

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: Підвищення вантажопідйомності мостового крана та розробка комплекту траверс

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

зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Виконав: студент

групи: ПМ2221


(підпис)

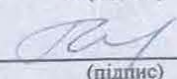
/ Олександр КОЛІСНІЧЕНКО /

Керівник:


(підпис)

/ Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ /

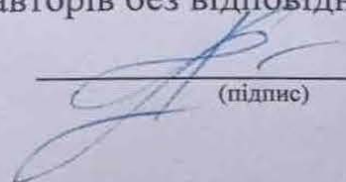
Нормоконтролер:


(підпис)

/ Олександр ПОСМІТЮХА /

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2024

**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:

Increasing the load capacity of the bridge crane and developing a set of traverses

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: IIM2221 / Oleksandr KOLISNICHENKO /

Scientific Supervisor: [Signature] / Kazimir HLAVATSKYI /

Normative controller : [Signature] / Oleksandr POSMITIUKHA /

Dnipro – 2024

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: **Підвищення вантажопідйомності мостового крана та розробка комплекту траверс**

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

зі спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

Виконав: студент групи: ПМ2221

_____ / Олександр КОЛІСНІЧЕНКО /
(підпис)

Керівник:

_____ / Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ /
(підпис)

Нормоконтролер:

_____ / Олександр ПОСМІТЮХА /
(підпис)

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

Студент

(підпис)

Дніпро – 2024

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:

Increasing the load capacity of the bridge crane and developing a set of traverses

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: IIM2221 / Oleksandr KOLISNICHENKO /

Scientific Supervisor: / Kazimir HLAVATSKYI /

Normative controller : / Oleksandr POSMITIUKHA /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Транспортна інженерія
Кафедра: Прикладна механіка та матеріалознавство
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)
Освітня програма: Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
Сергій РАКША
(підпис)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

студенту Колісніченку Олександровичу

1. Тема роботи: Пдвищення вантажопідйомності мостового крана та розробка комплекту траверс

Керівник роботи: Главацький Казимир Цезарович, к. т. н., доцент

затверджені наказом від "02" 12 2022 р. № 1193ст

2. Строк подання студентом роботи: 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Базова машина – мостовий кран. Вантажопідйомність – 20 т. Ширина зони обслуговування – 23 м. Висота підйому вантажу – 10 м. Група Режиму роботи крана і механізмів – М4. Додаткове обладнання – траверса. Умови використання машини – цехи, складські приміщення.

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

4.1 Аналітична частина: технічне обґрунтування роботи.

4.2 Основна частина: загальний розрахунок мостового крана.

4.3 Науково-дослідна частина: дослідження напружень в металоконструкції траверси.

5. Перелік демонстраційного матеріалу:

Загальний вигляд мостового крана; огляд технічних рішень-аналогів, складальне креслення траверси, дослідження металоконструкції траверси, креслення модернізованої траверси, варіанти строповки вантажу за допомогою траверс; інші матеріали.

6. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Технічне обґрунтування роботи	06.03.2023	виконано
2	Дослідження динаміки гальмування автомобіля	24.04.2023	виконано
3	Науково-дослідна робота		
4	Технологічна частина	20.05.2023	виконано
5	Підготовка презентації роботи	10.10.2023	виконано
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	20.12.2023	виконано
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.01.2024	

Студент

_____ (підпис)

Олександр КОЛІСНІЧЕНКО

Керівник роботи

_____ (підпис)

Казимир ГЛАВАЦЬКИЙ

РЕФЕРАТ

Кількість томів: 1

В записці всього 98 сторінок

Найменування роботи: «Підвищення вантажопідйомності мостового крана та розробка комплекту траверс».

Ілюстрації: схем 7; рисунків 4;
графіків 5; фотографій 7;
таблиць 4.

Ключові слова: МОСТОВИЙ КРАН, ВАНТАЖ, РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ, ТРАВЕРСА, РОЗРАХУНОК, ПАРАМЕТРИ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, ДОВГОВІЧНІСТЬ, СИЛА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, БЕЗПЕЧНІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, ЕНЕРГОЄМНІСТЬ.

Текст реферату:

Метою роботи є підвищення продуктивності мостового крана за рахунок його модернізації.

В результаті обґрунтовано і розроблено конструкцію траверси зменшеної ваги. Виконаний силовий та конструктивний розрахунок. Виконані дослідження напружено-деформованого стану траверси. Враховані заходи щодо охорони праці. Рекомендовані напрямки подальшого удосконалення конструкції.

ЗМІСТ

ВСТУП	- 6
1. ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	-
1.1. Огляд і аналіз технічних рішень аналогів мостових кранів	-
1.2. Висновки за розділом	-
2. -	-
2.1. -	-
2.2. -	-
2.3. Висновки за розділом	-
3. -	-
3.1. -	-
3.2. Висновки за розділом	-
4. -	-
4.1. -	-
4.2. -	-
4.3. -	-
4.4. Висновки за розділом	-
5. -	-
5.1. -	-
5.2. -	-
5.3. -	-
5.4. -	-
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАПРЯМКІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	-
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	-

					ДІПТ.480000.304.МРПЗ					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення вантажопідйомності мостового крана та розробка комплекту траверс			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		Колісніченко						5	98	
<i>Перевір.</i>		Главацький						УДУНТ, гр. ПМ2221		
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		Посмітюха								
<i>Затверд.</i>		Ракша								

ВСТУП

Вантажопідіймальні крани мостового типу (козлові, мостові) є рухомою конструкцією, встановленою на колії, по якій пересувається візок з підйомним механізмом. Механізми кранів мають індивідуальний електропривод і живляться від зовнішньої електричної мережі за допомогою кабелів або тролей.

Мостові електричні крани використовуються у цехах машинобудівних та ремонтних підприємств, у виробничих приміщеннях підприємств різних галузей.

В наш час залишається актуальним питання з раціонального використання матеріалу при проектуванні та його правильного підбору. Використання методу кінцевих елементів дозволяє раціонально використовувати матеріал при проектуванні металоконструкції за рахунок комплексного підходу шляхом врахування статичного і напружено-деформованого стану конструктивних елементів.

На сьогоднішній день актуальним питанням є економія енергоресурсів, у тому числі, за рахунок зменшення загальної маси машини чи її складових частин, а також раціональний її розподіл з урахуванням статичних і динамічних навантажень в машині.

Дослідження напружено-деформованого стану металоконструкції необхідно для її оптимізації рівнонавантаженості, тобто раціональне використання металу в різних перерізах зменшує нераціональні запаси міцності, що не використовуються протягом експлуатаційного циклу машини.

Метою роботи є обґрунтування оптимізації металоконструкції щодо раціонального використання матеріалу без надмірних запасів міцності в металоконструкції та отримання нових моделей траверс для їх адекватного використання з різноманітними вантажами.

Результати дослідження можуть бути використані також при розробці нових видів конструкцій траверс і іншого робочого обладнання вантажопідйомних машин на рівні наукового підходу до моделювання даної конструкції з урахуванням обмежень експлуатаційного, технологічного і конструктивного характеру.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1. ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1. Огляд і аналіз технічних рішень аналогів мостових кранів

Кранами називаються вантажопідйомні пристрої, що служать для вертикального і горизонтального переміщення вантажів на великі відстані. За особливостями конструкцій, пов'язаним з призначенням та умовами роботи, крани поділяються на мостові, порталні, козлові, баштові та ін. У цехах підприємств електромашинобудування найбільшого поширення набули мостові крани, за допомогою яких проводиться підйом і опускання важких заготовок, деталей і вузлів машин, а також їх переміщення вздовж і впоперек цеху. Вид мостового крана в основному визначається специфікою цеху і його технологією, проте багато вузли кранового обладнання, наприклад механізми підйому і пересування, виконуються однотипними для різних різновидів кранів.

Міст крана (рис. 1.1) складається з головних та кінцевих балок. Кінцеві балки через ходові колеса спираються на колію, яка влаштовується на колонах будівлі. По головних балках пересувається самохідний вантажний візок, який несе на собі підйомний механізм. Таким чином, механізми мостового крана забезпечують три рухи: підйом вантажу, пересування крана, пересування вантажного візка. За кількістю головних балок розрізняють відповідно двобалкові і однобалкові мостові крани.

На електричних кранах встановлюють електродвигуни, пускові та регульовальні опори, гальмові електромагніти, контролери, захисну, пускорегулюючу, сигнальну, блокувальну і освітлювальну апаратуру, кінцеві вимикачі, струмознімачі. Живлення на кран подається або через тролейні провідники, нерухомо закріплені на будівельних конструкціях, і струмознімачі, закріплені на крані, або за допомогою гнучкого шлангового кабелю. Електродвигуни, апарати і електропроводку кранів монтують у виконанні, відповідному умовам навколишнього середовища.

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

В залежності від виду вантажів, що транспортуються на мостових кранах використовують різні вантажозахоплювальні пристрої: гаки, магніти, грейфери, кліщі і т.п. У зв'язку з цим розрізняють крани крюки, магнітні, грейфери, кліщові й т.п. Найбільшого поширення набули крани з крюковою підвіскою або з підйомним електромагнітом, слугуючи для транспортування сталевих листів, стружки та інших феромагнітних матеріалів.

У всіх типів кранів основними механізмами для переміщення вантажів є підйомні лебідки та механізми пересування.

По вантажопідйомності мостові крани умовно поділяють на малі (маса вантажу 5...10 т), середні (10...25 т) і великі (понад 50 т).

Переміщення вантажів, пов'язане з вантажопідйомними операціями, у всіх галузях народного господарства, на транспорті і в будівництві здійснюється різноманітними вантажопідйомними машинами.

Вантажопідймальні машини служать для вантажно-розвантажувальних робіт, переміщення вантажів у технологічному ланцюгу виробництва або будівництва та виконання ремонтно-монтажних робіт з великогабаритними агрегатами. Вантажопідймальні машини з електричними приводами мають надзвичайно широкий діапазон використання, що характеризується інтервалом потужностей приводів від сотень ватів до 1000 кВт. У перспективі потужності кранових механізмів може дійти до 1500...2500 кВт.

Мостові крани в залежності від призначення і характеру виконуваної роботи постачають різними вантажозахоплювальними пристроями: гаками, грейферами, спеціальними захопленнями і т. ін. Мостовий кран вельми зручний для використання, так як завдяки переміщенню по кранових коліях, розташованих у верхній частині цеху, він не займає корисної площі.

Електропривод більшості вантажопідйомних машин характеризується повторно - короткочасному режимом роботи при більшій частоті включення, широкому діапазоні регулювання швидкості і постійно виникаючих значних перевантаженнях при розгоні і гальмуванні механізмів. Особливі умови

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

використання електроприводу у вантажопідйомних машинах стали основою для створення спеціальних серій електричних двигунів і апаратів кранового виконання. В даний час кранове електрообладнання має у своєму складі серії кранових електродвигунів змінного і постійного струму, серії силових і магнітних контролерів, командо контролерів, кнопочних постів, кінцевих вимикачів, гальмових електромагнітів і електрогідравлічних штовхачів, пускогальмівних резисторів і ряд інших апаратів, комплектуючих різні кранові електроприводи.

У крановому електроприводі почали досить широко застосовувати різні системи тиристорного регулювання та дистанційного керування по радіо каналу або одному дроту.

В даний час вантажопідйомні машини випускаються великим числом заводів. Ці машини використовуються в багатьох галузях народного господарства в металургії, будівництві, при видобутку корисних копалин, машинобудуванні, транспорті, і в інших галузях.

Розвиток машинобудування, що займаються виробництвом вантажопідйомальних машин, є важливим напрямком розвитку народного господарства країни.

Електричні підйомні крани - це пристрої служать для вертикального і горизонтального переміщення вантажів. Рухома металева конструкція з розташованою на ній підйомної лебідкою є основними елементами підйомного крана. Механізм підйомної лебідки приводиться в дію електричним двигуном.

Підйомний кран являє собою вантажопідйомну машину циклічної дії, призначену для підйому і переміщення вантажу, утримуваного вантажозахватних пристроєм (гак, грейфер). Він є найбільш поширеною вантажопідйомною машиною. Мостовий кран (рис. 1.1) являє собою міст, що переміщається по кранових коліях на ходових колесах, які встановлені на кінцевих балках. Колія укладається на підкранові балки, що спираються на виступи верхньої частини колони цеху. Механізм пересування крана встановлений на мосту крана. Управління всіма механізмами відбувається з кабіни прикріпленою до мосту крана.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Живлення електродвигунів здійснюється за цеховим тролейів. Для підведення електроенергії застосовують струмознімання ковзного типу, прикріплені до металоконструкції крана. У сучасних конструкціях мостових кранів струмопровід здійснюється за допомогою гнучкого кабелю. Привід ходових коліс здійснюється від електродвигуна через редуктор і трансмісійний вал.

Будь-який сучасний вантажопідйомний кран відповідно до вимог безпеки, може мати для кожного робочого руху в трьох площинах, наступні самостійні механізми: механізм підйому - опускання вантажу, механізм пересування крана в горизонтальній площині і механізми обслуговування зони роботи крана (пересування візка).

Вантажопідіймальні машини виготовляють для різних умов використання: по мірі завантаження, часу роботи, інтенсивності ведення операцій, ступеня відповідальності вантажопідйомних операцій і кліматичних факторів експлуатації.

До основних параметрів механізму підйому відносяться: вантажопідйомність, швидкість підйому гака, режим роботи, висота підйому вантажозахватного пристрою.



Рис. 1.1. Загальний вид мостового крана

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Номінальна вантажопідйомність - маса номінального вантажу на гаку або захоплюваному пристрої, що піднімається вантажопідйомною машиною.

Швидкість підйому гака вибирають в залежності від вимог технологічного процесу, в якому бере участь дана вантажопідйомна машина, характеру роботи, типу машини і її продуктивності.

1.2. Загальні відомості та класифікація спеціальних кранів мостового типу

Спеціальні крани призначені для виконання підйомно-транспортних або технологічних операцій, наприклад, перевантаження великотоннажних контейнерів, установки вантажів в осередку стелажного складу, для транспортування розплавленого або розжареного металу, вибухових або вогнебезпечних речовин і т. ін.

До спеціальних кранів мостового типу відносять мостові, козлові, напівкозлові, з несучими канатами, кабельні та мостокабельні крани, крани-штабелери, мостові перевантажувачі.

По конструкції вантажозахоплювальні пристрої і призначенню розрізняють крюки, грейфери, магнітні, магнітно-грейферні, траверси, з лапами, мульдо-магнітні, мульдо-грейферні, мульдо-завалочні, штирові, копрові, гартівні, ливарні, посадочні, для роздягання зливків, колодязні, кувальні та контейнерні крани.

По виду переміщення крани бувають стаціонарними, приставними, самопідймальними, радіальними, пересувними, самохідними і причіпними.

До особливостей спеціальних кранів, що відрізняє їх від кранів загального призначення, можна віднести наступні: більше число механізмів, а отже, можливість виконання значного числа робочих рухів, яке складає в основному від чотирьох до семи; обмежене застосування в залежності від виду переміщуваного вантажу і технологічного процесу, оснащення спеціальними вантажозахватними пристроями, лебідками та іншими механізмами.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Розглянемо найбільш поширені спеціальні крани мостового і стрілового типу (рис. 1.2).

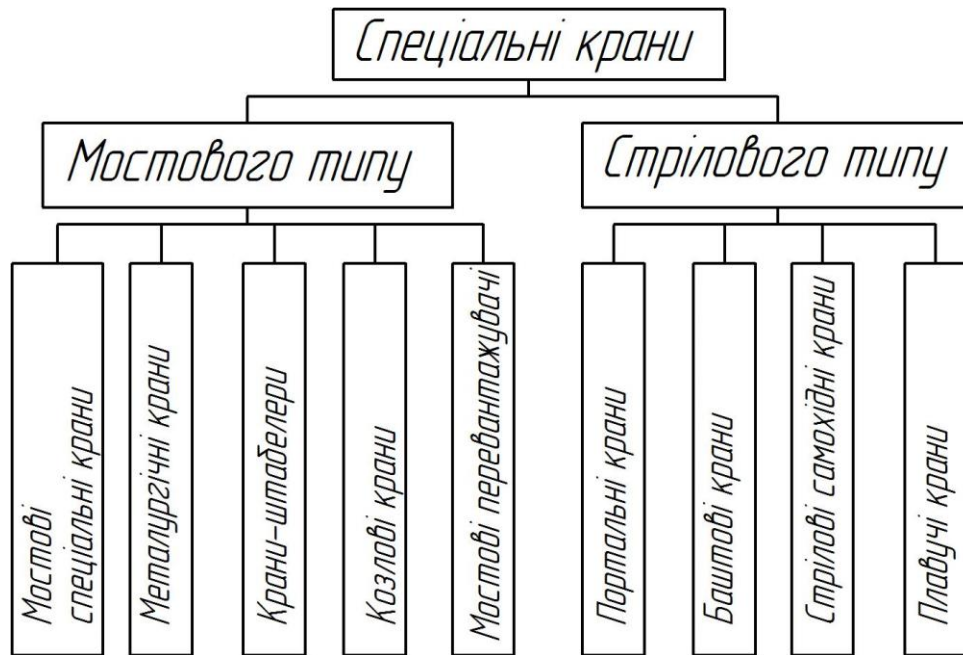


Рис. 1.2. Класифікація спеціальних кранів

Мостові спеціальні крани (грейферні, магнітно-грейферні зі спеціальними вантажозахоплювальними пристроями, хордові, кільцеві, радіальні, з обертовою візком або траверсою, однобалкові підвісні та ін.) використовують у різних галузях промисловості. Найбільш широке застосування знаходять грейферні та магнітно-грейферні крани.

Кільцеві крани застосовують на атомних електростанціях, радіальні та хордові крани - в доменних цехах металургійних заводів.

Останнім часом стали використовувати однобалкові крани з консольно-розташованими візками, маса яких на 10...15% менше маси двобалкових мостових кранів. Підвісні крани знаходять застосування в авіаційній промисловості.

Крани-штабелери застосовують в основному на складах штучних вантажів. Розрізняють мостові і стелажні крани-штабелери.

