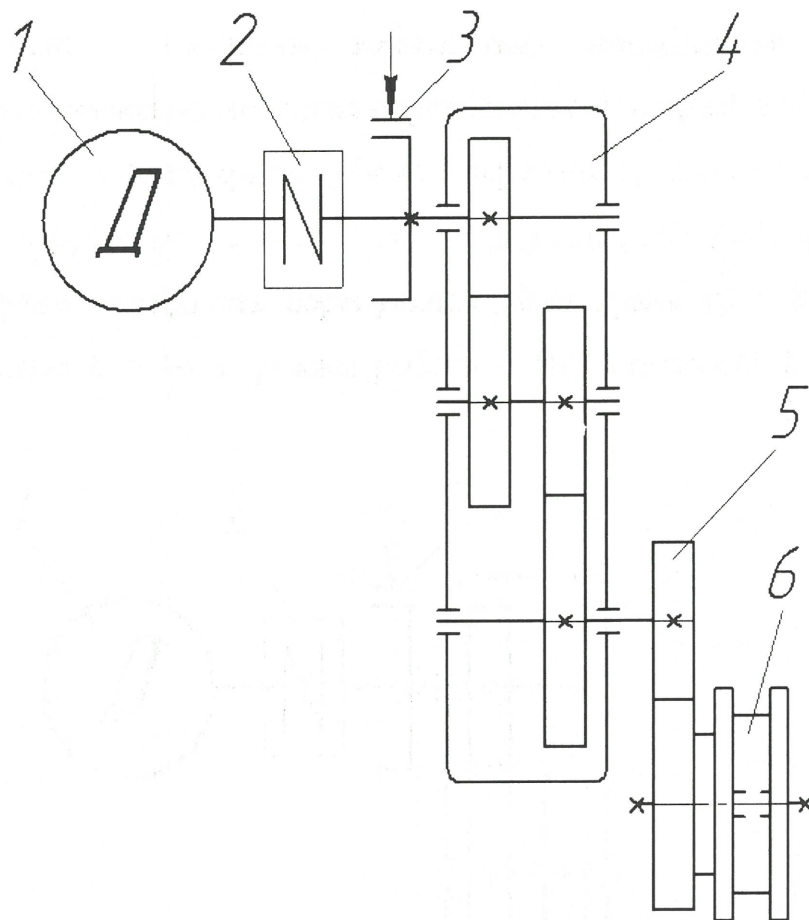


Рисунок 2. 3 – Кінематична схема механізму переміщення

2.2.2 Складання розрахункової схеми консольного крана

Для розрахунку та визначення необхідних показників складаємо розрахункову схему консольного крана, що проектується (рисунок 2.4).

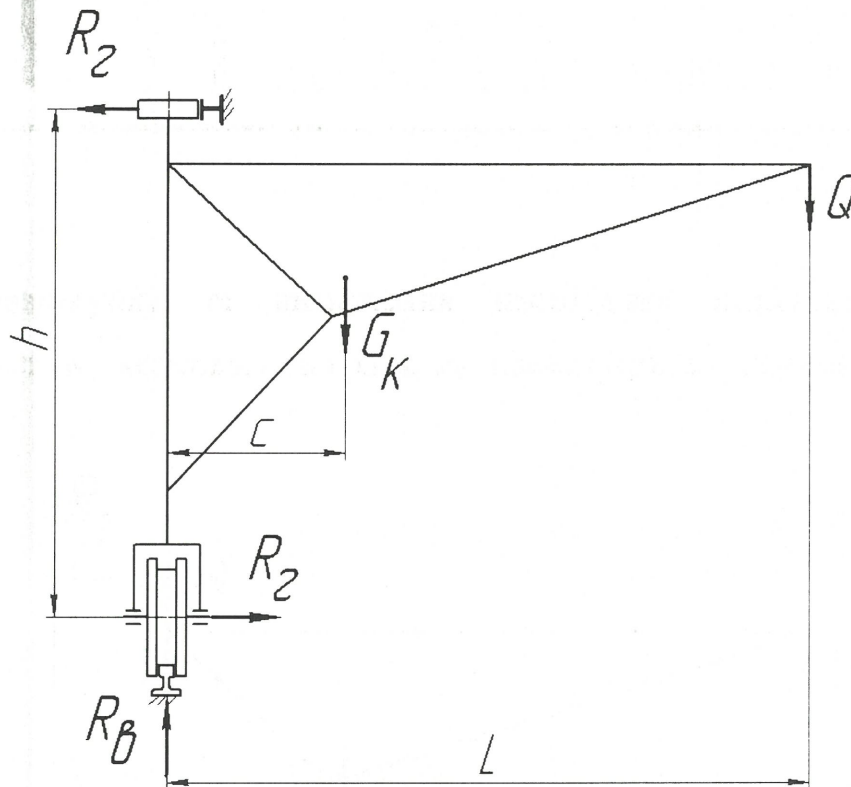


Рисунок 2.4 – Схема до розрахунку навантажень на опори консольного крана

Розраховуємо геометричні розміри та навантаження консольного крана.

Розраховуємо відстань між верхньою і нижньою опорами

$$h = (0,5 \dots 1,0)L = (0,5 \dots 1,0)10 \approx 7,5 \text{ м.} \quad (2.1)$$

Визначаємо відстань від осі колони до центру мас консольного крана

$$c = (0,25 \dots 0,30)L = (0,25 \dots 0,30)10 \approx 2,7 \text{ м.} \quad (2.2)$$

Маса крана буде:

$$m_K = Q' \cdot L \cdot m_{\text{пит}} = 10 \cdot 10 \cdot 0,25 = 25 \text{ т,} \quad (2.3)$$

де Q' – вантажопідйомність консольного крана, т; $Q' \approx 10$ т

$m_{\text{пит}}$ – питома металомісткість, котру для консольних кранів подібної

модифікації беремо: $m_{\text{пит}} = 0,25 \text{ т}/(\text{т}\cdot\text{м})$.

Вага консольного крана буде:

$$G_k = m_k \cdot g = 25 \cdot 9,81 \approx 245,25 \text{ кН.} \quad (2.4)$$

В горизонтальній площині навантаження на опори будуть:

$$R_z = \frac{Q \cdot L + G_k \cdot c}{h} = \frac{100 \cdot 10 + 245,25 \cdot 2,7}{7,5} = 221,26 \text{ кН.} \quad (2.5)$$

В вертикальній площині навантаження на нижню опору буде:

$$R_g = Q + G_k = 100 + 245,25 = 345,25 \text{ кН.} \quad (2.6)$$

Приймаємо рівномірне навантаження на колеса.

В цьому випадку, навантаження на кожне колесо буде:

$$P_p = k_1 \cdot \gamma \cdot \frac{R_B}{2} = 1,2 \cdot 0,88 \cdot \frac{345,25}{2} = 182,3 \text{ кН,} \quad (2.7)$$

де k_1 – коеф., який приймає до уваги режим роботи механізму. Із [1] беремо $k_1 = 1,2$;

γ – коеф., який приймає до уваги змінність навантаження. Із [1] беремо $\gamma = 0,88$.

За розрахованим навантаженням, а також прийнятою швидкістю переміщення візка консольного крана по джерелу [2] беремо дворебордне ходове колесо діаметром $D = 400 \text{ мм}$ з допустимим навантаженням 188 кН при швидкості переміщення, меншій за 20 м/хв , в тому числі при режимі роботи 4М .

За додатком [2] для колеса діаметром $D = 400 \text{ мм}$ вибираємо діаметр цапфи рівним $d = 95 \text{ мм}$.

По додатку [2] для цього колеса беремо рейку КР 70 із заокругленою головою.

2.2.3 Розрахунок потрібних сил для пересування візка вантажопідйомного пристосування

2.2.3.1 Визначення статичних сил потрібних для пересування візка вантажопідйомного пристосування

$$W_{\text{ст}} = W_{\text{тр}} + W_y + W_B, \quad (2.8)$$

де W_{mp} – значення сил від виникаючого тертя в ходовому механізмі візка вантажопідйомного пристосування

$$W_{mp} = (G_k + Q) \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D} \cdot k_p = (245,25 + 100) \frac{2 \cdot 0,6 + 0,015 \cdot 95}{400} \cdot 1,5 = 3,4 \text{ кН}, \quad (2.9)$$

μ – коеф., який бере до уваги тертя, котре з'являється при переміщенні колеса при русі по рейці; беремо із [1] $\mu = 0,6$;

f – приведений коеф. від тертя ковзання в опорах коліс консольного крана; беремо із [1] $f = 0,015$;

k_p – коеф. додаткових опорів, які виникають при терті реборд ходових коліс по головці рейки. Беремо із [1] $k_p = 1,5$;

W_y – сили, що появляються при подоланні ухилу розміщення рейок:

$$W_y = (G_k + Q) \cdot \alpha = (245,25 + 100) \cdot 0,001 = 0,3 \text{ кН}, \quad (2.10)$$

де α – ухил розміщення рейок, який беремо рівним $\alpha = 0,001$ рад.

W_v – величина сили, яка виникає від дії вітру на металоконструкцію консольного крана, а також на вантаж:

$$W_v = W_k + W_{вант}, \quad (2.11)$$

де W_k , $W_{вант}$ – відповідно значення сили, яка виникає від дії вітру на поворотну частину консольного крана і вантаж.

Величина сили, яка виникає від дії вітру на кранову конструкцію

$$W_k = F_k \cdot q \cdot k \cdot c \cdot n = 11,25 \cdot 125 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2637 \text{ Н} = 2,637 \text{ кН}, \quad (2.12)$$

де F_k – площа кранової конструкції, на яку діє вітер. Її розраховуємо по площі трикутника:

$$F_k = \frac{1}{2} h \cdot L \cdot \varphi = \frac{1}{2} 7,5 \cdot 10 \cdot 0,3 = 11,25 \text{ м}^2, \quad (2.13)$$

де $\varphi = 0,2 \dots 0,5$ – коеф., який приймає до уваги заповнення площі поворотної частини конструкції консольного крана; беремо $\varphi = 0,3$;

q – динамічне навантаження від тиску вітру; беремо $q = 125 \text{ Па}$ [1];

k – коеф. зміни динамічного тиску відносно висотного розміщення

металоконструкцій консольного крана, по [1] беремо $k = 1,25$;

c – аеродинамічний коеф., який беремо; для металоконструкцій плоских ферм, котрі наділені прямокутною формою профілів в границях $c = 1,5 - 1,6$;

n – коеф., який приймає до уваги перевантаження, котрі беремо $n = 1,5$ – тому що розрахунки виконуємо за допустимими параметрами станів.

Величина опору вітру на розміщений на максимальній висоті вантаж буде мати наступне значення:

$$W_{v.m} = F_{пов} \cdot q \cdot k \cdot c \cdot n = 10 \cdot 125 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1875 \text{ Н} = 1,875 \text{ кН}, \quad (2.14)$$

де $F_{пов}$ – площа вантажу, на яку впливає вітер, м^2 по [1] беремо $F_{пов} = 10 \text{ м}^2$.

В цьому випадку, опір вітру на консольний кран і вантаж визначиться як:

$$W_g = 2,6 + 1,9 = 4,5 \text{ кН}. \quad (2.15)$$

Сумарне навантаження від пересування візка консольного крана буде:

$$W_{cm} = 3,4 + 0,3 + 4,5 = 8,2 \text{ кН}. \quad (2.16)$$

2.2.3.2 Опір переміщення від сил інерції при пуску привода

$$W_{ин} = \delta(m_k + Q') \cdot a = 1,25(25 + 10) \cdot 0,1 = 3,9 \text{ кН}, \quad (2.17)$$

де δ – коеф., який приймає до уваги інерцію ланок механізму, що обертається; при швидкостях переміщення менших за 1 м/с беремо $\delta = 1,25$; коли більше від 1 м/с – $\delta = 1,15$;

a – прискорення, яке появляється при розгоні механізму беремо по [1] рівним $a = 0,1 \text{ м/с}^2$.

Загальний опір пересування візка консольного крана під час пуску буде:

$$W = W_{cm} + W_{ин} = 8,2 + 3,9 = 12,1 \text{ кН} \quad (2.18)$$

2.2.4 Розрахунок потужності електричного двигуна та вибір редуктора

Знаходимо потрібну потужність електричного двигуна за виразом:

$$N_p = \frac{W \cdot v_k}{\eta_m \cdot \psi_{cp}} = \frac{12,1 \cdot 0,3}{0,85 \cdot 1,6} = 2,67 \text{ кВт}, \quad (2.19)$$

де $\eta_m = 0,85$ – коеф. корисної дії механізму переміщення;

$\psi_{cp} = 1,5 - 1,8$ – середній коеф. прийнятого перевантаження електродвигуна. Беремо $\psi_{cp} = 1,6$.

По джерелу [2]) беремо електродвигун змінного струму із фазовим ротором модифікації МТФ012-6, котрого потужність складає $N = 2,7$ кВт, число обертів

вала $n_d = 840$ об/хв ($\omega_d = \frac{\pi \cdot n_d}{30} = \frac{3,14 \cdot 840}{30} = 87,92$ рад/с), в тому числі

максимальний момент $M_{max} = 57$ Н·м та момент інерції вала ротора складає $J_p = 0,293$ кг·м².

Номінальний момент електричного двигуна на валу ротора буде:

$$M_{nom} = 9750 \frac{N}{n} = 9750 \frac{2,7}{840} = 31,3 \text{ Н·м}. \quad (2.20)$$

Відношення моментів (максимальний – номінальний)

$$\psi_{max} = \frac{M_{п. max}}{M_{nom}} = \frac{57}{31,3} = 1,82. \quad (2.21)$$

Загальне передавальне число візка консольного крана

$$u_{заг} = \frac{n_d}{n_k} = \frac{840}{11,94} = 70,35, \quad (2.22)$$

де n_k – число обертів колеса візка крана

$$n_k = \frac{60 \cdot v_k}{\pi \cdot D_k} = \frac{60 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 0,4} = 11,94 \text{ об/хв}. \quad (2.23)$$

Розбиваємо загальне передавальне число механізму візка консольного крана на ступені, тому що ми включили в кінематичну схему відкриту зубчасту передачу. Передавальне число відкритої зубчастої передачі $u_3 = 1 \dots 6$.

