

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Транспортна інженерія»

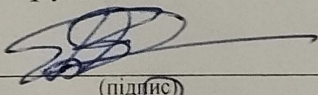
Кафедра «Прикладна механіка та матеріалознавство»

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

на тему: **S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів**
за освітньою програмою «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини і обладнання»
зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

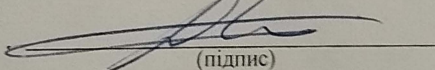
Виконав: студент

групи: ПМ2226


(підпис)

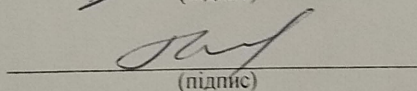
/ Іван ДЯЧЕНКО /

Керівник:


(підпис)

/ Павло АНОФРІЄВ /

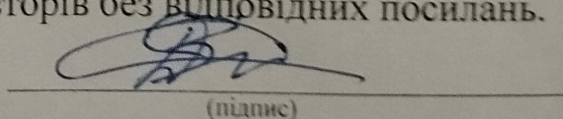
Нормоконтролер:


(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

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

Студент


(підпис)

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

Faculty of Transport Engineering

Department of Applied Mechanics and Materials Science

Explanatory Note
to Master's Thesis

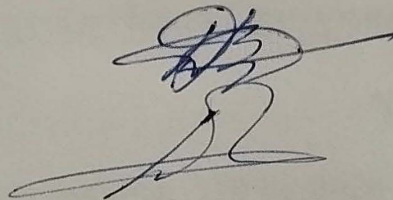
on the topic: **S-models of bridge crane vibrations during lifting of loads**

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

in the Speciality: 133 Industrial Engineering

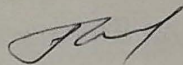
Done by the student of the group: ПМ2226

Scientific Supervisor:



/ Ivan DYACHENKO /

Normative controller :



/ Pavlo ANOFRIIEV /

/ Oleksandr POSMITIUKHA /

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Прикладна механіка та матеріалознавство

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ /Сергій РАКША/

«_____» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

**Освітньо-професійна програма Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні,
меліоративні машини і обладнання**

Тема S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів

Theme S-models of bridge crane vibrations during lifting of loads
ДІПТ.481000.105.КРПЗ

Керівник дипломної роботи доцент _____ **Павло АНОФРІЄВ**

Нормоконтролер ст. викладач _____ **Олександр ПОСМІТЮХА**

Студент групи ПМ2226 _____ **Іван ДЯЧЕНКО**

Student **Ivan Dyachenko**

Дніпро – 2024

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

” ____ ” ____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «магістр»

студента групи ПМ2226 Дяченко Іван Миколайович
(номер) (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема дипломного проекту S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів

Затверджена наказом по університету № 1194ст від ” 02 ” грудня 2022 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи) 14 січня 2024 р.

3. Вихідні дані до дипломного проекту
Мостовий кран типової конструкції

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) опис конструкції і характеристик крану, коливання якого досліджуються; математична модель коливань крану; розробка і налагодження алгоритмів розрахунку коливань крану і вантажу; вимоги охорони праці при виконанні підйомно-вантажних робіт і дії у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) _____

1. Тема та завдання роботи

2. Розрахункові схеми і математичні моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів

3. S-модель коливань мостового крану у «довідривної фазі» підйому вантажу

3. S-модель коливань мостового крану після відриву вантажу від ґрунту

5. Результати розрахунків коливань мостового крану

6. Висновки

6. Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Анофрієв П.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва робіт дипломного проекту	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Огляд науково-технічної інформації що до моделювання коливань мостового крану	27.11-03.12.2023	30%
Складання математичної і S-модель коливань мостового крану. Дослідження коливань крану і вантажу	18-24.12.2023	60%
Розробка заходів з охорони праці та дій у надзвичайних ситуаціях. Складання презентації	08-14.01.2024	100%

Дата видачі завдання « 30 » грудня 2022 р.

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

Завдання прийняв до виконання _____ Дяченко І. М.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В пояснювальній записці всього 45 сторінок

Найменування роботи: *S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів*

Ілюстрації: схем —, рисунків 16

графіків, —, фотографій —

таблиць —

Ключові слова: мостовий кран, коливання, характеристики, математичні моделі, імітаційні моделі.

Виконано огляд розрахункових схем які використовують при побудові математичних моделей, що описують коливання системи «кран – вантаж» під час підйому вантажу.

Розглянуті поширені математичні моделі, що описують коливання вантажу під час його підйому. На основі математичних моделей, за допомогою інструментів візуального програмування пакету Simulink системи Matlab побудовані та налагоджені дві s-моделі коливання вантажу у «довідривної» та «післявідривної» стадіях підйому вантажу краном вантажопідйомністю 2 т.

У розділу охорони праці дано опис вимог до безпечного виконання підйомо-вантажних робіт і до запобіжних систем у конструкціях кранів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ УСТРІЙ МОСТОВОГО КРАНУ	7
2 РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ КОЛИВАНЬ КРАНІВ	11
3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КРАНОМ	15
3.1 Ідеалізація коливальних моделей	15
3.2 Рівняння руху підйому вантажу	15
4 S-МОДЕЛІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КРАНОМ	19
4.1 Переваги візуального моделювання	19
4.2 Вихідні дані	20
4.3 Побудова моделі і результати моделювання	20
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	25
5.1 Загальні положення та вимоги щодо безпеки праці при виконанні підйомно-вантажних робіт на будівельному майданчику	25
5.2 Правила будови і безпечної експлуатації кранів	26
5.3 Небезпека, пов'язана з експлуатацією кранів і машин	27
5.4 Прилади і пристрої безпеки вантажопідйомних машин	34
5.5 Безпека робочих процесів вантажопідйомних машин	38
ВИСНОВКИ	44
БІБЛІОГРАФИЧНИЙ СПИСОК	45

					ДІІТ.481000.105КРПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Дяченко			S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Анофрієв								4	45
Реценз.								УДУНТ, гр. ПМ2226			
Н. Контр.		Посмитюха									
Затверд.		Ракша									

ВСТУП

Динамічні навантаження, що діють на елементи механізму підйому та кранову металоконструкцію, виникають при пуску двигуна для підйому або опускання вантажу, що висить на канатах; при гальмуванні вантажу, що піднімається або опускається; при підйомі вантажу з основи та при його опусканні на основу (грунт, підлогу і т. п.). Крім того, для деяких стрілових кранів, наприклад плавучих з гнучкою відтяжкою стріли, необхідно враховувати обрив каната або швидке розвантаження крана, при якому можливий перехід стріли через вертикальне положення та її закидання. Динамічні навантаження іноді виникають і при підйомі вантажу з постійною швидкістю, коли при роботі будь-якого механізму горизонтального переміщення вантажу зростає амплітуда маятникових коливань останнього. Однак цей випадок має лише теоретичне значення, тому що не представляє собою найбільш несприятливого поєднання навантажень, що діють на металоконструкцію крана при спільній роботі двох механізмів підйому.

У роботі розглянуті поширені розрахункові схеми, що використовують для визначення коливань вантажу під час його підйому у довідливую та післявідливую стадіях. Вивчені відомі математичні моделі коливань крану і вантажу під час його підйому. Розглянуто підходи до ідеалізації розрахункових та методи побудови таких моделей. Коливання вантажу і конструкції крану визначаються системами диференціальних рівнянь другого порядку. Вирішення цих систем в аналітичному вигляді викликає значні труднощі, а іноді не можливе без застосування чисельних методів математики із застосуванням комп'ютерних додатків.

За допомогою інструментів візуального програмування додатку Simulink системи Matlab на основі математичних моделей створені і

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

налагоджені моделі, що автоматизують та прискорюють розрахунки динаміки підйому вантажів мостовим краном.

Отримані результати розрахунків коливань вантажу добре збігаються з динамікою коливань крану, що визначена для контрольного прикладу експериментальним методом.

У розділу охорони праці описані вимоги до конструкції кранів, безпечних методів виконання вантажних робіт і невідкладних дій при випадках травм робітників.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ УСТРІЙ МОСТОВОГО КРАНУ

Мостовий кран (рис. 1.1) складається з моста 1, встановленого на колесах 2 і пересувається по підкранових шляхах і візки 3 з механізмами підйому і переміщення [(1)].

