

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Розроблення пристрою для захоплення вантажів циліндричної форми»

Виконав: студент II курсу групи Маш-22сп

Спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

(шифр і назва)

Максим КОЗОВИЙ
(Ім'я та прізвище)

Керівник:
БАРАНОВИЧ

Сергій

(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Козовому Максиму Андрійовичу

1. Тема роботи: “ **Розроблення пристрою для захоплення вантажів циліндричної форми**”

Керівник роботи: Баранович Сергій Миколайович, к.т.н., в.о. доцента

Затверджена наказом по університету від 30.12.2022 року № 453/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 23.06.2023 року

3. Вихідні дані: довідкова література, каталоги, методики розробки технологічних процесів завантажувально-розвантажувальних робіт, типові технологічні операції з циліндричними захватами, інструкції з охорони праці та захисту довкілля, методики визначення економічної ефективності впровадження нової технології у виробництво.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

Вступ.

1. Аналіз конструкцій захватних пристроїв.

2. Конструкторська розробка захватного пристрою.

3. Охорона праці.

4. Економічна ефективність вдосконалення захватного пристрою.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

1. Загальний вигляд машини - 1-ий аркуш.

2. Гакова підвіска - 2-ий аркуш.
3. Огляд захватів - 3-ий аркуш.
4. Загальний вигляд захвата - 4-ий аркуш.
5. Робочі креслення вузлів і деталей захвата – 5 -ий арк.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,4	Баранович С.М. к.т.н., в.о. доц. кафедри машинобудування			
3	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри УПБВ			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Виконання розділу: «Аналіз конструкцій захватних пристроїв».</i>	23.01.23-17.02.23	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Конструкторська розробка захватного пристрою».</i>	20.02.23-17.03.23	
3.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці».</i>	20.03.23-05.05.23	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона довкілля».</i>	08.05.23-26.05.23	
5.	<i>Завершення оформлення графічного матеріалу роботи.</i>	05.06.23-16.06.23	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому.</i>	19.06.23-23.06.23	

Студент _____ Максим КОЗОВИЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БАРАНОВИЧ
(підпис)

УДК 621.86/.87(075.32)

Розроблення пристрою для захоплення вантажів циліндричної форми.

Козовий Максим Андрійович – Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023.

Кваліфікаційна робота: 46 с. текст. част., 16 рис., 2 табл., 22 джерела, 5 арк. формату А1.

Приведено аналіз існуючих захватних пристроїв для проведення завантажувально-розвантажувальних робіт та засобів їх застосування в технологічних операціях.

На основі проаналізованих технологій та аналогів машини проведено вдосконалення машини, розраховано конструкційні параметри окремих агрегатів крана та захватного пристрою для циліндричних деталей.

Розроблено заходи для забезпечення охорони праці під час застосування захватного пристрою.

Розраховано техніко-економічні показники впровадження проекту в виробництво, зокрема рентабельність, термін окупності.

ЗМІСТ

	ст.
Вступ	7
1. Аналіз конструкцій захватних пристроїв	8
1.1. Вантажозахватні пристрої	8
1.2. <i>ТРАВЕРСИ, СТРОПИ, СКОБИ</i>	9
1.3. <i>ЕКСЦЕНТРИКОВІ ТА КЛІЩЕВІ ЗАХВАТИ</i>	11
1.4. <i>ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ КРАНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЗАХВАТА</i>	13
1.5. <i>ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАХВАТА ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВАНТАЖІВ</i>	18
2. <i>Конструкторська розробка захватного пристрою</i>	24
2.1. <i>РОЗРАХУНОК ЛЕБІДКИ ВАНТАЖНОЇ</i>	24
2.2. <i>ВИБІР ГІДРОМОТОРА</i>	27
2.3. <i>ВИБІР РЕДУКТОРА ЛЕБІДКИ</i>	29
2.4. <i>РОЗРАХУНОК І ВИБІР ГАЛЬМА ПІДІЙМАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ</i>	29
2.5. <i>РОЗРАХУНОК І ПЕРЕВІРКА МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ КРАНА</i>	30
2.6. Визначення моменту опору механізму повороту	31
2.7. Розрахунок осі важеля захоплювання вантажу	33
3. <i>Охорона праці</i>	35
3.1. <i>СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНА З ЗАХВАТНИМ ПРИСТРОЄМ</i>	35

3.2.	<i>ІНСТРУКЦІЇ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ МАШИНІСТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ КРАНІВ</i>	36
4.	<i>Економічна ефективність вдосконалення захватного пристрою</i>	41
	<i>ВИСНОВКИ ТА пропозиції</i>	44
	<i>Бібліографічний СПИСОК</i>	45

ВСТУП

В нашій країні збільшується обсяг будівельних і ремонтних робіт, це пов'язано з теперішнім станом в державі. Ремонтуються і споруджуються нові залізничні лінії та автомобільні дороги, ремонтуються і зводяться нові заводи та фабрики, потребують росту темпи житлового будівництва, потребують ремонту і будівництва нафто- і газопроводи, велике значення набуло сучасне сільськогосподарське будівництво, є потреби в меліорації та іригації підтоплених земель.

Велика потреба у відновленні і розвитку народного господарства потребує великого обсягу з завантажувально-розвантажувальних операцій механізованим способом, виконання якого потребує великої кількості спеціальної техніки.

В Україні вживаються заходи щодо покращення техніко-економічних характеристик вантажопідіймальних машин та устаткування, підвищення їхньої потужності, ресурсу роботи машин, надійності, застосування гідроприводів, зменшення трудомісткості обслуговування технічного та ремонту машин.

Підвищення терміну служби та надійності машин обумовлене своєчасною та якісною діагностикою, технічним обслуговуванням механізмів і машин під час експлуатації, дотриманням строків проведення профілактичних робіт та виконання вимог інструкцій по експлуатації.

Якісне виконання таких правил під час експлуатації машин і обладнання зменшує кількість несправностей та підвищує готовність її до виконання завантажувально-розвантажувальних робіт.

Крани обслуговуються висококваліфікованими машиністами, які знають будову машини, правила всіх видів технічних обслуговувань та ремонту, мають високу професійну майстерність.

1. Аналіз конструкцій захватних пристроїв.

1.1. Вантажозахватні пристрої.

Вантажозахватні пристрої діляються на основні дві групи залежно від двох основних категорій вантажів: 1) для вантажів штучних: прокатний метал, сталеві болванки, металоконструкції, машини та складальні одиниці машин, пиломатеріали і колоди, вантажі, які затарені в ящики, мішки, бочки та інші; 2) для вантажів сипких: кокс, руда, вугілля, щебінь, пісок, металева стружка та інші. До першої відносяться пристрої, які підтримують або охоплюють вантажі (канатні, ланцюгові та стрічкові стропи, ексцентрикові захвати і траверси), і такі що притягують вантаж (електромагніти підйомні). До другої відносяться пристрої, які завантажують з бункерів або вручну і такі що розвантажуються перекиданням, розкриттям бічних стінок (цебри, ковші) відкриванням днищ, такі що заповнюються черпанням під час занурення у товщу насипного вантажу і що розвантажуються розкриттям (грейфери моторні та канатні) [1, 8].

Буль якого типу вантажозахватні пристрої повинні мати малу власну вагу, забезпечувати безпеку експлуатації та простоту, забезпечувати роботу з вантажами відповідних властивостей і форм.

Деякі вантажозахватні пристрої (грейфери, підйомні електромагніти) забезпечують автоматичний захват з наступним вивільненням вантажів. В основному автоматична робота вантажозахватних пристроїв зберігається тільки для операції вивантаження чи звільнення вантажів після закінчення операції переміщення, а початкові операції (накладка ексцентрикових і кліщевих захватів на вантаж, наповнення ковшів) виконуються допоміжними працівниками. Для прискорення виконання робіт і спрощення виконуваних операцій захват і звільнення вантажу від захватних пристроїв вручну застосовують відповідні для операцій скоби і стропи.

1.2. Траверси, стропи, скоби.

Найпростішими вантажозахватними пристроями, які використовуються під час підйомі вантажів штучних, є канатні та ланцюгові стропи.

Ланцюгові стропи виконують з кусків коротколанкових зварних ланцюгів та оснащують кільцями, коушами або гаками. Ланцюгові стропи поділяють на стропи одноланцюгові, стропи двохланцюгові (рисунок 1.1), стропи багатоланцюгові із 3-ма, 4-ма і більше ланцюгами, які з'єднуються кільцем, а також кільцеві (рисунок 1.2). [1, 8]

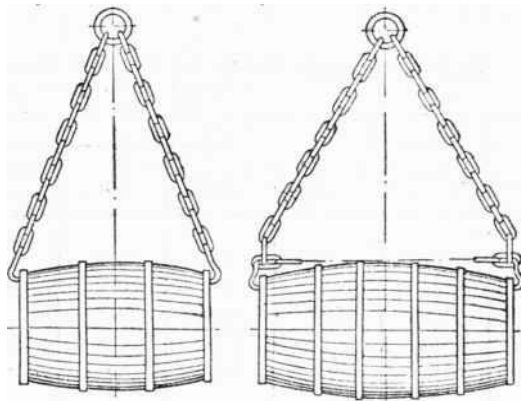


Рисунок. 1.1

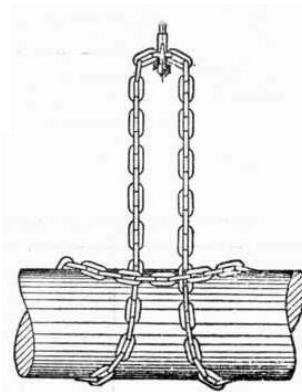


Рисунок. 1.2

Для захисту мнучих або оброблених кромки і поверхонь вантажів під час підйому стропами ланцюговими між ланцюгами та вантажами необхідно поміщати сталеві накутники чи дерев'яні прокладки. Щоб забезпечити надійну роботу строп ланцюгових необхідно ланки ланцюгів під час контакту з вантажем і під час підвішування до гаків потрібно так щоб вони не отримували згинальних зусиль.

Стропи канатні виготовляють із кусків сталевих канатів. Стропи канатні бувають одноканатні, багатоканатні та кільцеві (рисунок 1.3). Щоб запобігти канатними стропами пошкоджень гострими поверхнями або кромками вантажів, які піднімаються використовують накутники чи дерев'яні накладки.