Після цього розраховуємо передавальне число редуктора

$$U_{p.p} = \frac{U_{заг}}{U_3} = \frac{70,35}{1 \dots 6} = 70,35 \dots 11,725. \quad (2.24)$$

По джерелу [2]) беремо редуктор модифікації Ц2-250-24,9-1К (сумарна міжосьова відстань $A = 250$ мм, передавальне число $U_{pp} = 24,9$, схема складання 1, з конічним тихохідним валом), потужність складає 27,1 кВт при робочому режимі роботи 4М.

Розраховуємо передавальне число відкритої зубчастої передачі

$$u_{з.р} = \frac{u_{заг}}{u_p} = \frac{70,35}{24,9} = 2,83. \quad (2.25)$$

Отримане число округляємо до стандартного. Беремо $U_{з.ф} = 3,15$.

Визначаємо фактичне передавальне число механізму привода

$$u_{\phi} = u_p \cdot u_{з.ф} = 24,9 \cdot 3,15 = 78,435. \quad (2.26)$$

Фактична швидкість пересування візка консольного крана

$$v_{к.ф} = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_{к.ф}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10,7}{60} = 0,22 \text{ м/с}, \quad (2.27)$$

де $n_{к.ф}$ – фактичне число обертання колеса візка консольного крана

$$n_{к.ф} = \frac{n_{дв}}{u_{\phi}} = \frac{840}{78,435} = 10,7 \text{ об/хв}. \quad (2.28)$$

2.2.5 Перевірочні обчислення електродвигуна за часом пуску

Середнє значення періоду пуску механізму привода візка консольного крана буде:

$$t_{п} = \frac{J_{пр} \cdot \omega_{дв}}{M_{п.ср} - M_{ст.пр}} = \frac{0,638 \cdot 87,92}{45,7 - 24,6} = 2,7 \text{ с}, \quad (2.29)$$

де $J_{пр}$ – приведений до вала ротора електричного двигуна момент інерції привода, в тому числі маси консольного крана з вантажем

$$J_{пр} = \delta(J_p + J_M) + \frac{(m_k + Q') \cdot R_k^2 \cdot 10^3}{2 \cdot u_{\phi}^2 \cdot \eta_M} =$$

$$= 1,2(0,293 + 0,1274) + \frac{(25 + 10) \cdot 0,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 78,435^2 \cdot 0,85} = 0,638 \text{ кг}\cdot\text{м}^2, \quad (2.30)$$

де J_m – момент інерції з'єднувальної муфти із шківом для гальмування, яка взята раніше по [2];

R_k – радіус колеса візка консольного крана $R_k = 0,2$ м;

$M_{п.ср}$ – середній момент пуску електродвигуна

$$M_{п.ср} = \frac{M_{п.маx} + 1,1 \cdot M_{ном}}{2} = \frac{57 + 1,1 \cdot 31,3}{2} = 45,7 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.31)$$

$M_{ст.пр}$ – статичний момент на валу ротора електричного двигуна при переміщенні візка консольного крана

$$M_{ст.пр} = \frac{W_{ст} \cdot R_k \cdot 10^3}{u_{ф} \cdot \eta_m} = \frac{8,2 \cdot 0,2 \cdot 10^3}{78,435 \cdot 0,85} = 24,6 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.32)$$

Прискорення візка консольного крана під час пуску буде:

$$a = \frac{v_{к.ф}}{t_{п}} = \frac{0,22}{2,7} = 0,08 \text{ м/с}^2, \quad (2.33)$$

що не перевищує рекомендованих чисел прискорень у механізмі переміщення, котрі приведені в [2].

2.2.6 Перевірочні обчислення електродвигуна на нагрівання

Перевірочні обчислення електродвигуна на нагрів здійснюємо згідно методики номінального режиму виконуваної роботи.

Коефіцієнт, котрий приймає до уваги завантаження електродвигуна при постійних обертах

$$\alpha = \frac{M_{с\ тпр}}{M_{ном}} = \frac{116}{276} = 0,42 \quad (2.34)$$

Взявши до уваги графічні побудови [2] знаходимо відносну тривалість часу пуску $t_{pv} = 1,2$ с.

Вираховуємо час розгону привода при пересуванні візка консольного крана з номінальним вантажем

$$t_{п} = \frac{J_{пр} \cdot \omega_{дв}}{M_{п.ср} - M_{ст.пр}} = \frac{0,638 \cdot 87,92}{45,7 - 24,6} = 2,7 \text{ с}. \quad (2.35)$$

Необхідна потужність робочого циклу буде:

$$N_n = M_{n,cr} \cdot \omega_{jb} \cdot 10^{-3} = 24,6 \cdot 87,92 \cdot 10^{-3} = 2,16 \text{ кВт.} \quad (2.36)$$

Еквівалентна потужність робочого циклу буде:

$$N_e = \gamma N_n = 1,45 \cdot 2,16 = 3,13 \text{ кВт.} \quad (2.37)$$

Визначаємо необхідну потужність робочого циклу взявши до уваги нагрів при ПВ=25%

$$N_{25} = K N_e = 0,75 \cdot 3,13 = 2,35 \text{ кВт,} \quad (2.38)$$

де $K = 0,75$ – значення коеф., який беремо із джерела [2].

Здійснюємо висновок: взятий нами електричний двигун МТФ-6, який має потужність $N=2,7$ кВт повністю задовольняє вимоги перевірочних обчислень на нагрів.

2.2.7 Перевірочні розрахунки електродвигуна за крутним моментом

При перевантаженні електродвигуна необхідне виконання наступної умови

$$\psi = \frac{M_p}{M_{nom}} \leq [\psi], \quad (2.39)$$

де M_p і M_{nom} – пусковий та номінальний крутні моменти електричного двигуна;

$[\psi]$ – допустима величина коефіцієнта, який приймає до уваги перевантаження електричного двигуна, беремо як $\psi_{max} = 1,82$ (див. п 2.2.4).

Величина пускового крутного моменту електричного двигуна буде мати:

$$M_p = M_{np} = 24,6 \text{ Н·м,}$$

Величина коеф., що сприймає перевантаження електродвигуна під час пуску буде:

$$\psi = \frac{M_p}{M_{nom}} = \frac{24,6}{31,3} = 0,79 \leq [\psi] = 1,82.$$

2.2.8 Розрахунок моменту гальмування та визначення типу гальма

Момент гальмування рахуємо за виразом:

$$M_{\Gamma} = \frac{G_{зч} \cdot D}{2 \cdot u_{\phi}} \left(f_0 - \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D} \right) \cdot \eta_M = \frac{182,3 \cdot 400}{2 \cdot 78,435} \left(0,12 - \frac{2 \cdot 0,6 + 0,015 \cdot 95}{400} \right) \cdot 0,85 = 44,82 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2.40)$$

де $G_{зч}$ – зчїпна вага крана з вантажем, кН;

f_0 – величина коеф. зчеплення приводного колеса із рейкою. Беремо $f_0 = 0,12$ – для кранів, котрі працюють не в приміщеннях;

По джерелу [2] беремо двоколודкове гальмо ТКТ 200 з максимальним моментом гальмування $M_{\Gamma} = 160 \text{ Н}\cdot\text{м}$, з діаметром шківa гальмування 200 мм і регулюємо його на визначений момент гальмування.

2.2.9 Перевірка запасу зчеплення приводного колеса із рейкою при пуску механізму візка консольного крана

Перевірку запасу зчеплення приводного колеса із рейкою виконуємо взявши до уваги, що консольний кран переміщується без вантажу. При цьому необхідне виконання наступної умови $k_{зч} \geq 1,2$,

де $k_{зч}$ – коеф. запасу зчеплення ходового колеса з рейкою

$$k_{зч} = \frac{G_{зч.х} \cdot \phi}{W_x + G_k \left[\frac{v_k \phi}{t_n \cdot g} - \frac{m}{n} \cdot f \cdot \frac{d}{D} \right]} = \frac{122,63 \cdot 0,12}{5,2 + 245,25 \left[\frac{0,22}{2,7 \cdot 9,81} - \frac{1}{2} \cdot 0,015 \cdot \frac{95}{400} \right]} = 2,16, \quad (2.41)$$

де $G_{зч.х}$ – зчїпна вага візка консольного крана без вантажу;

$$W_x = W_{тр.х} + W_{у.х} + W_{в.х} = 2,4 + 0,2 + 2,6 = 5,2 \text{ кН}, \quad (2.42)$$

де $W_{тр.х}$, $W_{у.х}$, $W_{в.х}$ – відповідно опори переміщення консольного крана від сил тертя без ваги вантажу, ухилу підкранового шляху, вітрового навантаження (холостий хід);

$$W_{\text{тр.х}} = G_{\text{к}} \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D} \cdot k_{\text{р}} = 245,25 \frac{2 \cdot 0,6 + 0,015 \cdot 95}{400} \cdot 1,5 = 2,4 \text{ кН}; \quad (2.43)$$

$$W_{\text{у.х}} = G_{\text{к}} \cdot \alpha = 245,25 \cdot 0,001 = 0,2 \text{ кН}; \quad (2.44)$$

$$W_{\text{в.х}} = W_{\text{в}} - W_{\text{в.в}} = 4,5 - 1,9 = 2,6 \text{ кН}; \quad (2.45)$$

m , n – відповідно кількість приводних та загальна кількість коліс консольного крана, яку беремо орієнтуючись на аналогічні подібні конструкції, $m = 1$, $n = 2$.

Оскільки $k_{\text{зч}} = 2,16 \geq 1,2$, то пробуксовування коліс при пуску не відбувається.

										Лист
										27
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ГММ.401-ММ.003-00.00.000ПЗ					

3 Науковий розділ

3.1 Вихідні положення

Складну механічну систему являють собою сучасні крани, які дають можливість виконувати різноманітні вантажопідйомні операції в будівництві і на виробництві.

У консольних кранах використовуються приводи для підйому та пересування вантажу, а також для його повороту трьох типів: ручний, ручний з гідроприводом і з лебідковим механізмом.

Нами прийнятий для консольного крана електричний привід механізму пересування візка, який був розрахований у другому конструкторському розділі даної кваліфікаційної роботи бакалавра.

Під час роботи любого консольного крана виконуються такі технологічні операції:

- підйом з поверхні землі або основи (підйом із «підхватом»), тобто відрив від опори вантажу в момент, коли рухома частина крана рухається з деякою швидкістю;
- підйом і опускання підвішеного вантажу (підйом з положення «підвісу»);
- поворот вантажу з поворотною частиною консольного крана;
- переміщення підвішеного вантажа разом з візком і механізмом пересування консольного крана.

Оскільки консольний кран являє собою пружну систему, яка складається з металевих конструкцій і канатів, навантажувальні фактори котрої змінюються в часі й за напрямком, то при підйомі і переміщенні вантажу неминучі коливання, у результаті чого в ланках виникають додаткові динамічні навантаження.

Для значного спрощення процесу досліджень нами використане математичне моделювання.

					ГММ.401 -ММ.003-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.	Бондал	СБМ	17.06		Літ.	Лист	Листів
Перев.	Лютенко	ВЛМ	17.06		Н	28	21
Керівн.					Науковий розділ НУ «Полтавська політехніка ім. Ю. Кондратюка», ННІТР, 2026 р.		
Н. контр.	Васильєв		12.06				
Затв.	Орисенко		19.06				

Існуючі консольні крани являють собою пружну багатомасову систему з нескінченним числом ступенів вільності. Маса, що входить у систему, мають зосереджені й розподілені параметри.

Ураховуючи особливості конструкції консольних кранів, їх динаміку розглядаємо при деяких допущеннях.

1. При приведенні мас обертових елементів приводів консольного крана не беруться до уваги пружні властивості передач привода, оскільки їхні жорсткості в багато разів вищі за жорсткості вантажу, талевих канатів і конструкцію самого крана: ураховується також відсутність проміжків у кінематичній схемі привода й синхронне переміщення мас, що приводяться.

2. У деяких випадках не враховується загасання коливань від зовнішнього та внутрішнього тертя у зв'язку з тим, що в початковому періоді при невеликих значеннях сили опору вони майже не впливають на коливальні процеси.

3. Припускаємо, що в процесі коливань існує лінійна залежність між зусиллями і деформаціями.

3.2 Визначення частот власних коливань механізму пересування візка консольного крана

Виконання точних розрахунків підйомних систем зобов'язують ураховувати власні коливання окремих елементів і системи в цілому в зв'язку з тим, що в результаті збігу частот власних та змушених коливань виникають резонансні явища, які викликають значні динамічні навантаження, котрі знижують довговічність конструкцій.

У цей час при розрахунку елементів кранів на статичну й утомлену міцність власні коливання конструкцій не враховуються. Однак несучу здатність кранів можна підвищити, якщо у розрахунках при їх проектуванні враховувати їхні амплітудно-частотні характеристики.

Отже, визначення частот і форм власних коливань елементів конструкцій

					ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		29

кранів дозволяє зіставити ці частоти зі змушеними частотами, мати дані про навантаженість підйомної системи й тим самим служити частиною вихідних даних для створення оптимальних конструкцій, що мають параметри, які забезпечують нормальну роботу всіх коливних ланок у режимі, досить віддаленому від резонансу.

Також при складанні рівнянь динаміки кранів і визначення динамічних навантажень в елементах конструкцій у деяких випадках необхідно обчислювати частоти й форми власних коливань систем, що розглядаються.

У [12 – 15] встановлено, що в завданнях динаміки споруджень важливе значення має частота основного тону власних коливань. Тому незважаючи на те, що підйомна система має нескінченне число ступенів вільності, для більшості інженерних завдань переважне значення має основна частота коливань і значно меншою мірою її обертони.