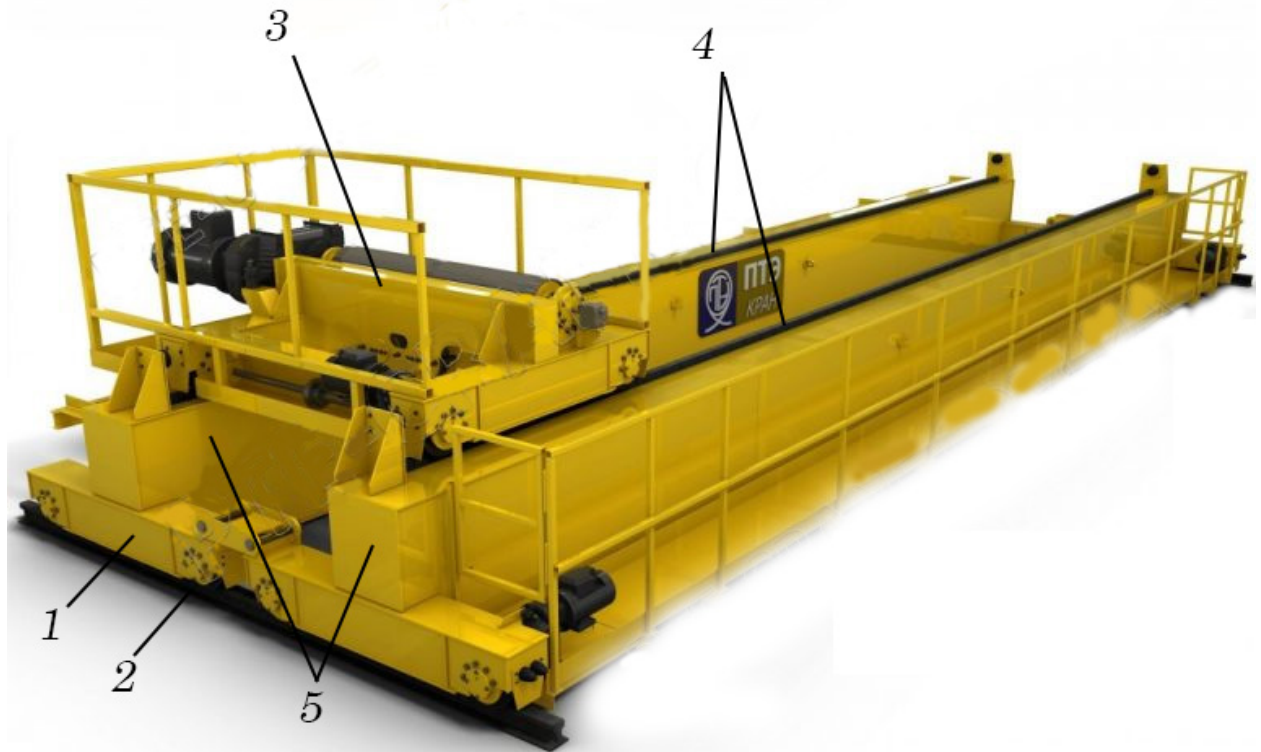


Рис. 1.1 Мостовий кран

Міст крана у свою чергу складається з двох балок коробчастого перерізу 5, спарених з листової сталі на верхніх поясах мостових балок, встановлені рейки для кранового візка. Для передачі тиску ходових коліс візка на вертикальні стінки в конструкцію балок введені діафрагми.

Із зовнішнього боку обох балок розташовані майданчики; одна для розміщення та обслуговування механізму пересування крана, друга – для встановлення тролей.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Балки моста пов'язані кінцевими балками, що мають монтажний роз'єм у середині.

Залежно від конструкції крана на металоконструкцію моста ставиться або нормальний візок 10 т. або грейферний візок 5 т, або магнітно-грейферний 6/3 т. з трьома барабанами, або магнітно-грейферна 5/5 т. зі знімним грейфером. У тому ж залежності ставиться і будка кранівника. Механізм переміщення крана складається з електродвигуна, вал якого за допомогою зубчастої муфти, що компенсує, з'єднаний з першим вихідним валом 2-х ступінчастого горизонтального редуктора, встановленого в середині прольоту моста.

Другий вихідний вал редуктора з'єднаний з трансмісією за допомогою компенсуючих валів із зубчастими муфтами.

Трансмісія з'єднана з ходовими колесами моста за допомогою плаваючого валу із зубчастими муфтами. Секції трансмісійного валу пов'язані між собою жорсткими муфтами дисковими.

Трансмісійний вал встановлений на сферичних кулькових підшипниках.

З'єднання трансмісійного валу з редукторами здійснюється за допомогою зубчастих муфт, що компенсують. Кран встановлений на чотирьох ходових колесах, з яких два ведучі. Осі ходових коліс спираються на букси зі сферичними роликowymi підшипниками.

Букси кріпляться до кінцевих балок на болтах, що дозволяє проводити їх демонтаж та викочувати колеса з-під балок для ремонту; з метою полегшення виконання цієї операції на кінцевих балках передбачено домкрати.

На кінцевих балках над ходовими колесами встановлені пружинні буфери для поглинання сили удару крана про упори підкранових шляхів.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механізм пересування обладнаний електромагнітним гальмом, встановленим на валу електродвигуна.

На візку крана, залежно від його призначення (кран з одним або двома гаками, магнітний, грейферний), встановлюється один або два механізми підйому та механізм пересування візка.

Механізм підйому завжди складається з електродвигуна пов'язаного зубчастою муфтою з двоступінчастим редуктором, вихідний вал якого з'єднаний із зубчастою муфтою барабана. На одному кінці валу барабана є дворядний шарикопідшипник, що встановлюється в центральній порожнині зубчастої муфти редуктора. Другою опорою валу барабана служить сферичний підшипник, встановлений на рамі візка.

Механізм підйому обладнаний замкненим пружинним електромагнітним колодковим гальмом, розташованим на першому валу редуктора.

Механізм пересування кранового візка складається з електродвигуна, вал якого пов'язаний компенсуючою муфтою з валом вертикального триступінчастого редуктора, укріпленого трьома болтами збоку рами візка.

З'єднання вихідного валу редуктора з провідними колесами візка здійснюється за допомогою зубчастої муфти.

Вали ходових коліс встановлені в буксах, що знаходяться в кінцевих балках рами.

Конструкція механізмів візка забезпечує можливість незалежного демонтажу будь-якого з його вузлів.

Опис конструкції гальма дається в окремій інструкції з гальм.

Рама візка зварена з профільної та листової сталі. Конструкція рами забезпечує при відносній легкості велику жорсткість.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Управління всіма механізмами крана виготовляється з кабіни, підвішеної до балки моста. У кабіні встановлені контролери механізмів головного та допоміжного підйому, пересування візка та пересування мосту, а також захисна панель та електровимірювальна апаратура. Скриньку опору розміщено на майданчику мосту крана, де встановлено механізм пересування.

Тролеї для живлення електромоторів візки, встановлені на майданчику моста, виготовляються з кутової сталі та підтримуються стійками, що прикріплені за допомогою кронштейнів до балки мосту.

Струмоприймачі візка ковзного типу; контакт між струмоприймачами та тролеями забезпечується власною вагою струмоприймачів.

Крім звичайного мостового крана з одним крюком є так звані спеціальні крани: з одним крюком, з підйомним магнітом і грейферні крани; магнітно-грейферний з постійно підвішеним обладнанням і магнітно-грейферний зі знімним обладнанням і 10-ти у вибухобезпечному виконанні. Кран магнітно-грейферний із постійно підвішеним обладнанням. На відміну від грейферного крана на його візку змонтовані 3 підйомні механізми, з яких 2 одним крюком для підйому і замикання грейфера, і третій для підйому електромагнітної шайби, а також механізму пересування візка. Кран обладнаний двощелепним грейфером, ємністю 1,5 м³ і електромагнітною шайбою.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНКОВІ СХЕМИ КОЛИВАНЬ КРАНІВ

У загальному випадку при складанні розрахункових динамічних схем коливальних систем необхідно враховувати зосереджені маси; розподіл мас за довжиною конструктивного елемента; податливість окремих деталей та можливість їх зміни в різних режимах роботи; залежність рушійних та гальмівних зусиль двигунів від частоти обертання вихідного валу; перехідні електромагнітні процеси електродвигунах; зміна гальмівних зусиль гальм під часі їх дії; зміна наведених мас механізмів тощо. При динамічного розрахунку одні фізичні параметри є суттєвими і враховуються, інші – не впливовими і тому не входять до моделі [(2)].

Ідеалізована динамічна схема крану, тобто модель реальної коливальної системи, має задовольняти двом вимогам:

- 1) повинна бути достатньо адекватна реальній системі і, відображати основні фізичні властивості досліджуваної системи;
- 2) має бути не складною, щоб вирішення диференціальних рівнянь руху виявило труднощів і значних обчислюваних помилок. Ускладнення розрахункової схеми має бути, виправдано отриманням точнішого рішення. Компромісне спрощення розрахункової схеми не повинно призводити до спотворення реального фізичного процесу.

Критерієм достовірності прийнятої розрахункової схеми є збіг результатів, отриманих теоретичним та експериментальним шляхами. Експеримент має бути поставлений правильно, тобто відображати умови роботи крану, які вивчаються і порівнюються з результатами теоретичних розрахунків.

Розрахункова схема коливань кран вантажу під час його підйому є сукупність дискретної схеми моста і схеми механізму підйому з двома масами.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Після об'єднання цих схем з'являється коливальна система з трьома масами (рис. 2.1), в якій враховуються маси вантажу, що піднімається, механізму підйому і маса головних балок мосту. Розрахунки коливань за цією схемою найбільш точно дозволяють вивчити процес роботи мостового крана в режимі підйому вантажу [(3)].

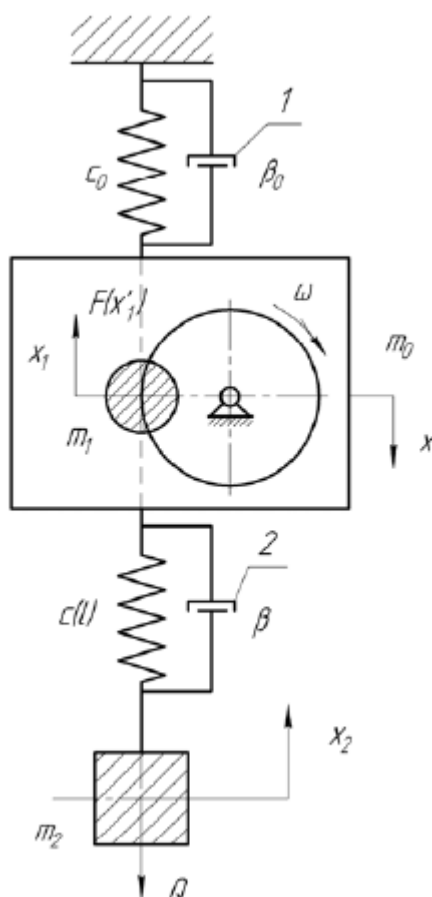


Рис. 2.1 Розрахункова схема крана з трьома масами

Якщо кран спеціалізований і має додаткове обладнання, наприклад, вакуумну траверсу, то з трьома масами перетворюється до схеми з чотирьома масами (рис. 2.2).