Перед експлуатацією стропи канатні та ланцюгові відповідно до правил використання необхідно випробувати пробним навантаженням, яке повинно бути удвічі більшим за допустиме навантаження. В подальшій експлуатації не

менше, ніж через 6 місяців їх піддають випробуванням, під час яких ланцюги і канати повинні витримувати задане навантаження протягом 10 хв. без пошкоджень і без помітних видовжень ланцюгових ланок і каната.

Під час підйому кранами великої вантажопідйомності партії штучних або тарних вантажів, які є невеликими за вагою і об'ємом, використовують стропи стрічкові, а для підйому великої кількості негабаритних штучних вантажів застосовують – сітки, які є сплетені з канатів сталевих (рисунок. 1.4).

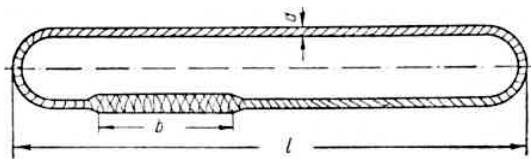


Рисунок. 1.3

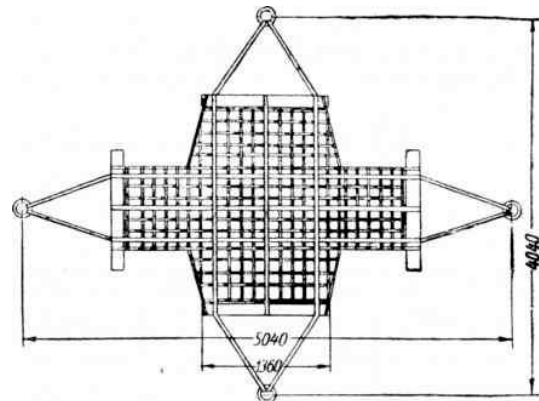


Рисунок. 1.4

Щоб перемістити довгомірні вантажі, а також вантажі габаритні використовують вантажозахватні скоби з траверсами.

Для завантаження і розвантаження різних довгомірних вантажів, прокатної сталі (довгих валів, балок) можна застосовувати односторонні скоби, які показані на рисунку 1.5. В деяких конструктивних виконаннях для прискорення і зручності роботи дані лапи виконують відкідними (поворотними).

Складніша конструкція траверси з скобами, яка призначена для підйому бандажів та подачі їх до печі нагрівальної зображено на рисунку. 1.6. У цій конструкції радіально розташовані вертикальні тяги (3 шт.) мають виступи, на яких розміщується бандаж. З допомогою механізму шарнірного і розташування тяг відповідно до вертикальної осі траверси змінюється від 550 і до 900 мм. Під час підйому починає рухатись ввєрх шток центральний, а тяги розміщуються важілями і тоді відбувається піднімання вантажу, які підхоплені виступами відповідних тяг. Під час опускання центрального штоку відбувається зближення тяг.

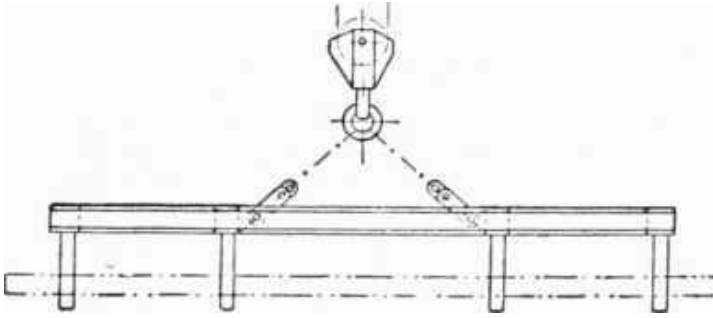


Рисунок. 1.5

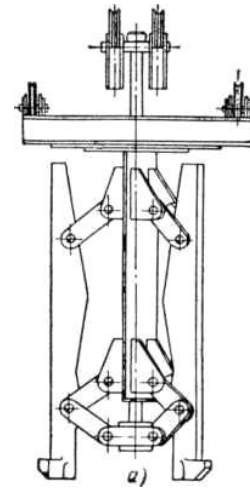


Рисунок. 1.6

Під час підйому та переміщення вантажів різної довжини використовують траверси з скобами переставними, а також з ланцюговими або канатними петлями-стропами.

Переміщення штучних дрібних вантажів можна виконувати застосовуючи відкриті ящики з змонтованими скобами до строп ланцюгових. Переміщення важких рулонів тканин і паперу здійснюється штирьовими підхоплювачами, які розміщують всередині цих рулонів. Штирьові підхоплювачі підвішені на гаки до траверс. Для підйому важких котушок кабельних використовують консольні штирі двосторонні.

1.3. Ексцентрикові та кліщеві захвати

Крім скоб, траверс і стропів під час підйому і переміщення вантажів штучних використовують ексцентрикові та кліщеві захвати, які затискають штучні вантажі під дією на них власної ваги вантажу. Ексцентрикові та кліщеві захвати є надійними у роботі, тому що сила затискання вантажу є завжди пропорційна вазі даного вантажу, який піднімається чи переміщується. Ще однією перевагою є те, що вони забезпечують автоматичне звільнення вантажу після встановлення останнього на необхідне місце.

Найпростіші кліщові захвати для піднімання і переміщення круглих колод зображено на рисунку 1.7. Лапи захвата обхоплюють колоду, що затискаються при допомозі систем шарнірних важелів. Деколи лапи виготовляють з насічкою рисунок. 1.8, які вдавлюються в циліндричний вантаж. Під час підйому довгомірних вантажів захвати кліщові підчіпляють до траверс рисунок 1.9. В деяких конструкцій кліщових захватів защемлення вантажу відбувається за допомогою системи важелів, які мають замковий механізм [1, 8].

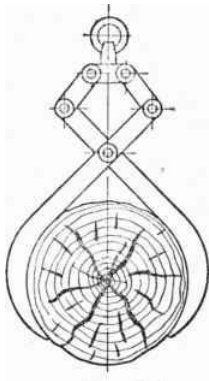


Рисунок 1.7

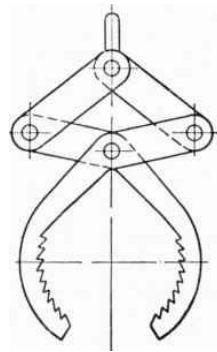


Рисунок 1.8

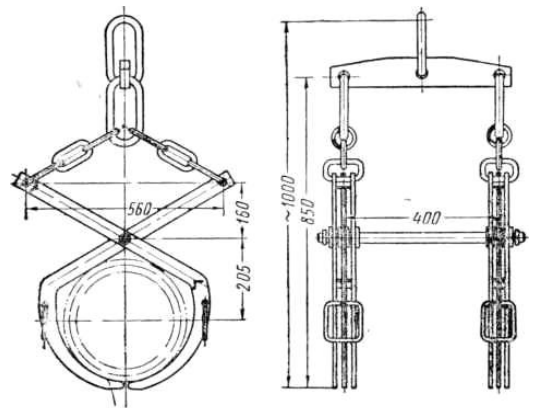


Рисунок 1.9

Для штучних вантажів, затискання зовнішній поверхні яких є ускладненим, використовують кліщові захвати, які зображено на рисунку 1.10.

Під час підйому важких і великих вантажів, які мають прямовисні стінки (бетонні блоки, великі камені, ящики тощо) використовують захвати зображені на рисунку 1.11.



Рисунок 1.10.

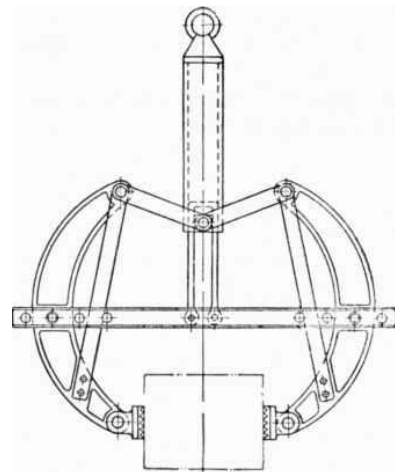


Рисунок 1.11.

Розглянуті нами кліщові захвати працюють по принципу самозатискання під дією власної ваги, тобто, вантажу який піднімається. Використовуються також захвати, під час експлуатації яких затискання вантажу відбувається при допомозі різних механізмів (гвинта з гайками тощо).

1.4. Технологія використання крана із застосуванням захвата.

Кран автомобільний, використовується для виконання розвантажувально-навантажувальних, будівельних і монтажних робіт із переміщенням звичайних і розрядних вантажів на об'єктах які потребують підїзду. Номінальна вантажопідйомність крана 16 тон. Тому доцільно застосовувати кран для роботи з переміщення вантажів вага яких більше 10 т. Тобто під час будівництва мостів, будівництва заводів, цехів, під час виконання робіт з габаритними і важкими вантажами.

Під час експлуатації крана, оператору і обслуговуючому персоналу, потрібно враховувати небезпечні зони (відскоку вантажу і зони можливого падіння вантажу).

Перед початком роботи необхідно правильно поставити кран на майданчику для виконання відповідних операцій.

Правильне встановлення крана на майданчику виконання робіт має велике значення для безпеки і охорони праці. Майданчик для виконання робіт перед установкою крана потрібно очистити від сміття та відходів, поверхню майданчика вирівняти, спланувати, канави, вибоїни, ями засипати і утрамбувати. Під час виконання операцій краном в зимовий час майданчик потрібно очистити від снігу та посипати щебенем чи піском.

Стрілові крани необхідно встановлювати на майданчику для виконання операцій після проведення перевірки ґрунтової несучої основи, що повинна забезпечити максимальну опору тиску крана під час його найбільшого навантаження. Наступним важливим чинником допустимості встановлення крана на майданчику є кут опор крана.

Автомобільні пневмоколісні крани дозволяється установити на краю котловану чи траншеї за умов дотримання відповідних відстаней, які наведені в таблиці 1.1. За неможливості дотримання вказаних відстаней укiс повинен бути усилений.

Розміщення на майданчику стріловидних самохідних кранів для експлуатації здійснюється так, щоб під час роботи відстань від поворотної частини крана (за будь-якого його положення) до будов, колон, штабелів вантажів, була не меншою за 1 м. Треба кран встановлювати на усі наявні та додаткові його опори.

Таблиця.1.1. Відстані від основи чи котловану до опор крана.