Як уже відзначалось, сучасні крани являють собою пружну багатомасову систему, що володіє нескінченним числом ступенів вільності. Однак можна виділити найбільш характерні елементи підйомної системи. Це вантаж з вантажозахоплюючим пристроєм, канат поліспасти, нерухома частина крана (його металоконструкція), механізм повороту, механізм пересування візка з вантажем і їх приводи.

Якщо не враховувати податливості нерухомої частини крана, вважаючи, що вона має велику жорсткість, розрахункову схему механізму пересування візка крана із приводом і вантажем можна представити у вигляді двомасової пружної системи (рис. 3.1).

На схемі (рис. 3.1) здійснення пересування візка консольного крана з вантажем передбачається за допомогою електропривода. Елементи обертових частин привода механізму пересування візка, вантаж з вантажозахоплюючим пристроєм крана, які володіють значними жорсткостями й невеликими довжинами, приймаємо як ланки із зосередженими масами.

На розрахунковій схемі (див. рис. 3.1) прийняті наступні позначення: m_1 – маса візка і механізму пересування приведенних до поступального переміщення візка крана; m_2 – маса вантажу з вантажозахоплюючим пристроєм; x_1 , x_2 –

координати відліку; C – жорсткість підвісу вантажу. $C = m_2 g/l$.

Розв'язання рівнянь руху зводиться до розгляду коливань пружної системи при певних крайових умовах завдання.

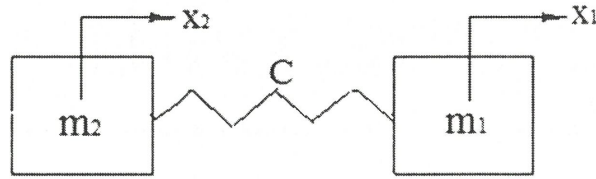


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема двомасової пружної системи пересування візка консольного крана

При переміщеннях x_1 і x_2 рівняння руху для кожної маси визначають вільні (власні) коливання системи:

$$m_1 x_1'' + C(x_1 - x_2) = 0; \quad (3.1)$$

$$m_2 x_2'' + C(x_2 - x_1) = 0. \quad (3.2)$$

Так як система здійснює гармонічні коливання, то виконуємо наступну заміну

$$x_1 = X_1 \cos \omega t; \quad (3.3)$$

$$x_2 = X_2 \cos \omega t. \quad (3.4)$$

Тоді рівняння (3.1) і (3.2) після диференціювання будуть мати вигляд

$$-m_1 \omega^2 X_1 \cos \omega t + C(X_1 - X_2) \cos \omega t = 0; \quad (3.5)$$

$$-m_2 \omega^2 X_2 \cos \omega t + C(X_2 - X_1) \cos \omega t = 0. \quad (3.6)$$

Рівняння (3.5) і (3.6) запишемо наступним чином, скоротивши всі члени рівняння на $\cos \omega t$

$$(C/m_1 - \omega^2) X_1 - (C/m_1) X_2 = 0; \quad (3.7)$$

$$-(C/m_2) X_1 - (C/m_2 - \omega^2) X_2 = 0, \quad (3.8)$$

де ω – колова частота власних (вільних) коливань, c^{-1} . $\frac{\omega}{2\pi} = f$;
 f – частота коливань, Гц.

Рівняння (3.7) і (3.8) запишемо в матричному вигляді, замінив $\omega^2 = \lambda$,
де λ – власне число.

$$\begin{bmatrix} \frac{C}{m_1} - \omega^2 & -\frac{C}{m_1} \\ -\frac{C}{m_2} & \frac{C}{m_2} - \omega^2 \end{bmatrix} = 0; \quad (3.9)$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda \end{bmatrix} = 0 \longrightarrow \lambda \quad (3.10)$$

Для визначення частот власних коливань механізму пересування візка консольного крана запишемо наступні вирази

$$A = \begin{bmatrix} \frac{C}{m_1} & -\frac{C}{m_1} \\ -\frac{C}{m_2} & \frac{C}{m_2} \end{bmatrix}; \quad E = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (3.11)$$

$$A - \lambda E = 0 \longrightarrow \lambda \quad (3.12)$$

Рішення матричного виразу (3.12) і отримання частот власних коливань механізму пересування візка консольного крана виконуємо з використанням математичного застосунку MathCAD.

Приведення всіх мас системи механізму пересування візка, жорсткостей пружних ланок робимо до ходових коліс візка.

$$m_1 := 15 \quad m_2 := 10000 \quad C := 10000$$

$$A := \begin{pmatrix} \frac{C}{m_1} & \frac{-C}{m_1} \\ \frac{-C}{m_2} & \frac{C}{m_2} \end{pmatrix}$$

$$A := \begin{pmatrix} \frac{10000}{15} & \frac{-10000}{15} \\ \frac{-166396}{10000} & \frac{166396}{10000} \end{pmatrix}$$

$$\omega^2 := \lambda$$

$$\lambda := \text{eigenvals}(A)$$

$$\lambda = \begin{pmatrix} 683.306 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\omega := \sqrt{\lambda} \quad \omega = \begin{pmatrix} 26.14 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$f := \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \quad f = \begin{pmatrix} 4.16 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$f := \frac{\sqrt{\text{eigenvals}(A)}}{2 \cdot \pi} \quad f = \begin{pmatrix} 4.16 \\ 0 \end{pmatrix}$$

У результаті розрахунку отримано основну частоту власних коливань механізму пересування візка консольного крана $f = 4,16$ Гц.

3.3 Динаміка механізму пересування візка консольного крана

3.3.1 Загальні положення

Перехідні процеси, що мають місце у роботі привідних механізмів кранів, значною мірою визначають динамічні навантаження в елементах розглянутих

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

33

систем. На динаміку процесів пуску й зупинення істотно впливають інерційні й жорсткісні параметри елементів.

При несталому русі механізму пересування візка консольного крана в ньому виникають додаткові динамічні навантаження, які визвані пружністю трансмісії. Процес цей можна розглядати як без урахування відхилення вантажу на підвісі, так і з урахуванням його. Перший випадок відповідає відсутності вантажу на гаку або вантажу, підтягнутому до точки підвісу.

3.3.2 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму

3.3.2.1 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму без урахування відхилення вантажу на підвісі

Якщо вантаж підвішений на короткому підвісі, то розрахункову систему можна звести до двох мас: m_1 – маси візка з механізмом пересування приведенних до поступального переміщення візка і m_2 – маси вантажу з вантажозахоплюючим пристроєм (рис.3.2 б).

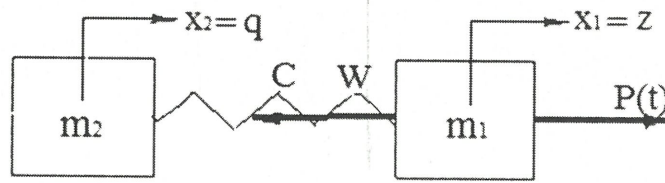
На розрахункових схемах (рис. 3.2 а, б) також прийняті наступні позначення: x_1 – горизонтальне переміщення маси m_1 ; x_2 – абсолютне горизонтальне переміщення маси m_2 ; j – кут відхилення підвісу вантажу від вертикалі; l – довжина підвісу вантажу; W – сила опору переміщення візка; $P(t)$ – рушійна сила електродвигуна, що діє на візок; C – жорсткість підвісу вантажу. $C = m_2g / l$, де довжина підвісу вантажу $l = 10$ м.

Рівняння руху візка і вантажу в горизонтальному напрямку запишемо в такому вигляді:

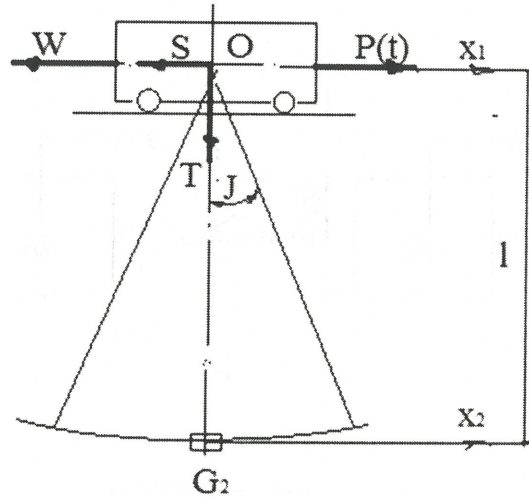
$$m_1 \ddot{X}_1 + C(X_1 - X_2) + \nu(X_1 - X_2) = P(t); \quad (3.13)$$

$$m_2 \ddot{X}_2 + C(X_2 - X_1) + \nu(X_2 - X_1) = -W. \quad (3.14)$$

					ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		34



б)



а)

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема пересування візка з механізмом пересування з урахуванням гнучкості підвісу вантажу:

а – основна розрахункова схема; б – приведена розрахункова схема

Рушійну силу електродвигуна виразимо диференціальною залежністю [27]

$$P(t) = A_0 u + A_1 \dot{P}(t) + A_2 u^2 \dot{X}_1, \quad (3.15)$$

$$u = \frac{u_\phi}{R_k} = \frac{78,435}{0,2} = 392,2; ;$$

u_ϕ – фактичне передавальне число механізму пересування;

R_k – радіус колеса візка;

ν – коефіцієнт характеризуючий загасання;

A_0, A_1, A_2 – постійні електродвигуна. Значення постійних визначаються

виразами:

$$A_0 = \frac{2M_k}{S_k}; A_1 = \frac{1}{\omega_0 S_k}; A_2 = \frac{2M_k}{\omega_0 S_k}, \quad (3.16)$$

де M_k – критичний момент двигуна;

S_k – критичне ковзання ротора;

ω_0 – синхронна кутова швидкість двигуна;

t – час.

Для аналітичного опису пуску електродвигуна скористаємося рівнянням (3.15).

Початкові умови представимо у вигляді

$$(t = 0) \quad X_{20} = -\frac{G_2}{C}, \quad \lambda_{10} = 0, \quad V_{10} = 0, \quad P_0 = 0. \quad (3.17)$$

Для зручності рішення на ЕОМ системи рівнянь з використанням застосунку MathCAD приводимо її до такого вигляду:

$$\begin{aligned} m \cdot z''(t) + C[(z(t) - q(t))] + v[(z(t) - q(t))] &= P(t); \\ m_2 q''(t) + C[(q(t) - z(t))] + v[(q(t) - z(t))] &= -W; \\ P(t) &= A_0 u + A_1 P'(t) + A_2 u^2 z'(t); \end{aligned} \quad (3.18)$$

Прискорення маси m_1 (візка)

$$k(t) = -\frac{C}{m_1} z(t) - \frac{v}{m_1} z'(t) + \frac{C}{m_1} q(t) + \frac{v}{m_1} q'(t) + \frac{1}{m_1} P(t);$$

Прискорення маси m_2 (вантажу з вантажозахоплюючим пристроєм)

$$n(t) = \frac{C}{m_2} z(t) + \frac{v}{m_2} z'(t) - \frac{C}{m_2} q(t) - \frac{v}{m_2} q'(t) - \frac{W}{m_2};$$

Горизонтальна проекція натягу в підвісу

$$s(t) = m_2 g (q(t) - z(t)).$$

Після перетворення отримаємо:

$$\begin{aligned} z'(t) &= v(t); \\ v'(t) &= -\frac{C}{m_1} z(t) - \frac{v}{m_1} z'(t) + \frac{C}{m_1} q(t) + \frac{v}{m_1} q'(t) + \frac{1}{m_1} P(t); \end{aligned}$$

$$q'(t) = d(t);$$

$$d'(t) = \frac{C}{m_2} z(t) + \frac{v}{m_2} z'(t) - \frac{C}{m_2} q(t) - \frac{v}{m_2} q'(t) - \frac{W}{m_2};$$

$$P'(t) = -\frac{A_2 u^2}{A_1} z(t) + \frac{1}{A_1} P(t) - \frac{A_0 u}{A_1}; \quad (3.19)$$

$$k(t) = -\frac{C}{m_1} z(t) - \frac{v}{m_1} z'(t) + \frac{C}{m_1} q(t) + \frac{v}{m_1} q'(t) + \frac{1}{m_1} P(t);$$

$$n(t) = \frac{C}{m_2} z(t) + \frac{v}{m_2} z'(t) - \frac{C}{m_2} q(t) - \frac{v}{m_2} q'(t) - \frac{W}{m_2};$$

$$s(t) = m_2 g (q(t) - z(t)).$$

Після підстановки даних взятих із таблиць 3.1 і 3.2 отримаємо

$$z'(t) = v(t);$$

$$v'(t) = -666.7z(t) - 0.5z'(t) + 666.7q(t) + 0.5q'(t) + 0.07P(t);$$

$$q'(t) = d(t); \quad (3.20)$$

$$d'(t) = 1z(t) + 0.5z'(t) - 1q(t) - 0.5q'(t) - 1.26;$$

$$p'(t) = -17242878z'(t) - 2.33P(t) + 494998;$$

$$k(t) = -666.7z(t) - 0.5z'(t) + 666.7q(t) + 0.5q'(t) + 0.07P(t);$$

$$n(t) = 1z(t) + 0.5z'(t) - 1q(t) - 0.5q'(t) - 1.26;$$

$$s(t) = 1000 (q(t) - z(t)).$$

Початкові умови:

$$z(0) = 0; q(0) = 0; q(0) = 0; v(0) = 0; d(0) = 0; p(0) = 0; k(0) = 0; n(0) = 0;$$

$$s(0) = 0.$$

Розв'язання системи рівнянь (3.20) робимо для механізму пересування візка консольного крана з електроприводом, з параметрами, наведеними в табл.3.1.

Обчислені значення постійних A_0 , A_1 , A_2 для робочої характеристика електродвигуна наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Параметри консольного крана

Параметри	Одиниці вимірювання	Числові значення	Параметри	Одиниці вимірювання	Числові значення
m_1	кг	15	u	–	392,2
m_2	кг	10000	R_k	м	0,2
G_2	Н	100000	v	Н·с/м	7,5
C	Н/м	10000	u_ϕ	–	78,435

У результаті розв'язання одержуємо значення сили електродвигуна механізму пересування, переміщення, швидкості і прискорення візка й вантажу, а також горизонтальну проекцію натягу в підвісу.