Крани-перевантажувачі, мостові перевантажувачі по конструкції майже аналогічні козловим кранам. Їх використовують, в основному, на складах штучних і сипучих вантажів. Перевантажувачі мають міст, який спирається на дві опори, що

пересувається по кранових колій. На відміну від козлових кранів мостові перевантажувачі мають великий проліт, 100 м і більше. Їх часто виконують з консолями. У зв'язку з великими температурними деформаціями мостів перевантажувачів одну з опор зазвичай виконують «гнучкою», тобто цю опору з'єднують з мостом за допомогою, циліндричного або кульового шарніра.

При прольотах 150 м і більше маса мосту мостового перевантажувача створює напруги, близькі до границі текучості матеріалу. При великих прольотах використовують мостокабельні крани, у яких під мостом проходить несучий канат, кінці якого закріплені на опорних стійках. Вантажний візок переміщається по несучому канату. Така конструкція крана сприяє значному зниженню маси мосту.

1.2.1. Спеціальні мостові крани

Конструкції спеціальних мостових кранів вельми різноманітні. Ці крани можуть бути поступально переміщатись по крановим рейковим коліям або обертаються навколо вертикальної осі. До обертювим кранам відносять хордові, радіальні і поворотні, ходові колеса яких переміщаються по одному, кільцевій рейці, і кільцеві, ходові колеса яких переміщаються по двох кільцевих рейках.

Поступально переміщаються мостові крани мають однобалочні або двобалкові мости з нормальною довжиною прольоту або збільшеною до 40...60 м. Вантажопідйомність цих машин становить 400...500 т і більше.

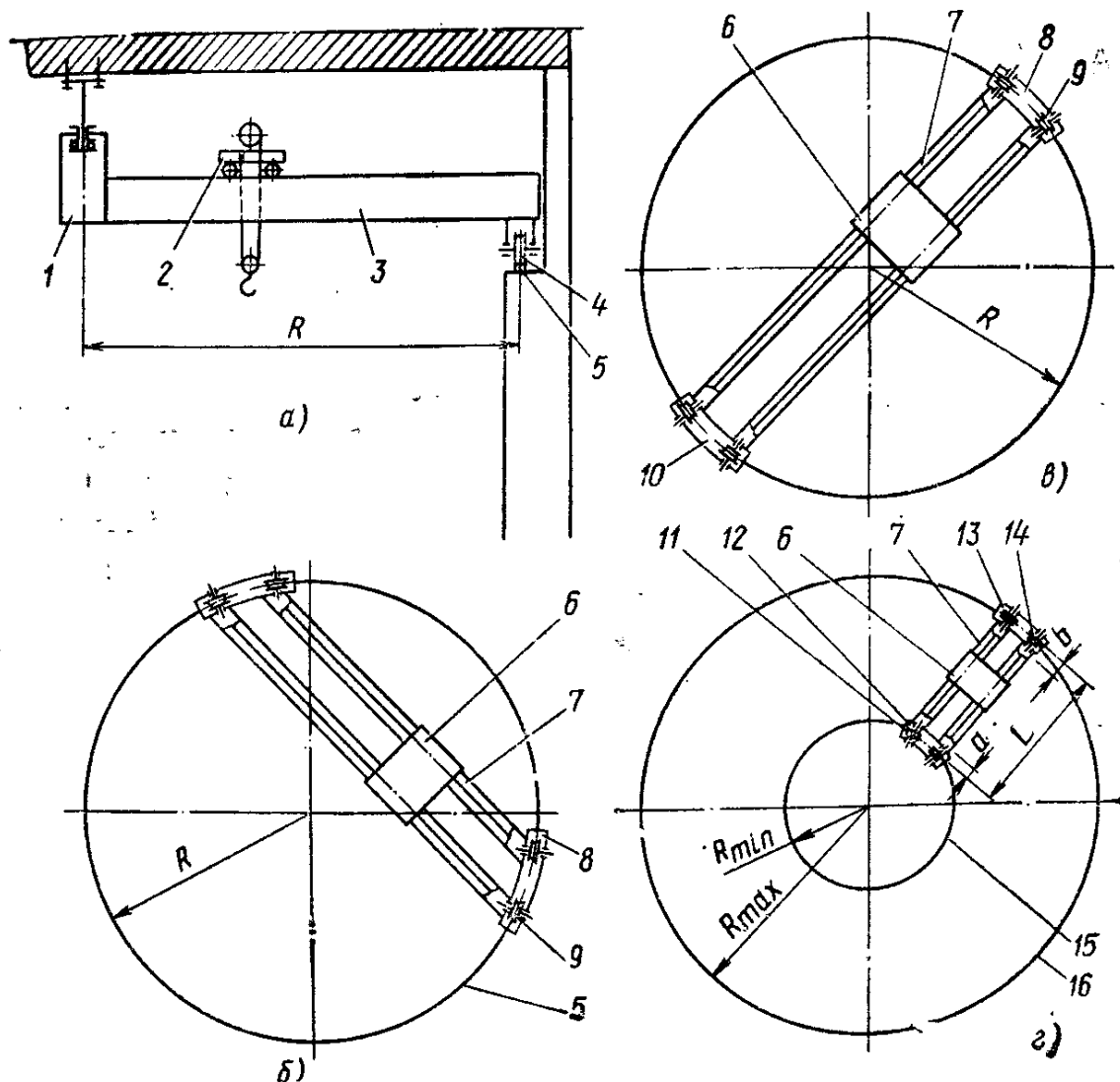
Поступально переміщувані мостові крани часто оздоблюють гаками, скобами або спеціальними вантажозахоплювальними пристроями (магнітами, грейферами, механічними кліщами, траверсами). Мостові крани забезпечені візками, призначеними для підйому і переміщення вантажу вздовж прольоту. Візки можуть переміщатися по рейках, закріпленими на верхніх або нижніх поясах мостів. Візки, що пересуваються по нижніх поясах мостів, можуть переміщатися по перехідних містках з одного прольоту цеху в інший поруч розташований. Перехідні містки з рейками для візків розташовані під підкрановими балками і мають тролєї для живлення електродвигунів.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Візки, що переміщуються по верхніх і нижніх поясах балок мостів, можуть бути забезпечені поворотними стрілами, опорно-поворотними пристроями і поворотними частинами, що обертаються навколо вертикальних осей. На поворотних частинах розташовані стріли, забезпечені вантажозахоплювальними пристроями.

1.2.2. Обертові крани

Радіальний кран, що обертається відносно однієї зі своїх опор (рис. 1.3, а), має довжину прольоту, рівну радіусу кільцевого робочого майданчика, який він обслуговує.



а – радіальний; б – хордовий; в – поворотний; г – кільцевий;

Рис. 1.3. Обертові крани

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Вісь обертання моста 3 закріплена на опорі 1, змонтованої в центральній частині робочого майданчика і прикріпленою до стелі будівлі. Візок 2 призначений для обслуговування тієї площі кільця, яка менше площі кільця радіусом R з урахуванням тих відстаней, на які візок не може підходити до ходової провідною візку 4, переміщається по кільцевій рейці 5, та до опори 1.

Хордовий кран (рис. 1.3, б) так само, як і радіальний, переміщається по одній кільцевій рейці 5. Ходові колеса 9 закріплені на ходових візках 8, не симетрично розташованих відносно балок 7 мосту. Візок 6 мосту призначений для обслуговування меншої площі кільця при тому ж радіусі R , як у радіального крана.

Поворотний мостовий кран (рис. 1.3, в) має довжину моста крана, рівну $2R$ - діаметру кільцевої рейки. Візок 6, переміщаючись по балках 7 моста, обслуговує велику площу, ніж радіальний кран, оскільки може піднімати вантажі в центрі робочого майданчика. У цьому крані ходові візки 8 і 10 переміщаються в протилежні сторони при повороті моста відносно центру кола кільцевої рейки. Ходові колеса 9 так само, як і в інших кранах, мають осі, орієнтовані по радіусу кільцевого робочого майданчика.

Схема кільцевого крана, що переміщується по двох кільцевих рейках 15 і 16 з радіусами R_{\min} і R_{\max} , показана на рис. 1.3, г. Проліт моста 7 крана $L = R_{\min} - R_{\max}$.

Для забезпечення руху коліс зовнішнього 13 і внутрішнього 12 ходових візків без ковзання, ходові зовнішні 14 і внутрішні 11 колеса виконують з різними діаметрами або частотою обертання, пропорційній радіусам R_{\min} і R_{\max} .

1.2.3. Магнітні крани

Магнітні крани (рис. 1.4) призначені для підйому і транспортування феромагнітних матеріалів (скрапу, стружки, листового і профільного прокату, виливниць для розливання сталі і т. ін.) Ці крани забезпечені вантажними електромагнітами, підвішували на крюковою підвісці або траверсі (на гнучкому або жорсткому підвісі), розташованою в поздовжньому або поперечному напрямі відносно моста.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вантажопідйомність магнітних кранів складає від 5 до 40 т, швидкість підйому 14...20 м/хв. Найбільш поширеними є металоконструкції з листовими одностінчатими головними балками і допоміжними фермами, а також двоблокові коробчасті конструкції, що володіють високим опором втомі. Магнітний кран складається з моста з механізмом пересування, однієї або двох візків з механізмом підйому і пересування, підйомних магнітів і кабіни, підвішується до металоконструкції моста.

Механізми пересування цих кранів та їх візків не мають відмінностей в порівнянні з механізмами мостових кранів загального призначення. Останнім часом все більшого поширення набувають механізми пересування кранів з розділеним приводом кожної сторони моста.



а)



б)

Рис. 1.4. Магнітні крани

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

1.2.4. Крани мостові двобалкові грейферні

Кран мостовий двобалковий грейферний (рис. 1.5) призначений для навантажувально-розвантажувальних робіт з кусковими і сипкими матеріалами (піском, шлаком, щебенем, гравієм). В якості вантажозахоплюючого пристрою мостові двобалкові грейферні крани мають грейфери різного виконання. Існують грейфери канатні, грейфери моторні, грейфери гідравлічні.



а)



б)

Рис. 1.5. Грейферні крани

Грейферні крани мають грейферних лебідку з двома барабанами, один з яких призначений для намотування замикаючого канату при закритті щелеп грейфера

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

(замикаючий), а інший - для намотування підтримуючого канату (підйомний). Підйомний барабан працює спільно з замикаючим при підйомі і опусканні грейфера. Вантажопідйомність цих кранів визначається сумарною масою грейфера та вантажу.

Двоканатний грейфер має щелепи верхню траверсу і нижню, тяги. Щелепи являють собою жорсткі металеві конструкції, що складаються з двох вертикальних стінок і днища. Щелепи шарнірно з'єднані з нижньою траверсою, а тяги - з щелепами і верхньої траверсою. Управління здійснюється за допомогою замикаючого і підтримуючого канатів. Замикаючий канат утворює поліспаст між блоками траверс і намотується на замикаючий барабан, підтримуючий канат закріплений на верхній траверсі і намотується на підтримуючий барабан. Підвіска грейфера на будь-якому з канатів являє собою простий поліспаст з кратністю, рівній одиниці, що, як відомо, раціонально тільки для стрілових кранів. Для грейферних кранів мостового типу більш доцільні чотирикратні грейфери, що мають два замикаючих і два підтримуючих канату; барабани мають по дві нарізки різного спрямування (як при здвоєному поліспасті), а вільні кінці канатів прикріплені до зрівнюючих балансирів на траверсах. Широке застосування знаходять багато щелепні грейфери. Щелепи (від трьох до восьми) для перевантаження важкозахоплюючого матеріалу (крупношматкової руди та ін.) мають серповидну форму і шарнірно закріплені на циліндричній нижній траверсі. Щелепи розташовані один щодо одного під кутом 120...450. Щелепи грейфера для круглого лісу виконані у вигляді плоских лап.

1.2.5. Кран мостовий двобалковий магнітно-грейферний

Магнітно-грейферні мостові двобалкові крани призначені для перевантаження феромагнітних вантажів. Для захоплення феромагнітних вантажів використовують електромагніт, а для сипких і кускових - двощелепний грейфер. У залежності від призначення їх виконують з двома візками: магнітної і грейферної або з одним візком, обладнаної магнітної і грейферної лебідками. В якості

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

магнітно-грейферних кранів можуть бути використані мостові крани загального призначення важкого режиму роботи.

1.2.6. Крани металургійні

До металургійним мостовим кранам, використовуваним в мартенівських цехах металургійних заводів, відносяться ливарні мостові двобалкові крани (міксерні, заливальні та розливні), наповнити-завалочні машини і мостові крани для роздягання мартенівських злитків. У прокатних цехах застосовують посадочні мостові крани і машини, крани з лапами. У сталеплавильних цехах машинобудівних заводів знаходять застосування мульдо-транспортні мостові двобалкові крани, завалочні і розливочні мостові крани, а в ковальсько-пресових цехах - кувальні мостові крани, ковальські підлогові маніпулятори і саджалки, в термічних цехах - гартівні мостові двобалкові крани.

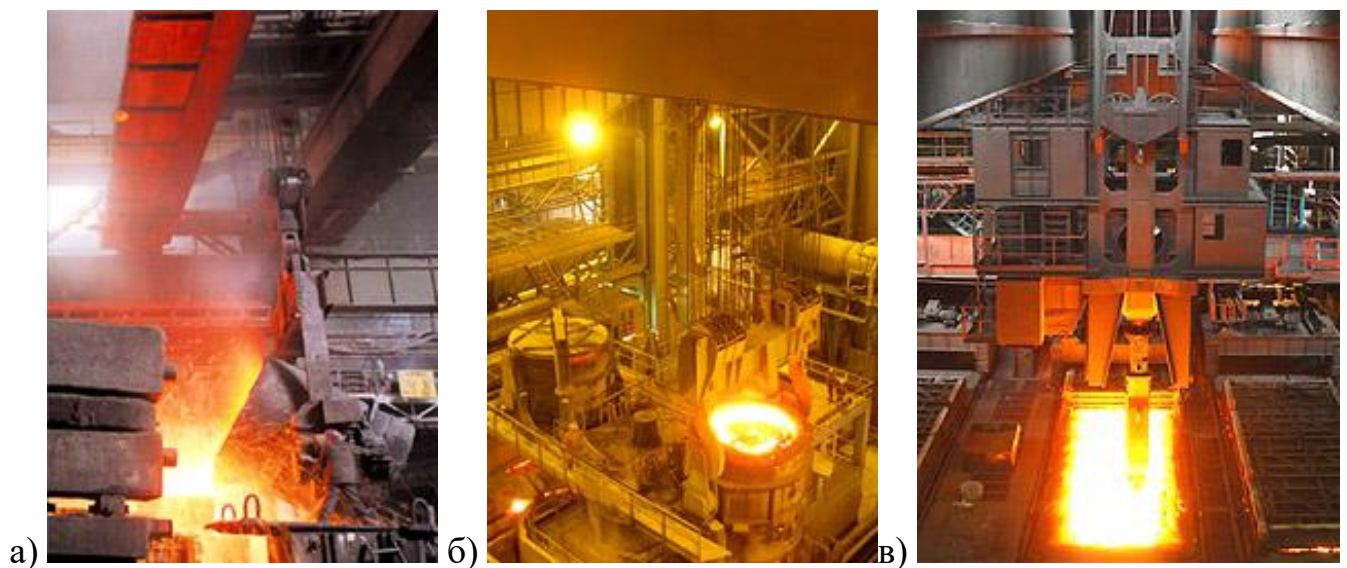


Рис. 1.6. Металургійні крани

На відміну від звичайного двобалкового мостового крана, що обслуговується кранівником і стропальником, металургійний мостовий двобалковий кран зазвичай керується тільки машиністом. Відсутність стропальника вимагає повної механізації захоплення органів металургійного мостового двобалкового крана. Щоб здійснити

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

захоплення вантажу, захватні органи більшості металургійних мостових двобалкових кранів мають жорстку підвіску, завдяки якій полегшується механізація управління підйомально-транспортними операціями крана з кабіни машиніста. Багато металургійні мостові двобалкові крани використовують не тільки для підйомно-транспортних, але і для технологічних операцій. Наприклад, за допомогою колодязних мостових кранів, обслуговуючих відділення нагрівальних колодязів прокатних цехів, здійснюють очищення подин від шлаку за допомогою спеціальних лопат. Напольно-завалочної машини та завалочні мостові крани використовують для «планування» шахти в полум'яному просторі мартенівської печі.

Використання металургійних мостових двобалкових кранів для виконання технологічних операцій сприяють підвищенню продуктивності технологічних агрегатів, наприклад, мартенівських печей, так як прискорюється плавка шахти після її «планування».

Кран ливарний призначений для переміщення і заливки-розливу рідкого металу. За призначенням розрізняють три типи ливарних кранів: міксерної, заливний, розливний. Міксерної кран працює в міксерному відділенні мартенівського цеху, заливальний - в пічному і розливний - в розливному прольоті. Міксерної кран виробляє підйом ківшів з рідким чавуном зі спеціальних залізничних вагонів-чавуновозів і заливку рідкого чавуну в міксер. Міксер - спеціальний склад для рідкого чавуну, виконаний у вигляді циліндра з внутрішньою вогнетривкої кладкою. Місткість міксерів становить 1500 т. Міксер повертається за допомогою опорно-роликового пристрої та може переливати рідкий чавун в ківш, встановлений на спеціальному електрифікованому вагоні. Цей вагон переміщує рідкий чавун в пічний проліт мартенівського цеху, де заливальний кран завантажує його в мартенівські печі. Розливний кран виробляє розливу рідкої мартенівської сталі (або конверторної) у виливниці.

					ДІТ.480000.304.МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

1.2.7. Кран мостовий електричний штирєвий

Крани штирєві (рис. 1.7) призначені для цехів електролізу виготовляються декількох модифікацій по вантажопідйомності головного підйому - 10, 8, 7 т і кількістю виконавчих механізмів. Конструкторами та інженерами знайдені рішення, що дозволили максимально механізувати всі операції при обслуговуванні електролізу (змїна анодних штирєв, підйом і переміщення ковшів з рідким металом, транспортні операції при ремонтах, відкривання і закривання затиску штирєв, підсипка підштирєвий анодної маси, установка штирєв на горизонт з точністю +10 мм та ін.).