Глибина траншеї, котловану, м	Відстані від краю укусу до ближчої опори крана за ненасипного ґрунті, м				
	глинистому	суглинному	супіщаному	піщаному та гравієвому	лісовому сухому
1	1	1	1,25	1,5	1
2	1,5	2	2,4	3	2
3	1,75	3,25	3,6	4	2,5
4	3	4	4,4	5	3
5	3,5	4,74	5,3	6	3,5

Під опори крана необхідно встановити міцні та стійкі підкладки. Також треба встановити його таким чином, щоб можна було б із одного місця розташування виконати максимальну кількість операцій з підйому і переміщення необхідних вантажів. Безпечніше здійснювати виконання робіт з мінімальним вильотом стріли, а також кутами повороту платформи. Встановлення кранів повинна виконуватися за відповідності до проекту виконання робіт та інструкцією із експлуатації даного крана.

Встановлення кранів на майданчиках, розміщення ділянок виконання робіт, проїздів транспортних засобів, робочих місць і проходів людей необхідно виконувати з можливістю виділення небезпечних зон перебування людей, в межах яких здійснюється піднімання і переміщення кранами вантажів.

Кордон небезпечної зони крана вантажопідіймального визначається з врахуванням падіння чи відльоту вантажу, який переміщається краном на максимальному вильоті стріли.

Кордони небезпечних зон самохідних кранів з стрілою визначаються з врахуванням таких умов:

- встановлення крана під час монтажу стійких елементів;
- встановлення крана поблизу будівлі, штабелю складування та інше;
- встановлення крана під час монтажу високих нестійких елементів;
- встановлення крана біля траншеї, котловану;
- встановлення крана біля лінії електропередач.

Небезпечну зону під час роботи крана з монтажу стійких елементів визначають за формулою:

$$R_o = R_M + 0,5 \cdot a + S, \quad (1.1)$$

де R_M - максимальний виліт гака крана;

a - максимальна довжина вантажу;

S - відстань від вильоту гака крана до місця ймовірного падіння вантажу.

Відстань S повинна бути не меншою, м (таблиця 1.2.):

Таблиця 1.2. Відстань від вильоту гака крана до місця ймовірного падіння вантажу

Висота піднімання вантажу H , м	Відстань S , м більше за
від 20 до 70	10
до 20	7

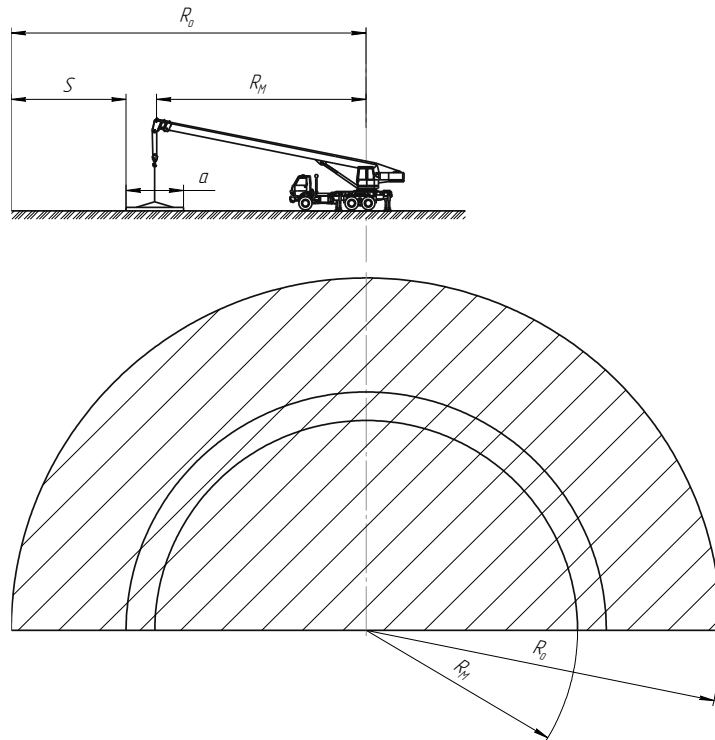


Рисунок. 1.12. Кордони небезпечної зони під час роботи крана з монтажу стійких елементів.

Визначимо кордони небезпечної зони, за умови переміщення автомобільним краном КС - 4572 циліндричних вантажів.

Умови розрахунку: найбільший виліт гака крана 18,4м, довжина циліндричного вантажу 5 м, найбільша можлива висота підйому вантажу 21,7м.

Відповідно до даних наведених в таблиці 1.2 $S = 10$ м. За формулою 1.1 отримаємо: $R_o = 18,4 + 0,5 \cdot 5 + 10 = 30,9$ м.

Кордон небезпечної зони під час виконання монтажу краном нестійких вантажів, визначаємо за формулою:

$$R_o = R_p + h_n + S, \quad (1.2)$$

де R_p - радіус робочої зони крана;

h_n - висота піднімання вантажу.

Визначаємо кордон небезпечної зони, під час монтажу циліндричної колони краном КС - 4572.

Умови розрахунку: виліт гака крана 10 м, висота можливого підйому вантажу 10м.

Відповідно до таблиці 1.2 $S = 7$ м. За підстановки в формулу 1.2. отримаємо: $R_o = 10 + 10 + 7 = 27$ м

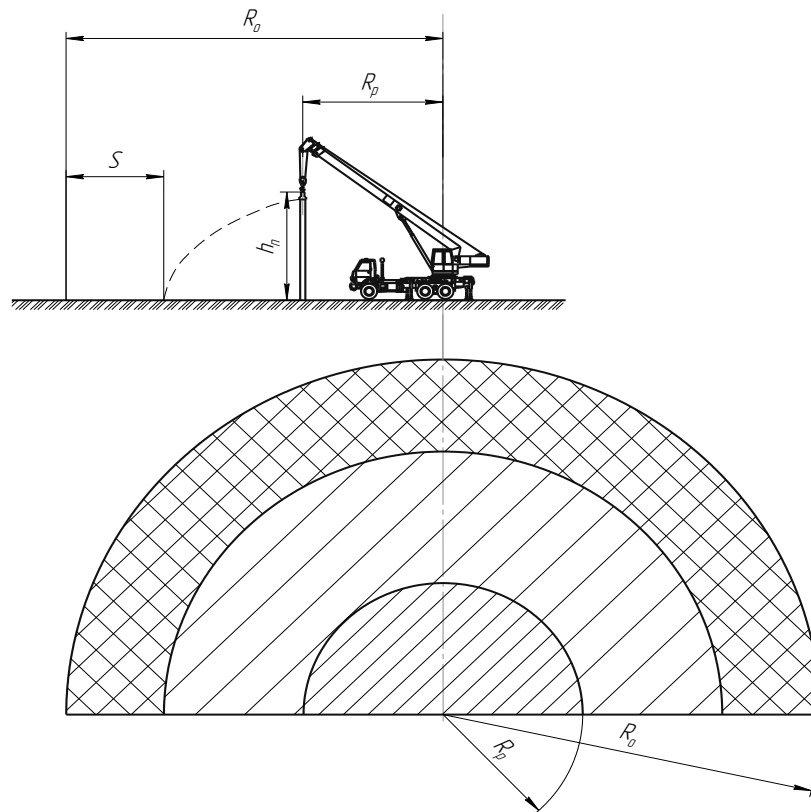


Рисунок 1.13. Кордони небезпечної зони під час експлуатації крана з монтажу нестійких циліндричних елементів.

Кордон небезпечної зони між штабелем вантажів (колоною, стіною будівлі) та поворотною частиною крана визначається за формулою:

$$r = \Gamma_{II} + A, \quad (1.3)$$

де Γ_{II} - розміри поворотної частини крана;

A - величина відстані між краном і штабелем становить не менше 1м.

Визначаємо кордон небезпечної зони між стіною будівлі, колоною і штабелем та поворотною частиною крана КС-4572.

Умови розрахунку: розмір поворотної частини крана 2,95м, відстань між краном і штабелем приймаємо 3м.

За формулою 1.3. отримаємо:

$$r = 2,95 + 3 = 5,95 \text{ м}$$

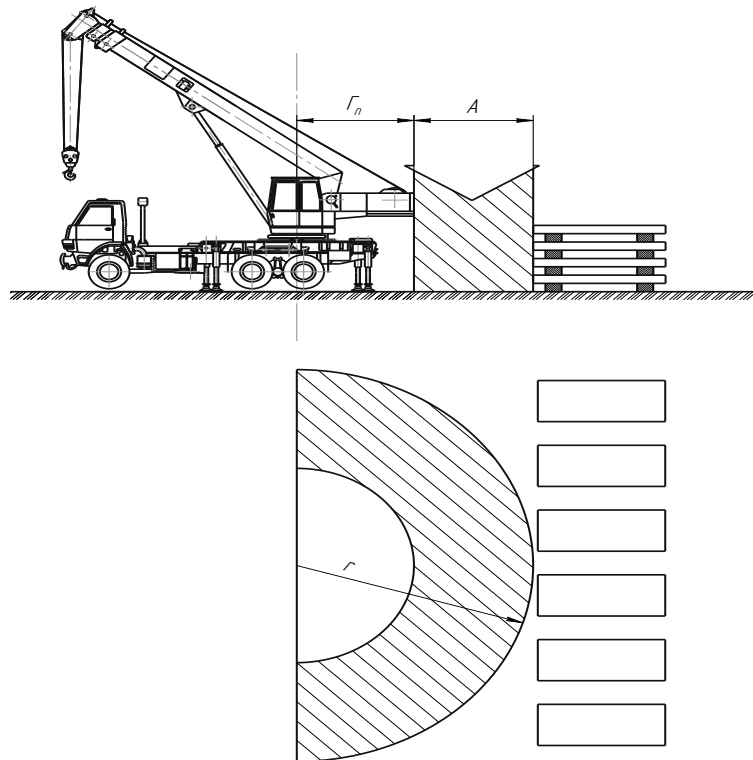


Рисунок 1.14. Кордон небезпечної зони між поворотною частиною крана і штабелем конструкцій.

Виконання усіх робіт на майданчику і перебування оператора крана, обслуговуючого персоналу і людей в небезпечній зоні обертання стріли крана суворо забороняється.

1.5. Обґрунтування конструкції захвата для циліндричних вантажів.