Побудований за виконаними розрахунками графік зміни сили електродвигуна механізму пересування у функції часу (рис. 3.3) показує, що розгін привода триває близько 6 с від моменту його включення. Максимального значення сила досягає при $t = 3$ с від початку пуску.

Таблиця 3.2 – Значення постійних електродвигуна

Тип електро- двигуна	Режим роботи електро- двигуна	Діапазон вимірювання кутової швидкості ротора електро- двигуна, рад/с	Постійні електродвигуна		
			A_0	A_1	A_2
МТФ-012-6 N = 2,7 кВт n = 840 об/хв	робоча характе- ристика	67,939-87,92	358	– 0,4289	– 48

$$z(t) = v(t)$$

$$v'(t) = -666.7z(t) - 0.5v(t) + 666.7q(t) + 0.5d(t) + 0.07p(t)$$

$$q'(t) = d(t)$$

$$d'(t) = 1 \cdot z(t) + 0.5 \cdot v(t) - 1 \cdot q(t) - 0.5 \cdot d(t) - 1.2t$$

$$p'(t) = -2.33p(t) - 17242878v(t) + 49499t$$

$$k(t) = -666.7z(t) - 0.5 \cdot v(t) + 666.7q(t) + 0.5 \cdot d(t) + 0.07 \cdot p(t)$$

$$n(t) = 1 \cdot z(t) + 0.5 \cdot v(t) - 1 \cdot q(t) - 0.5 \cdot d(t) - 1.2t$$

$$s(t) = 1000q(t) - z(t)$$

$$z(0) = 0 \quad d(0) = 0 \quad q(0) = 0 \quad v(0) = 0$$

$$k(0) = 0 \quad n(0) = 0 \quad s(0) = 0 \quad p(0) = 0$$

```

(Z
 Q
 V
 D
 K
 N
 P
 S) := Odesolve ( (z
 q
 v
 d
 k
 n
 p
 s) , t, 10, 7

```

m

З загасанням

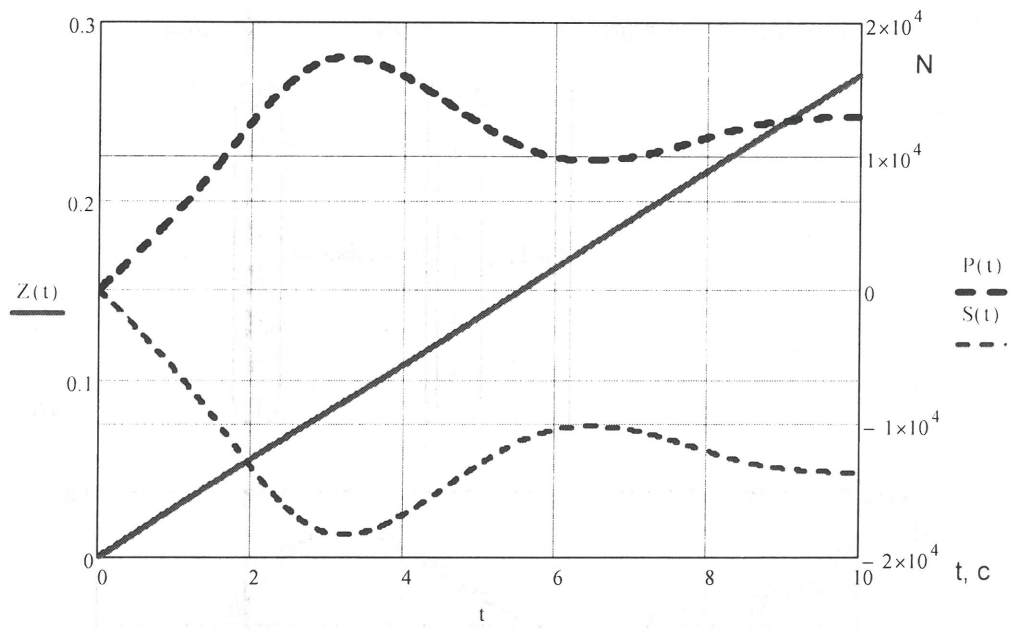


Рисунок 3.3 – Переміщення маси $Z(t) = m_1$ (візка), сили електродвигуна $P(t)$ та горизонтальної складової натягу в підвісу $S(t)$

При $\nu=0$ (без загасання)

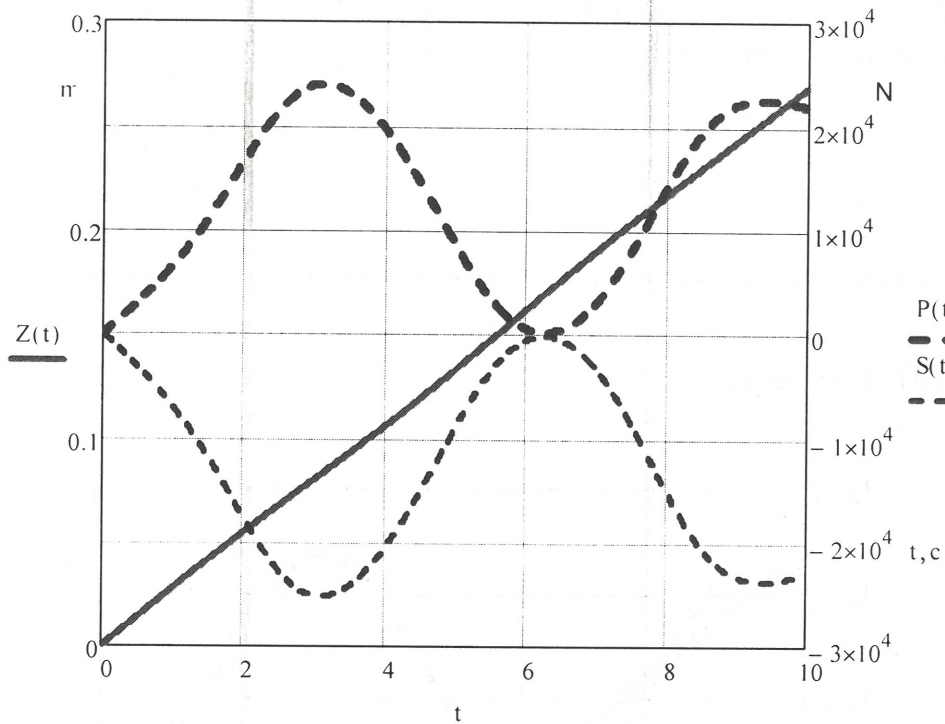
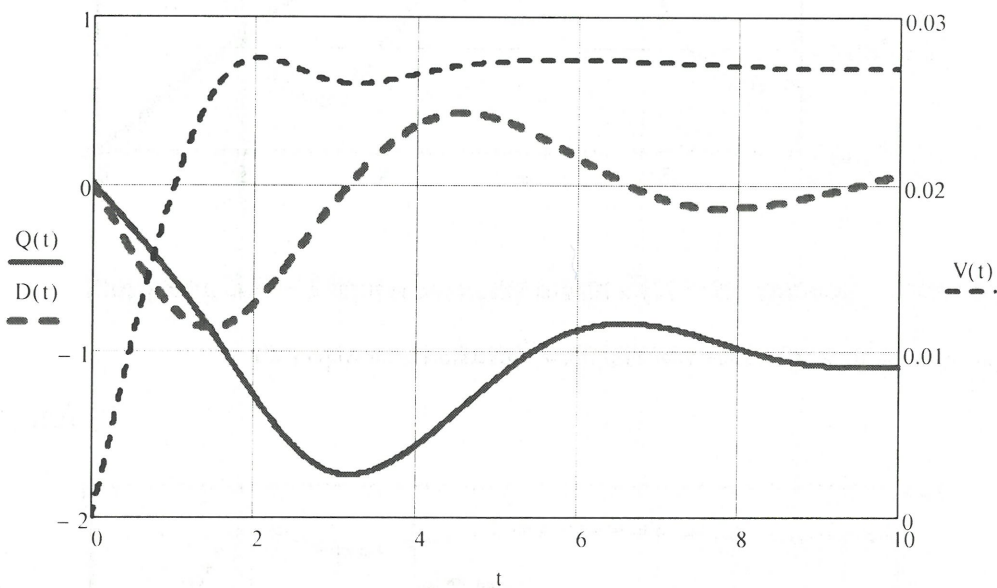


Рисунок 3.4 – Переміщення маси $Z(t) = m_1$ (візка), сили електродвигуна $P(t)$ та горизонтальної складової натягу в підвісу $S(t)$

$m, m/c$



З загасанням
 m/c

Рисунок 3.5 – Переміщення маси $Q(t) = m_2$ (вантажу), її швидкості $D(t)$ та швидкості маси m_1 (візка) $V(t)$

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

ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

40

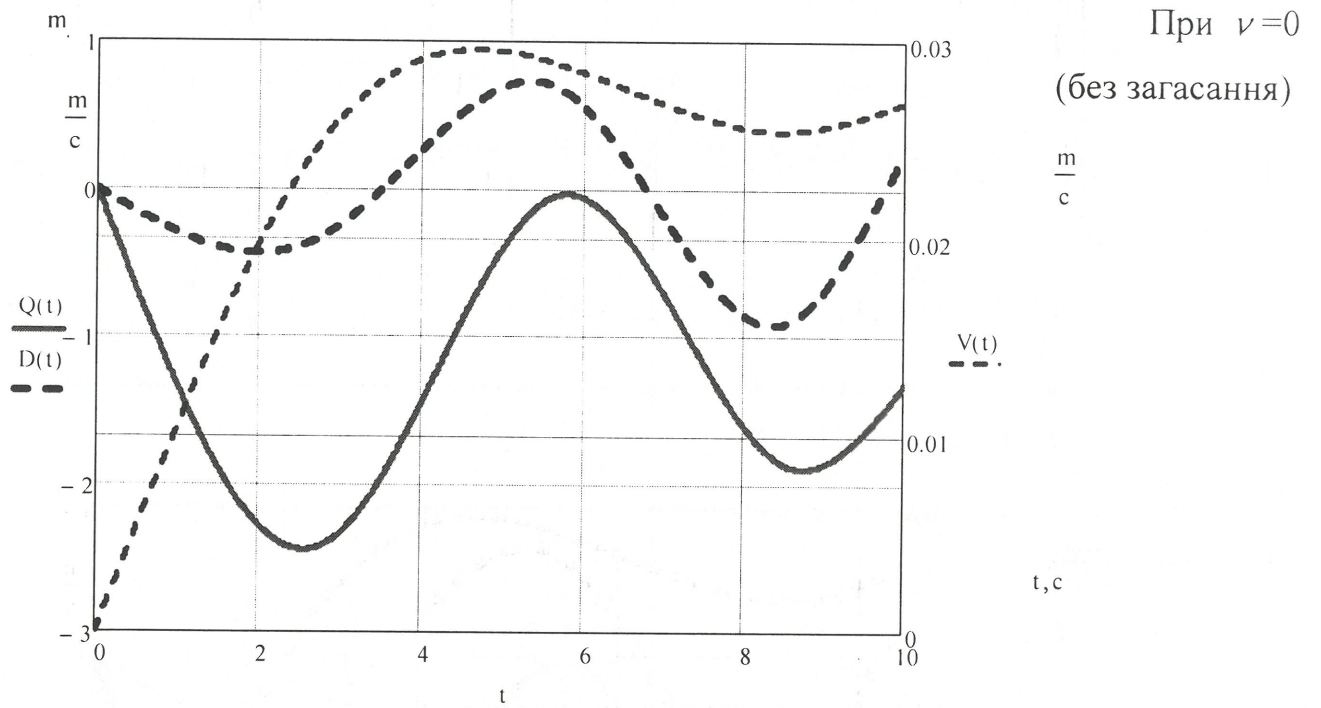


Рисунок 3.6 – Переміщення маси $Q(t) = m_2$ (вантаж), її швидкості $D(t)$ та швидкості маси m_1 (візка) $V(t)$

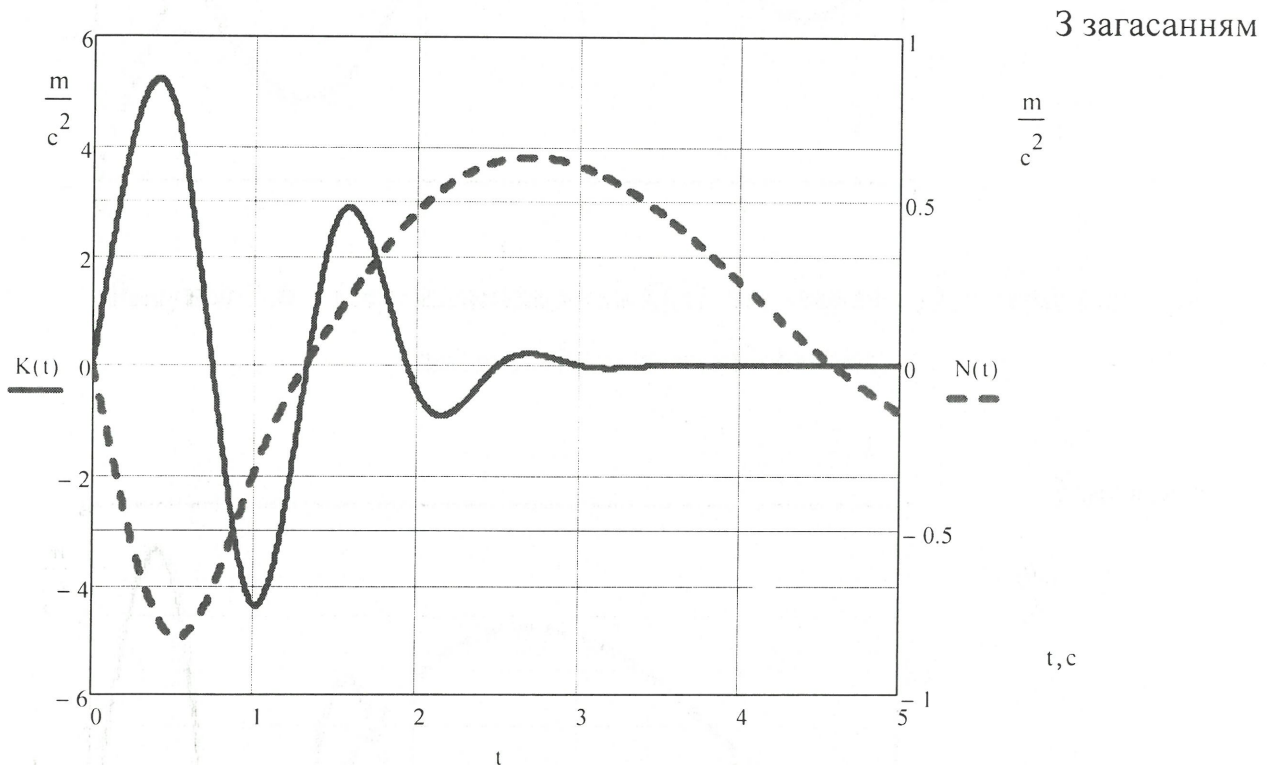


Рисунок 3.7 – Прискорення маси $Z(t) = m_1$ (візка) $K(t)$ та маси $Q(t) = m_2$ (вантаж) $N(t)$