У цих розрахункових схемах крану прийняти наступні позначення:

c_0 – жорсткість металоконструкції мосту;

$c(l)$ – жорсткості підйомних канатів;

c_1 – жорсткість вакуумних присосок;

β_0 – коефіцієнт конструктивного демпфування конструкцій мосту;

β – коефіцієнт конструктивного демпфування підйомних канатів;

β_1 – коефіцієнт демпфування вакуумних присосок;

m_0 – маса вантажного візка та двох балок мосту;

m_1 – маса частин приводу механізму підйому вантажу, що обертаються;

m_n – маса вакуумної траверси;

m_2 – маса вантажу, що піднімається;

$F(x_1')$ – наведена рушійна (гальмівна) сила приводу механізму підйому вантажу;

x , x_1 , x_2 , x_3 – узагальнені координати руху мосту з вантажним візком, обертових частин приводу, що піднімається вантажу та вакуумної траверси, відповідно

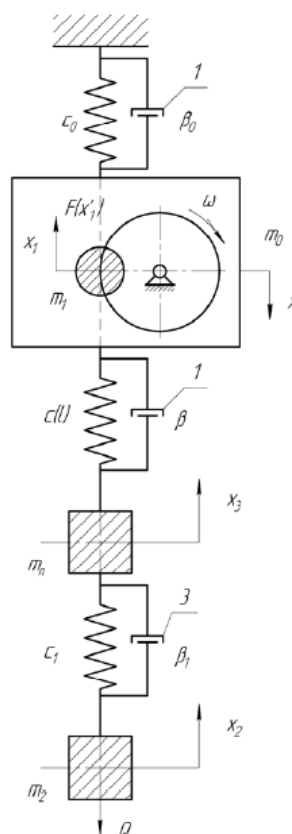


Рис. 2.2 Розрахункова схема крану з чотирьома масами

Відома більше складна розрахункова схема крану [(4)] у якій запропонована враховувати шість мас (рис. 2.3).

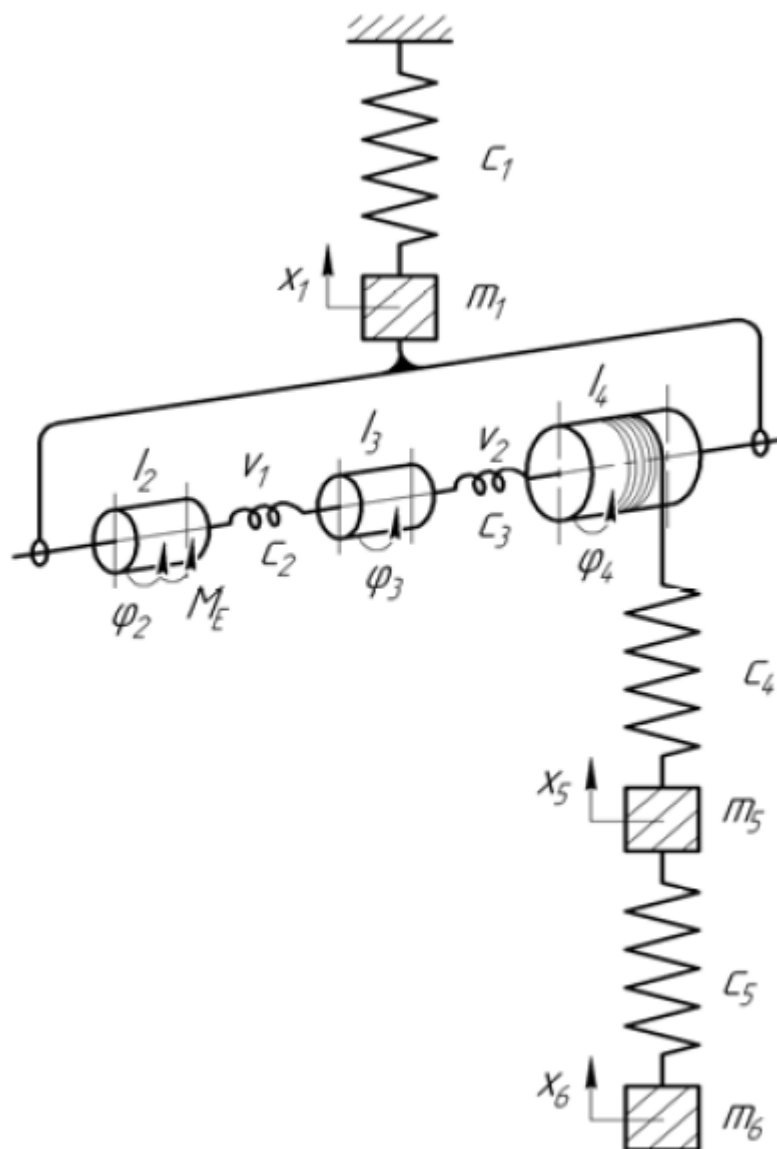


Рис. 2.3 Розрахункова схема мостового крану з додатковим обладнанням

Аналіз розрахункових схем мостового крану дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням мас, збільшується кількість ступенів свободи системи. Тому збільшується кількість диференціальних рівнянь, що описують рух крану з вантажем та додатковим обладнанням.

3 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КРАНОМ

3.1 Ідеалізація коливальних моделей

При складанні математичних моделей приймаються ряд пропусків:

- розглядаються малі коливання системи (кран – вантаж);
- маси, що рухаються поступово розглядаються як дискретні;
- жорсткість металоконструкції мосту постійна;
- жорсткості вантажних канатів є функцією їх довжини;
- сили, що демпфують коливання, діють по узагальненим координатам і пропорційні швидкостям по відповідним координатам;
- електродвигуни мають стандартні робочі характеристики;
- шлях руху крана ідеально рівний.

3.2 Рівняння руху підйому вантажу

Схему (рис. 2.1) використовують для розрахунку коливань, що виникають після зняття гальма або після накладання гальма механізму підйому. Її застосовують для розрахунку динамічних навантажень у всіх періодах руху. При підйомі вантажу з основи кран розглядається як система зі змінною структурою: з нерухомим вантажем, що лежить на підставі (довідривна стадія), і з переміщенням при – підйомі (післявідривна стадія) [(3)].

Рівняння руху підйому з нерухомим вантажем, що лежить на підставі (довідривна стадія)

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x} = S - F; \\ m_l \ddot{x}_l = P - S, \end{cases} \quad (3.1)$$

де S – зусилля у підйомних канатах;

F – зусилля у металоконструкції крана;

P – рушійне зусилля приводу механізму підйому вантажу.

Зусилля, що виникає в металоконструкції крана

$$F = c_0 x + \beta_0 \dot{x}. \quad (3.2)$$

Зусилля у підйомних канатах

$$S = c(l)(x_l - x) + \beta(\dot{x}_l - \dot{x}). \quad (3.3)$$

Рушійне зусилля приводу механізму підйому вантажу на підставі рівняння Клосса [(5)]

$$P = \frac{a_l - a_2 \dot{x}_l}{a_3 + \alpha(-a_4 \dot{x}_l + \dot{x}_l^2)}, \quad (3.4)$$

де $a_l = 2P_k s_k \dot{x}_c^2$; $a_2 = \frac{a_l}{\dot{x}_c}$; $a_3 = s_k^2 \dot{x}_c^2 + \dot{x}_c^2$; $a_4 = 2\dot{x}_c$, тут: P_k і s_k – критичні значення рушійного зусилля та ковзання; $\dot{x}_c$ – синхронна швидкість підйому вантажу.

Відносна жорсткості підйомних канатів має нелінійність (рис. 3.1), тому її апроксимують двома прямими або ступінчастою функцією.

Після підстановки в (3.1) виразів (3.2) – (3.4) і врахування ступінчастої апроксимації жорсткості підвіски вантажу $c(l)$ система рівнянь руху приймає вигляд:

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x} + c_0 x + \beta_0 \dot{x} + c_i (x - x_l) + \beta(\dot{x} - \dot{x}_l) = 0; \\ m_l \ddot{x}_l + c(l)(x_l - x) + \beta(\dot{x}_l - \dot{x}) + \frac{a_2 \dot{x}_l - a_l}{a_3 + \alpha(-a_4 \dot{x}_l + \dot{x}_l^2)}. \end{cases} \quad (3.5)$$

де i – номер ступені апроксимації жорсткості підвіски вантажу.

Систему (3.5) вирішують за допомогою ПЕОМ з використанням чисельних методів обчислювання диференціальних рівнянь

У «післявідривкової» стадії підйому вантажу рівняння руху системи (3.1) доповнюється третім рівнянням

$$\begin{cases} m_0 \ddot{x} = S - F; \\ m_1 \ddot{x}_1 = P - S; \\ m_2 \ddot{x}_2 = S - Q, \end{cases} \quad (3.6)$$



Рис. 3.1 Залежність відносної жорсткості вантажних канатів від відносного їх навантаження

Наступне спрощення відбувається з подальшою ідеалізацією параметрів розрахункової схеми (рис. 2.1) для «довідривного» періоду:

- жорсткість канатів приймають постійною;
- не враховується у виразах навантажень гармонійні складові другої частоти;
- демпфування у системи відсутнє;
- частота обертання двигуна в процесі натягу канатів не змінюється (це справедливо лише при роботі двигуна на природній характеристиці).

Такі припущення визначення максимальних динамічних навантажень при підйомі вантажу з основи «з підхопленням» під час роботи двигуна на природній характеристиці зводиться до вирішення лінійної системи рівнянь руху.

У «довідривному» періоді рівняння руху системи

$$m_0 \ddot{x} + (c_0 + c)x = cv_0 t. \quad (3.7)$$

У «післявідривному» періоді рівняння руху системи

$$\begin{cases} \frac{m_0}{c_0} \ddot{F} + F - S = 0; \\ \frac{m_2}{c_0} \ddot{F} + \frac{m_2}{c} \ddot{S} + S = 0. \end{cases} \quad (3.8)$$

4 S-МОДЕЛІ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ КРАНОМ

4.1 Переваги візуального моделювання

Диференціальним рівнянням належить провідна роль при створенні математичної моделі руху механізмів і машин [(6)]. Вони дозволяють моделювати лінійні, нелінійні пристрої та системи з нелінійними параметрами. Для нелінійних систем отримання аналітичних рішень здебільшого неможливе.

Найбільш універсальна модель об'єкта має вигляд диференціального рівняння. Диференціальні рівняння, що описують прості лінійні системи, мають аналітичні рішення. Їх можна знайти в аналітичному вигляді, використовуючи функції символьних обчислень, що є в системах комп'ютерної математики. Отримані рішення часто виходять громіздкими та погано піддаються аналізу. Тому навіть систем лінійних рівнянь виправдано вирішувати чисельними методами пакеті розширення Simulink.