Рис. 1.7. Кран електричний штирєвий

Додатково кран обладнується системами автоматичного контролю електроізоляції, відео системою для орієнтації при підсипці анодної маси в лунку і електроталь для розширення зони обслуговування. Робочі органи крана обладнані

					ДІТ.480000.304.МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

триступінчатої електроізоляції, всі захватні органи виконавчих механізмів виконані з немагнітного сталі.

1.2.8. Крани з лапами

Призначення та умови роботи. У цехах великої продуктивності заготівки, отримані на обтискних станах, надходять у спеціальні прольоти - склади заготовок.

Обслуговування цих складів, тобто подача заготовок від рольгангів заготовочних станів на склад, укладання їх у штабелі, подача до завантажувальним рольганг печей здійснюється спеціальними кранами з лапами (рис. 1.8).

Крани з лапами застосовуються також на складах для транспортування прокату, при сортуванні його, укладанні на спеціальні стелажі в штабелі, в клітини і т. ін.

Від безперебійної роботи цих кранів в значній мірі залежить робота заготовочних станів, так як вони повинні своєчасно розвантажувати стелажі, на які безперервно надходять заготовки, і без затримки завантажувати приймальні майданчики завантажувальних рольгангів нагрівальних печей, щоб не зупинялася робота сортопрокатних станів.

Вантажозахватним пристосуванням цих кранів є лапи, які захоплюють заготівлі або прокат з мінімальною витратою робочого часу.

Лапи розташовуються на траверсі відповідно розташуванню решіток на стелажі і можуть підхоплювати прокат під низу.

Траверса з лапами підвішується до кранової візку за допомогою канатів (крани з гнучкою підвіскою) або до вертикальної колоні, яка переміщується вгору і вниз (крани з жорсткою підвіскою).

Крани зазвичай постачають поворотним механізмом, який надає їм більшу маневреність. Крім того крани з лапами часто мають вантажні підйомні електромагніти, розташовувані на траверсі над лапами.

Електромагніти попередньо піднімають транспортований матеріал. Траверса забезпечується гаками для виробництва монтажних і збиральних робіт в цеху.

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Розвантаження матеріалів виробляє перекидає пристрій, що здійснює поворот лап у вертикальній площині. Крани з лапами повинні мати більшу продуктивність. Тому швидкості руху цих кранів вище, ніж у нормальних мостових кранів.



Рис. 1.8. Крани з лапами

1.2.9. Мостовий кран-штабелер

Мостовий кран-штабелер застосовується для переміщення контейнерів. Мостові крани-штабелери - це мостові спеціальні крани, які спеціально обладнані захватні пристроєм, оптимальним для захоплення контейнерів. Завдяки цьому впровадженню, мостовий кран-штабелер може виконувати специфічні операції, з якими може не впоратися звичайний мостовий кран.

Крани-штабелери поділяють на мостові і стелажні.

Мостовий кран-штабелер має вертикальну колону, підвішену до вантажного візка, що переміщається по мосту, що пересуваються по крановим рейках. По колоні пересувається вантажозахоплюючий пристрій у вигляді вил (рис. 1.9).

Стелажний кран-штабелер має вертикальну колону, яка пересувається по стелажам. У цих кранах візок пересувається по рейках, укладених на стелажі. Вантажозахватний пристрій виконано висувним.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



Рис. 1.9. Кран-штабелер

1.2.10. Кабельні крани

Кабельні крани в гідро будівництві використовують при безестакадном способі робіт у важкодоступних ділянках, а також при зведенні низько і середньо напірних гідроспоруд у різноманітних топографічних умовах і різних варіантах компоновки споруд в плані.

Кабельний кран складається з двох опор, стаціонарних або пересувних, між якими підвішений сталевий несучий канат (рис. 1.10).

Опори виконуються у вигляді щогл або веж. Несучий канат також може спиратися на кінці ферм пересувного моста. У цьому випадку кран іменується мостокабельним. За несучого канату тяговим канатом переміщується вантажний візок. Для підйому і опускання вантажу використовується підйомний канат.

Опори стаціонарних кабельних кранів встановлюються на фундаментах. Рейкові шляхи для опор пересувних кранів виконуються у вигляді естакад або стрічкових фундаментів. Пересувні кабельні крани можуть бути з паралельними пересувними опорами і радіальними, з однією нерухомою опорою і інший, що рухається по круговому шляху.

За способом натягу несучого канату розрізняють кабельні крани з жорстким кріпленням канату до опор без натяжних пристроїв: кабельні крани, в яких натяг

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

канату здійснюється хитними опорами; кабельні крани, в яких натяг канату здійснюється противагами. За способом передачі руху вантажним візків і механізмам підйому вантажу розрізняють кабельні крани з самохідними візками, що несуть на собі механізм підйому вантажу, і кабельні крани, у яких механізми пересування візків і підйому вантажу винесені на опори або розміщені в приміщенні біля опор.



Рис. 1.10. Кабельні крани

Поширення мають крани з розташуванням механізмів пересування візків, підйому вантажу і апаратури управління на одній з опор.

Прольоти кабельних кранів можуть досягати 1000 м і більше; зазвичай вони складають від 200 до 600 м. Висота веж в залежності від прольоту і місця установки крана досягає 60...70 м.

1.3. Вибір базової моделі траверси

Траверса (рис.1.11) відноситься до вантажопідйомного обладнання, а більш конкретно - до пристроїв для захвату вантажів і може використовуватися для

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

перевантаження довгомірних вантажів. Траверса має шість строп і забезпечує перевантаження валів довжиною до 6 м.

Недоліком відомої траверси є її низькі експлуатаційні якості, такі як:

- громіздкість траверси для перевантаження вантажів довжиною до 30м;
- велика вага траверси через необхідність забезпечити її достатню жорсткість.

Ця траверса містить поздовжню балку з петлею для гака крана і шарнірно закріплені на поздовжній балці дві додаткові балки зі стропами. Додаткові балки орієнтовані у поперечному напрямку і закріплені на торцях поздовжньої балки за допомогою горизонтальної осі з можливістю повороту у поперечній площині, тобто ця траверса є поздовжньо- поперечною. На додаткових балках траверси закріплено по два стропа, які забезпечують перевантаження циліндричних вантажів, наприклад ракетних блоків, довжиною до 10 м.

Недоліком відомої траверси є велика імовірність пошкодження вантажу через великі навантаження на кожену точку кріплення.

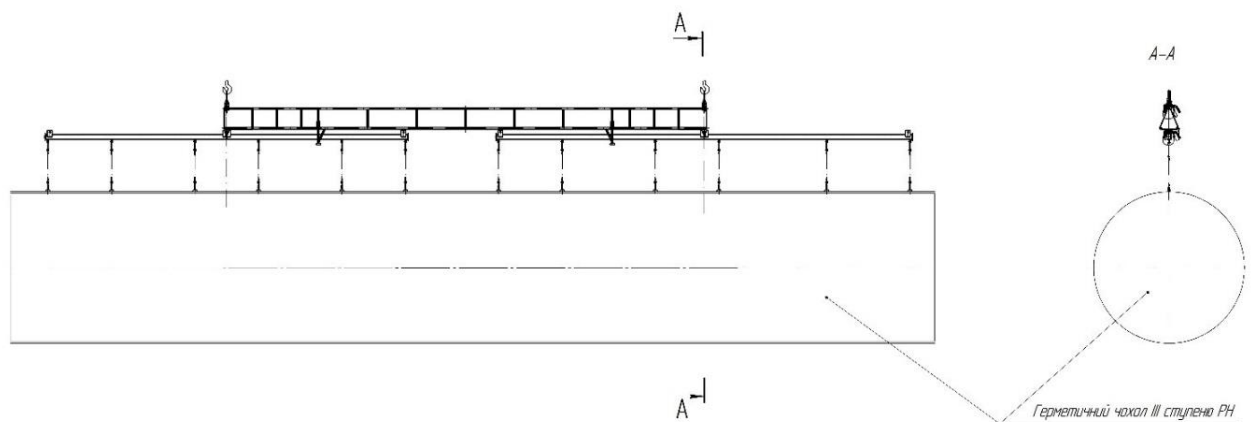


Рис. 1.11. Траверса для довгомірних вантажів

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2 ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА МАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОСТОВОГО КРАНА

Основні геометричні параметри мостового крана (рис. 2.1) призначаються за аналогами в залежності від заданих вантажопідйомності Q та прольоту L .

Приймаю: крайнє положення гака $a_{\min} = 1,3$ м; база крана $A = 4,4$ м; ширина крана $B = 6,3$ м; проліт моста $L = 23$ м, $Q=20$ т, група режиму роботи крана і його механізмів - М4.

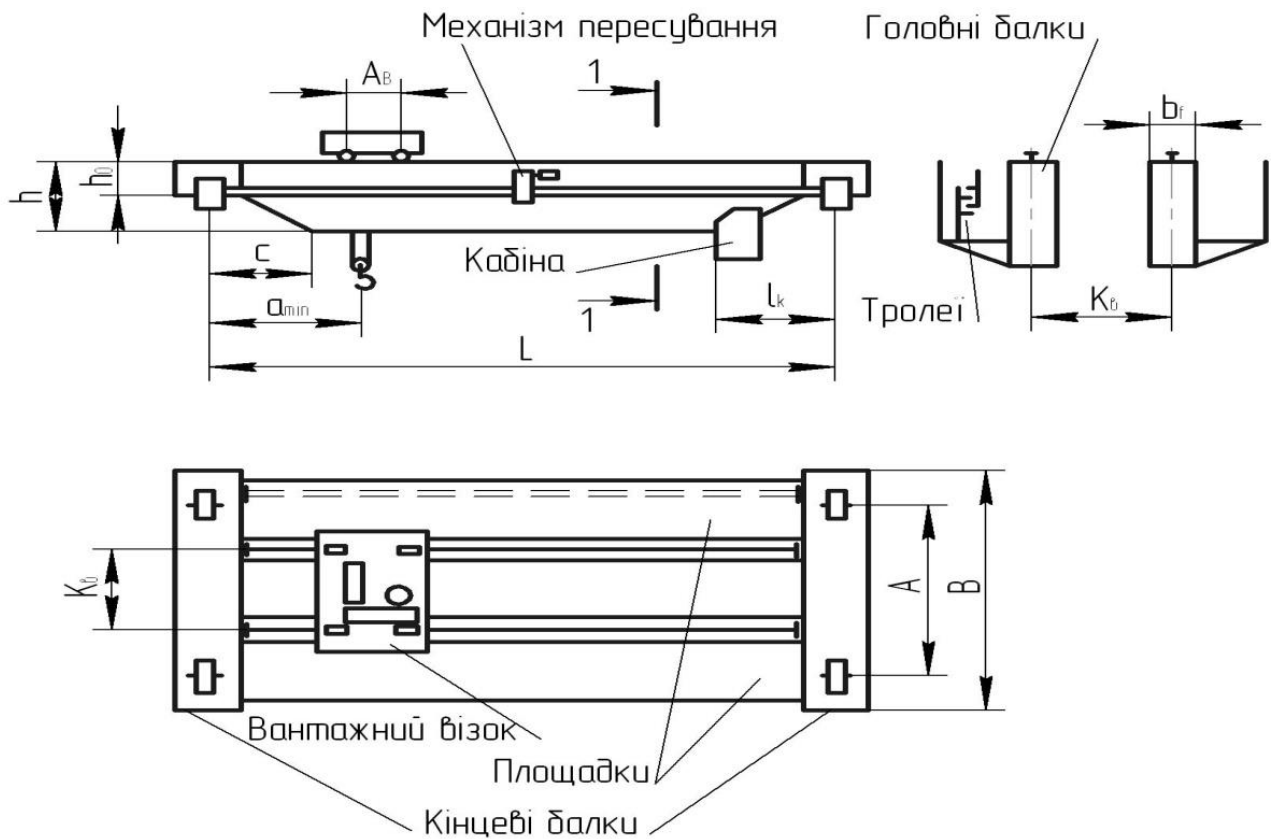


Рис. 2.1. Основні геометричні параметри мостового крана

Висота головної балки в середній частині прольоту визначається з умови:

$$h = \frac{L}{14} \div \frac{L}{18} = \frac{23}{14} \div \frac{23}{18} = 1,6 \div 1,2 \text{ м.} \quad (2.1)$$

Висоту головної балки в середній частині прольоту приймаємо $h = 1,5$ м.

Ширина перерізу головної балки визначається з урахуванням двох умов:

$$b_f = (0,3 \dots 0,4) \cdot h = (0,3 \dots 0,4) \cdot 1,5 = 0,45 \div 0,6 \text{ м;} \quad (2.2)$$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$b_f \geq \frac{L}{50}; \quad (2.3)$$

$$\frac{23}{50} = 0,48 \text{ м.}$$

Приймаю $b_f = 0,48 \text{ м}$ [1, табл. Д.72].

Висота опорної частини головної балки:

$$h_0 = (0,45 \dots 0,55) \cdot h = (0,45 \dots 0,55) \cdot 1,5 = 0,67 \dots 0,82 \text{ м.} \quad (2.4)$$

Приймаю $h_0 = 0,7 \text{ м}$.

Довжина скосу головної балки:

$$c = 2 \cdot h = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ м.} \quad (2.5)$$

Відстань від осі кранової рейки до вузлів підвісу кабіни машиніста крана:

$$\ell_k = 2000 \dots 3000 \text{ мм.} \quad (2.6)$$

Приймаю $\ell_k = 3 \text{ м}$.

Після призначення основних характеристик викреслюємо схему кранового мосту (масштаб 1:100, 1:200) і вказуємо основні розміри конструкції (рис. 2.1).

Вага половини зварного мосту $G_{ПМ}$ (вага головної балки і площадок) для крана групи режиму роботи М4 може бути визначеною за графіками [1, рис. 1].

Приймаю $G_{ПМ} = 104,5 \text{ кН}$.

Вага вантажного візка для М4 $G_{ВВ} = 93 \text{ кН}$.

Вага елементів механізму пересування крана, який складається із центрального вузла і трансмісійного вала, визначається за [1, табл. 22].

Відповідно приймаю:

$G_{ЦВ} = 12 \text{ кН}$ – вага центрального вузла механізму;

$q_{В} = 1,5 \text{ кН}$ – погонна вага трансмісійного валу.

Вага кабіни машиніста крана з урахуванням ваги електрообладнання призначається в межах $G_{каб} = 15 \dots 20 \text{ кН}$.

Приймаю $G_{каб} = 18 \text{ кН}$.

Погонна вага тролей, включно з вагою стійок $q_{тр} = 1 \dots 2 \text{ кН/м}$.

Приймаю $q_{тр} = 1,5 \text{ кН/м}$.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПІДЙОМУ ВАНТАЖУ

3.1. Розрахунок канату, діаметрів барабана і блоків

У механізмах підйому мостових кранів застосовують здвоєні вантажні поліспасти із безпосереднім навиванням канату на барабан (рис. 3.1).

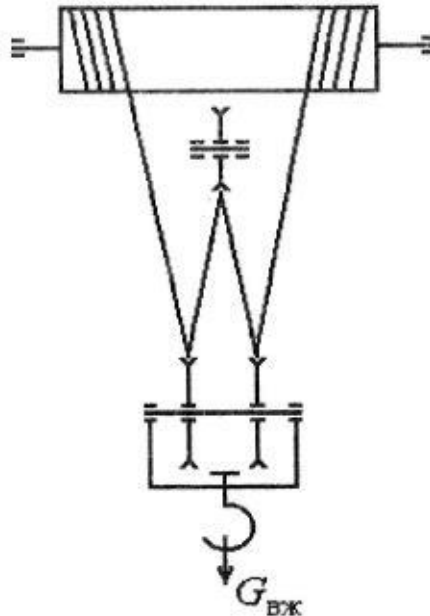


Рис. 3.1. Схема здвоєного поліспасти мостового крана

Максимальне зусилля у вітці канату, що набігає на барабан, при підйомі вантажу:

$$S_{\max} = \frac{G_{ВЖ}}{z \cdot \eta_{II}} = \frac{196}{4 \cdot 0,98} = 50 \text{ кН}, \quad (3.1)$$

де $G_{ВЖ}$ – вага вантажу, кН.;

$$G_{ВЖ} = Q \cdot g = 20 \cdot 9,8 = 196 \text{ кН}, \quad (3.2)$$

z – кількість віток канату, які утримують вантаж;

η_{II} – коефіцієнт корисної дії (ККД) поліспасти:

$$\eta_{II} = \frac{(1 - \eta_0^u)}{u(1 - \eta_0)} = \frac{(1 - 0,97^2)}{2(1 - 0,97)} = 0,98, \quad (3.3)$$

					ДІП.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

де $\eta_6 = 0,97$ – ККД канатного блока з урахуванням шорсткості канату, [2, табл. 2].

$U = 2$ – кратність поліспасти;

Приймаю $S_{\max} = 50$ кН.

Розривне зусилля в канаті:

$$F_0 = S_{\max} \cdot z_p = 50 \cdot 4,5 = 225 \text{ кН}, \quad (3.4)$$

де $z_p = 4,5$ – мінімально допустимий коефіцієнт використання канату, який регламентується [3, табл. 4.2].

За отриманим розривним зусиллям [1, табл. Д.3 – Д6] вибираємо сталевий канат і виписуємо тип канату, конструкцію, діаметр, розривне зусилля канату в цілому і розрахункову межу міцності дроту.

Приймаю канат 22 Г-В-Л-О-Н-1568.

Діаметр канатного барабана по центру навитого канату:

$$D_\delta \geq h_1 \cdot d_k = 16 \cdot 22 = 352 \text{ мм}, \quad (3.5)$$

де $h_1 = 16$ коефіцієнт вибору діаметрів барабанів, [1, табл. Д.7].

Приймаю згідно [1, табл. Д.12]. $D_\delta = 400$ мм типу БК, матеріал Сталь 20.

Діаметр канатного барабана по дну канавки:

$$D'_\delta \geq (h_1 - 1) \cdot d_k = (16 - 1) \cdot 22 = 330 \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Приймаю $D'_\delta = 330$ мм.

Діаметр канатних блоків по центру навитого канату:

$$D_{\text{бл}} \geq h_2 \cdot d_k = 18 \cdot 22 = 396 \text{ мм}, \quad (3.7)$$

де $h_2 = 18$ – коефіцієнт вибору діаметра канатних блоків, [1, табл. Д.7].