Прототипом вантажозахоплювального пристрою є захват, який містить нерухому траверсу, корпус і важелі для захоплення, які зв'язані за допомогою осей з корпусом, які встановлені у пазах корпуса з можливістю їх руху. Корпус складається з щоки з'єднаної з нерухомою траверсою. На щоці є упор для розміщення захвату на циліндричний вантаж [а.с. №459409, МПК: В66С1/42, В66С1/10, 1975].

Основним недоліком існуючого вантажозахоплювального пристрою є те, що фіксація циліндричного вантажу відбувається без фіксації положення вантажозахоплюючого пристрою відносно довжини вантажу. Це спричиняє зсув вертикальної осі вантажозахоплюючого пристрою відносно осі вантажу, що вимагає особистої участі допоміжних працівників для усунення цього недоліку.

Також, під час контакту корпусу з циліндричним вантажем можлива його деформація під дією маси вантажозахоплюючого пристрою, що приводить до його пошкодження, особливо це стосується високоточних виробів які мають циліндричну форму.

В основу створення нового пристрою поставлено задачу зміною конструкції існуючого корпусу, а також взаємозв'язків захоплюючих важелів пристрою з корпусом підвищити експлуатаційні можливості вантажозахоплювального пристрою і забезпечити не пошкодження вантажів під час переміщення.

Дане завдання можна вирішити наступним чином, у вантажозахоплюючому пристрої, який складається з корпусу, захоплювальних важелів, нерухомої траверси, які розміщені в корпусі за допомогою відповідних осей. Важелі встановлені з можливістю переміщення в пазах корпусу. Відповідно до запропонованої конструкції, корпус складається з двох щок, які мають вигляд скоб. Нижні частини щоків виконані у вигляді стійок. Оба торці стійок фіксуються за допомогою опорних планок. Криволінійні ділянки щік з середини з'єднані напівобичайкою. Пропонований діаметр напівобичайки буде від 1,1 до 1,2 найбільшого діаметру циліндричного вантажу. Траверса, яка є нерухомою скріплена напівобичайкою з нижнім торцем, а бічними торцями скріплені нерухомо з внутрішніми площинами щік. Значення відстані між верхньою твірною напівобичайки і нижньою поверхнею опорної планки становить від 1,2 до 1,3 діаметра напівобичайки. Пази корпусу, які розташовані по дузі, яка є співвісна з дугою напівобичайки. На пазах корпусу сектори є геометрично обмеженими. Верхній сектор має кут від 90° до 100° , а нижній від

180° до 190°. Важелі для захоплення циліндричних вантажів встановлено між щоками. Відповідні пари зустрічно розташованих захоплювальних важелів розташовані у одній площині, яка є рівнобіжною щокам пристрою.

Діаметр дуги кола, на якому розміщені пази корпусу є від 1,25 до 1,3 діаметра напівобичайки захвата.

Запропонований захватний пристрій для циліндричних вантажів пояснюється кресленнями, зображеними на рисунку 1.15 відповідно загальний вигляд вантажозахоплюючого пристрою у відкритому стані, загальний вигляд вантажозахоплюючого пристрою у закритому стані.

Вантажозахоплюючий пристрій складається з корпусу 1, траверси рухомої 2, нерухомої траверси 3, тяги важеля 4 і захоплюючого важеля 5 [14].

Корпус 1 пристрою має дві щоки 6. Відповідно кожна щока 6 сконструйована у вигляді скоби. Ділянки щік 6 в нижній частині сконструйовано у вигляді стоек 7. Бокові торці стоек 7 закріплені між собою планками опорними 8. Криволінійні ділянки щік 6 з середини з'єднані напівобичайкою 9. Напівобичайки 9 мають діаметр від 1,1 до 1,2 найбільшого діаметра циліндричного вантажу.

Значення відстані між площиною нижньою опорних планок 8 та верхньою твірною площини напівобичайки 9 становить від 1,2 до 1,3 діаметрів напівобичайки 9. Торець нижній 10 траверси нерухомої 3 з'єднаний із напівобичайкою 9. Торці бічні 11 траверси нерухомої 3 з'єднані з внутрішніми площестями щоків 6.

На корпусі пристрою 1 зроблено пази 12. Дуга, по якій виконано пази 12 корпусу 1, співвісні з дугою напівобичайки 9. Діаметр дуги, вздовж якої розташовано пази 12 корпусу пристрою 1, становить від 1,25 до 1,3 діаметра напівобичайки 9. Кут верхнього сектора становить від 90° до 100°. Кут нижнього сектора становить 180°. У пазах 12 щік встановлено осі 13.

Траверса рухома 2 з'єднана шарнірно за допомогою тяг 4 із верхнім розміщенням частини захоплюючих важелів 5. Захоплюючі важелі 5

встановлено між щоками 6, а також з'єднані з корпусом пристрою 1 за допомогою відповідних осей 13.

На траверсі рухомій 2 зафіксовано пристрій навісний 14 і відповідно гак 15. На траверсі нерухомій 3 вифрезеровано вікно 16.

Робота пристрою відбувається наступним чином. Захватний пристрій без вантажу кріплять на гак крана за допомогою відповідного навісного пристрою 14. Траверса рухома 2, важелі захоплювальні 5 і тяги 4 розміщені у верхньому крайньому положенні, а осі 13 розміщені у верхній частині пазів 12.

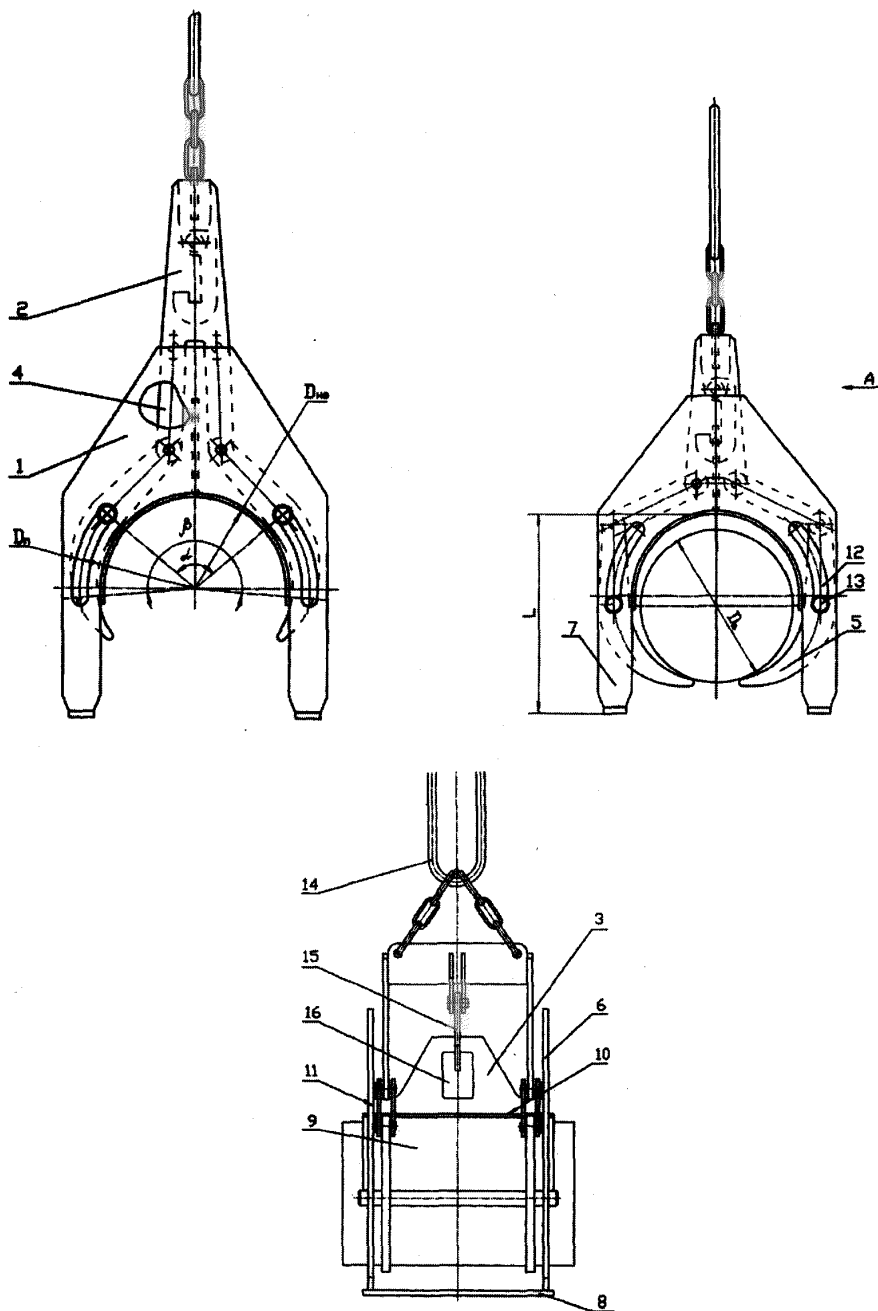


Рисунок 1.15. Захватний пристрій для циліндричних вантажів.

Навішений пристрій захвату циліндричних вантажів розташовують над вантажем, що встановлено на площадці або ложементі та опускають його вниз. Корпус пристрою 1 після встановлення опорами планки 8 на відповідну поверхню, припиняє рух. В такому положенні вантаж розташований між стійками 7 щоків 6. В такому випадку виключається зміщення вертикальної осі пристрою для циліндричних вантажів відносно осі вантажу що переміщається. Відповідна відстань між верхньою твірною напівобичайки 9 і нижньою площиною планок 8 дозволяє здійснити захоплення циліндричного вантажу з майданчика або ложемента. Відповідний діаметр напівобичайки 9 забезпечує гарантований зазор між вантажем та корпусом пристрою 1. Далі рухома траверса 2 із тягами 4 і важелями захоплювальними 5 здійснює рух вниз відносно корпусу пристрою 1. Під дією маси захоплюючих важелів 5 відбувається переміщення вісі 13 в пазах 12. В той самий час зустрічно розташовані захоплюючі важелі 5 виконують обертний рух навколо осей 13 внаслідок чого відбувається обхват вантажу. Співвісність дуги, в якій виготовлені пази 12 корпусу пристрою 1, з дугою напівобичайки 9, а так само і розміщення захоплюючих важелів пристрою 5 між щоками 6, таким чином, що зустрічно розташовані важелі 5 в одній площині, яка є рівнобіжною щокам 6, забезпечує траєкторію руху захоплюючих важелів пристрою 5 паралельно до поверхні циліндричного вантажу.