Пакет розширення Simulink системи MATLAB є ядром інтерактивного програмного комплексу, призначеного для математичного моделювання лінійних та нелінійних динамічних систем та пристроїв, представлених своєю функціональною блок-схемою, що називається S-моделлю.

Для побудови функціональної блок-схеми пристроїв, що моделюються.

Simulink має бібліотеку блокових компонентів та зручний редактор блок-схем. Він заснований на графічному інтерфейсі користувача і є засобом візуально-орієнтованого програмування. Використовуючи набори блоків, розробник моделі за допомогою миші переносить необхідні блоки на робочий бланк пакета Simulink і з'єднує лініями входи та виходи блоків. Таким чином, створюється блок-схема системи або пристрою, тобто S-модель.

Simulink автоматизує наступний, найбільш трудомісткий етап моделювання: він складає та вирішує складні системи алгебраїчних та

диференціальних рівнянь, що описують задану функціональну схему (модель), забезпечуючи зручний та наочний візуальний контроль за поведінкою створеного користувачем віртуального пристрою. Вам достатньо уточнити (якщо потрібно) вид аналізу та запустити Simulink у режимі симуляції (звідки і назва пакету Simulink) створеної моделі системи чи пристрою.

Можливості Simulink охоплюють завдання математичного моделювання складних динамічних систем у механіке, електро та радіотехніці, в біології та хімії та інших галузях науки і техніки. Цим пояснюється популярність цього пакету як в університетах та інститутах, так і в наукових лабораторіях.

Як програмний засіб Simulink – типовий представник візуально-орієнтованих мов програмування. На всіх етапах роботи, особливо під час підготовки моделей систем, користувач практично не має справи зі звичайним програмуванням. Програма в кодах автоматично генерується у процесі введення вибраних блоків компонентів, їх з'єднань та завдання параметрів компонентів.

4.2 Вихідні дані

Для розробки і налагодження були прийняті характеристики мостового крану вантажопідйомністю 2 т [(3)]:

– маса металоконструкції мосту m_0 , кг	4460
– жорсткість металоконструкції мосту c_0 , МН/м	19,2
– номінальна жорсткість тросу ($l=5,8$) с, МН/м	1,72
– початкова швидкість підйому вантажу v_0 , м/с	0,129

4.3 Побудова моделі і результати моделювання

За рівнянням (3.7) складена S-модель роботи мостового крану під час підйому вантажу у «довідривному» періоді (рис. 4.1). Перший варіант S-модель має два інтегруючих блока *Integrator* і *Integrator1* з бібліотеки

Continuous. Після першого інтегрування отримуємо швидкість $\dot{x}$, а після другого – переміщення x . Функція, що інтегрується має у своєму складі блоки *Constant* v_0 , m_0 , c , c_0 і блок *Clock* з бібліотеки *Sources*; блоки які здійснюють арифметичні операції *Product*, *Product1*, *Subtract* і *Divide* з бібліотеки *Math Operation*. Час моделювання прийнятий 0,2 с.

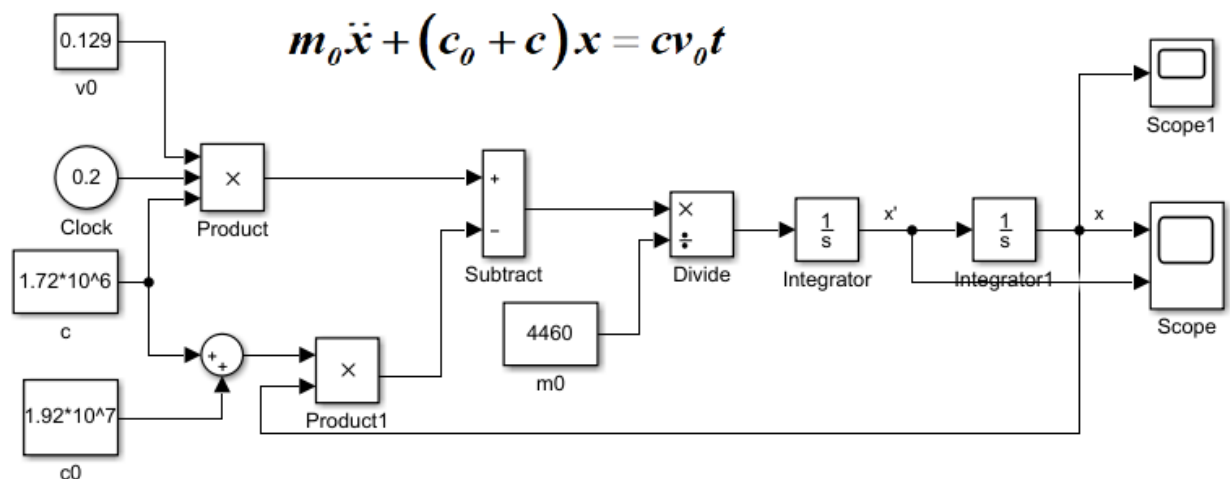


Рис. 4.1 S-модель крана у «відривному» періоді підйому вантажу

Результати моделювання відображають блоки *Scope* (рис. 4.2) і *Scope1* (рис. 4.3) з бібліотеки *Sinks*. *Scope1* візуалізує зростання деформації у металоконструкції крана у часі. Відривне зусиль з'являється у металоконструкції крана приблизно через 0,1 с. Тобто модель добре працює тільки на відрізок час 0...0,1 с.

У другому варіанті S-модель (рис. 4.4) застосовано блоки *Integrator Second-Order* з бібліотеки *Continuous*. Результати моделювання за її допомогою співпадають з результатами, що були отримані у першому варіанті S-моделі.