Приймаю $D_{\text{бл}} = 400$ мм, матеріал чавун СЧ 24 [1, табл. Д.11].

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Розрахунок вантажозахоплювального пристрою

3.2.1. Розрахунок елементів гакової підвіски

Вантажозахоплювальні пристрої мостових кранів загального призначення виконуються у вигляді гакової підвіски.

Розглянемо послідовність та методику розрахунку вантажозахоплювальних пристроїв нормальної конструкції.

Для виготовлення гайки гака, болтів, шпильок, розпірних кілець приймаємо матеріал – Сталь 35, [4, табл. 3.1].

Приймаємо механічні властивості вуглецевої сталі:

$\sigma_B = 420$ МПа – межа міцності;

$\sigma_T = 250$ МПа – межа текучості;

$\sigma_{1p} = 140$ МПа – межа витривалості при розтягу;

$\sigma_{1u} = 180$ МПа – межа витривалості при згині, [4, табл. 3.2].

Приймаємо Сталь 20 – для виготовлення кованого крюка, [4, табл. 3.1].

Приймаємо механічні властивості вуглецевої сталі 20:

$\sigma_B = 420$ МПа – межа міцності;

$\sigma_T = 250$ МПа – межа текучості;

$\sigma_{1p} = 120 \div 160$ МПа – межа витривалості при розтягу;

$\sigma_{1u} = 170 \div 220$ МПа – межа витривалості при згині, [4, табл. 3.2].

3.2.2. Вибір гака

Залежно від номінальної вантажопідйомності та групи режиму роботи механізму підйому, а саме $Q = 20$ т, та режиму роботи М4 приймаємо однорогий кований гак №19, [1, табл. Д.16].

3.2.3. Вибір упорного підшипника

Вибираємо упорний підшипник із внутрішнім діаметром шийки гака $d_1 = 85$ мм, статичною вантажопідйомністю C_0 . Розрахункове навантаження на підшипник Q_p повинно бути рівним або меншим ніж C_0 .

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$Q_p = k_\delta \cdot G_{ВЖ} = 1,2 \cdot 196 = 235,2 \text{ кН}, \quad (3.8)$$

де $k_\delta = 1,2$ – коефіцієнт безпеки, [1, табл. Д.18].

Приймаємо шарикопідшипник упорний однорядний №8217, $D = 125$ мм, [1, табл. Д.19].

3.2.4. Розрахунок траверси гака

Матеріал цапфи – Сталь 45. Навантаження на цапфу, яке передається через блоки та підшипники блоків (рис. 3.2), вважається рівномірно розподіленим на довжині l_0 . Опорні реакції (рівні $G_{ВЖ}/2$) приймаються прикладеними посередині товщині серг.

Конструктивно призначаються лінійні розміри, необхідні для розрахунку цапфи: $a = 1 \dots 2$ мм - зазор між блоками; $a_1 = 8 \dots 10$ мм - товщина лабіринтних дисків; δ_1 – товщина захисного листа орієнтовно може бути обчислена з виразу:

$$\delta_1 = 0,0125 \cdot D_{bl} = 0,0125 \cdot 400 = 5 \text{ мм}.$$

Приймаю δ_1 із стандартного ряду товщини листової сталі $\delta_1 = 5$ мм.

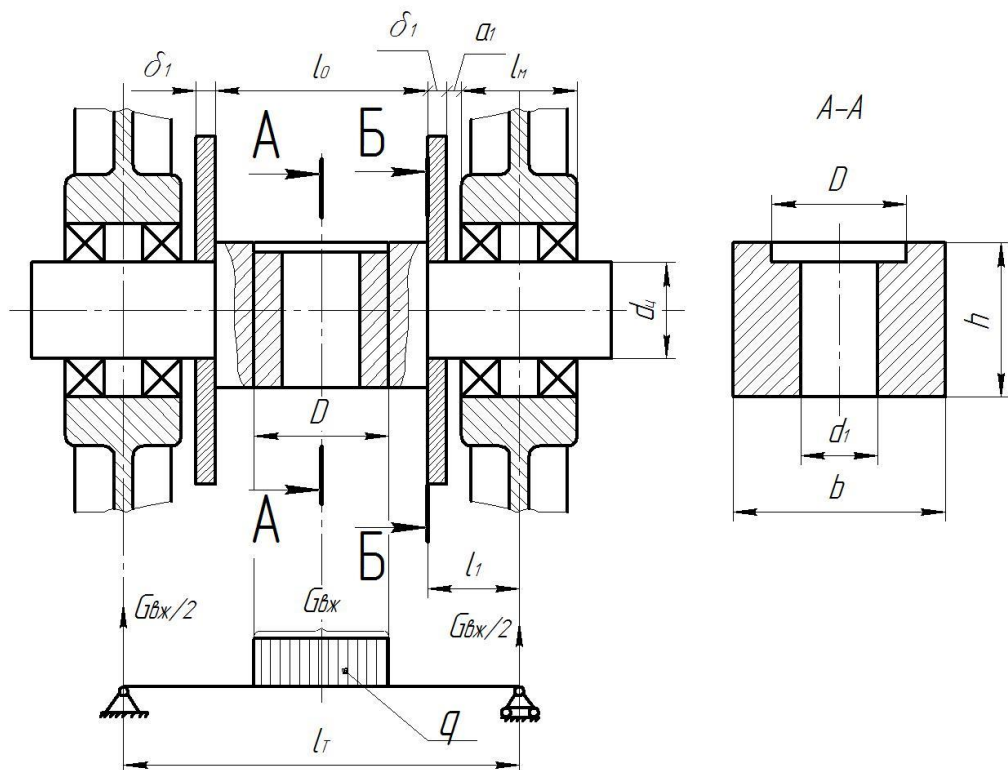


Рис. 3.2. Розрахункова схема траверси гака гакової підвіски вкороченої конструкції

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Визначаю проліт траверси:

$$l_T = l_0 + 2l_1, \quad (3.9)$$

де l_0 – відстань між захисними листами,

$$l_0 = D_1 + (30...50) = 126 + 24 = 150 \text{ мм}; \quad (3.10)$$

D_1 – зовнішній діаметр упорного підшипника;

l_1 – відстань від опорної реакції до кореня цапфи (переріз *Б-Б*),

$$l_1 = \delta_1 + a_1 + \frac{l_{CT}}{2}, \quad (3.11)$$

де δ_1 – товщина захисного листа, орієнтовно може бути обчислена за формулою $\delta_1 = 0,0125 D_{\text{вл}} = 0,0125 \cdot 400 = 5 \text{ мм}$;

a_1 – зазор між блоками і захисним листом, $a_1 = (4...6) \text{ мм}$;

a – зазор між блоками, приймається $a = (1...2) \text{ мм}$;

l_m – ширина маточини блока [7, табл. 13, а].

Згідно з прийнятою схемою поліспасти (див. рис. 3.1) у даному прикладі розрахунку розглядається двоблокова гакова підвіска:

$$l_1 = 5 + 5 + 70/2 = 45 \text{ мм}; \quad (3.12)$$

$$l_T = 150 + 2 \cdot 45 = 240 \text{ мм}. \quad (3.13)$$

Навантаження на траверсу $G_{\text{ВЖ}}$ приймається розподіленим у межах зовнішнього діаметра D_1 упорного підшипника гака.

Ширина траверси (див. переріз *А-А* на рис. 3.2) приймається з урахуванням зовнішнього діаметра упорного підшипника:

$$b = D_1 + 20...30 \text{ мм} = 126 + 24 = 150 \text{ мм}. \quad (3.14)$$

Згинальний момент у перерізі *А-А*:

$$M_A = \frac{G_{\text{ВЖ}}}{4} l_T = \frac{196 \cdot 10^3}{4} \cdot 0,24 = 11760 \text{ Нм}. \quad (3.15)$$

Траверса гака може бути виготовлена із сталі 45. Допустиме напруження для

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перерізу А-А:

$$[\sigma_A] = \frac{1,4\sigma_{-1}}{[s]k_\sigma} = \frac{1,4 \cdot 300}{1,4 \cdot 2,5} = 120 \text{ МПа}, \quad (3.16)$$

де $\sigma_{-1} = 300$ МПа – межа витривалості при згинанні для Сталі 45 ГОСТ 1050-88 [1, табл. 2];

$[s] = 1,4$ – коефіцієнт запасу міцності при згинанні [1, табл. 3];

$k_\sigma = 2,5$ – коефіцієнт концентрації напружень [1, табл. 4].

Необхідний момент опору перерізу А-А:

$$W_A = \frac{M_A}{[\sigma_A]} = \frac{11760}{120 \cdot 10^6} = 98 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3. \quad (3.17)$$

Використовуючи інший вираз для моменту опору $W_A = \frac{(b-d_1) \cdot h^2}{2}$,

визначаємо висоту траверси:

$$h = \sqrt{\frac{6W_A}{b-d_1}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 98 \cdot 10^6}{0,150 - 0,852}} = 0,029 \text{ м}. \quad (3.18)$$

Діаметр цапфи визначається з умови міцності цапфи при згинанні у перерізі Б-Б:

$$d_{ц} = \sqrt[3]{\frac{M_B}{0,1[\sigma_B]}} = \sqrt[3]{\frac{4410}{0,1 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0,072 \text{ м}, \quad (3.19)$$

де M_B – згинальний момент у перерізі Б – Б.

$$M_B = \frac{G_{ВЖ}}{2} \cdot (\delta_1 + a_1 + l_{cm} / 2) = \frac{196000}{2} \left(0,005 + 0,005 + \frac{0,07}{2} \right) = 4410 \text{ Нм}, \quad (3.20)$$

$[\sigma_6]$ – допустиме напруження при згинанні, $[\sigma_6] = [\sigma_A]$.

Приймаю $d_{ц} = 90$ мм.

					ДІП.480000.304.МРПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.5. Вибір і розрахунок підшипників блоків

Кожен з блоків встановлюється на двох радіальних однорядних кулькових або роликових підшипниках. Вибір підшипників виконується за діаметром цапфи з урахуванням динамічної вантажопідйомності.

Радіальне навантаження на один підшипник:

$$Q_0 = \frac{G_{ВЖ}}{2 \cdot n} = \frac{196000}{2 \cdot 2} = 49 \text{ кН}, \quad (3.21)$$

де $n = 2$ – кількість блоків.

Еквівалентне навантаження згідно з типовими графіками навантаження механізмів можна визначити так:

$$Q_e = 0,5 \cdot Q_0 = 0,5 \cdot 49 = 24,5 \text{ кН}. \quad (3.22)$$

Приведене динамічне навантаження:

$$P = Q_e \cdot V \cdot k_\delta = 24,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 = 35,28 \text{ кН}, \quad (3.23)$$

де $V = 1,2$ – коефіцієнт, коли обертається зовнішнє кільце підшипника;
 $k_\delta = 1,2$ – коефіцієнт безпеки, [2, табл. 18].

Необхідна динамічна вантажопідйомність:

$$C = L^\alpha \cdot P = 1,284^{\frac{1}{3,33}} \cdot 35,28 = 3803 \text{ Н}, \quad (3.24)$$

де $\alpha = 3,33$ – показник степеня для кулькових підшипників;

L – номінальна довговічність підшипника, млн. обертів,

$$L = \frac{60 \cdot n_\delta}{10^6} \cdot L_h = \frac{60 \cdot 6,688}{10^6} \cdot 3200 = 1,284 \text{ млн.об.}, \quad (3.25)$$

$L_h = 3200$ год – строк служби підшипника згідно з групою режиму роботи [1, табл. 5];

n_δ – частота обертання блока,

$$n_\delta = \frac{60V_{ВЖ}(u-1)}{\pi \cdot D_{БЛ}} = \frac{60 \cdot 0,14 \cdot (2-1)}{3,14 \cdot 0,4} = 6,688 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.26)$$

$V_{ВЖ} = 0,14$ м/с – швидкість підйому вантажу.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

За отриманими значеннями діаметра $d_{ц}=80$ мм та динамічної вантажопідйомності вибираємо із каталогу радіальні однорядні підшипники №1316 за ГОСТ 8720–75, [1, табл. Д.20].

3.2.6. Визначення висоти і діаметра гайки гака

Матеріал для виготовлення гайки гака – Сталь 45. Висота гайки розраховується з умови недопущення зминання різі. При цьому допустиме напруження на зминання приймається $[\sigma_{зм}] = 30 \dots 35$ МПа.

Висота гайки повинна бути не менше:

$$H = \frac{4 \cdot G_{ВЖ} \cdot t}{\pi \cdot (d_3^2 - d_{вн}^2) \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{4 \cdot 196000 \cdot 10}{3,14 \cdot (80^2 - 65^2) \cdot 30} = 38,246 \text{ мм}, \quad (3.27)$$

де $t = 10$ – крок різі;

$d_3, d_{вн}$ – зовнішній та внутрішній діаметри різі на хвостовику гака.

Після розрахунку висота гайки призначається з урахуванням довжини різі на хвостовику гайки і необхідності встановлення стопорної планки.

Зовнішній діаметр гайки:

$$D_3 \approx 1,8 \cdot d_3 = 1,8 \cdot 62,645 = 0,112 \text{ м}. \quad (3.28)$$

3.3. Розрахунок потужності і вибір двигуна, вибір редуктора

Розрахункова потужність двигуна механізму підйому вантажу при підйомі номінального вантажу:

$$N_p = \frac{G_{ВЖ} \cdot V_{ВЖ}}{\eta_M} = \frac{196 \cdot 0,14}{0,85} = 32,282 \text{ кВт}, \quad (3.29)$$

де $G_{ВЖ} = 196$ кН – сила тяжіння маси вантажу;

$V_{ВЖ} = 0,14$ м/с – швидкість підйому вантажу;

$\eta_M = 0,8 \dots 0,85$ – ККД механізму підйому, [1, табл. Д.2].

З каталогу [1, табл. Д.24] вибираємо електродвигун змінного струму з фазним ротором серії МТН 511-8, потужністю $N = 34$ кВт, частота обертання ротора $n_{дв} =$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

695 хв⁻¹, максимальний момент $M_{\max} = 1020$ Нм, момент інерції ротора $I_p = 1,095$ кгм².

Номинальний момент на валу двигуна:

$$M_H = 9550 \cdot \frac{N}{n_{\delta\epsilon}} = 9550 \cdot \frac{34}{695} = 467,194 \text{ Нм.} \quad (3.30)$$

Розрахункове передаточне число редуктора:

$$U_{pp} = \frac{n_{\delta\epsilon}}{n_{\delta}} = \frac{695}{13,369} = 51,986, \quad (3.31)$$

де n_{δ} – частота обертання барабана,

$$n_{\delta} = \frac{V_k}{\pi \cdot D_{\delta}} = \frac{16,8}{3,14 \cdot 0,4} = 13,369 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.32)$$

де V_k – швидкість канату при навиванні на барабан,

$U = 2$ – кратність поліспасти,

$$V_k = V_{\epsilon\lambda\sigma} \cdot U \cdot 60 = 0,14 \cdot 4 \cdot 60 = 16,8 \text{ м/хв.} \quad (3.33)$$

Редуктор механізму підйому обираю, виходячи з розрахункового обертального моменту на тихохідному валу, частоти обертання ротора двигуна, групи режиму роботи механізму і необхідного передаточного числа.

Обертальний момент на тихохідному валу редуктора:

$$M_T = \frac{S_{\max} \cdot D_{\delta} \cdot a}{2 \cdot \eta_{\text{бар}}} = \frac{50000 \cdot 0,4 \cdot 2}{2 \cdot 0,97} = 20620 \text{ Нм,} \quad (3.34)$$

де $a = 2$ – кількість віток канату, закріплених на барабані;

$\eta_{\text{бар}} = 0,94 \dots 0,99$ – ККД барабана, [1, табл. Д.2].

З каталогу [1, табл. Д.35 – Д.40] вибираємо редуктор типу Ц2 – 400, сумарна міжвісьова відстань $a_{\omega} = 400$ мм, передаточне число $U_p = 50$ частота обертання швидкохідного вала $n_{\text{ш}} = 960$ хв⁻¹, граничне консольне навантаження на тихохідний вал – 32000 Н.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

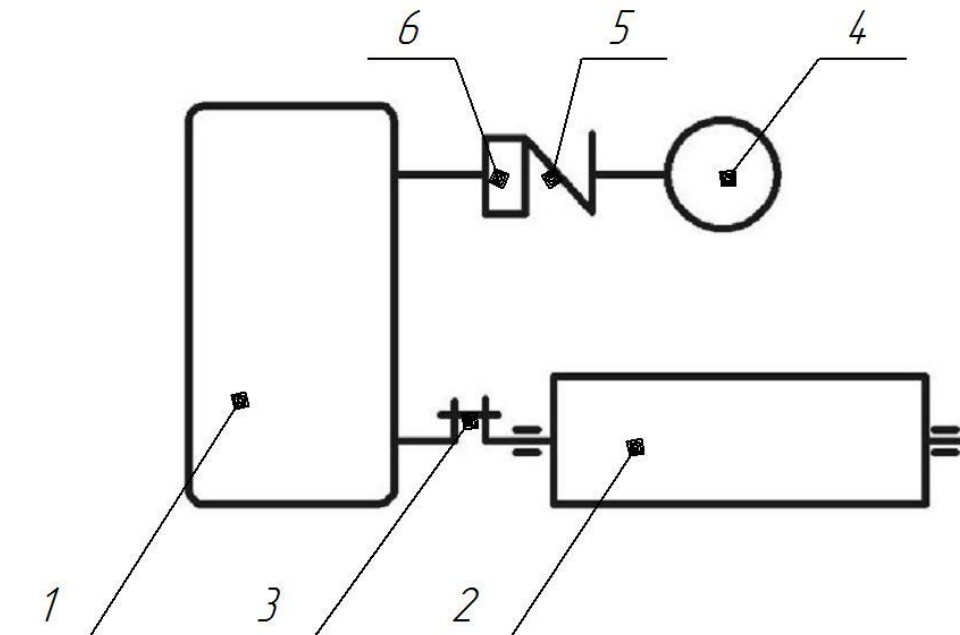


Рис. 3.3. Схема з'єднання редуктора з барабаном

Після вибору редуктора визначаю спосіб з'єднання (див. рис. 3.3) редуктора 1 з барабаном 2 за допомогою муфти 3; редуктора 1 з двигуном 4 через муфту 5 і гальмо 6. Також перевіряю достатність міжосьової відстані редуктора при конкретних розмірах вибраного електродвигуна 4 і барабана забезпечується, а саме відстань від краю барабана до краю електродвигуна складає 130 мм.