При $\nu=0$ (без загасання)

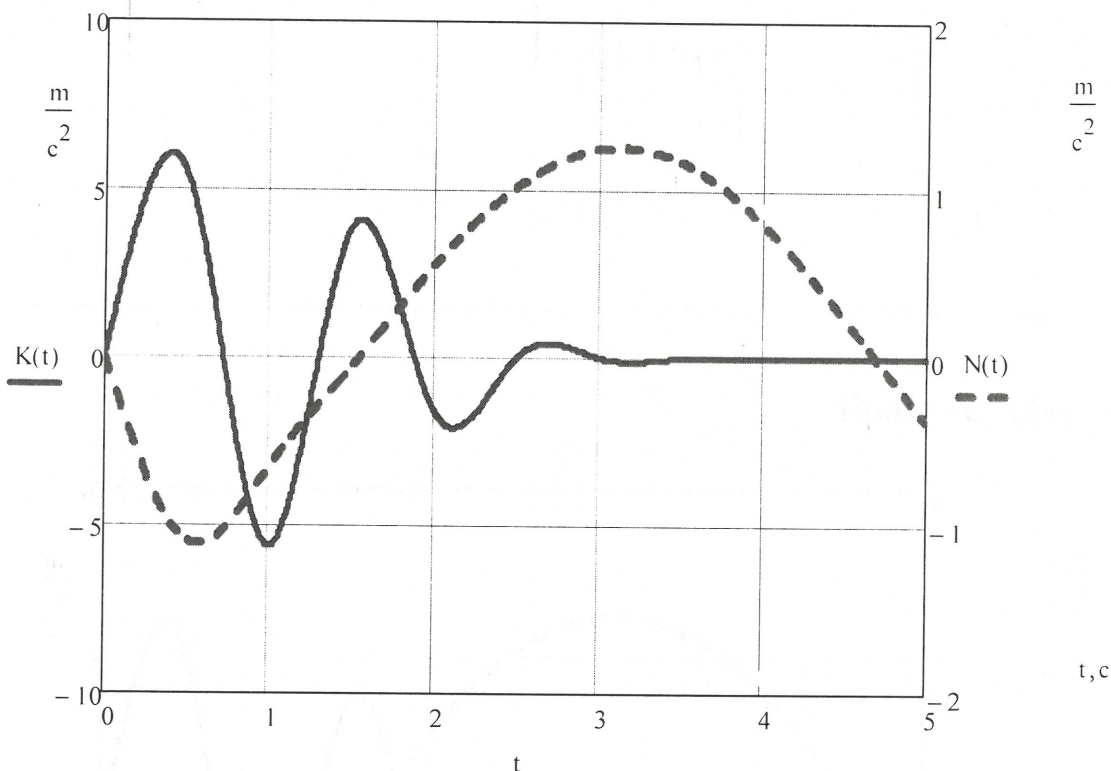


Рисунок 3.8 – Прискорення маси $Z(t) = m_1$ (візка) $K(t)$ та маси $Q(t) = m_2$ (вантаж) $N(t)$

3.3.2.2 Динаміка механізму пересування візка крана під час пуску привідного механізму з урахуванням відхилення вантажу на підвісі

Як правило, при пересуванні крана (візка) з вантажем на гаку останній не піднімають високо над землею і навідь з метою зменшення розгойдування вантажу його прив'язують до крану. Оскільки розгойдування вантажу підвищує динаміку його переміщення, розглянемо випадок, коли візок консольного крану переміщується з вантажем на гаку при довгому підвісі в період неусталеного руху. Так як вантаж розгойдується, то потрібно попередньо установити закони відхилення його від вертикалі. В початковий період руху при розгоні візка вантаж відстає від нього.

В даному випадку диференціальне рівняння (3.14) буде мати вигляд:

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

ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

42

$$m_2 \ddot{X}_2 + C(X_2 - X_1) + v(\dot{X}_2 - \dot{X}_1) = -W - m_2 g X_2 / l \quad (3.21)$$

Також рівняння прискорення маси m_2 (вантаж з вантажозахоплюючим пристроєм) системи (3.20) буде мати вигляд:

$$n(t) = 1z(t) + 0.5z'(t) - 1q(t) - 0.5q'(t) - 1.26 \quad (3.22)$$

Решта рівнянь і початкові умови залишаються без змін.

Розв'язання системи рівнянь (3.20) з заміненними рівняннями (3.21) і (3.22) робимо для механізму пересування візка консольного крана з електроприводом, що мають параметри, наведені в таблиці 3.1.

Обчислені значення постійних A_0, A_1, A_2 для робочої характеристика електродвигуна беремо із таблиці 3.2.

У результаті розв'язання також одержуємо значення сили електродвигуна механізму пересування, переміщення, швидкості і прискорення візка й вантажу, а також горизонтальну проекцію натягу в підвісу.

Побудований за виконаними розрахунками графік зміни сили електродвигуна механізму пересування у функції часу $P(t)$ (рис. 3.9) показує, що навантаженням на електродвигун служить горизонтальна складова натягу в підвісу $S(t)$.

$$z'(t) = v(t)$$

$$v'(t) = -666.7z(t) - 0.5v(t) + 666.7q(t) + 0.5d(t) + 0.07p(t)$$

$$q'(t) = d(t)$$

$$d'(t) = 1z(t) + 0.5v(t) - 10001q(t) - 0.5d(t) - 1.26$$

$$p'(t) = -2.33p(t) - 17242878v(t) + 49499$$

$$k(t) = -666.7z(t) - 0.5v(t) + 666.7q(t) + 0.5d(t) + 0.07p(t)$$

$$n(t) = 1z(t) + 0.5v(t) - 10001q(t) - 0.5d(t) - 1.26$$

$$s(t) = 10000(q(t) - z(t))$$

$$z(0) = 0 \quad d(0) = 0 \quad q(0) = 0 \quad v(0) = 0$$

$$k(0) = 0 \quad n(0) = 0 \quad s(0) = 0 \quad p(0) = 0$$

$$\begin{pmatrix} Z \\ Q \\ V \\ D \\ K \\ N \\ P \\ S \end{pmatrix} := \text{Odesolve} \left[\begin{pmatrix} z \\ q \\ v \\ d \\ k \\ n \\ p \\ s \end{pmatrix}, t, 1, 7 \right]$$

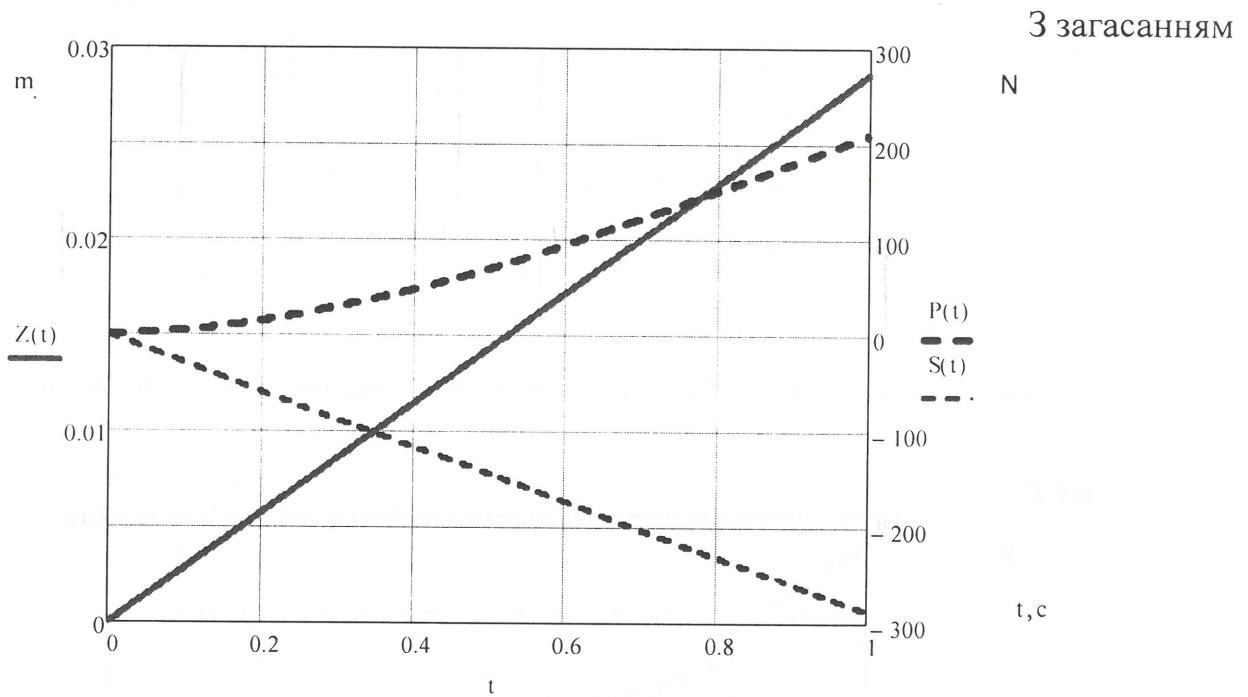


Рисунок 3.9 – Переміщення маси $Z(t) = m_1$ (візка), сили електродвигуна $P(t)$ та горизонтальної складової натягу в підвісу $S(t)$ При $v=0$ (без загасання)

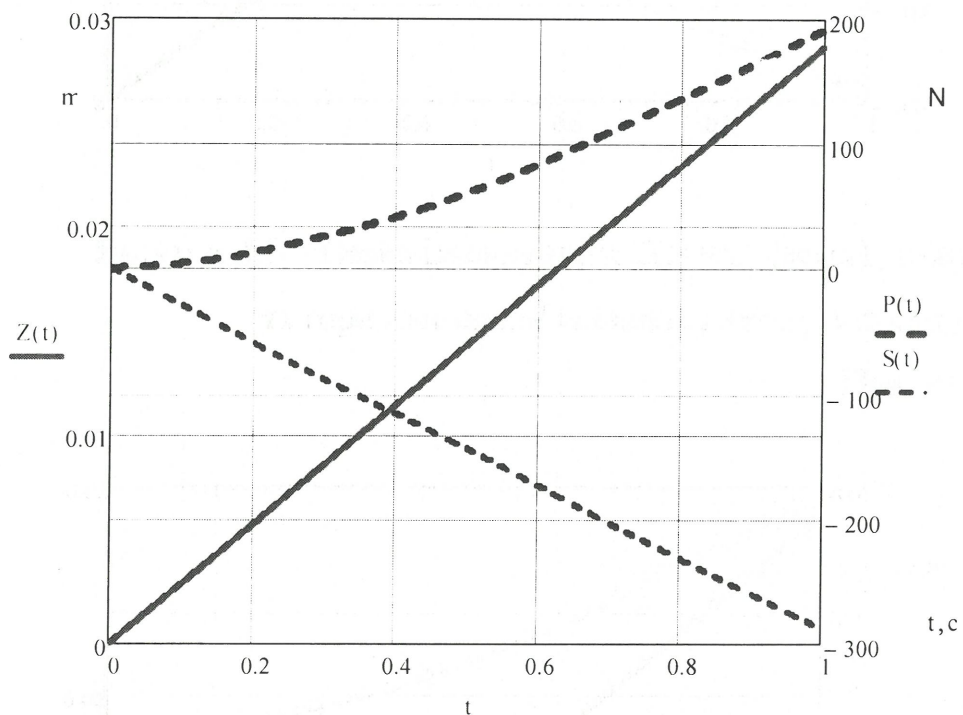


Рисунок 3.10 – Переміщення маси $Z(t) = m_1$ (візка), сили електродвигуна $P(t)$ та горизонтальної складової натягу в підвісу $S(t)$