Також, траверса нижня 3, планки опорні 8, а також напівобичайка 9 з щоками пристрою 6 мають конструкцію, яка має досить високу жорсткість.

Вантажозахоплюючий пристрій для циліндричних вантажів опускають поки гак 15 вільно не пройде у вікно 16 траверси нерухомої 3.

Далі проводять піднімання вантажозахоплюючого пристрою. Під час цього гак 15 впирається у верхню частину вікна 16 і відбувається фіксація захоплюючого важеля 5 в закритому стані. Контакт вантажозахоплюючого пристрою з циліндричним вантажем відбувається лише за допомогою важелів захоплюючих 5, що забезпечує цілісність циліндричного вантажу.

Розвантаження здійснюється наступним чином. Вантажозахоплюючий пристрій опорними планками 8 встановлюють на майданчик або ложементом для циліндричного вантажу. Під час наступного руху траверси рухомої 2 вниз гак 15 переміщується по нижньому краю вікна 16, а також вільно виходить із закріплення з корпусом пристрою 1. Далше відбувається піднімання вантажозахоплюючого пристрою для циліндричних вантажів. В цей момент із траверсою рухомою 2 і відповідними тягами 4 відбувається піднімання вгору важелів захоплюючих 5, тоді повертання навколо осі 13 приводить до звільнення циліндричного вантажу. Переміщення осі 13 разом із захоплюючими важелями пристрою 5, переходять у верхнє положення пазів 12. Після цього, важелі захоплювальні 5 займають відкрите положення і циліндричний вантаж виходить із захоплення з вантажозахоплюючим пристроєм.

Запропонована конструкція вантажозахоплюючого пристрою дозволить забезпечити високу надійність піднімання і переміщення циліндричних вантажів, а саме високоточних виробів штучних вантажів циліндричної форми, а також простоту і зручність під час експлуатації даного пристрою.

2. Конструкторська розробка захватного пристрою

2.1. Розрахунок лебідки вантажної

Завдання розрахунку перевірити і сконструювати механізм підйому циліндричних вантажів автомобільним краном.

Вихідні дані:

- вантажопідйомність крана $m_{зр} = 16000$ кг;
- маса гакової підвіски крана $m_{кр} = 150$ кг;
- максимальна висота підйому крана $H = 21,7$ м;
- швидкість підйому краном вантажів $V = 0,14$ м/с;
- кратність поліспада кана $a = 4$.

Вибір каната і розрахунок барабана крана.

Знаходимо необхідну силу піднімання за формулою:

$$F_{зр} = (m_{зр} + m_{кр}) \cdot g ; \quad (2.1)$$

де g - прискорення вільного падіння ($g = 9,81$ м/с).

Підставивши значення отримаємо:

$$F_{зр} = (16000 + 150) \cdot 9,81 = 15,84 \cdot 10^4 \text{ Н} .$$

Коефіцієнт корисної дії поліспаду крана визначаємо за формулою:

$$\eta_a = \left(\frac{1 + \eta_1 + \eta_1^2 + \eta_1^3}{4} \right) \cdot \eta_1^k ; \quad (2.2)$$

де η_1 - коеф. корисної дії блоку встановленого на підшипниках кочення, ($\eta_1 = 0,98$).

Підставивши значення, отримаємо:

$$\eta_4 = \left(\frac{1 + 0,98 + 0,98^2 + 0,98^3}{4} \right) \cdot 0,98 = 0,95.$$

Найбільший натяг набігаючої вітки каната на барабан під час піднімання вантажу визначається за формулою:

$$F_a = F_{зр} \cdot \frac{1}{a \cdot \mu \cdot \eta_a} , \quad (2.3)$$

де μ - кількість поліспастів $\mu = 1$.

Підставивши значення, отримаємо:

$$F_4 = 15,84 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{4 \cdot 1 \cdot 0,95} = 4,26 \cdot 10^4.$$

Відповідно, розривне зусилля каната визначається за формулою:

$$F_{0a\xi} > Fa \times Z_{p\xi}, \quad (2.4)$$

де Z_p - коеф. використання каната на крані;

ξ - коеф., який означає зміщення відповідно до груп класифікації та коефіцієнтів експлуатації каната і вибору його діаметру. (Зміна коеф. вибору діаметра барабана h_1 , допускається але не більш ніж на два кроки за групою класифікації у більшу чи меншу сторону, з врахуванням відповідної компенсації, через зміну величини Z_p на відповідну кількість кроків тому запишемо формулу для ряду зміщень: $\xi = -2; -1; 0; +1; +2$.)

Тоді ряд значень матиме вигляд: $Z_{p-2}; Z_{p-1}; Z_{p0}; Z_{p+1}; Z_{p+2}$.

Звідси: $Z_{p-2} = 5,6; Z_{p-1} = 4,5; Z_{p0} = 4,0; Z_{p+1} = 3,55; Z_{p+2} = 3,35$.

Отже, розривне зусилля каната крана ($F_{0a\xi}, H$), за кратності поліспасти $a = 4$, для значень Z_p орозраховуємо з використанням формули (2.4):

$$F_{04-2} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 5,6 = 23,86 \cdot 10^4 H.$$

$$F_{04-1} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 4,5 = 19,17 \cdot 10^4 H.$$

$$F_{040} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 4,0 = 17,04 \cdot 10^4 H.$$

$$F_{04+1} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 3,55 = 15,12 \cdot 10^4 H.$$

$$F_{04+2} = 4,26 \cdot 10^4 \cdot 3,35 = 14,27 \cdot 10^4 H.$$

Для автомобільного крана приймаємо тип каната, який працює у відкритому середовищі, за наявності вологи і пилу, тому вибираємо канат типу ЛК-Р $6 \times 19+1$ о.с., ДСТУ (ГОСТ) 2688-80 з невеликою кількістю дротів більшого діаметру за основний. Даний канат має корозійну і абразивну зносостійкість під час експлуатації.

За визначеними даними $F_{0a\xi}$ знаходимо величину діаметра каната $d_{a\xi}$, а також маркувальну його групу, яка забезпечує умову його міцності:

$$F_{0a\xi} \leq [F], \quad (2.5)$$

де $[F]$ - розривне зусилля вибраного каната за каталогом.

Визначаємо значення величини діаметрів каната (вказано групи маркувальні, а також зусилля розривні ($[F] \times 10^4 H$)):

$$d_{4-2} = 22.0(1770; 25,85 > 23.86);$$

$$d_{4-1} = 20.0(1770; 21,50 > 19.17);$$

$$d_{40} = 18.0(1770; 17,55 > 17.04);$$

$$d_{4+1} = 18.0(1770; 17,55 > 15.12);$$

$$d_{4+2} = 16.5(1770; 15,00 > 14.27).$$

Найменший діаметр барабана визначаємо за формулою:

$$D_{a\xi} > h_1 \times d_{a\xi}, \quad (2.6)$$

де h_1 – коефіцієнт, який впливає на вибор діаметра барабана.

Згідно визначеної групи класифікації механізмів, отримують основні значення h_1 . За зміщенням по таблиці на два кроки, визначають значення $h_{1\xi}$, де $\xi = -2; -1; 0; +1; +2$.

За визначення найменшого діаметру барабана отримаємо значення $h_{10} = 16$. За зміщенням згідно таблиці вгору і вниз, отримаємо: $h_{1-2} = 12.5; h_{1-1} = 14.0; h_{1+1} = 18; h_{1+2} = 20.0$.

За формулою (2.6) визначаємо:

$$D_{4-2} > 12,5 \cdot 22 = 275;$$

$$D_{4-1} > 14,0 \cdot 20 = 280;$$

$$D_{40} > 16,0 \cdot 18 = 288;$$

$$D_{4+1} > 18,0 \cdot 18 = 324;$$

$$D_{4+2} > 20,0 \cdot 16,5 = 330;$$

Визначений діаметр барабана $D'_{a\xi}$, вибирають з ряду $Ra 20$.

Отже, $D'_{4-2} = 280; D'_{4-1} = 280; D'_{40} = 320; D'_{4+1} = 360; D'_{4+2} = 360$;

Діаметр шийки барабана лебідки повинен бути не менше 15 визначеного діаметра каната. Отже, барабани з $h_1 < 15$ не підходить.

Довжина барабана лебідки з односторонньою нарізкою розраховують за формулою:

$$L_{a\xi} = \frac{1,1d_{a\xi} \cdot H \cdot a}{\pi \cdot D'_{a\xi}} + 3,5 \cdot 1,1d_{a\xi} \quad (2.7)$$

де $1,1d_{a\xi} = t_{a\xi}$ - крок нарізки канавок на барабані;

a - кратність поліспасту крана;

H - довжина каната на барабані лебідки.

Отже:

$$L_{40} = \frac{1,1 \cdot 18 \cdot 50000 \cdot 4}{3,14 \cdot 320} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 18 = 4010$$

$$L_{4+1} = \frac{1,1 \cdot 18 \cdot 50000 \cdot 4}{3,14 \cdot 360} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 18 = 3573$$

$$L_{4+2} = \frac{1,1 \cdot 16,5 \cdot 50000 \cdot 4}{3,14 \cdot 360} + 3,5 \cdot 1,1 \cdot 16,5 = 3275$$

Провівши розрахунки, можна зробити висновок, що канат діаметром 16,5мм вимагає більшого діаметра барабана лебідки за меншого значення його довжини.

Враховуючи запас приймемо наступні значення:

діаметр барабана лебідки: $D = 450$ мм; довжина барабана лебідки $L = 605$ мм;

діаметр каната крана $d = 16,5$ мм.

На кранах автомобільних допускається навивка на барабан каната в кілька шарів, отже, запасу довжини каната вистачатиме.

Визначимо величину кутової швидкості барабана лебідки за формулою:

$$\omega = \frac{2 \cdot V \cdot a}{D}, \quad (2.8)$$

Отже:
$$\omega = \frac{2 \cdot 0,14 \cdot 4}{0,450} = 2,5 \text{ рад/с.}$$

2.2. Вибір гідромотора

Визначаємо статичну потужність гідравлічного мотора за формулою:

$$P = \frac{F_{sp} \cdot V}{\eta_{мех}}, \quad (2.9)$$

де $\eta_{мех} = \eta_m \cdot \eta_{zd}$

η_m - ККД механізму за використання циліндричного редуктора, ($\eta_m = 0,9$);

η_{zd} - ККД гідравлічного мотора, ($\eta_{zd} = 0,965$).