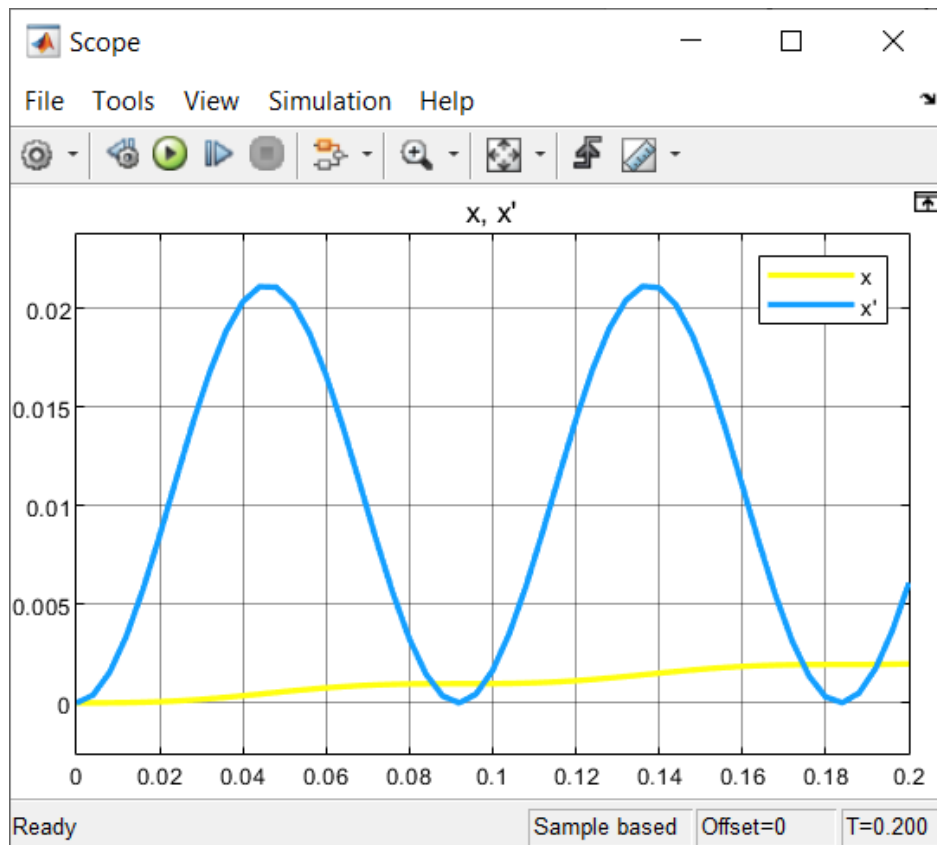


Рис. 4.2 Переміщення і швидкість металоконструкції крана

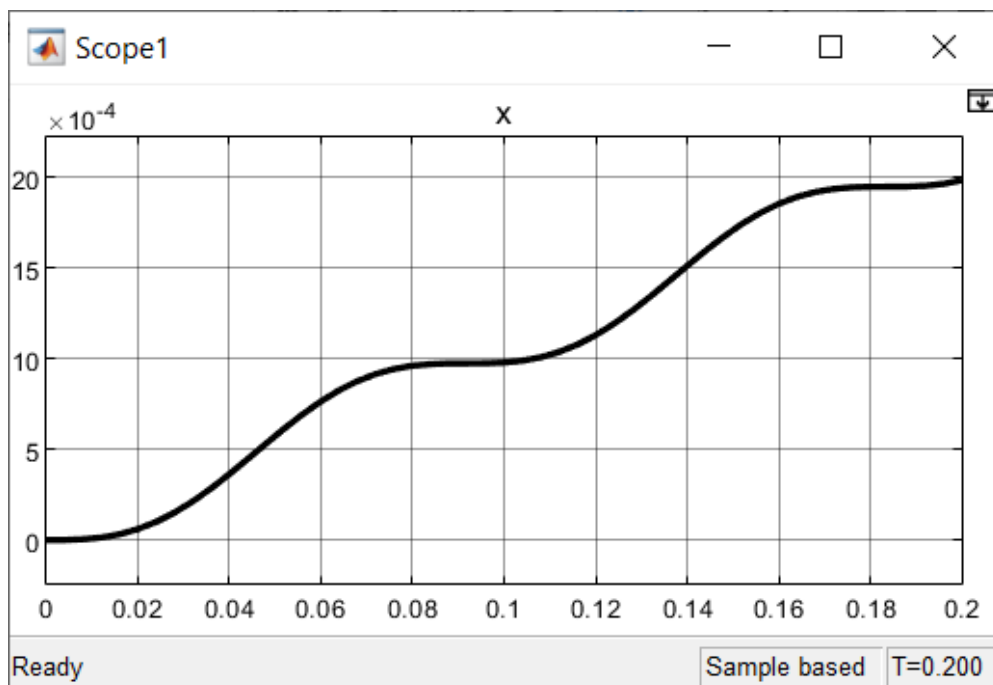


Рис. 4.3 Переміщення металоконструкції крана

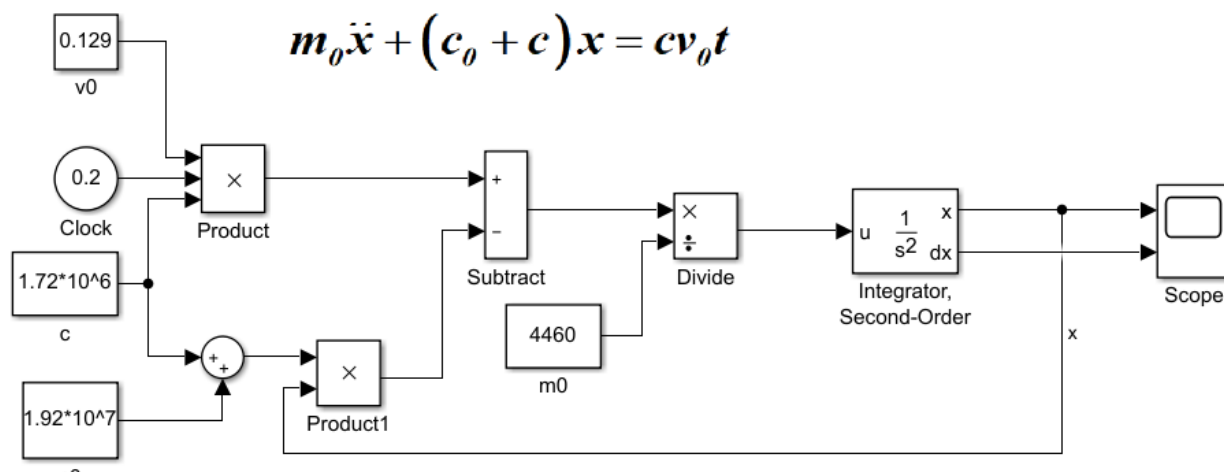


Рис. 4.4 S-модель крана у «довідривному» періоді підйому вантажу

За системою рівнянь (3.8) побудована S-модель навантажень мостового крана під час підйому вантажу у «післявідривному» періоді (рис. 4.5). У складі S-моделі два інтегруючих блока *Integrator Second-Order*, що призначені для вирішення диференціальних рівнянь другого порядку. Час моделювання складає 0,5 с.

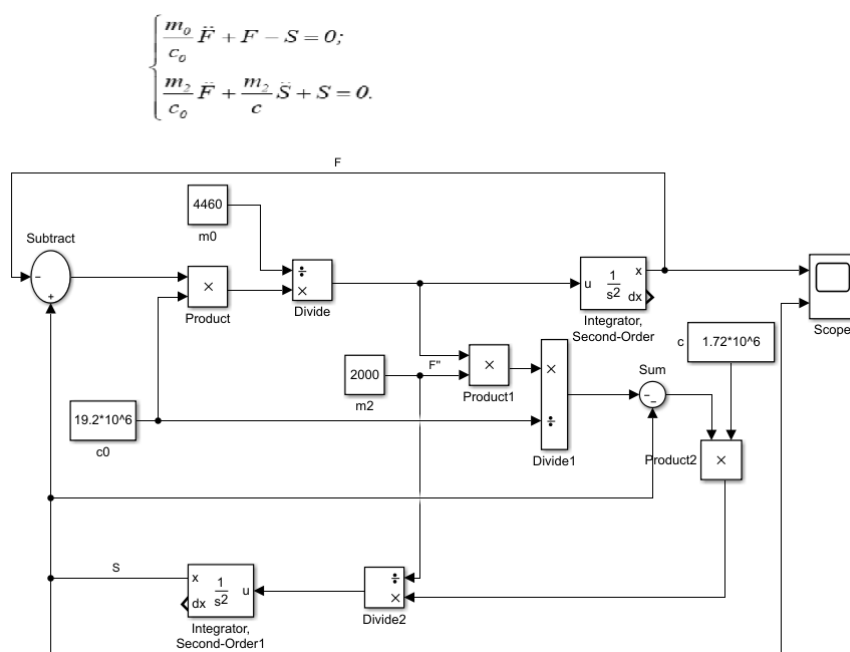


Рис. 4.5 S-модель зусиль металоконструкції крана і тросі під час підйому вантажу у «післявідривному» періоді

Результати моделювання зусилля у підйомних канатах S та зусилля у металоконструкції крана F (рис. 4.6) добре збігаються з даними експериментальних досліджень [(3)]. Зусилля у металоконструкції крана F на 25% вище ніж у підйомних канатах S . На першому періоді коливань максимальне значення зусилля у металоконструкції крана F відстає за часом на 0,02 с від максимального значення зусилля у підйомних канатах S . А на другому періоді коливань максимальне значення зусилля у металоконструкції крана F навпаки – випереджає за часом на 0,02 с від максимального значення зусилля у підйомних канатах S . Частота коливань системи «кран – вантаж» f складає $\approx 4,76$ Гц, або $\omega \approx 29,92$ рад/с.

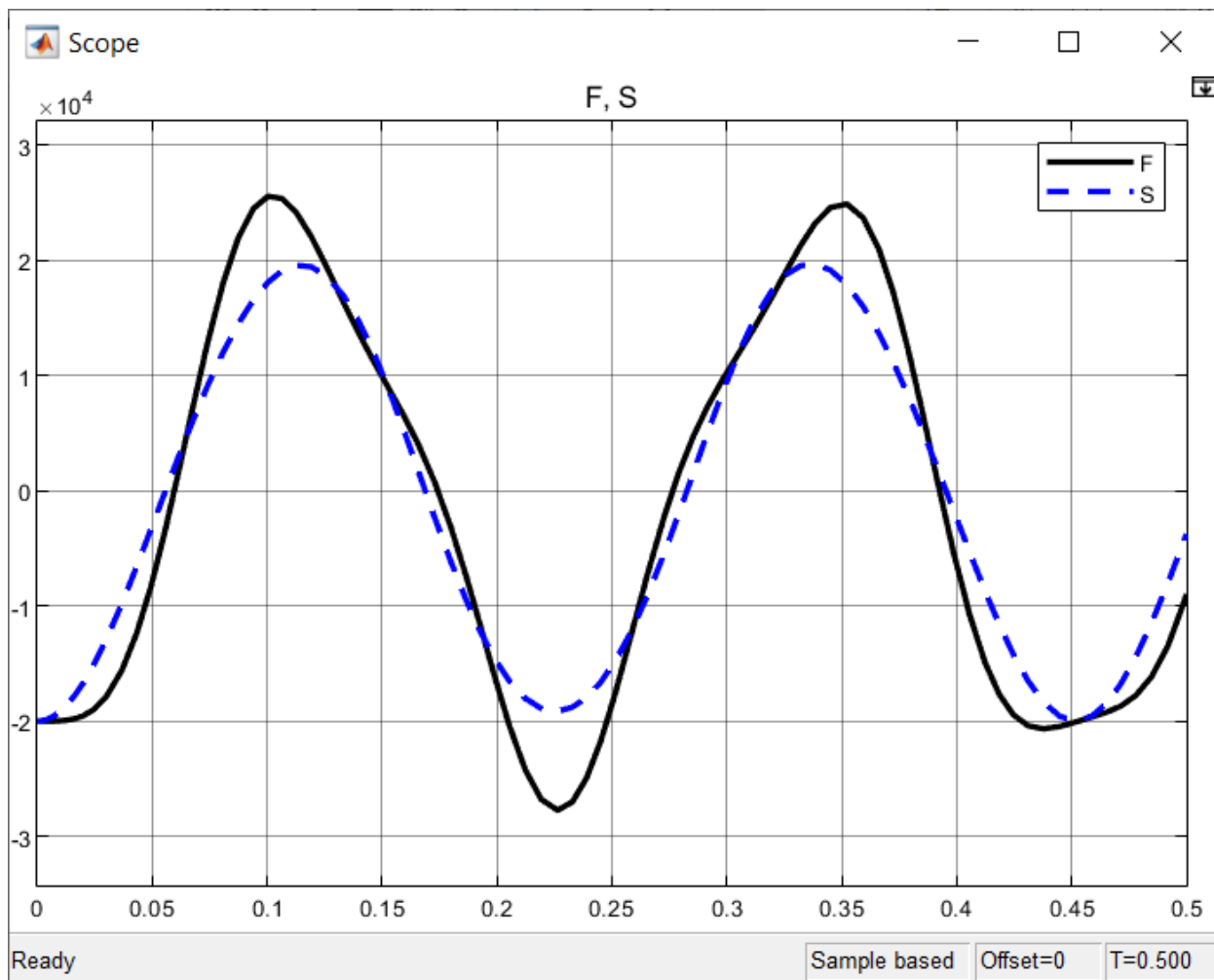


Рис. 4.6 Зусилля у підйомних канатах S та у металоконструкції крана F

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення та вимоги щодо безпеки праці при виконанні підйомно-вантажних робіт на будівельному майданчику

Навантажувальне-розвантажувальні роботи необхідно виконувати у відповідності:

ДСТУ 7748:2015 Безпека праці. Біологічна безпека. Загальні вимоги;

НПАОП 0.00-1.75-15 Правила охорони праці під час вантажно-розвантажувальних робіт;

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

В технологічних картах у складі ПВР на виконання транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт необхідно передбачати організаційні заходи та технічні засоби по запобіганню дії на робітників наступних небезпечних та шкідливих виробничих акторів:

- переміщення транспортних засобів та їх рухомих частин;
- переміщення вантажів вантажно-підймальними механізмами над зонами і виконання робіт;
- ненадійне складування і падіння окремих конструкцій; порушення вимог транспортування і складування пожеже-вибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- недотримання нормативних вимог складування конструкцій, недостатнє штучне освітлення площадок складування матеріалів і конструкцій; несприятливі метеорологічні умови середовища.