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

ГММ.401-М:1.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

44

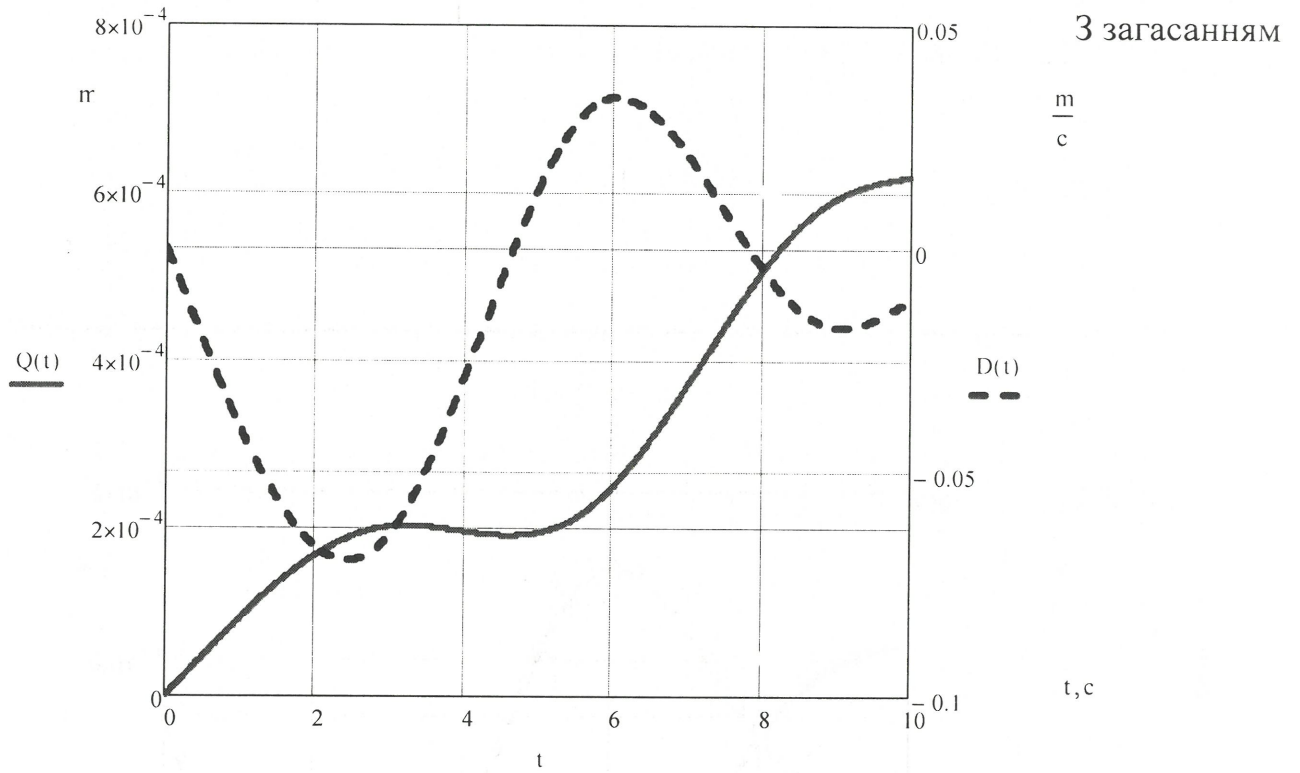


Рисунок 3.11 – Переміщення маси $Q(t) = m_2$ (вантажу) та її швидкості $D(t)$

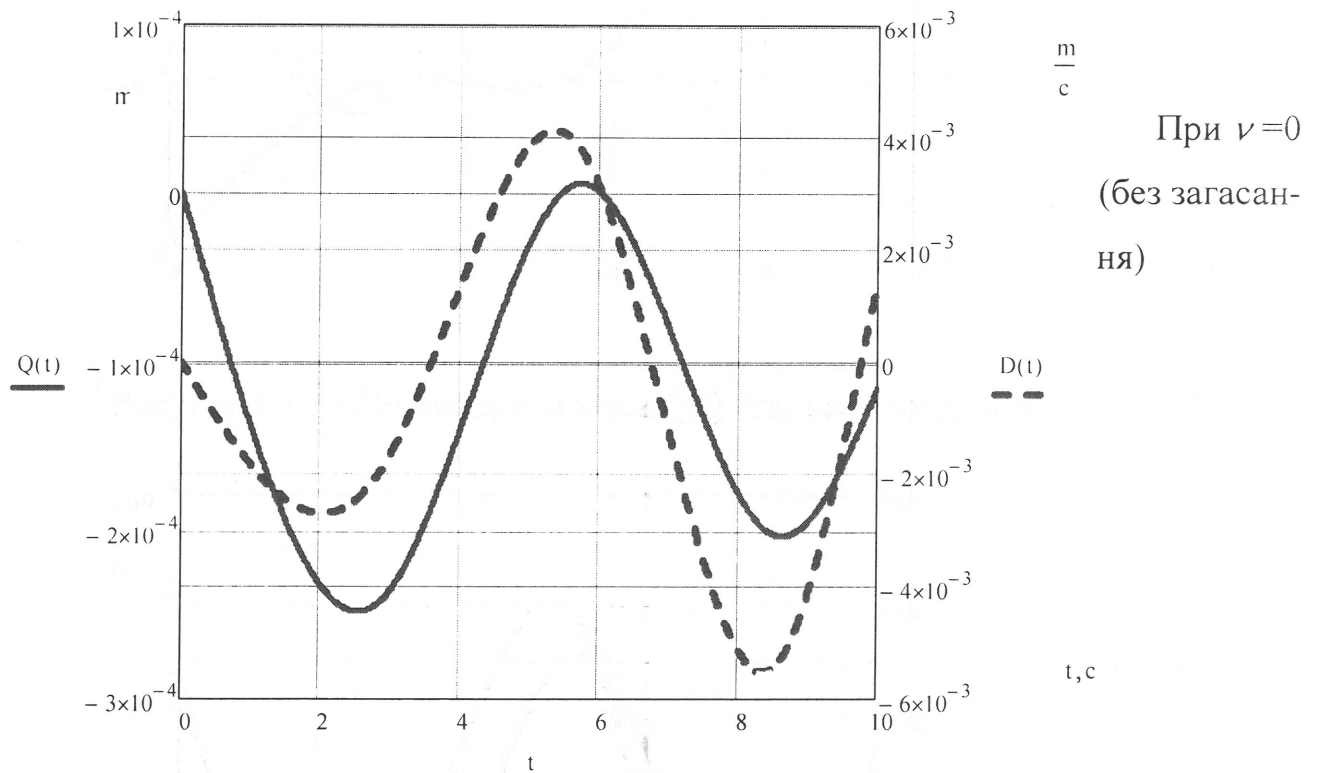


Рисунок 3.12 – Переміщення маси $Q(t) = m_2$ (вантажу) та її швидкості $D(t)$

З загасанням

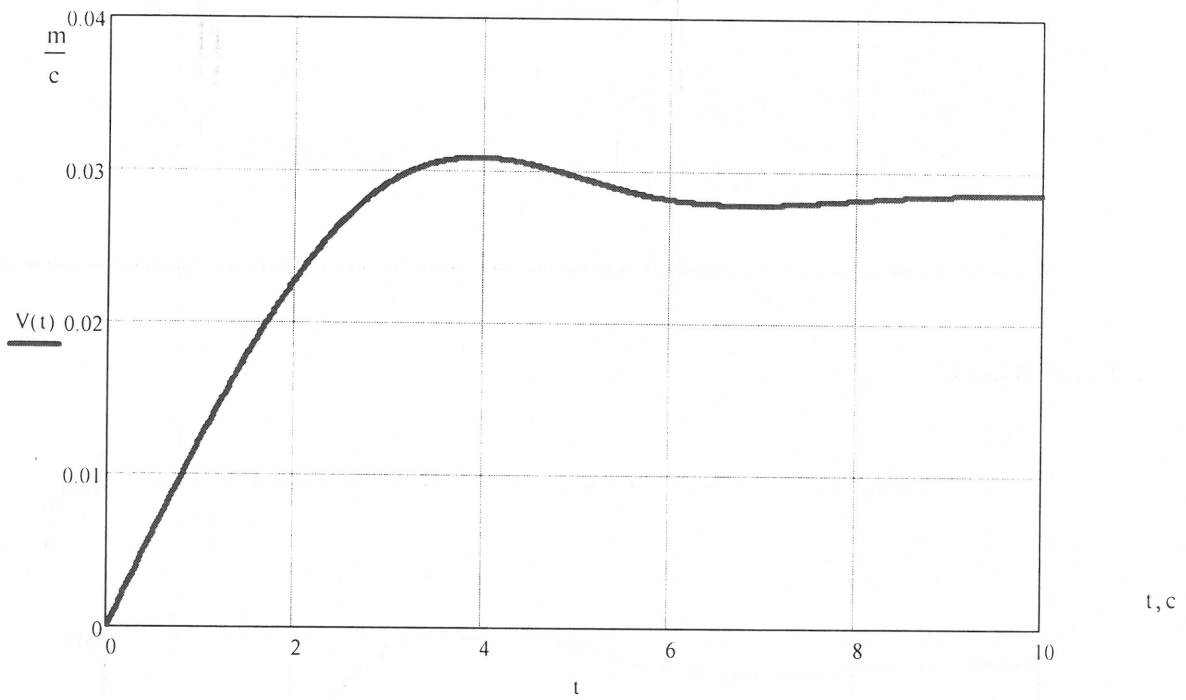
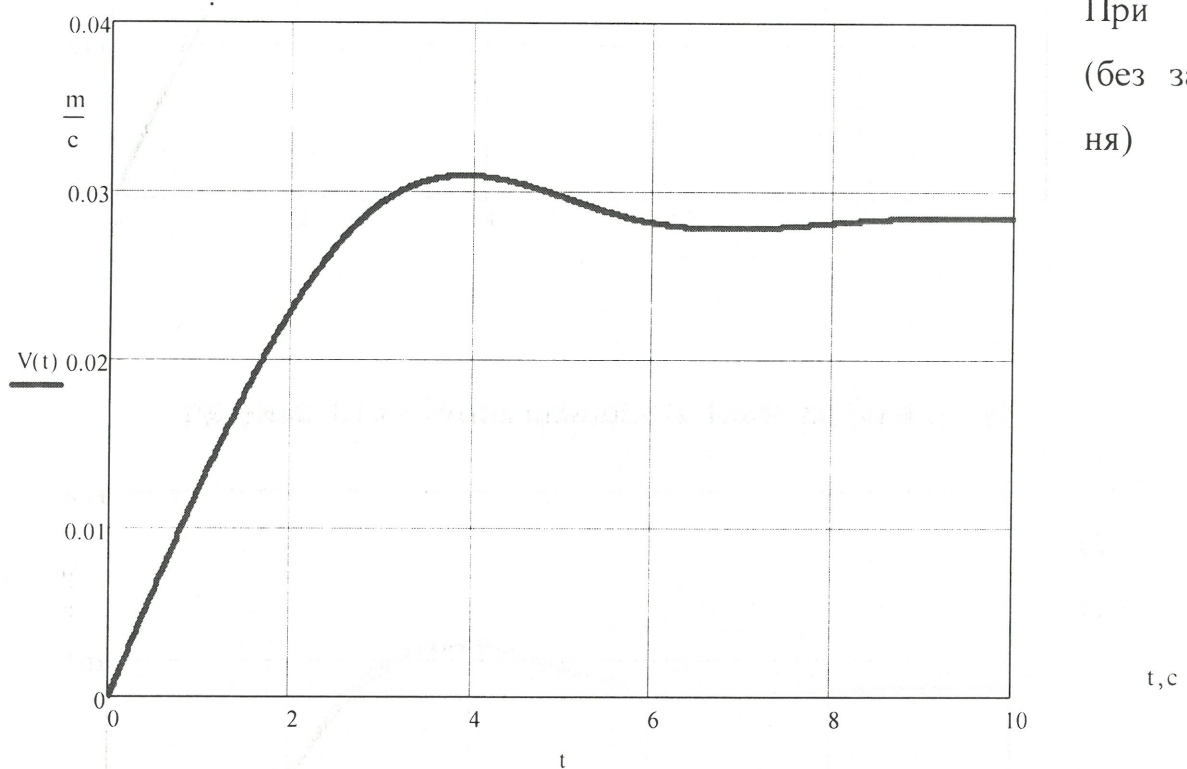


Рисунок 3.13 – Зміна швидкості маси m_1 (візка) $V(t)$



При $\nu=0$
(без загасання)

Рисунок 3.14 – Зміна швидкості маси m_1 (візка) $V(t)$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

46

З загасанням

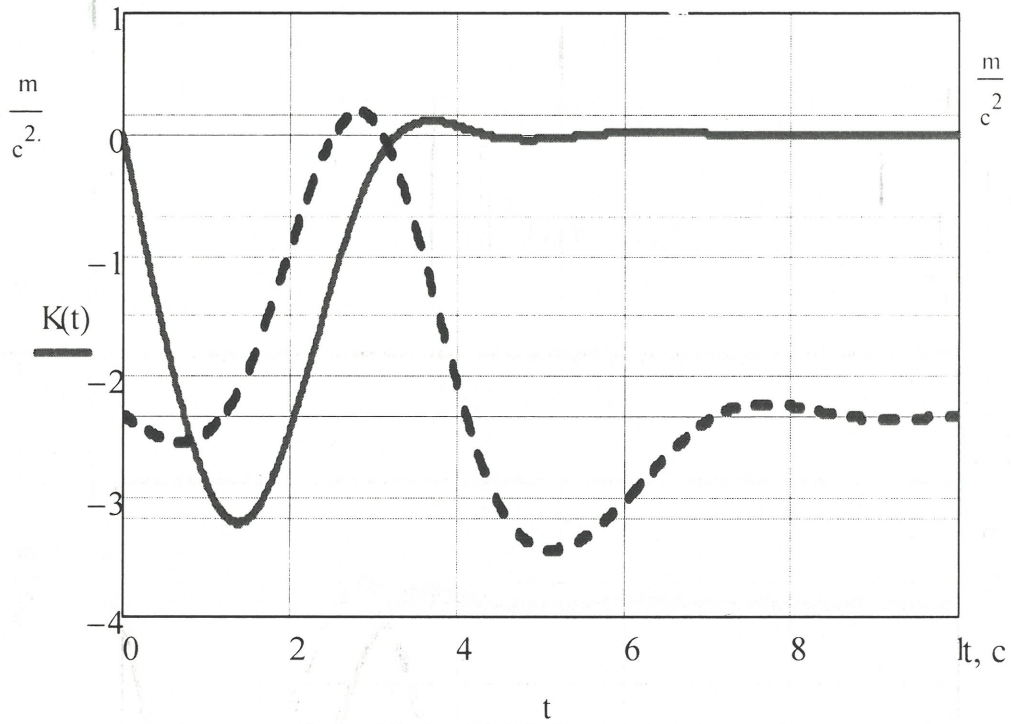


Рисунок 3.15 – Прискорення маси $Z(t) = m_1$ (візка) $K(t)$ та маси $Q(t) = m_2$ (вантаж) $N(t)$