Фактична швидкість підйому вантажу:

$$V_{ВЖ}^{\Phi} = \frac{U_{pp}}{U_p} \cdot V_{ВЖ} = \frac{51,986}{50} \cdot 0,14 = 0,146 \text{ м/с.} \quad (3.35)$$

3.4. Вибір гальма і муфт механізму підйому

3.4.1. Вибір гальма

Гальмо встановлюється на швидкохідному валу механізму.

Розрахунковий гальмівний момент:

$$M_{Г} = k_{Г} \cdot M_{ст.Г} = 1,75 \cdot 340 = 595 \text{ Нм,} \quad (3.36)$$

де $k_{Г} = 1,75$ – коефіцієнт запасу гальмування, [1, табл. Д.46],

$M_{ст.Г}$ – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні;

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$M_{CT.Г} = \frac{S_{\max} \cdot D_{\delta} \cdot a \cdot \eta_M}{2U_p} = \frac{50000 \cdot 0,4 \cdot 2 \cdot 0,85}{2 \cdot 50} = 340 \text{ Нм}. \quad (3.37)$$

З каталогу гальм [1, табл. Д.47 – Д.49] вибираємо двоколодове гальмо типу ТКТГ-400М, максимальний гальмівний момент $M_{\max.Г} = 800 \text{ Нм}$, діаметр гальмівного шківа $D = 400 \text{ мм}$.

3.4.2. Вибір муфти між двигуном і редуктором

Між двигуном і редуктором встановлюється зубчаста або втулково-пальцева муфта з гальмівним шківом (табл. Д.29, Д.31 [1]). Муфту вибирають згідно з типорозміром прийнятого гальма і виписуємо характеристики муфти: діаметр гальмівного шківа $D_{Г} = 400 \text{ мм}$, найбільший гальмівний момент, який може передати муфта $M = 5750 \text{ Нм}$, момент інерції $I_M = 1,375 \text{ кгм}^2$.

Розрахунковий момент для муфти може бути визначений з виразу:

$$M_p = k_1 \cdot k_2 \cdot M_{CT} = 1,56 \cdot 1,3 \cdot 470,588 = 954,352 \text{ Нм}, \quad (3.38)$$

де $k_1 = 1,3+20\%$ $k_2 = 1,56$;

$k_2 = 1,3$ – коефіцієнти, які враховують відповідно, ступінь відповідальності та умови роботи муфти, [1, табл. Д.20];

M_{CT} – статичний момент на валу двигуна при підйомі номінального вантажу,

$$M_{CT} = \frac{S_{\max} \cdot D_{\delta} \cdot a}{2 \cdot U_p \cdot \eta_M} = \frac{50000 \cdot 0,4 \cdot 2}{2 \cdot 50 \cdot 0,85} = 470,588 \text{ Нм}. \quad (3.39)$$

Порівнюючи значення розрахункового моменту, який здатна передати муфта $M_p \geq M_z$, отже муфта придатна до використання.

3.4.3. Вибір муфти між редуктором і барабаном

Залежно від вибраної схеми з'єднання редуктора з барабаном (рис. 3.3) виконую за допомогою зубчастої муфти загального призначення, [1, табл.Д.28].

Обертальний момент, який повинна передати муфта чисельно дорівнює моменту на тихохідному валу редуктора $M = M_T$.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий момент, за яким вибирається муфта із каталогу:

$$M_P = k_1 \cdot k_2 \cdot M = 1,56 \cdot 1,3 \cdot 20620 = 41820 \text{ Нм.} \quad (3.40)$$

Вибираємо муфту, із каталогу [1, табл. Д.28], зубчасту з наступними параметрами: $m = 100$ кг, $D_1 = 260$ мм, $D_2 = 200$ мм, $D = 330$ мм, $A = 180$ мм, $I = 200$ мм.

3.5. Перевірка правильності вибору електродвигуна

3.5.1. Перевірка двигуна на тривалість пуску

Середня тривалість пуску при підйомі номінального вантажу:

$$t_{II} = \frac{I_{II} \cdot \omega}{M_{II.CEP.} - M_{CT.}} = \frac{2,395 \cdot 72,78}{766,957 - 470,588} = 0,6 \text{ с,} \quad (3.41)$$

де I_{II} – момент інерції рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна,

$$I_{II} = \delta \cdot (I_P + I_M) + \frac{G_{BЖ} \cdot D_{\delta}^2}{4 \cdot g \cdot U_M^2 \cdot \eta_M}, \quad (3.42)$$

$$I_{II} = 1,15 \cdot (1,095 + 1,375) + \frac{196 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2}{4 \cdot 9,81 \cdot 100^2 \cdot 0,85} = 2,395 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$\delta = 1,05 \div 1,25$ – коефіцієнт, що враховує момент інерції мас деталей, які обертаються повільніше ніж вал двигуна;

$I_P = 1,095$ кг·м², $I_M = 1,375$ кг·м² – момент інерції ротора електродвигуна і муфти, встановленої між двигуном і редуктором;

$D_{\delta} = 0,4$ м – діаметр барабана по центру навитого канату;

U_M – загальне передаточне число механізму,

$$U_M = U_P \cdot U = 50 \cdot 2 = 100, \quad (3.43)$$

ω – кутова швидкість вала двигуна,

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{об.}}{30} = \frac{3,14 \cdot 695}{30} = 72,78 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.44)$$

$M_{II.CEP.}$ – середній момент електродвигуна в період пуску;

$$M_{II.CEP.} = \frac{M_{\max} + 1,1M_H}{2} = \frac{1020 + 1,1 \cdot 467,194}{2} = 766,957 \text{ Нм;} \quad (3.45)$$

$M_{CT.}$ – статичний момент на валу двигуна при підйомі номінального вантажу.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальне прискорення при пуску механізму підйому з номінальним вантажем:

$$a_{II} = \frac{V_{ВЖ}^{\phi}}{t_{II}} = \frac{0,146}{0,6} = 0,243 \text{ м/с}^2 \quad (3.46)$$

Рекомендоване прискорення $a=0,2 \text{ м/с}^2$ наведено в [2, табл. Д23].

3.5.2. Визначення тривалості гальмування механізму підйому

Для відрегульованого на розрахунковий гальмівний момент гальма тривалість гальмування механізму підйому при підйомі вантажу:

$$t_{Г} = \frac{I_{II} \cdot \omega}{M_{Г} + M_{СТ.Г}} = \frac{2,908 \cdot 72,78}{595 + 340} = 0,226 \text{ с}, \quad (3.47)$$

де I_{II} – момент інерції рухомих мас механізму при гальмуванні, приведений до вала двигуна,

$$I_{II} = \delta \cdot (I_P + I_M) + \frac{G_{ВЖ} \cdot D_{\delta}^2 \cdot \eta_M}{4 \cdot g \cdot U_M^2}, \quad (3.48)$$

$$I_{II} = 1,15 \cdot (1,095 + 1,375) + \frac{196 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2 \cdot 0,85}{4 \cdot 9,81 \cdot 100^2} = 2,908 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Прискорення при гальмуванні вантажу, що підіймається:

$$a_2 = \frac{V_{ВЖ}^{\phi}}{t_{Г}} = \frac{0,146}{0,226} = 0,646 \text{ м/с}^2. \quad (3.49)$$

3.5.3. Перевірка двигуна на нагрівання

У більшості випадків навантаження вантажопідіймального крана, а також тривалість робочих періодів і пауз, змінюються в процесі роботи. Кожному періоду роботи відповідають деякі втрати, в тому числі втрати тепла, від нагрівання двигуна. Для того щоб температура двигуна не перевищувала допустимої температури, еквівалентна за нагріванням (середньоквадратична) потужність двигуна не повинна перевищувати номінальної потужності електродвигуна при даній тривалості вмикання (ТВ).

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Для розрахунку еквівалентної потужності будують діаграму навантаження двигуна, тобто залежність потужності (обертального моменту, сили, струму) від часу за період циклу роботи механізму. Для оцінки роботи механізму з вантажами різної маси в умовах повторно-короткочасного режиму роботи необхідно, крім того, привести такий режим до рівноцінного їм нагріванням із незмінним навантаженням і тривалістю вмикання.

У випадках, коли побудувати достовірний графік навантаження крана неможливо, використовують метод віднесення кранових механізмів до номінальних режимів роботи. При цьому виконується наступний порядок розрахунку:

- 1) визначається середня робоча відстань механізму $\ell_{сеп}$, [1, табл. Д.42]:

$$\ell_{сеп} = 0,5 \cdot H = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ м}; \quad (3.50)$$

- 2) визначається середня тривалість робочої операції:

$$t_p = \frac{\ell_{сеп}}{V} = \frac{5}{0,14} = 35,7 \text{ с}, \quad (3.51)$$

де V – номінальна швидкість виконання робочої операції.

- 3) за відношенням $t_{п}/t_p$ (де $t_{п}$ – час несталою режиму, час пуску) з використанням графіка [2, с. 42] визначається коефіцієнт $\gamma = 0,88$.

- 4) еквівалентна потужність робочої частини циклу механізму:

$$N_c = \gamma \cdot N = 0,88 \cdot 34 = 31,478 \text{ кВт}, \quad (3.52)$$

де N – статична потужність, яка необхідна для використання робочої операції з номінальною швидкістю:

$$N = \frac{G_{ВЖ} \cdot V_{ВЖ}^{\Phi}}{\eta_M} = \frac{196 \cdot 0,146}{0,8} = 35,77 \text{ кВт}; \quad (3.53)$$

- 5) еквівалентна потужність, віднесена до тривалості вмикання (ТВ):

$$N_{ТВ} = \kappa_c \cdot N_c = 0,5 \cdot 31,478 = 15,739 \text{ кВт}, \quad (3.54)$$

де $\kappa_c = 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від групи режиму роботи, [1, табл. Д.43];

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) двигун вибраний вірно, так як значення $N_{ТВ}$ є меншим від номінальної потужності двигуна відповідній тривалості вмикання.

3.6. Розрахунок вузла барабана

3.6.1. Розрахунок довжини барабана і товщини стінки

Довжина канату, навитого на одну половину барабана:

$$L_K = H \cdot n = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м}, \quad (3.55)$$

де H – висота підйому вантажу.

Кількість витків нарізки на одній половині барабана:

$$z_B = \frac{L_K}{\pi \cdot D_\delta} + (1,5 \div 2) = \frac{20}{3,14 \cdot 0,4} + 2 = 18 \text{ витків}, \quad (3.56)$$

де $(1,5 \dots 2)$ – кількість запасних витків.

Довжина нарізки на одній половині барабана:

$$\ell_H = z_B \cdot t_H = 18 \cdot 26 = 468 \text{ мм}, \quad (3.57)$$

де $t_H = 26$ мм – крок нарізки барабана для відповідного діаметра канату, [1,табл. Д.8].

Повна довжина барабана:

$$L_\delta = 2 \cdot (\ell_H + \ell_3) + \ell_0 = 2 \cdot (468 + 52) + 125 = 1165 \text{ мм}, \quad (3.58)$$

де $\ell_3 = 2t_H$ – довжина ділянок барабана з кожної сторони, які використовуються для закріплення канату;

$\ell_0 = 100 \dots 150$ мм – відстань між лівою та правою нарізками барабана.

Приймаю $L_\delta = 1165$ мм.

Барабани виготовляють литими з чавуну СЧ15 з межею міцності на стискання $\sigma_B = 700$ МПа або із сталі (литі, зварні). Із розрахунку на стискання товщина стінки барабана:

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\delta = \frac{S_{\max}}{t_H \cdot [\sigma_{CT}]} = \frac{50 \cdot 10^3}{26 \cdot 10^{-3} \cdot 164,7 \cdot 10^6} = 0,012 \text{ м}, \quad (3.59)$$

де $[\sigma_{CT}] = \frac{\sigma_B}{k} = \frac{700}{4,25} = 164,7$ МПа, k – коефіцієнт запасу міцності, [1, табл. Д.10].

З умов технологічного процесу виготовлення литих барабанів, товщина стінки повинна бути не менше 16 мм і визначається за формулою:

$$\delta = 0,02 \cdot D_6 + (6 \dots 10) \text{ мм} = 0,02 \cdot 400 + 8 = 16 \text{ мм}. \quad (3.60)$$

Після проведених розрахунків остаточно призначаємо товщину стінки барабана $\delta = 16$ мм.

3.6.2. Розрахунок осі барабана та вибір підшипників

Вісь барабана може бути виготовлена зі Сталі 45. При спрощеному розрахунку осі барабана визначають її діаметри у небезпечних перерізах за напруженнями згинання. Визначившись з схемою компонування вузла барабана складаю розрахункову схему осі. Для визначення геометричних розмірів ℓ_0 , a , b , d за розрахунковими та прийнятими параметрами викреслюю в масштабі габарити редуктора, барабана із маточинами, опори осі барабана в розрізі, в тому числі зубчасту півмуфту. Розміри a , d призначаються конструктивно з умови можливості виконання монтажних та ремонтних робіт.

Небезпечними є перерізи Б-Б і В-В, які співпадають з осями маточин (фланців) барабана, і переріз А-А для більш навантаженої цапфи осі.

При номінальному вантажу на гаку, навантаження на барабан приймається за максимальним натягом канату S_{\max} (для здвоєного поліспасти $2S_{\max}$). Навантаження передається на вісь барабана через маточини.

Приймаю: $a = 50$ мм; $d = 50$ мм; $b = 500$ мм; $c = 565$ мм;

$$P_C = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot c}{b + c} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 565}{500 + 565} = 53,052 \text{ кН}, \quad (3.61)$$

$$P_D = 2 \cdot S_{\max} - P_C = 2 \cdot 50 - 53,052 = 46,948 \text{ кН}. \quad (3.62)$$

Реакції в опорах:

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$R_A = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot l_b}{l_0} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 615}{1165} = 52,79 \text{ кН}, \quad (3.63)$$

$$R_B = 2 \cdot S_{\max} - R_A = 2 \cdot 50 - 52,79 = 47,21 \text{ кН}. \quad (3.64)$$

Величина R_A до того ж є уточненим значенням консольного навантаження на тихохідний вал редуктора.

Загальні моменти в перерізах Б – Б і В – В:

$$M_C = R_A \cdot a = 52,79 \cdot 0,05 = 2,639 \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (3.65)$$

$$M_D = R_B \cdot d = 47,21 \cdot 0,05 = 2,361 \text{ кН} \cdot \text{м}. \quad (3.66)$$

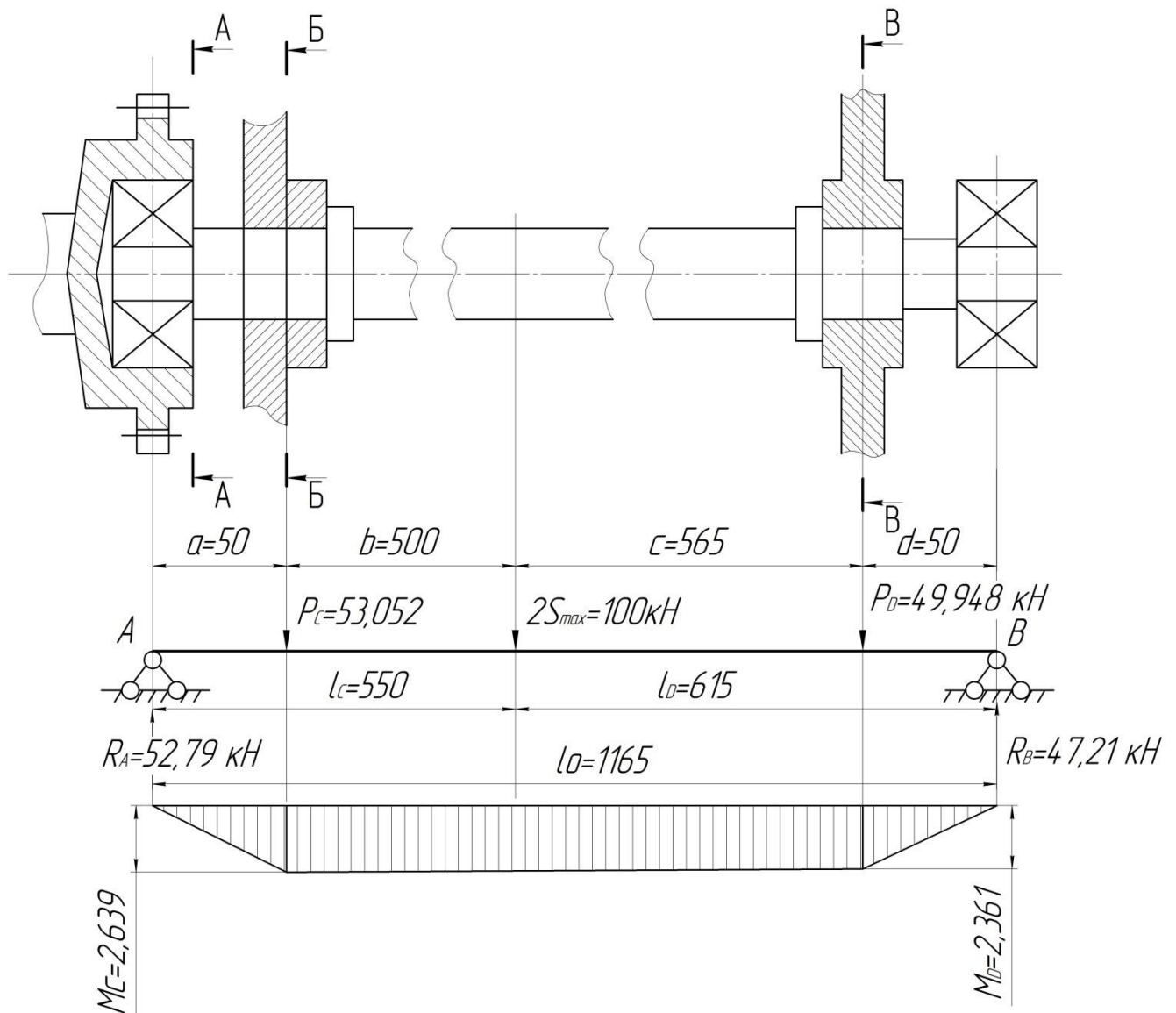


Рис. 3.4. Розрахункова схема осі барабана розмірність

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

За отриманими значеннями будується еюра згинальних моментів і визначається діаметр осі:

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{M_{\max}}{0,1 \cdot [\sigma_{зг}]}} = \sqrt[3]{\frac{2639}{0,1 \cdot 55 \cdot 10^6}} = 0,078 \text{ м}, \quad (3.67)$$

де $[\sigma_{зг}] = 55$ МПа, для Сталі 45 – допустиме напруження матеріалу осі на згинання.