Вантажно-розвантажувальні роботи та складування вантажів із застосуванням вантажопідймальних кранів і машин на стаціонарних складах,

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівельних майданчиках мають виконуватися за технологічними картами, розробленими і затвердженими підприємством (організацією), що проводить зазначені роботи відповідно до вимог чинних нормативних документів.

Вантажно-розвантажувальні роботи стосовно вантажів масою більше 30 кг, а також при підніманні вантажів на висоту більше 2 м повинні виконуватися виключно механізованим способом.

У разі виконання робіт з навантаженням (розвантаженням) небезпечних і особливо небезпечних вантажів, працівники, допущені за результатами медичного огляду до цих робіт, повинні проходити спеціальне навчання з безпеки праці з наступною атестацією, а також знати і вміти застосовувати прийоми надання першої долікарняної допомоги.

Вантажно-розвантажувальні роботи з небезпечними вантажами повинні виконуватися по наряду-допуску. Переміщення небезпечних вантажів слід виконувати в спеціально відведених місцях відповідно до класу небезпеки згідно з чинними нормативними документами і вказівками відправника вантажу щодо дотримання заходів безпеки.

5.2 Правила будови і безпечної експлуатації кранів

Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів затверджені наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 132 від 18.06.2007. Ці Правила встановлюють вимоги до будови, виготовлення, установа, монтажу, демонтажу, налагодження, експлуатації, ремонту, реконструкції та модернізації вантажопідіймальних кранів і машин, їх складових частин, а також вантажно-захоплюваних органів, пристроїв, тари та кошиків. Правил поширюється на:

- вантажопідіймальні крани всіх типів;

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- крани-екскаватори, призначені для роботи з гаком або електромагнітом;
- однорейкові візки;
- ручні та електричні талі;
- кранові підйомники;
- лебідки для підймання вантажу і (або) працівників;
- колиски для підймання працівників;
- вантажно-захоплювані органи (гаки, грейфери, вантажопідіймальні електромагніти, кліщові захвати тощо);
- знімні вантажно-захоплювані пристрої;
- тару, за винятком спеціальної тари, що застосовується в металургійному виробництві (ківші, мульди, виливниці тощо), у морських і річкових портах, вимоги до якої встановлюються галузевими правилами або нормами.

5.3 Небезпека, пов'язана з експлуатацією кранів і машин

Основні види небезпеки, небезпечних ситуацій та небезпечних випадків, що можуть виникнути під час нормальної експлуатації та в разі порушення умов нормальної експлуатації вантажопідіймальних кранів і машин, вантажно-захоплювачів пристроїв, тари і колісок і які становлять небезпеку для обслуговуючого і ремонтного персоналу:

1) механічні види небезпеки, пов'язані з підймальними операціями вантажопідіймальними кранами і машинами, вантажозахоплювальними пристроями, тарою і колісками і спричинені:

а) падінням вантажу, зіткненням, перекиданням крана (машини) унаслідок:

недостатньої стійкості крана чи машини;

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

неконтрольованого завантаження, перевантаження, перевищення перекидного вантажного моменту;

неконтрольованої амплітуди руху механізмів і складових частин крана;

несподіваного або непередбаченого руху вантажу;

невідповідних вантажно-захоплювачів органів, пристроїв і тари;

зіткнення декількох кранів чи машин;

б) доступом працівників до вантажно-захоплювачів органів, пристроїв, тари і колисок;

в) сходом крана чи машини з рейок;

г) недостатньою механічною міцністю складових частин і деталей;

г) невідповідною конструкцією шківів та барабанів;

д) неправильним вибором ланцюгів, канатів, вантажно-захоплювачів органів, пристроїв, тари і колисок та їх неправильним установленням (навішуванням) на кран чи машину;

е) неконтрольованим опусканням вантажу механізмом з фрикційним гальмом;

є) невідповідними умовами для установлення, монтажу, демонтажу, налагодження, випробування, експлуатації, ремонту, реконструкції та модернізації;

ж) дією вантажу на працівників (нанесення удару вантажем або противагою);

2) механічні види небезпеки, пов'язані зі складовими частинами вантажопідіймальних кранів і машин, вантажозахоплювальними пристроями, тарою і колісками, з вантажами, що переміщуються, і зумовлені, наприклад

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формою (гострі райки, ріжучі елементи, гострокінцеві частини тощо), місцем установлення, масою та стійкістю (потенційна енергія частин, що можуть бути урухомлені під дією сили ваги), масою та швидкістю (кінетична енергія частин під час контрольованого чи неконтрольованого рухів), пришвидженням, недостатньою механічною міцністю, що може призвести до небезпечних поломок чи до руйнувань, накопиченням енергії усередині вантажопідіймального крана чи машини (у пружних елементах, у рідинах, газах, що перебувають під тиском, в умовах вакууму), порушенням безпечних відстаней:

- а) здавлювання;
- б) поріз;
- в) розітнення чи відсікання;
- г) намотування, утягування чи захоплення частин одягу, кінцівок тощо;
- г) удар;
- д) укол або проколювання;
- е) розбризкування рідини під високим тиском;
- є) утрата стійкості елементів;
- ж) ковзання, спотикання або падіння (на крані чи з крана) працівників;

3) електричні види небезпеки можуть призвести до травм або смерті від електрошоку чи опіків, а також до того, що внаслідок фактору несподіваності, викликаного електричним ударом, працівник упаде (чи упустисть інструмент, речі, матеріали тощо) з причини:

- а) контакту працівників з частинами, що звичайно перебувають під напругою (прямий контакт);

					ДІІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

б) контакту працівників з частинами, що перебувають під напругою через несправність (непрямий контакт);

в) наближення працівників до частин, що перебувають під високою напругою;

г) непридатності ізоляції для передбачених умов використання;

г) електростатичних процесів, наприклад контакту працівників з електрично зарядженими частинами;

д) термічного випромінювання або таких процесів, як розбризкування розплавлених речовин, хімічних процесів під час коротких замикань, перевантажень тощо;

е) удару блискавки;

4) термічні види небезпеки, що призводять до опіків, обмороження та інших травм, викликаних:

а) контактом працівників з предметами або матеріалами з дуже високою або низькою температурою;

б) полум'ям або вибухом;

в) випроміненням джерел тепла;

г) роботою в гарячому або холодному виробничому середовищі;

5) небезпека, спричинена шумом, може призвести до:

а) тривалого порушення гостроти слуху;

б) дзвону у вухах;

в) втоми, стресу тощо;

г) інших наслідків, наприклад до порушень рівноваги, послаблення уваги тощо;

					ДІП.481000.105КРПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) перешкоди мовним комунікаціям, акустичним сигналам тощо;

б) небезпека, спричинена вібрацією, може призвести до значних порушень здоров'я (розлад судинної та нервової систем, порушення кровообігу, хвороби суглобів тощо);

7) небезпека, спричинена матеріалами, речовинами (та їх компонентами), що їх використовує або виділяє кран, що працює, а також вантажами, які він переміщує, унаслідок:

а) їх вдихання, заковтування обслуговувальним і ремонтним персоналом шкідливих для здоров'я рідин, газів, аерозолей, парів та пилу, а також їх контакту зі шкірою, очима і слизовою оболонкою, проникнення через шкіряний покрив;

б) вогне- і вибухонебезпечності;

8) небезпека, спричинена знехтуванням ергономічних вимог і принципів під час розроблення машин:

а) незручна робоча поза або надмірне чи повторюване фізичне навантаження на організм працівника;

б) знехтування засобами індивідуального захисту;

в) недостатнє місцеве освітлення;

г) розумове перевантаження, стрес тощо, що виникають під час робочого процесу, процесу контролю за роботою крана чи машини або технічного обслуговування в межах їх використання за призначенням;

г) помилки, неправильне поводження працівника;

д) незручна конструкція, розміщення або маркування елементів керування;

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

е) незручна конструкція або розміщення приладів контролювання;

9) небезпека, спричинена несподіваним пуском, несподіваним перевищенням швидкості тощо, унаслідок:

а) виходу з ладу або порушення в роботі системи керування;

б) припинення подавання енергії і відновлення енергопостачання після перерви;

в) зовнішнього впливу на електрообладнання;

г) інших зовнішніх впливів (сила ваги, вітер тощо);

г) помилки в програмному забезпеченні;

д) помилки машиніста крана чи машини (через недостатню відповідність крана чи машини здібностям та навикам машиніста);

10) небезпека, спричинена помилками (дефектами) під час складання або монтажу крана чи машини;

11) небезпека, спричинена поломками під час роботи, унаслідок:

а) утомного руйнування;

б) неприпустимої величини деформації;

в) критичного спрацювання;

г) корозії;

12) небезпека, спричинена предметами, що падають (інструменту, деталей крану, речей ремонтного персоналу тощо);

13) небезпека, спричинена поступальним рухом крана, машини, вантажних візків:

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) рух під час запускання двигуна;
- б) рух за відсутності машиніста на своєму місці;
- в) рух за відсутності надійного закріплення всіх складових частин, деталей;
- г) занадто висока швидкість крана, машини, вантажного візка, керованих з підлоги;
- г) занадто високі коливання (крана, вантажу) під час руху;
- д) недостатня спроможність крана чи машини до вповільнення, вимикання, зупинки та тримання;

14) небезпека, пов'язана з робочим місцем машиніста крана чи машини (уключаючи місце водія):

- а) падіння під час спроби зайняти або покинути робоче місце;
- б) викидання газів або брак кисню на робочому місці;
- в) пожежа (займистість кабіни, нестача засобів вогнегасіння);
- г) механічні види небезпеки на робочому місці (контактування з колесами, наїзд, падіння предметів, проникнення предметів, поломка деталей, які обертаються з високою швидкістю, контактування працівників зі складовими частинами, деталями крана чи машини);
- г) недостатній огляд з робочого місця;
- д) невідповідне освітлення;
- е) незручне місце для сидіння;
- є) шум на робочому місці;
- ж) вібрація на робочому місці;
- з) недостатні можливості евакуювання або аварійного виходу;

15) небезпека, пов'язана із системою керування:

- а) неправильне розміщення органів керування;

б) неправильна конструкція органів керування та неправильний режим їх роботи;

16) небезпека, пов'язана з джерелами та передаванням енергії:

а) небезпека, пов'язана з двигуном та акумулятором;

б) небезпека, пов'язана з передаванням енергії між обладнанням крана чи машини;

в) небезпека, пов'язана із з'єднаннями та буксируванням;

17) небезпека, пов'язана з третіми особами:

а) несанкціонований запуск або експлуатація;

б) відсутність або невідповідність візуальних або звукових попереджувальних сигналів;

18) небезпека, пов'язана з несприятливими природними факторами:

а) вітрове навантаження;

б) снігове навантаження;

в) ожеледиця, зледеніння;

г) сейсмічне навантаження;

г) грозові електричні розряди;

недостатньо повні настанова з експлуатації та інструкція з охорони праці для машиніста.