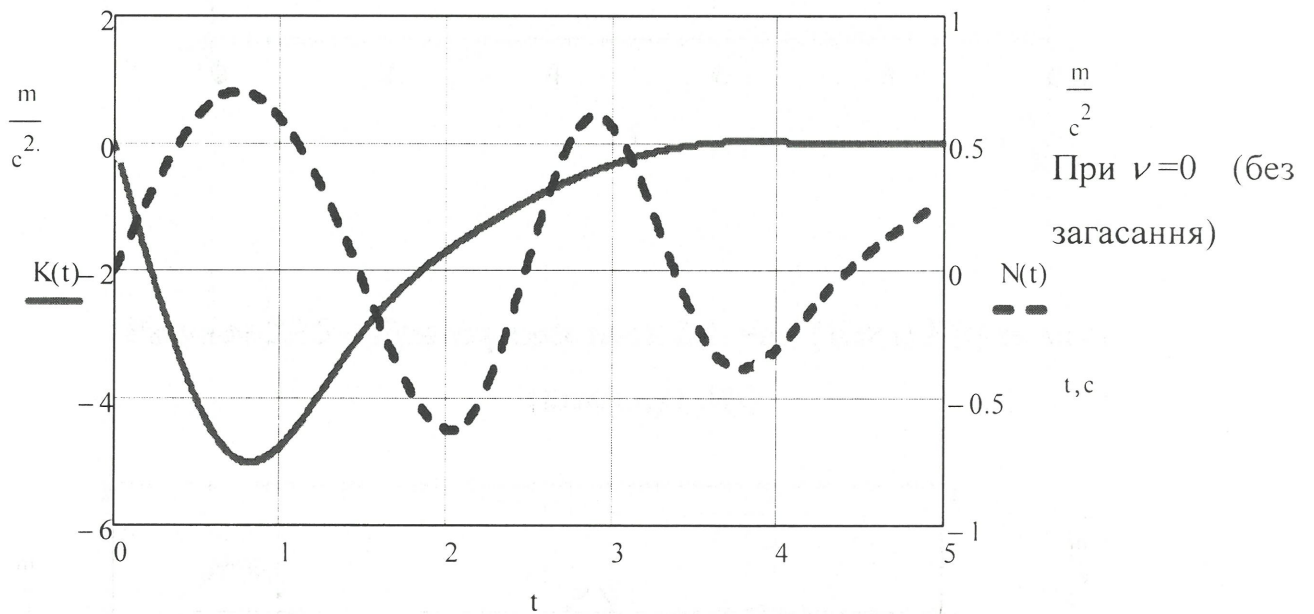


Рисунок 3.16 – Прискорення маси $Z(t) = m_1$ (візка) $K(t)$ та маси $Q(t) = m_2$ (вантаж) $N(t)$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп. Дата

ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ

Арк.

47

Розв'язання системи рівнянь (3.20), а також системи рівнянь (3.20) з заміненними рівняннями (3.21) і (3.22), з урахуванням загасання коливань дозволили достаньо точно визначити значення сили електродвигуна механізму пересування, переміщення, швидкості та прискорення мас, а також максимальні навантаження, які виникають при перехідних процесах.

					ГММ.401-ММ.003 -00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		48

4 Технологічна частина

4.1 Підбір заготівельного матеріалу для створення пальця

Зменшення припусків на механічне оброблення деталей та скорочення числа операцій при виготовлення продукції являється головним пріоритетом в машинобудвній галузі, що в результаті забезпечується маловідхідна чи безвідхідна технологія. Цьому також сприяє поліпшення організації заготівельних операцій на виробництві.

Підбір заготівельного матеріалу для деталі являється суттєвим так як являється дороговказом економічної технології та механообробки. Рациональний підбір заготівельного матеріалу з врахуванням його форми, припусків для виготовлення, а також твердості матеріалу— впливає на кількість технологічних операцій, трудомісткість оброблення, а в підсумку на вартість випуску продукції в цілому.

Коли заготівельний матеріал достатньо точний і наділений тільки припуском на оброблення, то механічне оброблення таких деталей має мінімальну трудомісткість, а також вартість. Але в цьому випадку, для виконання таких заготовок необхідно мати складне і дороге устаткування. Значно не точні заготовки зі значними припусками мають просту будову та дешеву вартість, але в результаті отримується збільшення вартості і часу виготовлення.

Тому при підборі заготівельного матеріалу стараються його форму і розміри приблизити до форми і розмірів готової деталі, але уникають

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ		
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб	Бондал		СБН	17.06	Лім.	Лист	Листів
Перев.	Лютенко		ВМ	17.06	Н	49	10
Керівн.					Технологічна частина НУ «Полт. політ. ім. Ю Кондратюка», ННІ ІТР, 2026 р.		
Н. контр.	Васильєв			17.06			
Затв.	Орисенко			19.06			

непередбачених ускладнень

Тому прийнявши все до уваги при вибиранні заготовок, як заготовки для пальця, що входить в склад вузла гакової підвіски, беремо круг $\varnothing 38 \times 90$ ДСТУ 2590:2009. В нашому випадку, знизиться витрачання металу біля 30%.

4.2 Розроблення операційного плану та описання технологічного процесу виготовлення пальця

Вибравши заготовку, для створення пальця, приступаємо до розроблення операційного плану та описання технологічного процесу виготовлення деталі.

Для робочих поверхонь пальця наряду із чорною обробкою виконується чистове оброблення, що дозволить отримати поверхням точність по 8-11 квалітету і шорсткістю R_a до 2,5 мкм.

Виконуючи вищеперераховані умови складаємо такий план операцій:

005 – відрізна

відрізати заготовку розміром 90 ± 6 мм, та діаметром $\varnothing 38$ мм

010 – торцепідрізна

підрізати торці деталі в розмір 85 мм із обох сторін;

проточити фаску

015 – центрувальна

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

просвердлити два центрових отвора

020 – токарна

проточити зовнішній діаметр заготовки в розмір \varnothing 25 мм, чорнове оброблення

025 – токарна

1) проточити зовнішній діаметр \varnothing 38 мм до розміру \varnothing 25 мм начисто на довжині 90 мм

2) проточити фаски

3) проточити галтель

030 – слюсарна

зачистити заусениці, притупити гострі краї

035 – контрольна

перевірити точність створення деталі відповідно із кресленнями.

Як базову поверхню в технологічних операціях 005, 015 беремо зовнішню поверхню деталі. Для здійснення операції 025 – базою беремо зовнішню поверхню заготовки.

Більш складним і принциповим в здійсненні механообробки являється вибирання правильного розташування деталі на верстаті – вибирання правильного базування. Від правильного базування деталі та її встановлення на верстаті, знаходиться в залежності точність оброблення, витримання заданої геометричної форми і віддалі оброблюваної поверхні від інших поверхонь деталі. Від виконаного способу базування деталі на верстаті також залежить продуктивність оброблення, вибирання типів використовуваних пристосувань, тому що значна частина часу оброблення

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

затрачається на установку деталі на верстаті, її вивірку, закріплення та знімання після оброблення.

4.3 Підбір устаткування, приладів, інструментів

Підбір устаткування і технологічного оснащення залежить від наявності металорізальних верстатів, інструментів та пристосувань. Металорізальні верстати повинні відповідати наступним умовам: основні розміри верстата повинні відповідати габаритним розмірам деталі, що обробляється; потужність верстата при здійсненні чорнового оброблення повинна завантажуватися максимально; верстат повинен задовольняти необхідну точність та шорсткість оброблюваних поверхонь; продуктивність верстата повинна задовольняти задану програму оброблення деталей.

Для здійснення токарних операцій (020, 025) беремо універсальний токарно-гвинторізний верстат 16К20, який призначається для виробництва різних токарних робіт. Дякуючи швидкохідності (до 1600 об/хв) та потужності 11 кВт верстат дає можливість здійснювати токарні операції із застосуванням різних твердосплавних матеріалів.

Для здійсненні правильного базування деталей, отримання підвищення продуктивності праці, а також розширення номенклатури технологічних можливостей верстатів використовують різноманітні універсальні пристосування: кулачкові патрони, люнети, верстатні тиски і т.ін.

При здійсненні відрізної операції використовуємо призму

					ГММ.401-МІМ.003-00.00.000 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

універсальну із гідрозажимом, для токарних робіт застосовуємо: патрони самоцентруючі 3-х кулачкові по ДСТУ 24351:2009.

При невеликих партіях випуску продукції застосовуємо дешеві і прості універсальні пристосування, з якими можна обробляти не одну, а декілька подібних деталей.

Головні фактори, що впливають на підбір ріжучого інструменту: спосіб оброблення; розміри, форма, точність та якість оброблення деталі; матеріал деталі та інструмента; тип верстата на котрому обробляється деталь. Як ріжучий інструмент беремо: різець торцепідрізний 21110-0040-T15K6 ДСТУ 18876:2009; різець прохідний 2103-0057-T15K6 ДСТУ 18879:2009.

Для контролю якості технологічних операцій створення пальця будемо задіювати: лінійку вимірювальну металеву 0-500 ДСТУ 427:2009; штангенциркуль ШЦ-1,0-160-0,05 ДСТУ 166:2009, штангенглибиномір 0-160-0,05 162:2009; калібр 8221-3036 ДСТУ 17758:2006.

4.4 Розрахунок припусків на обробку та режимів різання

4.4.1 Вибір методу розрахунків

Розрахунок припусків ведемо експериментально-статистичним методом, який застосовується в машинобудуванні, є зручним і не потребує порівняно великих витрат часу. При цьому методі користуються

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		53

розробленими таблицями перехідних припусків та допусків.

Призначення операційних припусків роблять за наступою схемою:
вивчають креслення деталі і призначають маршрут обробки, забезпечуючи точність розмірів та задану чистоту поверхні;

призначають припуски на оздоблювальну, а потім на чистову операцію;

припуски на чорнову обробку визначають, як різницю між припуском на обробку та сумою операційних припусків на чистову та оздоблювальну операції.

4.4.2 Розрахунок припусків

Таблиця припусків складається від кінцевого значення найбільшого оброблюваного діаметра пальця – $\varnothing 25h8$.

Користуючись “Таблицями розрахунку припусків на механічну обробку”, складаємо таблицю 4.1 “Припуски та допуски на обробку деталі”.

Таблиця 4.1 – Припуски на механічну обробку

1	2	3	4
Маршрут обробки та визначені розміри	Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм
Розмір вала за кресленням	25,033	–	–
Розмір вала після чистового точіння	25,033	–	–

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4
Припуск на чистове точіння	–	- 0,85	1,0
Розмір вала після чорнового точіння	26,033	–	–
Припуск на чорнове точіння	–	–	12,0
Загальний припуск	–	–	13
Розрахунковий розмір заготовки	38	–	–

4.4.3 Розрахунок режимів різання

Вибір режимів різання полягає у виборі економічно доцільного співвідношення глибини різання та подачі, а також розрахунок швидкості різання при прийнятій стійкості ріжучого інструменту.

Розрахунок режимів різання виконується в відповідності з загально-машинобудівельними нормативами режимів різання для технологічного нормування робіт на металорізальних станках.

1) Визначення глибини різання t , мм.

Глибину різання визначаємо по величині загального припуску на обробку, згідно з даними (див. таблицю 3.1) $t=6,5$ мм на сторону.

2) Визначення подачі S мм/об.

Подачу S приймаємо згідно [18], при $t \leq 3$ мм, $S=0,8 \dots 1,2$ мм/об.

Узгодивши прийняту подачу з паспортними даними станка 16К20 $S=0,88$ мм/об.

3) Визначення сили подачі R_x ;

Силу подачі R_x для даного режиму різання, при $t \leq 3$ мм; $S=0,88$ мм/об та різці з $\angle\phi=45^\circ$ по [18] $R_\lambda=109$ кг, тобто R_x менше ніж значення R_λ , що допускається по технічному паспорту станка 16К20, $R_\lambda=310$ кг.

4) Визначення швидкості різання V , м/хв:

Швидкість різання визначаємо по [18], для оброблення сталі з $\sigma_B = 61,2$ кг/мм² з $t=3$ мм, $S=0,88$ мм/об швидкість різання буде складати $V=73$ м/хв.

5) Визначення числа обертів шпінделя n об/хв:

По встановленій швидкості різання визначаємо число обертів шпінделя

$$n = \frac{V \cdot 100}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (4.1)$$

де V – швидкість різання, $V=73$ м/хв;

D – діаметр заготовки, $D=38$ мм

$$n = \frac{73 \cdot 100}{3,14 \cdot 38} = 775 \text{ об/хв}$$

Згідно з паспортними даними верстата 16К20, приймаємо кількість обертів шпінделя $n=780$ об/хв.

є) Визначення потужності, що потрібна на різання.

По [18] визначаємо потужність необхідну на різання $N_p=4,1$ кВт при числі обертів шпінделя $n=780$ об/хв.

Потужність станка $N_p=11$ кВт, процес різання здійснюється.

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		56

4.5 Розрахунок норми часу при обробці пальця

Точіння з $\varnothing 38$ до $\varnothing 25$ мм.

Основний машинний час розраховуємо за формулою [15]

$$t_O = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot V \cdot S}, \text{ хв} \quad (4.2)$$

де D – діаметр заготовки, мм;

L – довжина робочої поверхні, мм

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (4.3)$$

де l – довжина заготовки, мм;

l_1 – довжина врізання; $l_1 = 2$ мм;

l_2 – довжина перебігу різання, $l_2 = 2$ мм

Тоді $L = 85 + 2 + 2 = 89$ мм.

Підставивши в формулу (4.2) значення L , одержимо

$$t_O = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 89}{1000 \cdot 73 \cdot 0,88} = 3,3 \text{ хв}$$

Допоміжний час визначаємо за формулою:

$$t_{\text{дон}} = t_{\text{вст}} + t_n, \text{ хв} \quad (4.4)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення деталі, $t_{\text{вст}} = 0,35$ хв.;

t_n – час, що витрачається на переходи. $t_n = 1,2$ хв.