Приймаю $d_0 = 80$ мм.

Вісь барабана встановлюється на ролико- або шарикопідшипниках радіальних сферичних дворядних. Якщо кінець тихохідного вала редуктора виконано з зубчастою муфтою, то діаметр цапфи осі (переріз А – А) повинен відповідати внутрішньому діаметру підшипника, встановленого у виточці тихохідного вала.

Приймаю підшипник 1316 [1, табл. Д.21, Д.22] роликпідшипник радіальний сферичний, $c = 45000$ Н.

За розрахунковим навантаженням на підшипник:

$$R_p = k_\delta \cdot R_A = 1,2 \cdot 52,79 = 63,348 \text{ Н}, \quad (3.68)$$

де $k_\delta = 1,2$ – коефіцієнт безпеки.

Після цього перевіряється міцність цапфи в перерізі А–А з умови:

$$\sigma_{зг} = \frac{R_p \cdot B}{2 \cdot 0,1 \cdot d^3} = \frac{63348 \cdot 0,039}{2 \cdot 0,1 \cdot 0,08^3} = 24,13 \text{ МПа}, \quad (3.69)$$

де B , d – ширина і внутрішній діаметр сферичного підшипника.

$$\sigma_{зг} = 13,77 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зг}]$$

3.6.3. Розрахунок кріплення каната до барабана

Для кріплення каната до барабана використовують притискні планки з трапецієподібними або напівкруглими канавками (рис. 3.5). Канат утримується за рахунок сили тертя, яка виникає між канатом і планкою та між канатом і барабаном.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

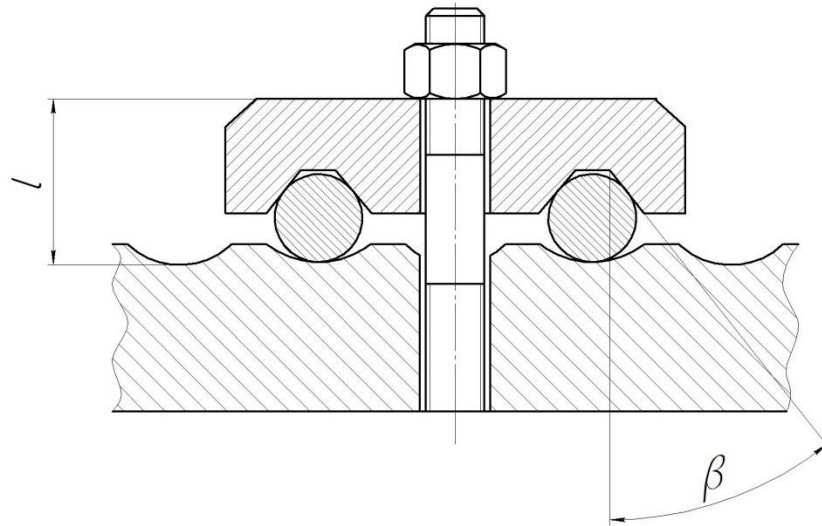


Рис. 3.5 Кріплення каната до барабана

Планки призначаються в залежності від діаметра каната.

Приймаємо [1, табл. Д.13] притискну планку $p = 20$ мм; $L = 55$ мм; $B = 55$ мм; $H = 18$ мм; $h = 3$ мм; $R = 14$ мм; $d = 22$ мм.

Перевіряється міцність болтів, якими притискні планки закріплюються на барабані.

Внаслідок наявності на барабані запасних витків каната ($1,5 \div 2$) натяг каната перед притискною планкою значно менший, ніж зусилля у вітці каната, що навивається на барабан:

$$S = \frac{S_{\max}}{e^{f \cdot \alpha}} = \frac{50}{2,72^{0,16 \cdot 4}} = 6,687 \text{ кН}, \quad (3.70)$$

де $f = 0,1 \div 0,16$ – коефіцієнт тертя між канатом і барабаном;

$e = 2,72$ – основа натурального логарифма;

$\alpha = (3 \div 4) \cdot \pi$ – кут обхвату канатом барабана,

Зусилля розтягу одного болта:

$$P = \frac{S}{(f + f_1) \cdot (e^{f \cdot \alpha_1} + 1)} = \frac{6,687}{(0,16 + 0,215) \cdot (2,72^{0,16 \cdot 7,23} + 1)} = 4,264 \text{ кН}, \quad (3.71)$$

де f_1 – приведений коефіцієнт тертя між канатом і планкою;

$\beta = 40^\circ$ - кут нахилу бокової грані канавки притискної планки,

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$f_1 = \frac{f}{\sin \beta} = \frac{0,16}{\sin 40^\circ} = 0,215,$$

a_1 – кут обхвату барабана канатом при переході від однієї канавки планки до іншої,

$$a_1 = 2,3 \cdot \pi = 2,3 \cdot 3,14 = 7,23.$$

Одночасно з розтягом болт зазнає змінання від сил тертя між планкою і канатом, яка намагається зсунути планку в напрямку дії зусилля в канаті:

$$F = f_1 \cdot P = 0,215 \cdot 4,264 = 0,917 \text{ кН}.$$

Сумарне напруження у болті:

$$\sigma = \sigma_P + \sigma_{зГ} = \frac{n \cdot k \cdot P}{\pi \cdot \frac{d_1^2}{4}} + \frac{k \cdot F \cdot l}{0,1 \cdot d_1^3}, \quad (3.72)$$

$$\sigma = \frac{1,3 \cdot 2 \cdot 4,264}{3,14 \cdot \frac{17^2}{4}} + \frac{2 \cdot 0,917 \cdot 25}{0,1 \cdot 17^3} = 142 \text{ МПа},$$

де $k \geq 1,5$ – коефіцієнт запасу;

$n = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує напруження обертання при зтягуванні болта;

$l = 25$ мм – плече дії сили F ;

$d_1 = 17$ мм – внутрішній діаметр різі болта.

Сумарне напруження повинно бути не більше допустимого напруження розтягу болта, тобто:

$$\sigma \leq [\sigma_P],$$

$$[\sigma_P] = \frac{0,8 \cdot \sigma_T}{1,5} = \frac{0,8 \cdot 700}{1,5} = 373 \text{ МПа},$$

де σ_T – межа текучості матеріалу болта, $\sigma_T = 700$ МПа для Сталі 55Л-1, [4, табл. 31].

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

4. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА

4.1. Вибір схеми механізму

Механізм пересування вантажного візка мостового крана (рис. 4.1) складається з електродвигуна 1, гальма 2, вертикального редуктора 3, вихідний вал якого за допомогою муфт 4 з'єднується з привідними ходовими колесами 5. Вантажний візок спирається на рейки 6, закріплені на головних балках 7 металоконструкції крана.

Схема виконання механізму пересування вантажного візка з центральним розташуванням редуктора.

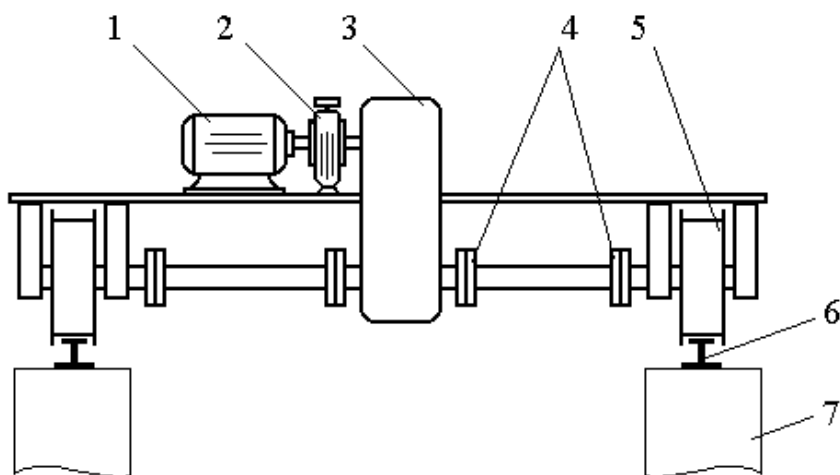


Рис. 4.1 Схема виконання механізму пересування вантажного візка

Візок мостового крана має чотири ходові колеса (два привідних, два не привідних) з циліндричною поверхнею кочення, які рухаються по рейках з плоскою голівкою. Привідні ходові колеса встановлюються на валах за допомогою шпонок, не привідні колеса - без шпонок на осях, що обертаються.

4.2. Розрахунок ходових коліс вантажного візка

Навантаження на ходове колесо:

$$P_K = \frac{G_{BB} + G_{ВЖ}}{n_K} = \frac{93 + 196}{4} = 72,25 \text{ кН}, \quad (4.1)$$

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

де $G_{ВВ} = 93$ кН – вага вантажного візка, [1, табл. Д.71];

$n_K = 4$ – кількість ходових коліс вантажного візка.

Розрахункове навантаження на ходове колесо:

$$P_p = k_1 \cdot \gamma \cdot P_K = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 72,25 = 69,36 \text{ кН}, \quad (4.2)$$

де $k_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує режим роботи механізму, [1,табл. Д. 54];

$\gamma = 0,8$ – коефіцієнт, який враховує змінність навантаження, [1, табл. Д. 55].

Із каталогу, [1, табл. Д. 56 – Д.58], за розрахунковим навантаженням вибираю дворобордові ходові колеса: Колесо К2Р - 400×100.

Із каталогу, [1, табл. Д.59 – Д.61], вибираю відповідну квадратну кранову рейку $a=50$ мм.

Перевірка напружень зминання у зоні контакту колеса з рейкою виконується з умови:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H],$$

де $[\sigma_H] = 450$ МПа - допустиме напруження зминання, яке приймається згідно з таблицею, [1, табл. Д.63];

Контактні напруження при лінійному контакті колеса з рейкою:

$$\sigma_H = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{P_p \cdot E_{PP}}{b \cdot R_K}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{69,36 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{0,050 \cdot 0,2}} = 0,5 \text{ МПа}, \quad (4.3)$$

де $b = 50$ мм – робоча ширина рейки або довжина лінії контакту;

$R_K = 200$ мм – радіус ободу ходового колеса;

E_{PP} – приведений модуль пружності при різних модулях пружності колеса E_1 і рейки E_2 , [1, табл. Д.63],

$$E_{PP} = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^5 + 2,1 \cdot 10^5} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Визначення опору пересування вантажного візка

Статичний опір пересуванню візка у сталому режимі роботи визначається як опір від сил тертя, від ухилу колії:

$$W_{CT} = W_{TP} + W_{BH} + W_{YX} = 3748 + 2400 + 578 = 6726 \text{ Н.} \quad (4.3)$$

Опір сил тертя:

$$W_{TP} = (G_{BЖ} + G_{BB}) \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_K} \cdot k_P, \quad (4.4)$$

$$W_{TP} = (196000 + 93000) \cdot \frac{0,085 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,0004}{0,4} \cdot 2,5 = 3748 \text{ Н}$$

де $d = 85$ мм – діаметр цапфи для встановлення ходового колеса;
 $f = 0,015$ – коефіцієнт тертя у підшипниках коліс, [1, табл. Д. 69];
 $\mu = 4 \cdot 10^{-4}$ – коефіцієнт тертя кочення колеса по рейці, [1, табл. Д. 67];
 $k_P = 2,5$ – коефіцієнт, який враховує опір від тертя реборд коліс по рейці, [1, табл. Д. 64].

Опір пересуванню візка від ухилу колії:

$$W_{YX} = (G_{BЖ} + G_{BB}) \cdot \alpha = (196000 + 93000) \cdot 0,002 = 578 \text{ Н,} \quad (4.5)$$

де $\alpha = 0,002$ – ухил колії, [1, табл. Д. 53].

Опір пересуванню від вітрового навантаження:

$$W_{BH} = W_{BЖ},$$

де $W_{BЖ}$ – сила тиску вітру на вантаж;

W_{BB} – сила тиску вітру на візок, з огляду на невизначені габарити візка можна вважати $W_{BB} = 0$:

$$W_{BЖ} = F_{BЖ} \cdot q \cdot k \cdot c \cdot n = 16 \cdot 125 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2400 \text{ Н,} \quad (4.6)$$

де $F_{BЖ} = 16 \text{ м}^2$ – розрахункова площа вантажу, [1, табл. Д. 50];
 $q = 125 \text{ Па}$ – динамічний тиск вітру, [1, табл. Д. 51];
 $k = 1$ – коефіцієнт, який враховує зміну динамічного тиску вітру по висоті, [1, табл. Д. 52];

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$c = 1,2$ – коефіцієнт аеродинамічної сили для вантажів;

$n = 1$ – коефіцієнт перевантаження.

4.4. Розрахунок потужності і вибір двигуна, вибір редуктора

Попередньо вибираю електродвигун за статичною потужністю приводу:

$$N_p = \frac{W_{CT} \cdot V_{BB}}{\eta_M} = \frac{6726 \cdot 0,4}{0,85} = 3165 \text{ Вт}, \quad (4.7)$$

де $W_{CT} = 6726 \text{ Н}$ – статичний опір пересуванню;

$V_{BB} = 0,40 \text{ м/с}$ – швидкість пересування візка;

$\eta_M = 0,8 \dots 0,9$ – ККД механізму, [1, табл. Д.2].

Із каталогу, [1, табл. Д.24 – Д.25], вибираю двигун змінного струму з фазним ротором типу МТФ 111 – 6, потужністю $N = 4,1 \text{ кВт}$, частота обертання ротора $n_{ДВ} = 870 \text{ об/хв.}$, максимальний момент $M_{\max} = 87 \text{ Нм}$, Момент інерції ротора $I_p = 0,0496 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $m = 76 \text{ кг}$.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_K = \frac{60 \cdot V_{BB}}{\pi \cdot D_K} = \frac{60 \cdot 0,4}{3,14 \cdot 0,4} = 19 \text{ об/хв.} \quad (4.8)$$

Розрахункове передаточне число редуктора:

$$U_{PP} = \frac{n_{ДВ}}{n_K} = \frac{870}{19} = 45,789. \quad (4.9)$$

При центральному розташуванні редуктора у механізмах пересування візка (рис. 4.1) приймають редуктор типу ВКУ, який з'єднується з валами ходових коліс за допомогою муфт і закріплюється на металоконструкції візка болтами. Редуктор вибирають виходячи з розрахункового обертального моменту на тихохідному валу, частоти обертання ротора двигуна, групи режиму роботи механізму і необхідного передаточного числа.

Обертальний момент на тихохідному валу редуктора:

$$M_T = \frac{W_{CT} D_K}{2\eta_p} = \frac{6,726 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,97} = 1,387 \text{ кНм}, \quad (4.10)$$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де η_p – ККД редуктора.

Із каталогу вибираємо редуктор типу ВКУ-500М, передаточне число $U=63$ частота обертання швидкохідного валу $M_T = 4680$ кНм, [7, табл. 80...84].

Фактична частота обертання ходового колеса і фактична швидкість пересування візка:

$$n_K^\phi = \frac{n_{ДВ}}{U_p} = \frac{870}{50} = 17,4 \text{ об/хв}; \quad (4.11)$$

$$V_{ВВ}^\phi = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K^\phi}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 17,4}{60} = 0,364 \text{ м/с}. \quad (4.12)$$

4.5. Вибір гальма і муфт механізму пересування

4.5.1. Вибір муфти між двигуном і редуктором

Між двигуном і редуктором встановлюється зубчаста втулково-пальцева муфта з гальмівним шківом, яка вибирається за розрахунковим моментом.

Розрахунковий момент для муфти може бути визначений:

$$M_p = k_1 \cdot k_2 \cdot M_{СТ} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 25,12 = 33,158 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.13)$$

де $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,1$ – коефіцієнти, які враховують відповідно, ступінь відповідальності та умови роботи муфти, [1, табл. Д. 26];

$M_{СТ}$ – статичний момент на валу двигуна при підйомі номінального вантажу,

$$M_{СТ} = \frac{W_{СТ} \cdot D_K}{2 \cdot U_p \cdot \eta_M} = \frac{6726 \cdot 0,4}{2 \cdot 63 \cdot 0,85} = 25,12 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Із каталогу вибираю втулково-пальцеву муфту з гальмівним шківом і виписую характеристики: діаметр гальмівного шківа $D_1 = 400$ мм, найбільший обертальний момент, який може передати муфта $M = 5750$ Нм, момент інерції $I_M = 1,375$ кг·м², [1, табл. Д. 29].

4.5.2. Розрахунок гальмівного моменту і вибір гальма

Для забезпечення запасу зчеплення з рейками коліс механізму пересування опори В при ненавантаженому крані із вантажним візком, встановленим у

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

крайньому лівому положенні біля опори А, максимальне прискорення повинно бути не більше:

$$a_{\Gamma} = \left[\frac{n_{\text{ПП}}}{n_{\text{К}}} \cdot \left(\frac{\varphi}{k_{3\text{Ч}}} - \frac{f \cdot d}{D_{\text{К}}} \right) + \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_{\text{К}}} \cdot k_{\text{Р}} \right] \cdot g; \quad (4.14)$$

$$a_{\Gamma} = \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0,2}{1,2} - \frac{0,015 \cdot 0,085}{0,4} \right) + \frac{0,015 \cdot 0,085 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 2,5 \right] \cdot 9,81 = 0,929 \frac{\text{м}}{\text{с}^2},$$

де $n_{\text{К}}$ і $n_{\text{ПП}}$ – відповідно загальне число коліс і число привідних коліс вантажного візка;

$d, f, \mu, k_{\text{Р}}$ – див. п. 4.3;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс із рейкою (для кранів, що працюють у приміщенні, $\varphi = 0,2$; для кранів, що працюють на відкритому повітрі, $\varphi = 0,12$);

$[k_{3\text{Ч}}] = 1,2$ – нормативний коефіцієнт запасу зчеплення.