5.4 Прилади і пристрої безпеки вантажопідйомних машин

Попередження про небезпеку при роботі машин і устаткування, що приводить до аварій і виробничого травматизму, повинні забезпечуватися приладами і пристроями безпеки.

За призначенням прилади і пристрої безпеки можна підрозділити на наступні групи: обмежувачі руху, вантажопідйомності, крену і швидкості; засоби захисту від небезпечної напруги струму; запобіжні, гальмівні і захисні пристрої; освітлення і звукова сигналізація.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмежувачі руху. Обмежувач висоти підйому крюкової обойми повинен спрацьовувати при підйомі вантажозахватних пристроїв не менше ніж на 200 мм до упору (рис. 5.1). На кінці головної секції стріли встановлюють колісний вимикач 1, який вимикає електродвигун вантажної лебідки перед підходом крюкової обойми до стріли. Двигун вимикається шляхом розмикання електричного ланцюга його управління.

Важіль 3 кінцеві вимикачі врівноважується пружиною 2 і вантажем 10, підвішеним на тросі 4. У цьому положенні нерухомі контакти 7 і 8 електричного ланцюга замкнуті містком 6. При підході до стріли крюкова обойма 9 упреться у вантаж 10 і підведе його. Важіль 3 під дією пружини 2 підіймається вгору, а контакти 7 і 8 розімкнуться, оскільки місток 6 також підіймається вгору. Трос 11 підтримує вантаж на випадок обриву троса 4.

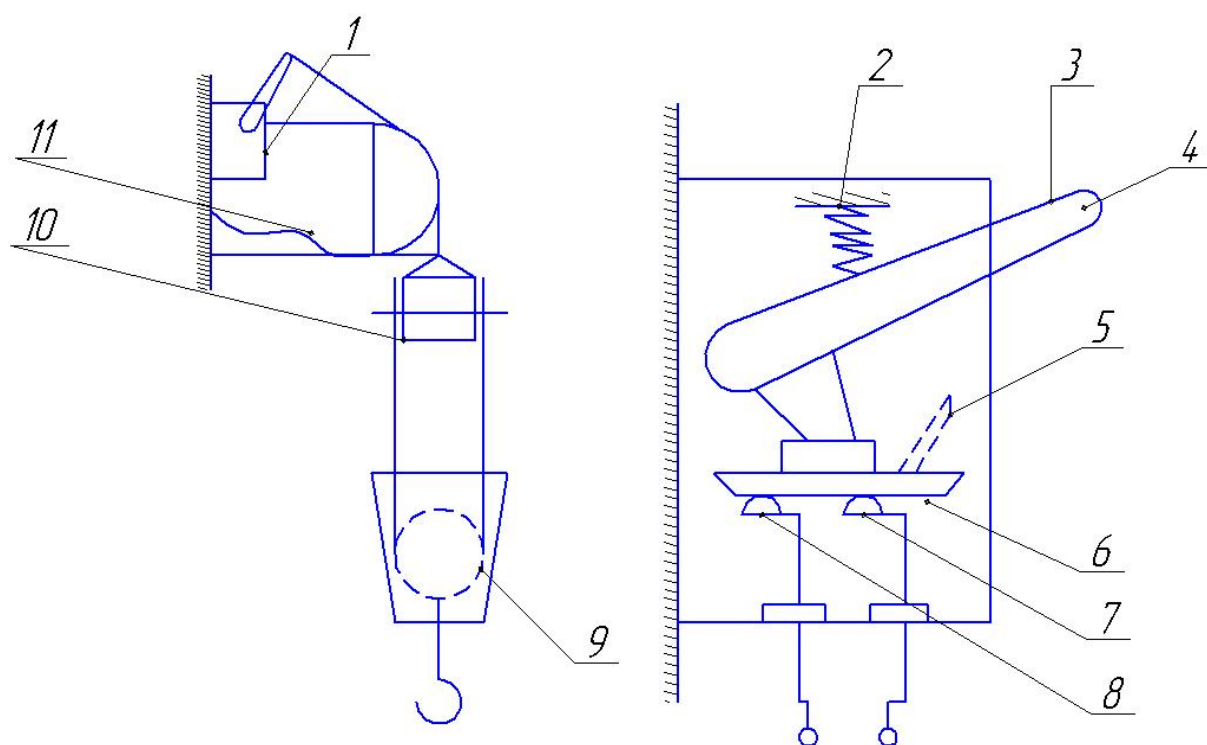


Рис. 5.1 Схема пристрою обмежувача висоти підйому крюкової підвіски

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.481000.105КРПЗ

Арк.

35

Показчик вильоту стріли. При змінному вильоті стріли вантажопідйомність стріловидного крана міняється. Кут нахилу стріли і, отже, навантаження крана, що допускається при ньому, визначають по показнику вильоту.

До стріли 1 прикріплена шкала 2 з вільно підвішеною стрілкою 3. При зміні кута нахилу стріли стрілка показує на шкалі, градуйованій в тонах, масу вантажу, що допускається.

Обмежувачі вантажопідйомності. За правилами експлуатації кранів з метою виключення перекидання стріловидних кранів їх обладнують обмежувачами вантажопідйомності або вантажного підйому. Ці обмежувачі автоматично відключають механізми підйому вантажу і зміни вильоту стріли у разі підйому особливо важкого вантажу, маса якого перевищує номінальну вантажопідйомність більш ніж на 10%. Крім того, обмежувачі вантажопідйомності кранів повинні попереджати про втрату стійкості краном при нормальному розрахунковому вантажі, але в умовах небезпечних виробничих чинників – вітрового навантаження, ухилу шляху, динамічних і інерційних навантаженнях.

Обмежувачі вантажопідйомності кранів підрозділяються на дві групи: обмежувачі маси вантажу, що спрацьовують при перевищенні граничного вантажу, обмежувачі вантажного моменту на випадок перевищення його межі.

Обмежувачі крену (рис. 5.2). Показчик поперечного нахилу. Крани, що працюють в умовах бічного крену, повинні мати показники поперечного нахилу. Принцип дії аналогічний пристрою вказівки вильоту стріли.

Відмінність цього показника полягає у тому, що шкала 1 проградуйована в градусах і стрілка 4, вказуючи нахил, обертається вільно на осі 6. Приводиться ця стрілка в рух від важеля 5, що обертається на осі 7. Цей важіль має на одному кінці вантаж 2, а на іншому – поводок 3. У поводку є

вилка, в яку входить стрілка. Додаткова передача важеля введена для того, щоб збільшити хід стрілки до величини, зручної для огляду кранівником.

Захисні пристрої. Незакриті деталі, що обертаються, і вузли машин створюють небезпечні зони, і у разі попадання в них кінцівок тіла людини можливе каліцтво.

Для створення умов недоступності в небезпечних зонах зубчатих і ремінних передач встановлюють огорожу у вигляді металевих кожухів. Окрім названих деталей машин необхідно захищати сполучні муфти з виступаючими болтами і шпонками, барабани, ходові колеса, голі токоведущі частини електроустаткування.

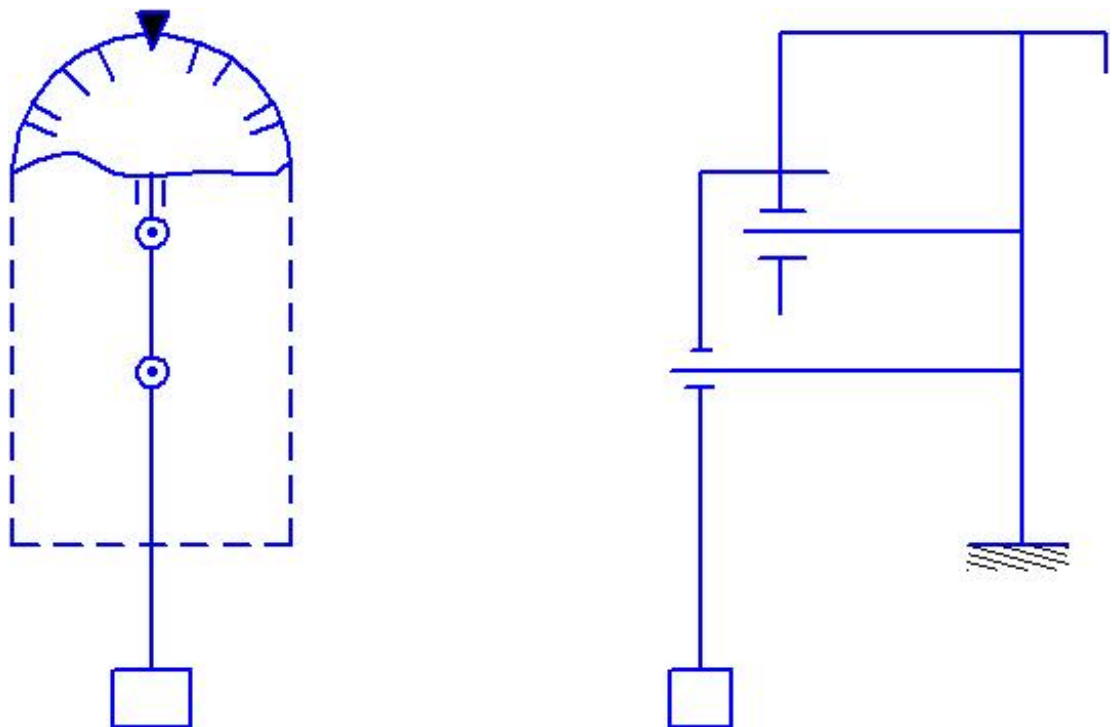


Рис. 5.2 Схема показчика і пристрою обмежувача крену

Освітлення і звукова сигналізація. Для забезпечення нормальної роботи кранів встановлюють освітлення і звукову сигналізацію. Освітлювальні

прилади повинні освітлювати вночі робочу зону. Звукова сигналізація подається перед початком роботи.