Отже:
$$P = \frac{15,85 \cdot 10^4 \cdot 0,14}{0,9 \cdot 0,965} = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Вт. (25,5 кВт).}$$

Тоді крутний момент на гідравлічному моторі:

$$T = \frac{P}{\omega_{\omega}} , \quad (2.10)$$

де ω_{ω} - кутова швидкість на валу гідравлічного мотора.

$$\omega_{\omega} = \omega \cdot U_p ,$$

де U_p - передаточне число редуктора (приймаємо максимальне для двоступінчатих редукторів), ($U_p = 31,5$).

Отже:
$$T = \frac{25,5 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 31,5} = 324 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Визначаємо робочий об'єм гідравлічного мотора за формулою:

$$q' = \frac{6,28 \cdot T}{p' \cdot \eta_{\text{мех}}} , \quad (2.11)$$

де p' - перепад тисків на гідравлічному моторі ($p' = 16$ МПа).

$\eta_{\text{мех}}$ - механічний ККД гідравлічного мотора, ($\eta_{\text{мех}} = 0,94$).

Тоді:
$$q' = \frac{6,28 \cdot 324}{16 \cdot 0,94} = 135 \text{ см}^3 / \text{об} .$$

Приймаємо аксіально-поршневий регульований гідравлічний мотор марки 223.25.

Характеристика гідравлічного мотора :

необхідний робочий об'єм гідравлічного мотора	$q_n = 214 \text{ см}^3 / \text{об} . ;$
відповідно перепад тисків на гідравлічному моторі	$p_n = 16 \text{ МПа};$
номінальна подача гідравлічного мотора	$Q_n = 4,840 \text{ л/с} . ;$
обертання вала гідравлічного мотора	$n_n = 1400 \text{ об/хв} .$

Даний гідравлічний мотор регулювати на частоту обертання вала 750 об/хв.

2.3. Вибір редуктора лебідки

Приймаємо редуктор, який оснащений вінцем зубчастим на веденому валу редуктора, отже, виберемо редуктор універсальний двоступінчатий марки: Ц2У - 250.

2.4. Розрахунок і вибір гальма підйимального механізму.

Крутний момент на барабані лебідки визначаємо за формулою:

$$T_B = \frac{\mu \cdot F_a \cdot D}{2}, \quad (2.12)$$

де $F_a = 4,26 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

Тоді матимемо:

$$T_B = \frac{1 \cdot 4,26 \cdot 10^4 \cdot 0,45}{2} = 9585 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент статичний на веденому валу редуктора під час гальмування визначається за формулою:

$$T_{CT} = \frac{T_B \cdot \eta_m \cdot \eta_a}{U_p}, \quad (2.13)$$

де $\eta_m = 0,95$ - ККД редуктора.

Отже:

$$T_{CT} = \frac{9585 \cdot 0,95 \cdot 0,95}{31,5} = 274 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Регулюють гальмо на гальмівний момент, який, розраховують за формулою:

$$T_T \geq k \cdot T_{CT}, \quad (2.14)$$

де $k = 2$ – коефіцієнт, який враховує запас моменту гальмування.

Тоді:

$$T_T \geq 2 \cdot 274 = 548 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

За отриманими значеннями вибираємо стрічкове гальмо за однакового гальмівного моменту для колодкового і дискового гальм, воно має менші габаритні розміри, що важливо для автомобільних кранів.

За діаметра гальмівного шківів 180 мм, момент гальмівний становить 800 Н·м.

2.5. Розрахунок і перевірка механізму повороту крана

Завдання розрахунку і перевірки наступні. Розрахувати механізм повороту поворотної частини крана. Вихідні дані:

- маса вантажу (вантажопідйомність) $m_r = 16000$ кг;
- довжина стріли за максимального вильоту $L_c = 9,7$ м;
- виліт стріли за максимальної вантажопідйомності $\lambda = 3,75$ м;
- кутова швидкість повороту крана $\omega = 0,18$ рад/с.
- маса гакової підвіски автомобільного крана $m_{кр} = 150$ кг.

Визначення ваги стріли. Стріла крана складається із трьох секцій: 21,7 м; 15,7 м; 9,7 м; хід поршнів висування секції становить 6 метрів. Для подальших розрахунків необхідно враховувати вагу двох гідроциліндрів стріли крана.

Вагу стріли крана визначаємо за формулою:

$$F_c = k \cdot F_{гр} \cdot \lambda, \quad (2.15)$$

де k = коефіцієнт ваги стріли автомобільного крана (за похилого розташування стріли крана, ($k = 0,066$);

$F_r = 15,84 \cdot 10^4$ Н. - сила вантажопідйомна крана;

$\lambda = 3,75$ м.- виліт стріли автомобільного крана.

Підставивши значення отримаємо:

$$F_c = 0,066 \cdot 15,84 \cdot 10^4 \cdot 3,75 = 3,92 \cdot 10^4$$

Довжина плеча сили тяжіння стріли крана дорівнює 1,75 м. (прийнято із геометричних параметрів співвідношень між точкою кріплення стріли крана і вильотом підвішеного вантажу на гаку.

2.6. Визначення моменту опору механізму повороту

Момент опору повороту частини поворотної крана в період пуску:

$$T_{\Sigma} = T_{TP} + T_{\delta} , \quad (2.16)$$

де T_{TP} - момент, який виникає від сил тертя;

T_{δ} - динамічний момент під час повороту.

Момент від сил тертя під час повороту:

$$T_{TP} = 0,5 f \cdot (F_y \cdot d_y + F_p \cdot (d_{p1} + d_{p2})) , \quad (2.17)$$

де $f = 0,015$ - коефіцієнт тертя в підшипниках, які працюють під час повороту;

реакція від опорного підшипника :

$$F_y = F_{TP} + F_c + F_{II} , \quad (2.18)$$

$F_T = 15,84 \cdot 10^4 \text{ Н}$ - сила від вантажопідйомності;

$F_c = 3,92 \cdot 10^4 \text{ Н}$ - вага стріли автомобільного крана.

$$F_{II} = m_p \cdot 9,82, \quad (2.19)$$

$m_p = 1300 \text{ кг}$ - маса платформи поворотної автомобільного крана.

За формулою (2.19), отримаємо:

$$F_{II} = 1300 \cdot 9,82 = 1,3 \cdot 10^4 \text{ Н} .$$

З формули (2.18), визначаємо:

$$F_y = (15,84 + 3,924 + 1,3) \cdot 10^4 = 21,1 \cdot 10^4 \text{ Н} .$$

Вибираємо опорний підшипник за статичною вантажопідйомністю C_0 з дотриманням умови $C_0 > F_y$. За даною умовою підходить підшипник кульковий опорний 8314. Його параметри $d_y = 70 \text{ мм}$; $d_1 = 70,2 \text{ мм}$; діаметр зовнішній $D_y = 125 \text{ мм}$; висота підшипника $h_y = 40 \text{ мм}$; вантажопідйомність статична $C_{0y} = 29 \cdot 10^4 \text{ Н}$.

Величина відстані між радіальними підшипниками дорівнює $0,7 \text{ м}$.

Момент від згинання колони:

$$M_{ИК} = 3,75 \cdot F_T + 1,75 \cdot F_c - 0,75 \cdot F_{II} , \quad (2.20)$$

Тоді:

$$M_{ИК} = (3,75 \cdot 15,84 + 1,75 \cdot 3,92 + 0,75 \cdot 1,3) \cdot 10^4 = 65,3 \cdot 10^4 \text{ Нм}.$$

Напруження згину колони:

$$\sigma_{ИК} = M_{ИК} / W_{ИК} \leq [\sigma]_{\text{доп}} = \sigma_T / (n \cdot k_B), \quad (2.21)$$

де $n = 1,4$ – коеф. запасу міцності;

$k = 1,3$ – коеф. безпеки;

$\sigma_T = 314 \cdot 10^6 \text{ Па}$ - межа текучості матеріалу.

$$W_{ИК} = n \cdot k_B \cdot M_{ИК} / \sigma_T, \quad (2.22)$$

Тоді:

$$W_{ИК} = 1,4 \cdot 1,3 \cdot 65,3 \cdot 10^4 / 314 \cdot 10^6 = 37,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Величина реакції в радіальних підшипниках:

$$F_p = M_{ИК} / 0,7, \quad (2.23)$$

Підставивши отримаємо:

$$F_p = 65,3 \cdot 10^4 / 0,7 = 93,3 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Приймаємо два підшипники марки: 2556 – роликовий підшипник з короткими роликами $C_{op} = 187 \times 10^4 \text{ Н}$; $d_p = 280 \text{ мм}$ - діаметр кільця внутрішнього; $D_p = 500 \text{ мм}$. - діаметр кільця зовнішнього.

Підставимо отримані значення у формулу, отримаємо:

$$T_{TP} = 0,5 \cdot 0,015 (21,2 \cdot 10^4 \cdot 70 \cdot 10^{-3} + 93,3 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 280 \cdot 10^{-3}) = 4029 \text{ Нм}.$$

Тоді динамічний момент буде рівний:

$$T_{\delta} = I \cdot E, \quad (2.24)$$

де I - момент інерції частини поворотної крана разом із піднятим вантажем;

E - кутове прискорення поворотної частини крана.

$$E = a / \lambda \quad (2.25)$$

$a = 0,15 \text{ м/с}$ - найменше кутове прискорення піднятого вантажу.

Тоді: $E = 0,15 / 3,75 = 0,04 \text{ рад/с}$.