Тривалість гальмування приводу опори В з умови максимально допустимого прискорення:

$$t_{\Gamma} = \frac{V_{\text{ВВ}}^{\Phi}}{a_{\Gamma}} = \frac{0,364}{0,929} = 0,4 \text{ с}. \quad (4.15)$$

Мінімально допустима тривалість гальмування:

$$t_{\Gamma} = \frac{2 \cdot S_{\Gamma}}{V_{\text{ВВ}}^{\Phi}} = \frac{2 \cdot 0,052}{0,364} = 0,286 \text{ с}, \quad (4.15)$$

де $S_{\Gamma} = 0,052$ м – допустиме значення гальмівного шляху, [1, табл. Д. 70].

Необхідний гальмівний момент на валу двигуна при гальмуванні ненавантаженого візка:

$$M_{\Gamma} = \frac{I_{\text{пр.Г}} \omega}{t_{\Gamma}} - M_{\text{ст.Г}} = \frac{1,72 \cdot 91,106}{0,286} - (-5,962) = 553,872 \text{ Нм}, \quad (4.16)$$

де $\omega = \pi n_{\text{дв}} / 30 = 3,14 \cdot 870 / 30 = 91,106 \text{ с}^{-1}$ – кутова швидкість вала двигуна;

$I_{\text{пр.Г}}$ – момент інерції рухомих мас механізму пересування вантажного візка,

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

приведений до вала двигуна, при гальмуванні:

$$I_{\text{пр.г}} = \delta(I_p + I_M) + \frac{G_{\text{вв}} D_K^2 \eta_M}{4g u_p^2}; \quad (4.17)$$

$$I_{\text{пр.г}} = 1,15(0,0496 + 1,375) + \frac{93 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2 \cdot 0,85}{4 \cdot 9,8 \cdot 63^2} = 1,72 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

$M_{\text{ст.г}}$ – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні ненавантаженого візка:

$$M_{\text{ст.г}} = \frac{(W_{\text{вн}} + W_{\text{ух}}) D_K \eta_M}{2u_p} - \frac{W_{\text{тр}} D_K}{2u_p \eta_M}; \quad (4.18)$$

$$M_{\text{ст.г}} = \frac{(2400 + 578) \cdot 0,4 \cdot 0,85}{2 \cdot 63} - \frac{3748 \cdot 0,4}{2 \cdot 63 \cdot 0,85} = -5,962 \text{ Н},$$

Із каталогу гальм [1, табл. Д. 47] вибираю двоколодове гальмо і виписую його тип, максимальний гальмівний момент, діаметр гальмівного шківa. Приймаю гальмо ТКТГ-400М: $D_{\text{гш}}=400$ мм, $M=1500$ Нм.

4.5.3. Вибір муфти між редуктором і ходовим колесом

Обертальний момент, який повинна передати муфта чисельно дорівнює моменту на тихохідному валу редуктора $M_T = 1387$ кН·м.

Розрахунковий момент, за яким вибирається муфта із каталогу:

$$M_p = k_1 \cdot k_2 \cdot M_T = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1387 = 1831 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (4.19)$$

Із каталогу вибираємо зубчасту муфту МЗ №1 з параметрами $M_{\text{ном}}=2500$ Н·м, $d = 60$ мм, $L = 220$ мм, [1, табл. Д. 28].

4.6. Перевірка правильності вибору електродвигуна

В даному випадку використовуємо метод віднесення кранових механізмів до номінальних режимів роботи. При цьому виконується наступний порядок розрахунку:

1) визначається середня робоча відстань механізму $l_{\text{СЕР}}$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$l_{CEP} = 0,5 \cdot L_g = 0,5 \cdot 14 = 7 \text{ м};$$

2) визначається середня тривалість робочої операції:

$$t_p = \frac{l_{CEP}}{V} = \frac{7}{0,4} = 17,5 \text{ с},$$

де $V = 0,4 \text{ хв}^{-1}$ – номінальна швидкість виконання робочої операції;

3) еквівалентна потужність робочої частини циклу механізму

$$N_C = \gamma \cdot N = 0,93 \cdot 4,1 = 3,813 \text{ кВт},$$

де N – статична потужність, яка необхідна для виконання робочої операції з номінальною швидкістю,

$$N = \frac{W_{CT} \cdot V_{BB}^{\Phi}}{\eta_M} = \frac{6726 \cdot 0,364}{0,85} = 2,88 \text{ кВт}.$$

4) еквівалентна потужність, віднесена до тривалості вмикання (ТВ)

$$N_{TB} = k_C \cdot N_C = 0,5 \cdot 3,813 = 1,9 \text{ кВт},$$

де $k_C = 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від групи режиму роботи механізму, [1, табл. Д.43].

4.7. Перевірка зчеплення коліс з рейкою

Перевірка на відсутність буксування привідних коліс в період пуску виконується при мінімальній зчпній вазі, тобто за умови відсутності вантажу на гаку. Для кранів, які працюють у приміщенні, опір від вітрового навантаження не враховується.

Опір пересування візка:

$$W_{CT}^0 = G_{BB} \cdot \left(\frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_K} \cdot k_P + a \right). \quad (4.20)$$

$$W_{CT}^0 = 93 \cdot \left(\frac{0,015 \cdot 0,085 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 2,5 + 0,002 \right) = 1,392 \text{ кН}$$

Статичний момент на валу двигуна:

$$M_{CT}^0 = \frac{W_{CT}^0 \cdot D_K}{2 \cdot U_P \cdot \eta_0} = \frac{1392 \cdot 0,4}{2 \cdot 63 \cdot 0,5} = 8,838 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (4.21)$$

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

де $\eta_0 = 0,5$ – ККД механізму пересування візка при відносному навантаженні.

$$\beta = \frac{G_{BB}}{G_{BЖ} + G_{BB}} = \frac{93000}{196000 + 93000} = 0,322.$$

Момент інерції рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна:

$$I_{IP}^0 = \delta \cdot (I_P + I_M) + I_{BB} = 1,15 \cdot (0,0496 + 1,375) + 0,112 = 1,75 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (4.22)$$

де I_{BB} – момент інерції маси вантажного візка:

$$I_{BB} = \frac{G_{BB} \cdot D_K^2}{4 \cdot U_P^2 \cdot g \cdot \eta_M} = \frac{93000 \cdot 0,4^2}{4 \cdot 63^2 \cdot 9,81 \cdot 0,85} = 0,112 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Тривалість пуску приводу при пересуванні ненавантаженого вантажного

візка:

$$t_{II}^0 = \frac{I_{IP}^0 \cdot \omega}{M_{II.CEP} - M_{CT}^0} = \frac{1,75 \cdot 91,106}{68,25 - 8,838} = 2,684 \text{ с}, \quad (4.23)$$

де $M_{II.CEP}$ – середній пусковий момент,

$$M_{II.CEP} = \frac{M_{\max} + 1,1 \cdot M_H}{2} = \frac{87 + 1,1 \cdot 45}{2} = 68,25 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_H = 9550 \cdot \frac{N}{n_{ДВ}} = 9550 \cdot \frac{4,1}{870} = 45 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу зчеплення привідних коліс з рейкою:

$$k_{зч} = \frac{\varphi}{\left(\frac{V_{BB}^{\Phi}}{g \cdot t_{II}^0} + \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu \cdot k_P + a}{D_K} \right) \cdot \frac{n}{n_{IP}} - \frac{f \cdot d}{D_K}}; \quad (4.24)$$

$$k_{зч} = \frac{0,2}{\left(\frac{0,364}{9,81 \cdot 2,684} + \frac{0,015 \cdot 0,085 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 + 0,002}{0,4} \right) \cdot \frac{4}{2} - \frac{0,015 \cdot 0,085}{0,4}} = 3,677,$$

де $n = 4$, $n_{IP} = 2$ – відповідно, загальне число коліс і число привідних коліс вантажного візка;

$\varphi = 0,2$ – коефіцієнт зчеплення коліс з рейкою.

Умова відсутності буксування привідних коліс: $k_{зч} \geq [k_{зч}]$,

де $[k_{зч}] = 1,2$ – нормативний коефіцієнт запасу зчеплення.

Умова виконана, отже буксування привідних коліс відсутнє, оскільки:

$$k_{зч} = 3,677 \geq [k_{зч}] = 1,2.$$

					ДІП.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

5. РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ МОСТОВОГО КРАНУ

5.1. Вибір схеми механізму. Вибір і розрахунок ходових коліс

За конструктивними ознаками розрізняють: механізми пересування мостових кранів з центральним приводом – з швидкохідним або тихохідним трансмісійним валом і механізми пересування з роздільним приводом.

Вибираю схему з роздільним приводом, але при цьому зростають вимоги до точності монтажу (рис. 5.1).

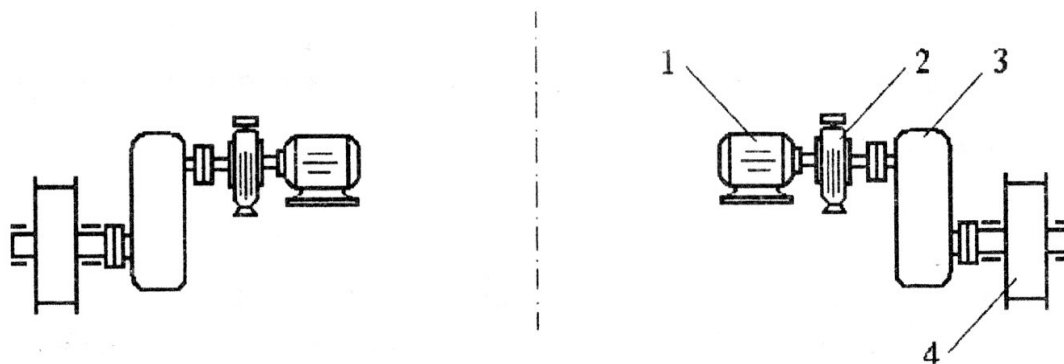


Рис. 5.1. Конструктивна схема пересування мостового крана з роздільним приводом

Для вибору ходових коліс необхідно визначити навантаження на колесо. Навантаження на колесо визначається для випадку, коли вантажний візок з вантажем на гаку розташований у крайньому положенні біля кінцевої опори зі сторони, де встановлено кабіну. Міст крана розглядається як двоопорна балка, опорами якої є кінцеві балки крана. Реакції опор R_A і R_B визначають навантаження на ходові колеса кожної із кінцевих балок.

$$R_B = \frac{G_M \cdot \frac{L}{2} + G_K \cdot (L - l_K) + G_{ВЖ} (L - a_{\min}) + G_{BB} (L - a_{\min})}{L}; \quad (5.1)$$

$$R_B = \frac{104,5 \cdot \frac{23}{2} + 18 \cdot (23 - 2) + 196(23 - 1,3) + 93 \cdot (23 - 1,3)}{23} = 341 \text{ кН};$$

$$R_A = \frac{(L - \frac{L}{2}) \cdot G_m + L_K \cdot G_K + l_1 \cdot G_{BB}}{L} = \frac{(23 - 11,5) + 104,5 + 3 \cdot 18 + 1,3 \cdot 93}{23} = 336,1 \text{ кН}. \quad (5.2)$$

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Максимальне навантаження на колесо визначається за більшою з реакцій $R_6 = R_{\max} = 341$ кН.

$$P_{\max} = \frac{R_{\max}}{n} = \frac{341}{2} = 170,5 \text{ кН}, \quad (5.3)$$

де $n = 2$ – кількість ходових коліс, на які спирається кінцева балка.

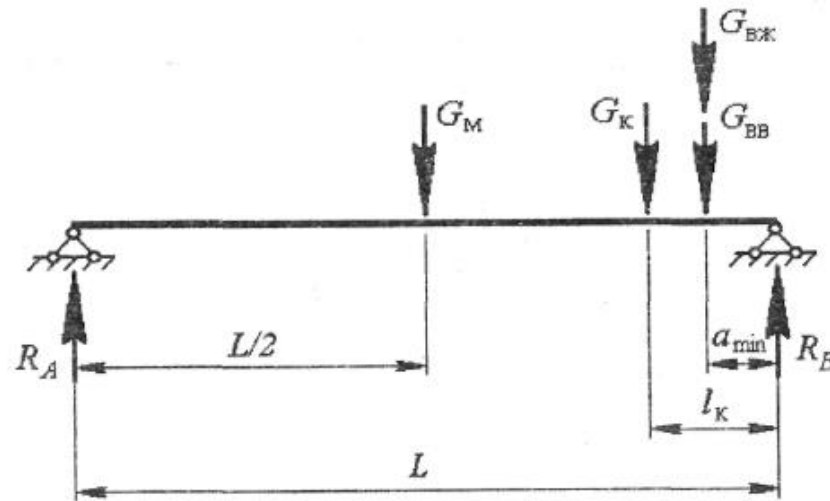


Рис. 5.2. Схема до розрахунку на ходові колеса

Розрахункове навантаження на ходове колесо:

$$P_P = k_1 \cdot \gamma \cdot P_{\max} = 1,1 \cdot 0,8 \cdot 170,5 = 150 \text{ кН}, \quad (5.4)$$

де $k_1 = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує режим роботи механізму, [1, табл. Д.54].

$\gamma = 0,85$ – коефіцієнт, який враховує змінність навантаження, [1, табл. Д.55].

Із каталогу, [1, табл. Д.57], за розрахунковим навантаженням вибираємо ходові колеса, а саме одноробордні кранові колеса К2Р – 400 × 80 діаметром $D = 400$ мм і шириною поверхні кочення $b = 80$ мм, найбільше допустиме навантаження $P = 200$ кН, діаметр цапфи $d = 95$ мм.

Із каталогу, [1, табл. Д.59 - Д.61], вибираємо відповідну рейку типу КР 70, робоча ширина $b_p = 70$ мм, радіус заокруглення головки $r_p = 6$ мм.

Перевірка напружень зминання у зоні контакту колеса з рейкою виконується, виходячи з умови:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H],$$

де $[\sigma_H] = 1800$ МПа – допустиме напруження на зминання, [1, табл. Д. 63].

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Контактні напруження при лінійному контакті колеса з рейкою:

$$\sigma_H = 1,28 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_p \cdot E_{ПП}}{R_{\max}^2}} = 1,28 \sqrt[3]{\frac{150000 \cdot 21 \cdot 10^{10}}{0,4^2}} = 0,75 \text{ МПа},$$

де b – робоча ширина рейки або довжина лінії контакту;

R_{\max} – більший з двох радіусів;

$E_{ПП}$ – приведений модуль пружності колеса E_1 і рейки E_2 , [1, табл. Д. 63].

$$E_{ПП} = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} = \frac{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^5 + 2,1 \cdot 10^5} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}.$$

5.2. Визначення опору пересування мостового крана

Статичний опір пересуванню крана визначається як сума опорів від сил тертя, від ухилу колії та вітрового навантаження:

$$W_{CT} = W_{TP} + W_{VX} + W_{BH} = 3692 + 289 + 0 = 3981 \text{ Н}. \quad (5.5)$$

Опір від сил тертя:

$$W_{TP} = (G_{BЖ} + G_{KP}) \cdot \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_K} \cdot k_P, \quad (5.6)$$

$$W_{TP} = (196 + 210) \cdot \frac{0,015 \cdot 0,095 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 1,5 = 3692 \text{ Н}$$

де $d = 95$ мм – діаметр цапфи для встановлення ходового колеса;

$f = 0,015$; $\mu = 5 \cdot 10^{-4}$; $k_P = 1,5$ – коефіцієнти, які враховують опір від тертя, [1, табл. Д.64, Д.67, Д.69].

Опір від ухилу кранової колії:

$$W_{VX} = (G_{BЖ} + G_{BB}) \cdot \alpha = (196000 + 93000) \cdot 0,001 = 289 \text{ Н}, \quad (5.7)$$

де $\alpha = 0,001$ – ухил кранової колії, [1, табл. Д. 53].

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

5.3. Розрахунок потужності і вибір двигуна, вибір редуктора

Для попереднього вибору двигуна визначається опір пересуванню:

$$W_0 = W_{CT} + 1,3 \cdot \left(\frac{G_{KP}}{g} + \frac{G_{BЖ}}{g} \right) \cdot a, \quad (5.8)$$

$$W_0 = 3981 + 1,2 \cdot \left(\frac{210000}{9,81} + \frac{196000}{9,81} \right) \cdot 0,3 = 13110 \text{ Н},$$

де $\alpha=0,3 \text{ м/с}^2$ – рекомендоване прискорення пуску механізму, [1, табл. Д. 23].

Необхідна потужність приводу:

$$N_p = \frac{W_0 \cdot V_{KP}}{\varphi_{СЕР} \cdot \eta_M} = \frac{13110 \cdot 0,34}{1,7 \cdot 0,85} = 3,085 \text{ кВт}, \quad (5.9)$$

де $\varphi_{СЕР} = 1,5$ – середньо пусковий коефіцієнт перевантаження для асинхронних двигунів з фазним ротором;

$V_{KP} = 0,34 \text{ м/с}$ – швидкість пересування крана;

$\eta_M = 0,85$ – ККД механізму, [1, табл. Д. 2].

Потужність одного двигуна:

$$N_{p1} = (0,5 \dots 0,6) N_p = 0,6 \cdot 3085 = 1,86 \text{ кВт}. \quad (5.10)$$

Із каталогу, [1, табл. Д.25], вибираємо двигун типу МТФ 111 – 6, потужністю $N = 3,5 \text{ кВт}$, частота обертання ротора $n_{ДВ} = 895 \text{ об/хв.}$, максимальний момент $M_{\max} = 87 \text{ Нм}$, момент інерції ротора $I_p = 0,0496 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Частота обертання ходового колеса:

$$n_K = \frac{60 \cdot V_{KP}}{\pi \cdot D_K} = \frac{60 \cdot 0,34}{3,14 \cdot 0,4} = 16,2 \text{ об/хв.} \quad (5.11)$$

Загальне передаточне число механізму:

$$U_{PP} = \frac{n_{ДВ}}{n_K} = \frac{895}{16,2} = 55,3. \quad (5.12)$$

В механізмах пересування мостових кранів використовуються циліндричні двоступінчасті редуктори типу Ц2, РМ.