5.5 Безпека робочих процесів вантажопідйомних машин

Оператор (кранівник) крана повинен виконувати наступні вимоги:

“ССБП. Процеси переміщення вантажів на підприємствах. Загальні вимоги безпеки“ (далі - ДСТУ 12 3. 020-80);

Типової інструкції з безпечного ведення робіт для кранівників (машиністів) стрілових самохідних (автомобільних, гусеничних, залізничних, пневмоколісних) кранів, затвердженої наказом Держнаглядохоронпраці від 25.09.95 №135 (z0371-95), зареєстрованої в Міністерстві юстиції України 10.10.95 за №371/907 (НПАОП 0.00-5.03-95);

Типової інструкції з безпечного ведення робіт стропальників (зачіплювачів) які обслуговують вантажопіднімальні крани, затвердженої наказом Держнаглядохоронпраці від 25.09.95 №135 (z0372-95), зареєстрованої в Міністерстві юстиції України 10.10.95 за №371/907 (НПАОП 0.00-5.04-95).

На кожен будівельну машину складають паспорти і інструкції по техніці безпеки. До управління машиною допускаються робітники, мають посвідчення на право управління їм.

За безпечною експлуатацією вантажопідйомних машин на кожній будівельній ділянці повинна стежити спеціально призначена особа з інженерно-технічного персоналу.

Перед пуском в експлуатацію вантажопідйомних машин, на які розповсюджуються правила Держтехнагляду, піддають технічному огляду. Воно включає огляд, статичне і динамічне випробувань. При статичному випробуванні перевіряють міцність вантажопідйомної машини і вантажну

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

стійкість стріловидних кранів. Таке випробування проводять навантаженням на 25% перевищуючої вантажопідйомності машини. При статичному випробуванні кранів стрілу встановлюють в положення, що відповідає як найменшій стійкості крана, вантаж піднімають на 100...200 мм і витримують його протягом 10 мін. Динамічне випробування вантажопідйомної машини полягає в перевірці дії механізмів і гальм вантажем, який на 10% перевищує вантажопідйомність машини. Під фронтом роботи машини розуміють частину будівельного об'єкту, що відводиться робітникам для безперебійної роботи. При цьому розміри фронту роботи в просторі визначаються правильною і безпечною розстановкою робітників і механізмів, що беруть участь у виробничому процесі по зведенню об'єкту.

Небезпечною зоною вважається простір в габаритах фронту роботи за відсутності огорожа або інших запобіжних засобів. Небезпечна зона протягом робочого дня може переміщатися залежно від ведення будівельного процесу. До небезпечних зон відносять ділянки розробка під стрілою крана і піднятим вантажем, які захищають щитами, збірно-розбірними інвентарними огорожами або навколо них встановлюють попереджувальні написи, а в темний час доби запалюють червоне світло.

Охоронною зоною вважається територія, на якій заборонено виконувати будівельні роботи і переміщати будівельні машини, зокрема, простір, що перетинається високовольтними лініями електропередачі. Розміри охоронної зони високовольтної ЛЕП визначені СНІП 111-4-80 «Техніка безпеки в будівництві». Стріловидні самохідні крани, що працюють від зовнішньої електричної мережі, повинні мати заземлену нейтрал. Нульовий дріт підключаючого кабелю потрібно з'єднати з металевими конструкціями крана і з нульовим дротом мережі.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Виносні опори у стрілових самохідних кранів можуть діяти ефективно лише у тому випадку, коли під них підкладені міцні підкладки і дерев'яних брусів або зварної конструкції із сталі.

При будівництві на м'яких, нестійких і мокрих ґрунтах кран слід встановлювати на дерев'яний настил з шпал або пластин.

4.1 Вимоги безпеки в аварійній ситуації

При виконанні вантажно-розвантажувальних робіт виробничі аварії та нещасні випадки можливі при:

- складуванні матеріалів та виробів з порушенням вимог технічних умов, стандартів на них, зменшення технологічних проходів та переїздів;
- незастосування засобів індивідуального захисту, неузгодженості дій сумісно працюючих;
- виконання робіт несправним інструментом, обладнанням;
- знаходження працюючих під вантажем або в небезпечній зоні.

При виникненні аварійної ситуації, без метушні, по можливості, приступити до її ліквідації, прийняв в першу чергу заходи безпеки до навколишніх людей, виводу їх з небезпечної зони.

В разі аварії з електроприладами (коротке замикання при доторканні до металевих частин обладнання, електроінструменту, відчувається наявність електричного струму, поява специфічного запаху горілої ізоляції та ін.) не гаючи часу, вимкнути електроприлад від мережі і доповісти керівнику робіт.

В разі виникнення пожежі, негайно приступити до її ліквідації. Вимкнути електроенергію. Пам'ятати, що діючу електромережу, електроприлади слід гасити тільки вуглекислотними, порошковими вогнегасниками, кошмою. Організувати евакуацію людей та матеріальних цінностей. При необхідності викликати пожежну команду за номером 101 і організувати зустріч прибувши пожежних підрозділів.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надання першої медичної допомоги:

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення – відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати швидку медичну допомогу.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту (якщо можливо свіжовипрасовану) носову хустину, чисту полотняну ганчірку і та ін. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду., щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, палицею, картоном або іншим подібним предметом.

При передбачуваному переломі черепа (несвідомий стан після удару голови, кровотеча з вух або роту) необхідно прикласти до голови холодний

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

предмет (грілку з льодом або снігом, чи холодною водою) або зробити холодну примочку.

При підозріванні перелому хребта необхідно потерпілого покласти на дошку, не піднімаючи його, чи повернути потерпілого на живіт обличчям униз, наглядаючи при цьому, щоб тулуб не перегинався з метою уникнення ушкодження спинного мозку.

При переломі ребр, ознакою якого є біль при диханні, кашлю, чханні, рухах, необхідно туго забинтувати груди чи стягнути їх рушником під час видиху.

При опіках вогнем, парою, гарячими предметами, ні в якому разі не можна відкривати пухирі, які утворюються, та перев'язувати опіки бинтом.

При опіках першого ступеня (почервоніння) обпечене місце обробляють ваткою, що змочена етиловим спиртом.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють спиртом, 3%-ним марганцевим розчином або 5%-ним розчином таніну.

При опіках третього ступеня (зруйнування шкіряної тканини) накривають рану стерильною пов'язкою та викликають лікаря.

Перша допомога при кровотечі:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- кровоточиву рану закрити перев'язочними матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладеного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);
- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровоносних судин, які живлять поранену область, при допомозі згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями,

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по усуненню небезпечної ситуації.

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Виконано огляд розрахункових схем мостових кранів, що використовують при складанні математичних моделей коливань вантажів під час їх підйому.
2. Розглянуто існуючі математичні моделі, що описують зусилля у канаті, металоконструкції мостового крану і вертикальні коливання вантажу у «довідривної» та «післявідривної» стадіях підйому.
3. На основі математичних моделей, за допомогою інструментів візуального пакету Simulink системи Matlab побудовані та налагоджені дві s-моделі коливання вантажу у «довідривної» та «післявідривної» стадіях підйому краном вантажопідйомністю 2 т.
4. Відривне зусиль з'являється у металоконструкції крану приблизно через 0,1 с. Тобто модель добре працює тільки на відрізку час $0 \dots 0,1$ с.
5. Зусилля у металоконструкції крана F на 25% вище ніж у підйомних канатах S . На першому періоді коливань максимальне значення зусилля у металоконструкції крана F відстає за часом на 0,02 с від максимального значення зусилля у підйомних канатах S .
6. Частота коливань системи «кран – вантаж» f складає $\approx 4,76$ Гц, або $\omega \approx 29,92$ рад/с.
7. Опубліковано тези доповіді «S-моделі коливань мостового крану під час підйому вантажів» у збірнику тез доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених. Т1. Дніпро, УДУНТ, 2023. – С. 70 – 71.
8. У розділу «Охорона праці» дано опис вимог до безпечного виконання підйомо-вантажних робіт і до запобіжних систем у конструкціях кранів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины – 6-е изд., перераб. /Александров, М.П. М : Высш. шк., 1985, – 520 с.
2. Пановко, Г.Я. Введение в теорию механических колебаний / Г.Я. Пановко . – М. : Наука. Главн. ред. физ-мат. лит., 1980. – 272 с.
3. Лобов, Н. А. Динамика грузоподъемных кранов / Н. А. Лобов . – М : Машиностроение, 1987. – 160 с.
4. Морозов, Г.Л. Особенности динамики мостового крана с вакуум-присосным оборудованием / Г.Л. Морозов, М.А. Куклев, Б.Н. Товт //Наука та прогрес на транспорті. №4, Днепр : ДНУЖТ. 2008. – С. 97-101.
5. Казак, С.А. Динамика мостовых кранов / С.А. Казак. М. : Машиностроение, 1968. – 472 с.
6. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов - 13-е изд. исправленное / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. - М : Гл. ред. физ-мат. лит, 1986. - 544 с.

					ДІІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДІІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ДІІТ.481000.105КРПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		