Момент інерції визначаємо за формулою:

$$I = \gamma \cdot \beta (m_C 1,75^2 + m_{KP} 3,75^2 + m_{TP} \cdot 3,75^2 + m_{II} \cdot 0,75^2) \quad (2.26)$$

де $\gamma = 1,3$ - коеф, який враховує інерційність поворотної частини крана;

$\beta = 1,05$ – коеф., який враховує інерційність механізму повороту крана;

$m_c = 4000$ кг - маса стріли крана;

$m_{кр} = 150$ кг - маса гакової підвіски;

$m_{ГР} = 16000$ кг - маса вантажу, який піднімається краном;

$m_{П} = 1300$ кг - маса поворотної частини крана автомобільного;

Тоді, отримаємо:

$$I = 1,3 * 1,05 (4000 * 3,0625 + 150 * 14,0625 + 16000 * 14,0625 + 1300 * 0,5625) \\ = 32,8 \cdot 10^4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Отримані значення підставляються в формулу (2.24):

$$T_o = 32,8 * 10^4 * 0,04 = 1,312 * 10^4 \text{ (13120 Н} \cdot \text{м)}.$$

Сумарний момент опору повороту поворотної частини крана:

$$T_{\Sigma} = 4029 + 13120 = 17149 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

2.7. Розрахунок осі важеля захоплення вантажу

Вісь важеля виготовляємо із сталі 40. Розраховуємо за напруженнями згину, приймаючи що сили сконцентровані на середині осі.

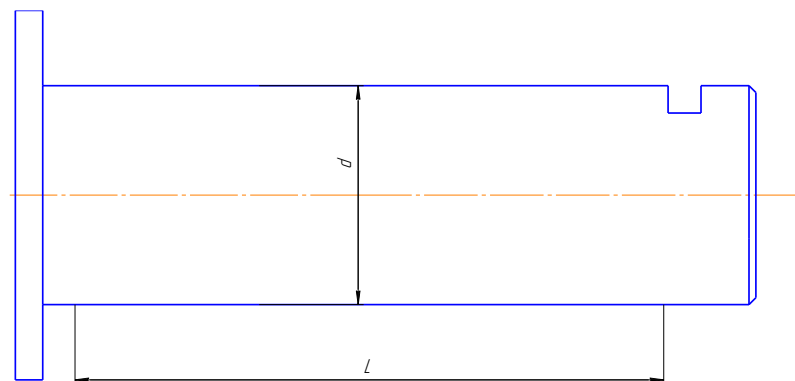


Рисунок. 2.1. Схема осі.

Знайдемо діаметр осі:

$$\sigma = M_{зг} / W,$$

де $W = 0,1d^3$

$$\sigma = M_{зг} / 0,1 d^3, \quad (2.27)$$

$$\text{звідси } d = \sqrt[3]{M_{3r} / \sigma}$$

де, $\sigma = 50$ МПа - межа міцності для прийнятого матеріалу з врахуванням коефіцієнта запасу міцності.

$$M_{3z} = m_{2p} \cdot g \cdot L; \quad (2.28)$$

де, $L = 150$ мм – відстань від опорам до прикладання зусилля.

$$M_{3z} = 16000 \cdot 9,82 \cdot 150 = 23568000 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Тоді:

$$d = \sqrt[3]{\frac{23568000}{250}} = 77,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр осі $d = 140$ мм.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Структурно-функціональний аналіз та моделювання процесу виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації автомобільного крана з захватним пристроєм

Процес транспортування вантажу є послідовністю операцій завантаження, піднімання і вивантаження матеріалу з транспортера. Кожен з цих процесів містить свої небезпечні фактори, які можуть негативно вплинути на життя та здоров'я працівників при недотриманні правил техніки безпеки [4].

Під час роботи на автомобільному крані виникають такі небезпечні фактори як механічний, враження електричним струмом та вибуховий.

Опишемо найбільш ймовірні ситуації, які можуть призвести до тяжких наслідків, пов'язаних з травмуванням обслуговуючого персоналу табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
1	2	3	4	5	6
Експлуатація автомобільного крана.	<p>НУ₁ – автомобільний кран необладнаний стійкою основою (фундаментом)</p> <p>НУ₂ – несправна рама для сприйняття навантаження.</p>	<p>НД₁ – працюючий перебуває в зоні дії стріли;</p>	<p>НС – падіння вантажу або частин машини на працівника.</p>	<p>Т – травма;</p> <p>А – аварія.</p>	<p>Розробка і впровадження захисних пристроїв згідно вимог охорони праці.</p>
Блок-схема	<p>НУ₁ →</p> <p>НУ₂ →</p>	<p>НД₂ →</p>	<p>НС →</p>	<p>Т</p>	

1	2	3	4	5	6
Транспортування вантажу	НУ – Привід крана необладнаний захисними засобами на випадок обриву	НД ₁ – перебування біля гідроприводу крана; НД ₂ – обслуговування приводу крана	НС ₁ – попадання частин тіла в небезпечну зону машини; НС ₂ – попадання мастила та комплектуючих на людину.	Т А	Організувати контроль безпеки машини перед роботою; проводити інструктажі з техніки безпеки
Блок-схема	НУ	НД ₁ НД ₂	НС ₁ → НС ₂ →	Т	
Ремонт агрегатів крана	НУ – агрегати необладнані захисними і обгороджуючи пристроями	НД – ввімкнення агрегатів в роботу без попередження	НС – нанесення травми оператору або працівникові	Т – Травма.	Розробити захисні конструкції, проводити інструктажі з техніки безпеки
	НУ →	НД →	НС →	Т	

В процесі роботи автомобільного крана можуть виникати травмонебезпечні та аварійні ситуації, аналіз їх дає змогу розробити заходи запобігання їх виникнення.

3.2 Інструкції з охорони праці для машиністів автомобільних кранів

Загальні вимоги безпеки

1.1. До самостійної роботи на автомобільному крані допускаються особи не молодше 18 років, не мають протипоказань за станом здоров'я, які пройшли:

- вступний інструктаж;
- інструктаж з пожежної безпеки;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- інструктаж з електробезпеки на робочому місці.

1.2. Машиніст повинен проходити:

- повторний інструктаж з безпеки праці на робочому місці не рідше, ніж через кожні три місяці;

- позаплановий інструктаж: при зміні технологічного процесу або правил з охорони праці, заміні або модернізації автомобільного крана, пристроїв та інструменту, зміни умов та організації праці, при порушеннях інструкцій з охорони праці, перервах в роботі більш ніж на 60 календарних днів (для робіт, до яких пред'являються підвищені вимоги безпеки - 30 календарних днів);
- диспансерний медичний огляд - 1 раз на 2 роки.

1.3. Машиніст зобов'язаний:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, встановлені на підприємстві;
- дотримуватися вимог цієї інструкції, інструкції про заходи пожежної безпеки, інструкції з електробезпеки;
- дотримуватися вимог до експлуатації автокрана;
- використовувати за призначенням і дбайливо ставитися до виданих засобів індивідуального захисту.

При роботі на крані машиніст повинен мати при собі посвідчення на право керування краном даного типу.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1.1. Переконатися в справності і надіти справну одяг, застібнувши його на всі гудзики, волосся прибрати під головний убір.

1.2. Зовнішнім оглядом переконатися у справності всіх механізмів, металоконструкцій та інших частин крана, а так само в надійності ґрунту на місці майбутньої роботи крана.

- Оглянути механізми крана, їх кріплення і гальма.
- Перевірити справність огорож.
- Перевірити змащення механізмів, канатів.
- Оглянути в доступних місцях металоконструкції, стан канатів та їх кріплення.
- Оглянути гак і його кріплення в обоймі.
- Перевірити комплектність противаги.

1.3. Машиніст зобов'язаний разом зі стропальниками перевірити справність знімних вантажопідіймальних пристосувань і наявність на них клейм або бірок з вказівками вантажопідйомності, дати випробування та номери.

1.4. Після огляду крана перед його пуском в роботу машиніст, переконавшись у дотриманні необхідних габаритів наближення, зобов'язаний перевірити всі механізми на холостому ході та справність дій: механізмів крана та електричної апаратури, приладів і пристроїв безпеки, гальм і гідросистеми на крані з гідроприводом.

1.5. При виявленні під час огляду і перевірки крана несправностей і недоліків в його стані, які перешкоджають безпечній роботі, і при неможливості їх усунення своїми силами машиніст, не приступаючи до роботи повинен повідомити про це особу, відповідальну за справний стан крана і довести до відома особу, відповідальну за проведення робіт з переміщення вантажів кранами.

1.6. Машиніст не повинен приступати до роботи на крані за наявності таких несправностей:

- тріщини або деформації в металоконструкціях крана;
- тріщини в елементах підвіски стріли (сережках, тяжках і т.п.), відсутності шплінтів і раніше наявних затискачів у місцях кріплення канатів або ослаблене кріплення;
- кількість обривів дротів стрілового або вантажного канатів або поверхневе спрацювання, що перевищує встановлену норму, обірвана пасмо або місцеве ушкодження;
- дефект механізму підйому вантажу або механізму підйому стріли, що загрожує безпеці роботи;
- пошкодження деталей гальма механізмів підйому вантажів або стріли;
- знос гаків в зіві, що перевищує 10 відсотків первісної висоти перерізу; несправне пристрій, що замикає зів гака, порушено кріплення гака в обоймі;
- несправний або відсутній обмежувач вантажопідйомності або сигнальний прилад;

- пошкоджені або не укомплектовані додаткові опори, стабілізатори з підресорною ходовою частиною;
- відсутня огорожа механізмів і незахищених частин електроустаткування.

Вимоги безпеки під час роботи

- 1.1. Під час роботи механізмів крана машиніст не повинен відволікатися від своїх прямих обов'язків, а так само виконувати чистку, змащування і ремонт механізмів.
- 1.2. При роботі крана кранівник повинен керуватися вимогами даної інструкції та інструкції підприємства-виробника.
- 1.3. У випадку, якщо машиніст відлучається, він зобов'язаний зупинити двигун, що приводить у рух механізми крана, прибрати ключ запалювання. Входити і виходити з кабіни під час роботи механізмів пересування, обертання або підйому не дозволяється.
- 1.4. Перш ніж здійснити будь-який рух краном, машиніст зобов'язаний переконатися, що його помічник і стажист перебувати в безпечних місцях, а в зоні роботи крана немає сторонніх людей.
- 1.5. Завантажувати та розвантажувати платформи, автомашини та причепи дозволяється лише за відсутності людей на транспортних засобах.
- 1.6. Встановлювати гак над вантажем необхідно так, щоб виключалося косе натяг троса.
- 1.7. При підйомі вантажу необхідно його підняти на висоту 200-300 мм, щоб переконатися у правильності стропування, стійкості крана і справності дії гальм.
- 1.8. При підйомі вантажу відстань між обіймою гака та блоками на стрілі повинна бути не менше 500мм .
- 1.9. При підйомі стріли необхідно стежити, щоб вона не піднімалася вище положення, відповідного найменшому робочому вильоту.
- 1.10. Виробництво робіт кранами на відстані ближче 30м виконуються за нарядом-допуском.