Тоді $t_{\text{дон}} = 0,35 + 1,2 = 1,55$ хв.

Час на обслуговування приймаємо в розмірі 4,6 % від суми основного машинного та запобіжного часу

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		57

$$t_{обс} = 4,6\% \cdot (t_O + t_{дон}) \quad (4.5)$$

Тоді $t_{обс} = 4,6 \cdot (3,3 + 1,55) / 100 = 0,22$ хв.

Штучний час на операцію буде становити

$$T_{шт} = 3,3 + 1,55 + 0,22 = 5,07 \text{ хв.}$$

Відрізання заготовки $0,19 \cdot d^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 38^2 \cdot 10^{-3} = 3,99$ хв.

$$t_{опер} = 3,99 + 0,5 \cdot 3,99 = 5,985 \text{ хв.} \quad t_{доп} = 0,05 \cdot 4,985 = 0,299 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 5,985 + 0,299 = 6,29 \text{ хв.}$$

Підрізання торців $0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (38^2 - 25^2) \cdot 10^{-3} = 0,4$

хв.

$$t_{опер} = 0,4 + 0,5 \cdot 0,4 = 0,612 \text{ хв.} \quad t_{доп} = 0,05 \cdot 0,612 = 0,03 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 0,612 + 0,03 = 0,64 \text{ хв.}$$

Для другої поверхні $0,037 \cdot (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot (38^2 - 25^2) \cdot 10^{-3} = 0,4$

хв.

$$t_{опер} = 0,4 + 0,5 \cdot 0,4 = 0,612 \text{ хв.} \quad t_{доп} = 0,05 \cdot 0,612 = 0,03 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 0,612 + 0,03 = 0,64 \text{ хв.}$$

Чорнова розточка $0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 38 \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 7,32$ хв.

$$t_{опер} = 7,32 + 0,5 \cdot 7,32 = 10,98 \text{ хв.} \quad t_{доп} = 0,05 \cdot 10,98 = 0,55 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 10,98 + 0,55 = 11,533 \text{ хв.}$$

Чистова розточка $0,18 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} = 0,18 \cdot 26 \cdot 85 \cdot 10^{-3} = 2,16$ хв.

$$t_{опер} = 2,16 + 0,5 \cdot 2,16 = 3,24 \text{ хв.} \quad t_{доп} = 0,05 \cdot 3,24 = 0,162 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 3,24 + 0,162 = 3,402 \text{ хв.}$$

$$\sum T_{шт} = 5,07 + 6,29 + 0,64 + 0,64 + 11,533 + 3,402 = 27,575 \text{ хв.}$$

					ГММ.401-МІМ.003-00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		8

Висновки

В кваліфікаційній роботі бакалавра на основі проведеного аналізу тенденцій розвитку підйомно-транспортної техніки та існуючих технічних рішень консольних кранів модернізовано та досліджено механізм пересування візка консольного крана .

При виконанні даної кваліфікаційної роботи бакалавра був удосконалений, розрахований і досліджений механізм пересування візка консольного крана . Також при виконанні роботи розглянуті і вирішені питання, котрі передбачені технічним завданням:

- проведений аналіз наукових праць в даній області;
- здійснений огляд і аналіз існуючих конструкцій консольних кранів;
- теоретично досліджено, з застосуванням програмного застосунку MathCAD, динамічні процеси при пересуванні візка консольного крана, як з урахування відхилення вантажу на підвісі так і без нього.

Доказана ефективність конструктивних змін і необхідність динамічного розрахунку механізму пересування візка консольного крана при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт.

Актуальність теми очевидна. Тому необхідно продовжувати дослідження консольних кранів котрі широко впроваджуються на виробництві і в будівельній індустрії за їх просту будову та обслуговування.

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бондал	СБН	17.06	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Лютенко	Вит	17.06		59	
Н. контр.		Васильєв		17.06	Висновки НУ «Полт.політ», ННІТР, 2026 р.		
Зптп		Отисенко		19.06			

Список літератури

1. Колісник М.П. Розрахунки будівельних кранів. – К.: Вища шк., 1985. – 240 с.
2. Колісник М.П., Хмара Л.А, Голубченко О.І. Будівельні крани: Конструкції та експлуатація. – К.: Техніка, 2001. – 296 с.
3. Шефлер М., Пайер Г., Курт Ф. Основи розрахунку і конструювання підйомно-транспортних машин. Пер. з нім. – К.: Техніка, 1980. – 255 с.
4. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів. – К.: Техніка, 2001. – 176 с.
5. Чернега В.І., Мазуренко І.Я. Короткий довідник по вантажопідйомних машинах. – К.: Техніка, 1988. – 303 с.
6. Іванов М.М., Комаров М.С. Деталі машин і підйомно-транспортні машини. – Львів: Вища шк. Вид-во при Львів. ун-те, 1961. – 367 с.
7. Малащенко В.О., Стрілець В.М., Новіцький Я.М., Стрілець О.Р. М83 Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. 2-ге видання. Навч. посібник. – Львів: «Новий Світ-2000», 2020. – 347 с. ISBN 978-617-751.
8. Нефьодов А.Ф., Височин Л. М. Планування експеримента і моделювання при дослідженні кранів.– Львів: Вища школа, 1976. – 250 с.
9. Сіденко В.М., Глушко І.М. Основи наукових досліджень. – Харків: Вища школа, 1977. – 270 с.
10. Чкалова О.М. Основи наукових досліджень. – К: Вища школа, 1978. – 170 с.
11. Іванченко Ф.К., Бондарев В.С. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин. – К.: Вища школа, 1975.– 450 с.
12. Іванченко Ф.К., Бондарев В.С., Колісник М.П., Барабанов В.Я. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин. – К.: Вища школа, 1988.–573 с.
13. Іванченко Ф.К. Конструювання і розрахунок підйомно-транспортних машин.

ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.		Бондал	СВ	17.06
Перев.		Лютенко	ЛЮ	17.06
Керівник				
Н. контр.		Васильев		17.06
Затв.		Орисенко		19.06

Список літератури

Лім.	Лист	Листів
Н	60	4

НУ «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
ННІІТР. 2026 р.

підручник для вузів. – К.: Вища школа, 1985.–351 с.

14. Гайдамака В.Ф. Нові пускові і гальмівні пристрої вантажопідйомних машин. – Харків: Вища школа, 1975. – 103 с.

15. Трушин А.В., Пузирків П.І., Коломийченко Г.П. Підйомно-транспортні машини – Дніпропетровськ, 1971. – 239 с.

16. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Дніпропетровськ: Промінь, 1970. – 110 с.

17. Блохін В.С., Малич М.Г. Основні параметри технологічних машин. Машини для земляних робіт. У 2 ч.: Навч. Посіб.– К.: Вищ. шк.,2009.–Ч.2– 455 с.

18. Токаренко В.М. Технологія автодорожнього машинобудування і ремонт машин. Курсове проектування: Навч. посібник. – К.: Вища школа., 1992. – 127 с.

19. Кожевников С.Н. Динаміка машин із пружними ланками / С.Н. Кожевников. – К.: Наука, 1961. – 160 с.

20. Чернега В.І. Посібник для вивчаючих будову і експлуатацію вантажопідйомних кранів. – К.: Техніка, 1977. – 225 с.

21. Будівельна техніка : Підручник з грифом МОН / В.О. Онищенко, С.Л. Литвиненко, Б.О. Коробко /за ред. В. О. Онищенка. – 2-ге вид. – Київ: Кондор, 2025. – 624 с. : іл. – ISBN 978-617-7458-19-6.

22. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: за ред. С. Л. Литвиненка. – Київ : Кондор, 2021. – 208 с.

23. Будівельна техніка: підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. / О.Г. Онищенко, В.О. Онищенко, С.Л. Литвиненко, Б.О. Коробко / За ред. В.О. Онищенка та С.Л. Литвиненка. – К. : Кондор-Видавництво, 2017. – 424 с.

24. Лівінський О.М., Пшінко О.М., Савицький М.В., Єсипенко А.Д., Бабиченко В.Я., Пелевін Л.Є. Будівельні машини та обладнання. Підручник.– К.: Українська академія наук; «МП Леся», 2015.–612 с.

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

26. Сукач М.К. Будівельні машини і обладнання. Підручник.– К.:

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		61

Видавництво Ліра-К, 2016.– 390 с.

27. Чабан В. Й. Математичне моделювання в електротехніці / В.Й. Чабан. – Львів.: Вид-во Тараса Сороки, 2010. – 508 с.
28. Паранчук Я.С. Алгоритмізація та програмування. MatCAD: Навчальний посібник/ Я.С. Паранчук, В.І. Мороз.– 2-ге вид.– Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.–312 с.
29. Ротерс Р. Електромеханічні механізми. Пер. із англ.– К.: Техніка, 1979.– 523 с.
30. Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. Електропривід: Підручник. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
31. Blade Assembly: United States Patent 4369847/ Mizunuma W. (Japan). – 4 р.
32. Лютенко В.Є. Математична модель для дослідження електромеханічних процесів у підйомниках для складання бурових вишок / В.Є.Лютенко // Системи навігації, управління та зв'язку : зб. наук. пр. – Полтава : ПолтНТУ, 2013. – Вип. 1 (25).– С. 59–64. <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/494842>.
33. Lyutenko V.E. Mathematical Model for the Manual Vibration Roller Drive Mechanism Investigation / V.E. Lyutenko, O.V. Orysenko, V.B. Nadobko // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7, № 3.2. – P. 232-235. <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/4047>.
34. Лютенко В.Є. Машини будівельної індустрії: Навч. посіб. – Полтава : ПолтНТУ, 2019. – 147 с. <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/6049>.
35. Лютенко В.Є. Монтаж і пересування бурових вишок і блоків : Монографія. – Полтава : ПолтНТУ, 2013.– 200 с. <http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/6117>.
36. ДСТУ. 2.104:2006. Основні надписи.
37. ДСТУ. 2.105:2006. Загальні вимоги до текстових документів.
38. ДСТУ. 2.601:2006. Текстові документи.
39. ДСТУ. 2.109:2006. Основні вимоги до креслень.
40. ДСТУ.2.316: 2008. Правила нанесення на кресленнях надписів, технічних вимог та таблиць.
41. ДБН В.2.8-3-95. Технічна експлуатація будівельних машин. –К.:

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		62

Держкоммістобудування України, 1995.– 42 с.

42. ДСТУ.3575:2006. Патентні дослідження. Основні положення.

43. ДСТУ. 2688:2006. Канат сталевий для кранів, підйомників.

44. ДСТУ. 12.4.011:2008.Засоби захисту працюючих.

					ГММ.401-ММ.003-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		63

Додаток А

(обов'язковий)

Режими різання і норми часу по операціях
технологічного процесу виготовлення пальця



Метадані

Назва організації	National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»		підрозділ	National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»	
Заголовок					
Модернізація механізму пересування візка консольного крана					
Автор	Бондал С.І. 401-ММ		Науковий керівник / Експерт	доктор Філософії Олексій Васильєв	
Кількість слів	Кількість символів	Дата звіту	Дата редагування	ІД документу	
6536	55329	2026-06-10	---	334254028	

Обсяг знайдених подібностей

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



6536

Кількість слів



55329

Кількість символів

Тривога

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

Заміна букв		8
Інтервали		0
Мікропробіли		26
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		64

Джерела

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

10 найдовших фраз

Колір тексту

#	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://repo.btu.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/1268/1/ZHurnal_TSALTK_23_2021_13_20_pd f	84 0 (1.29 %)
2	https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/download/938/785/	70 0 (1.07 %)

3	https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/download/938/785/	57 0 (0.87 %)
4	https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/9372/1/%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BC.pdf	38 0 (0.58 %)
5	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Tiagovyi_balans.pdf	34 0 (0.52 %)
6	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Tiagovyi_balans.pdf	31 0 (0.47 %)
7	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Gibridnyi_avtomobil.pdf	27 0 (0.41 %)
8	https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolNTU/9369/1/Materialu76SNK_%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE1.pdf	27 0 (0.41 %)
9	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Gibridnyi_avtomobil.pdf	24 0 (0.37 %)
10	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Gibridnyi_avtomobil.pdf	24 0 (0.37 %)

База даних RefBooks



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ {ФРАГМЕНТІВ}
---	-----------	----------------------------------------

Домашня база даних



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ {ФРАГМЕНТІВ}
---	-----------	----------------------------------------

Програма обміну базами даних



#	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ {ФРАГМЕНТІВ}
---	-----------	----------------------------------------

Інтернет (15.33 %)



#	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ {ФРАГМЕНТІВ}
---	-------------	----------------------------------------

1	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Tiagovyi_balans.pdf	250 (22) (3.82 %)
---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

2	https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%B2%D1%82_%D1%82%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82_2020/new_r/Gibridnyi_avtomobil.pdf	197 (16) (3.01 %)
---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

3	https://journals.nupp.edu.ua/sunz/article/download/938/785/	148 (3) (2.26 %)
---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------

4	https://repo.btu.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/1268/1/ZHurnal_TSALTK_23_2021_13_20.pdf	105 (3) (1.61 %)
---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------

5	https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/9372/1/%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%9D%D0%B0%D1%83%D0%BC.pdf	82 (6) (1.25 %)
6	http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/9983/1/12.pdf	67 (5) (1.03 %)
7	https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/5424/1/41.pdf	66 (8) (1.01 %)
8	https://vlp.com.ua/node/462?page=0,1	42 (3) (0.64 %)
9	https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/9369/1/Materialu76SNK_%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE1.pdf	27 (1) (0.41 %)
10	https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/4880/1/8.pdf	12 (1) (0.18 %)
11	https://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PolntNTU/6056/1/%D0%9B%D1%8E%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE_%D0%9D%D0%B0%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9.pdf	6 (1) (0.09 %)

Список прийнятих фрагментів

#	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
---	-------	---------------------------------------