1.11. До виконання робіт у вибухонебезпечних зонах або з отруйними, їдкими вантажами кранівник може приступити тільки після отримання письмової вказівки від особи, відповідальної за безпечне проведення робіт кранами.

1.12. Якщо в роботі механізмів крана була перерва, то перед початком пересування крана або поворотом його стріли машиніст повинен подати попереджувальний сигнал.

1.13. Пересування крана під лінією електропередач проводиться при опущеній стрілі (у транспортному положенні). Знаходження стріли в будь-якому робочому положенні в цьому випадку не допускається.

1.14. Машиніст зобов'язаний встановлювати кран на додаткові опори у всіх випадках, коли таку установку вимагає інструкція з експлуатації, при цьому стежити за справністю опор і під них повинні бути підкладені міцні та стійкі підкладки. Підкладки під додаткові опори автокрана є інвентарної приналежністю крана і постійно повинні знаходитися на крані.

1.15. Установка крана на підмостки та перекриттях може здійснюватися лише з письмового дозволу адміністрації підприємства, що експлуатує кран, і лише після перевірки міцності рихтовання або перекриттів.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

1.1. Після закінчення роботи крана машиніст зобов'язаний встановити стрілу і гак у положення, яке визначається інструкцією заводу - виготовлювача з монтажу та експлуатації автокрану.

1.2. У разі помічених несправностей у роботі крана необхідно скласти заявку на поточний ремонт з переліком несправностей, що підлягають усуненню і передати її особі, відповідальну за справний стан крана.

1.3. Зняти і прибрати спеціальний одяг у шафу, вимити руки та обличчя з милом, прийняти душ. Застосовувати для миття хімічні речовини забороняється.

4. Економічна ефективність вдосконалення захватного пристрою

На одиницю виконаної роботи, рямі експлуатаційні затрати дорівнюють:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн./год}, \quad (4.1)$$

де: C_1 – оплата праці оператора і допоміжних працівників, грн/ год;

C_2 – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн/ год.;

C_3 – амортизація на кран, грн/ год;

C_4 – затрати на поточний ремонт і технічне обслуговування автомобільного крана, грн/год.

Витрати на оплату праці оператора крана і допоміжних працівників обчислюємо за формулою:

$$C_1 = \frac{m \cdot \Pi}{W_{зм}}, \text{ грн/год} \quad (4.2)$$

де: m – кількість людей, що обслуговують один кран з захватом для циліндричних вантажів;

Π – затрати на оплату праці за норму виробітку, грн./т;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність автомобільного крана, т/год.

$$C_1 = \frac{1 \cdot 12000}{16} = 750, \text{ грн/ год};$$

$$C_1 = \frac{1 \cdot 12000}{20} = 600, \text{ грн/ год}.$$

Вартість затрат на паливно-мастильні матеріали:

$$C_2 = C_k \cdot Q, \text{ грн/ год}. \quad (4.3)$$

де: C_k – ціна палива, грн, ціна дизельного палива ($C_d=40,0$ грн).

Q – витрати палива під час роботи крана, кг/ год.

Розраховуємо вартість затрачених паливно-мастильних матеріалів для базового автомобільного крана з удосконаленим захватом для циліндричних вантажів.

$$C_{n2} = 40,0 \cdot 46 = 1840 \text{ грн/год}.$$

$$C_{n2} = 40,0 \cdot 48 = 1920 \text{ грн/год}.$$

Відрахування на амортизацію крана розраховуємо за формулою:

$$C_3 = \frac{B_a \cdot a_a}{100 \cdot W_z \cdot t_a}, \text{ грн/ год.} \quad (4.4)$$

де: B_a – балансова вартість автомобільного крана, грн;

a_a – відрахування на амортизацію автомобільного крана, грн;

W_z – годинна продуктивність автомобільного крана, м³;

t_a – нормативне авантаження автомобільного крана, год.

$$C_{a2} = \frac{3300000 \cdot 0.15}{100 \cdot 16 \cdot 1000} = 0.31 \text{ грн/ год};$$

$$C_{a2} = \frac{3300000 \cdot 0.15}{100 \cdot 20 \cdot 1000} = 0.25 \text{ грн/ год.}$$

Відрахування на поточний ремонт, а також і технічне обслуговування автомобільного крана визначаємо за формулою:

$$C_4 = \frac{B_a \cdot P_a}{100 \cdot W_z \cdot t_a}, \text{ грн/ год,} \quad (4.5)$$

де: P_a – нормативні відрахування на ТО і ремонт автомобільного крана, грн;

$$C_{np1} = \frac{3300000 \cdot 0.2}{100 \cdot 16 \cdot 1000} = 0.41 \text{ грн/ год};$$

$$C_{np1} = \frac{3300000 \cdot 0.2}{100 \cdot 20 \cdot 1000} = 0.33 \text{ грн/ год.}$$

$$C_1 = 750 + 1840 + 0,31 + 0,41 = 2590,7 \text{ грн/ год};$$

$$C_2 = 600 + 1920 + 0,25 + 0,33 = 2520,6 \text{ грн/ год.}$$

Оскільки $C_1 \cdot 2 = 5181,4$ грн/ год.

$$C_2 = 2520,6 \text{ грн/ год.}$$

Приведені затрати на використання крана визначаємо:

$$P_s = C \cdot E + K, \text{ грн/ год.} \quad (4.6)$$

де: E – коефіцієнт ефективності використання капітальних вкладень, $E=0,15$;

K – величина вкладень, грн;

$$K = \frac{B_a}{W_z \cdot t_a}, \text{ грн/ год.} \quad (4.7)$$

$$K_1 = \frac{3300000}{16 \cdot 1000} = 206.25 \text{ грн/ год};$$

$$K_2 = \frac{3300000}{20 \cdot 1000} = 165 \text{ грн/ год.}$$

$$\Pi_1 = 2590,7 \cdot 0,15 + 206,25 = 594,9 \text{ грн/ год.}$$

$$\Pi_2 = 2520,6 \cdot 0,15 + 165 = 543,09 \text{ грн/ год.}$$

Економічний ефект від виробництва і використання за термін експлуатації нової машини визначаємо за формулою:

$$E_u = (C_1 - C_2) \cdot t_a, \quad (4.8)$$

$$E_u = (5181,4 - 2520,6) \cdot 1000 = 2660800 \text{ грн.};$$

Термін окупності капіталовкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{D_k}{E_u \cdot k}, \quad (4.9)$$

де D_k - додаткові капіталовкладення на виготовлення захватного пристрою,
 $D_k = 85000$ грн;

k – коеф. частки доходу, що відображає суму компенсації витрат $k = 0,05$.

$$T_{ок} = \frac{85000}{2660800 \cdot 0,05} = 0,64 \text{ року.}$$

Отже термін окупності захвату для циліндричних вантажів складе 0,64 року.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведено аналіз існуючих захватів для циліндричних вантажів та виявлено основні їх недоліки під час експлуатації.

Запропонована конструкція захвата для циліндричних вантажів порівняно з відомою продовжує ресурс працездатності через використання принципу захоплення, а не затискання вантажу, яка забезпечує надійніше фіксування і підвищує техніку безпеки.

Розраховано елементи конструкції крана та його складальні елементи. Проведено розрахунок металоконструкції захватного пристрою для циліндричних вантажів.

Запропоновано заходи із охорони праці та захисту довкілля під час експлуатації захватного пристрою.

Економічний розрахунок показав, що кошти на розроблення захвату циліндричних вантажів, а також втілення даної конструкції у експлуатацію є незначними, впровадження даного проекту буде рентабельним, а капіталовкладення швидко окупляться.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бондарев В.С. та ін. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підйимальних і транспортувальних машин.- К.: Вища школа, 2009.-734с.
2. Булей І. А. Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. – К.: Вища школа, 1993. – 288с.
3. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
4. Бутко Д.А., Луценков В.Л., Лехман С.Д. Практикум з охорони праці. – К.: Урожай, 1995. – 144 с.
5. Ванін В. В., Блюк А. В., Гнітецька Г. О. Оформлення конструкторської документації : Навч. посібн. 4-те вид., випр. і доп. – К.: Каравела, 2012. – 200с.
6. Гряник Т.М. та ін. Охорона праці. – К.: Урожай, 1997. – 272 с.
7. Депутат О. П., Коваленко І. В., Мужик І. С. Цивільна оборона. – Львів. : Афіша, 2001. – 236 с.
8. Іванченко Ф.К. Підйомно-транспортні машини. – К.: Вища школа, 1993.- 413 с.
9. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.
10. ДСТУ ISO 128-1:2005. Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 1. Передмова та покажчик понять стандартів ISO серії 128.
11. ДСТУ ГОСТ 2.001:2006 Єдина система конструкторської документації. Загальні положення (ГОСТ 2.001-93, IDT)
12. Малащенко В. О., Янків В. В. Деталі машин. Курсове проектування. – Львів : Новий світ-2000, 2006. – 252 с.
13. Каталог з експлуатації кранів та обладнання.
14. Механізація переробних підприємств//Методичні рекомендації з курсового і дипломного проектування. – Львів.: Львівський державний аграрний університет, 1997. – 20 с.

15. Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. – Львів.: “Афіша”, 1999. – 256 с.
16. Патент на корисну модель 11863.
17. Коруняк П.С., Баранович С.М. Підйомно-транспортні машини. Лабораторний практикум- ЛНАУ, 2005.
18. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
19. Стукалець І. Г. Основи інженерного аналізу технічних об’єктів. Курс лекцій для студентів інженерних спеціальностей. Львів : ЛНУП, 2022. – 109 с.
20. Стукалець І. Г., Швець О. П. Методичні рекомендації до оформлення графічної частини кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Бакалавр» для студентів факультету механіки та енергетики за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». Львів : ЛНАУ, 2021. – 62 с.
21. Стукалець І. Г., Березовецький С. А., Баранович С. М. «Оформлення робочих креслеників складальних одиниць». Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни інженерна та комп’ютерна графіка. Львів : ЛНАУ – 2017 р. – 29 с.
22. Чернілевський Д.В., Павленко В.С., Любик М.В. Деталі машин. – К.: НМК130, 1992. – 360 с.