Обертальний момент на тихохідному валу редуктора:

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$M_T = \frac{W_{CT} \cdot D_K}{2u_{zn} \cdot \eta_{zn}} = \frac{3981 \cdot 0,4}{2 \cdot 3 \cdot 0,85} = 81,5 \text{ Нм},$$

де $\eta_p = 0,85$ – ККД редуктора, [1, табл. Д. 2].

Із каталогу, [7, табл. 82], вибираю редуктор типу ВКУ-500М, передаточне число редуктора $U_p = 63$, частота обертання швидкохідного вала $n_{III} = 960$ об/хв.

Фактична швидкість пересування крана:

$$V_{KP}^{\phi} = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k^{\phi}}{60} \cdot V_{KP} = \frac{3,14 \cdot 0,4 \cdot 14,6}{60} \cdot 0,3 = 0,33 \text{ м/хв}. \quad (5.13)$$

Фактична частота обертання ходового колеса:

$$n_K^{\phi} = \frac{n_{ДВ}}{U_p} = \frac{920}{63} = 14,6 \text{ об/хв}. \quad (5.14)$$

5.4. Вибір муфти між двигуном і редуктором

Між двигуном і редуктором встановлюється зубчаста муфта з гальмівним шківом. Муфту вибираю згідно з типорозміром прийнятого гальма.

Розрахунковий момент для муфти може бути визначений:

$$M_p = k_1 \cdot k_2 \cdot M_{CT} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 14,868 = 19,626 \text{ Нм}, \quad (5.15)$$

де $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,1$ – коефіцієнти, які враховують відповідно, ступінь відповідальності та умови роботи муфти, [1, табл. Д. 26];

M_{CT} – статичний момент на валу двигуна при пересуванні крана,

$$M_{CT} = \frac{W_{CT} \cdot D_K}{2 \cdot U_p \cdot \eta_M} = \frac{3981 \cdot 0,4}{2 \cdot 63 \cdot 0,85} = 14,868 \text{ Нм}. \quad (5.16)$$

Із каталогу, [1, табл. Д. 29], вибираю зубчасту муфту з гальмівним шківом $D_{\Gamma} = 400$ мм, максимальний момент $M_{\max} = 3200$ Нм, момент інерції муфти $I_M = 1,375$ кг·м².

					ДІТ.480000.304.МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

5.5. Перевірка правильності вибору електродвигуна

5.5.1. Перевірка двигуна на тривалість пуску

Середня тривалість пуску при підйомі номінального вантажу:

$$t_{II} = \frac{I_{II} \cdot \omega}{M_{II.CEP.} - M_{CT.}} = \frac{2,129 \cdot 93,724}{1621 - 14,868} = 0,124 \text{ с}, \quad (5.17)$$

де I_{II} – момент інерції рухомих мас механізму, приведений до вала двигуна,

$$I_{II} = \delta \cdot (I_P + I_M) + \frac{(G_{KP} + G_{BJ}) \cdot D_K^2}{4 \cdot g \cdot U_P^2 \cdot \eta_M}, \quad (5.18)$$

$$I_{II} = 1,15 \cdot (0,0496 + 1,375) + \frac{(210000 + 196000) \cdot 0,4^2}{4 \cdot 9,81 \cdot 63^2 \cdot 0,85} = 2,129 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$\delta = 1,05 \div 1,25$ – коефіцієнт, що враховує момент інерції мас деталей, які обертаються повільніше ніж вал двигуна;

$I_P = 0,0496 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, $I_M = 1,375 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ – момент інерції ротора електродвигуна і муфти, встановленої між двигуном і редуктором;

U_P – загальне передаточне число механізму;

ω – кутова швидкість вала двигуна,

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 895}{30} = 93,724 \text{ с}^{-1}, \quad (5.19)$$

$M_{II.CEP.}$ – середній момент електродвигуна в період пуску,

$$M_{II.CEP.} = \frac{M_{\text{max}} + 1,1 \cdot M_H}{2} = \frac{3200 + 1,1 \cdot 37,5}{2} = 1621 \text{ Нм}, \quad (5.20)$$

M_H – статичний момент на валу двигуна при підйомі номінального вантажу,

$$M_H = 9550 \cdot \frac{N}{n_{\text{ДВ}}} = 9550 \cdot \frac{3,5}{895} = 37,5 \text{ Нм}. \quad (5.21)$$

Максимальне прискорення при пуску механізму підйому з номінальним вантажем:

$$a_{\text{max}} = \frac{V_{KP}^{\phi}}{t_{II}} = \frac{0,33}{0,124} = 2,66 \text{ м/с}^2, \quad (5.22)$$

де V_{KP}^{ϕ} – фактична швидкість крану.

					ДІП.480000.304.МРІЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Двигун вибрано вірно так, як $[a] = 0,13 \text{ м/с}^2$ допустиме значення прискорення менше 5...6 с.

5.5.2. Перевірка двигуна на нагрівання

В даному випадку використовуємо метод віднесення кранових механізмів до номінальних режимів роботи. При цьому виконуємо наступний порядок розрахунку:

Визначається середня робоча відстань механізму $l_{\text{СЕР}} = 10,5 \text{ м}$ приймаємо виходячи з прикладів.

1) визначається середня тривалість робочої операції:

$$t_p = \frac{l_{\text{СЕР}}}{V} = \frac{10,5}{0,34} = 30,8 \text{ с},$$

де $V = 0,3 \text{ хв}^{-1}$ – номінальна швидкість виконання робочої операції.

2) еквівалентна потужність робочої частини циклу механізму

$$N_C = \gamma \cdot N = 0,93 \cdot 5,09 = 4,734 \text{ кВт},$$

де N – статична потужність, яка необхідна для виконання робочої операції з номінальною швидкістю,

$$N = \frac{W_0 \cdot V_{\text{КР}}^\phi}{\eta_M} = \frac{13110 \cdot 0,33}{0,85} = 5,09 \text{ кВт},$$

3) еквівалентна потужність, віднесена до тривалості вмикання (ТВ)

$$N_{\text{ТВ}} = k_C \cdot N_C = 0,5 \cdot 4,734 = 2,367 \text{ кВт},$$

де $k_C = 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від групи режиму роботи механізму, [1, табл. Д.43].

Двигун вибраний вірно так, як $N_{\text{ТВ}}$ є меншим від номінальної потужності двигуна.

5.5.3. Розрахунок гальмівного моменту і вибір гальма

Для забезпечення запасу зчеплення з рейками коліс механізму пересування при ненавантаженому крані із вантажним візком, встановленим у крайньому лівому

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

положенні біля опори, максимальне прискорення при гальмуванні повинно бути не більше:

$$a_{\Gamma} = \left[\frac{n_{\text{ПР}}}{n_{\text{К}}} \cdot \left(\frac{\phi}{k_{\text{ЗЧ}}} - \frac{f \cdot d}{D_{\text{К}}} \right) + \frac{f \cdot d + 2 \cdot \mu}{D_{\text{К}}} \cdot k_{\text{П}} \right] \cdot g, \quad (5.23)$$

$$a_{\Gamma} = \left[\frac{2}{4} \cdot \left(\frac{0,2}{1,2} - \frac{0,015 \cdot 0,095}{0,4} \right) + \frac{0,015 \cdot 0,095 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{0,4} \cdot 2,5 \right] \cdot 9,81 = 0,934 \text{ м/с}^2,$$

де $n_{\text{ПР}} = 2$, $n_{\text{К}} = 4$ – кількість привідних і загальна кількість коліс;

$\gamma = 0,2$ – коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою;

$k_{\text{ЗЧ}} = 1,2$ – запас зчеплення.

Тривалість гальмування приводу опори В з умови максимально допустимого прискорення:

$$t_{\Gamma} = \frac{V_{\text{КР}}^{\phi}}{a_{\Gamma}} = \frac{0,33}{0,934} = 0,35 \text{ с}. \quad (5.25)$$

Мінімально допустима тривалість гальмування:

$$t_{\Gamma} = \frac{2 \cdot S_{\Gamma}}{V_{\text{КР}}^{\phi}} = \frac{2 \cdot 0,06}{0,33} = 0,4 \text{ с}, \quad (5.26)$$

де $S_{\Gamma} = 0,06$ м – допустиме значення гальмівного шляху, [1, табл. Д. 70].

Необхідний гальмівний момент на валу двигуна при гальмуванні приводу опори ненавантаженого крана:

$$M_{\Gamma} = \frac{I_{\text{ПР.}\Gamma} \cdot \omega}{t_{\Gamma}} - M_{\text{СТ.}\Gamma} = \frac{1,638 \cdot 93,724}{0,35} + 2,792 = 441,4 \text{ Нм}, \quad (5.27)$$

де ω – опір гальмування,

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{ДВ}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 895}{30} = 93,724 \text{ с}^{-1},$$

$I_{\text{ПР.}\Gamma}$ – момент інерції рухомих мас механізму пересування крана, приведений до вала двигуна при гальмуванні,

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$I_{\text{ПР.Г}} = \delta \cdot (I_P + I_M) + \frac{R'_B \cdot D_K^2 \cdot \eta_M}{4 \cdot g \cdot U_M^2}, \quad (5.28)$$

$$I_{\text{ПР.Г}} = 1,15 \cdot (0,0496 + 1,375) + \frac{68,77 \cdot 0,4^2 \cdot 0,85}{4 \cdot 9,81 \cdot 63^2} = 1,638 \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де R'_B - навантаження на ходові візки опори при ненавантаженому крані,

$$R'_B = \frac{G_M \cdot \frac{L}{2} + G_K \cdot (L - l_K) + G_{BB} \cdot (L - a_{\min})}{L}, \quad (5.29)$$

$$R'_B = \frac{104500 \cdot \frac{23}{2} + 18000 \cdot (23 - 2) + 93000 \cdot (23 - 1,3)}{23} = 68770 \text{ Н}$$

$M_{\text{СТ.Г}}$ – статичний момент на валу двигуна при гальмуванні ненавантаженого крана,

$$M_{\text{СТ.Г}} = \frac{(W_{BH} + W_{YX}) \cdot D_K \cdot \eta_M}{2 \cdot U_M} - \frac{W_{TP} \cdot D_K}{2 \cdot U_M \cdot \eta_M}; \quad (5.30)$$

$$M_{\text{СТ.Г}} = \frac{(0 + 289) \cdot 0,4 \cdot 0,85}{2 \cdot 63} - \frac{956,33 \cdot 0,4}{2 \cdot 63 \cdot 0,85} = -2,792 \text{ Нм}$$

$$W_{BH} = W_{KP} = 0 \text{ Н};$$

$$W_{TP} = \frac{R'_B \cdot (f \cdot d + 2 \cdot \mu)}{D_K} \cdot k_P, \quad (5.31)$$

$$W_{TP} = \frac{68770 \cdot (0,015 \cdot 0,095 + 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4})}{0,4} \cdot 2,5 = 956,33 \text{ Н.}$$

Із каталогу гальм, [1, табл. Д.47], вибираю двоколодкове гальмо типу ТКТГ–400М, максимальний гальмівний момент $M_{\Gamma} = 1500 \text{ Нм}$, діаметр гальмівного шківa $D_{\Gamma} = 400 \text{ мм}$.

					ДІП.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

6. ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ В МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЇ ТРАВЕРСИ

6.1. Дослідження статичних навантажень моделі траверси №1

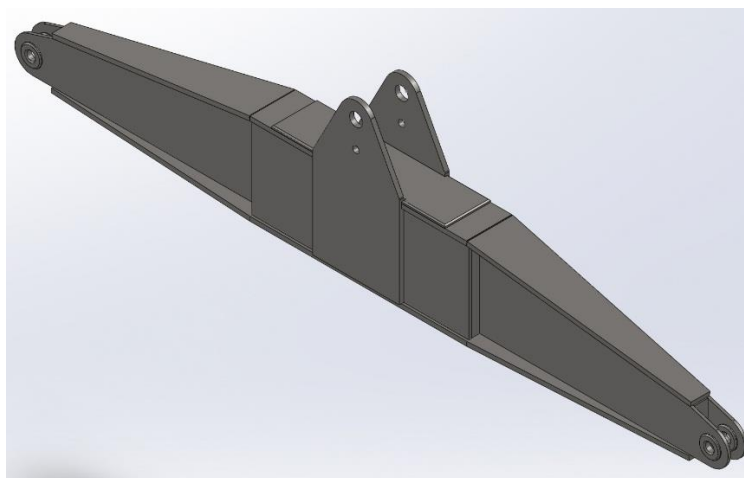
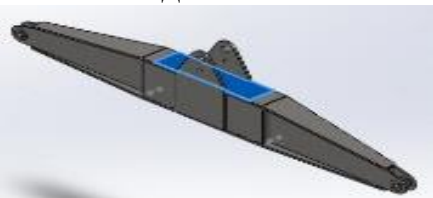
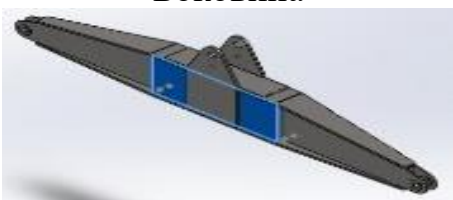
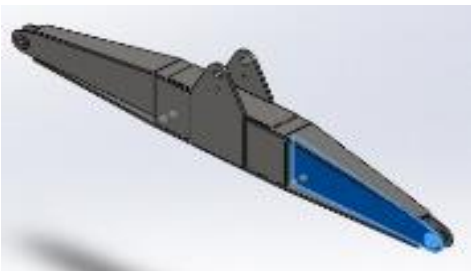


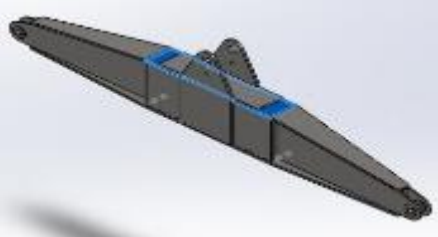
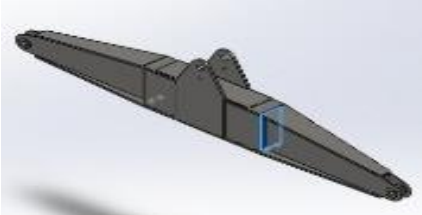
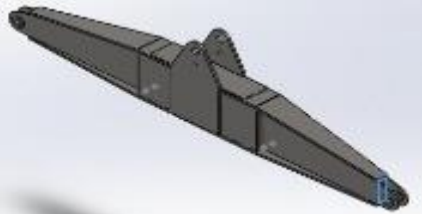
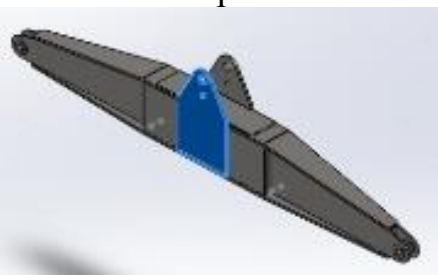
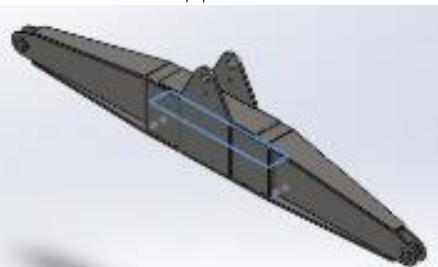
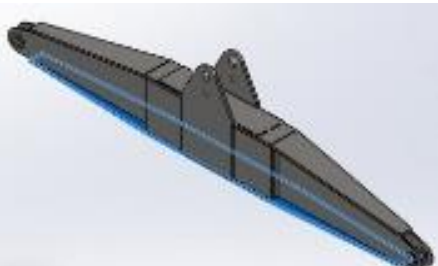
Рис. 6.1. Траверса

Таблиця 6.1

Інформація про модель №1

Ім'я документа	Розглядається як	Об'ємні властивості
1	2	3
Підсилення 	Тверде тіло	Маса – 15 кг Об'єм – 0,0019 м ³ Щільність – 7800 кг/м ³ Вага – 145 Н
Боковина 	Тверде тіло	Маса – 36 кг Об'єм – 0.005 м ³ Щільність – 7800 кг/м ³ Вага – 350 Н
Боковина 	Тверде тіло	Маса – 30 кг Об'єм – 0.004 м ³ Щільність – 7800 кг/м ³ Вага – 285 Н

Таблиця 6.1 закінчення

1	2	3
<p>Верхній лист</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 80 кг Об'єм – 0.01 м³ Щільність – 7800 кг/м³ Вага – 770 Н</p>
<p>Рebro</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 6 кг Об'єм – 0.0008 м³ Щільність – 7 800 кг/м³ Вага – 58 Н</p>
<p>Рebro</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 1 кг Об'єм – 0.000148224 м³ Щільність – 7800 кг/м³ Вага – 11 Н</p>
<p>Серга</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 37 кг Об'єм – 0.005 м³ Щільність – 7800 кг/м³ Вага – 361 Н</p>
<p>Лист підсилюючий</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 15 кг Об'єм – 0.002 м³ Щільність – 7800 кг/м³ Маса – 148 Н</p>
<p>Лист нижній</p> 	Тверде тіло	<p>Маса – 80 кг Об'єм – 0.018 м³ Щільність – 7800 кг/м³ Вага – 780 Н</p>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.480000.304.МРПЗ

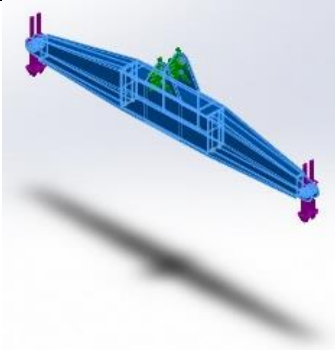
Арк.

68

Властивості дослідження

Тип аналізу	Статичний аналіз
Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Тепловий ефект:	Вкл
Термічний параметр	Включити теплові навантаження
Температура при нульовому навантаженні	298 К
Вплив навантажень на власні частоти:	Викл
Великі переміщення	Викл
Обчислити сили вільних тіл	Вкл
Тертя	Викл

Властивості матеріалу

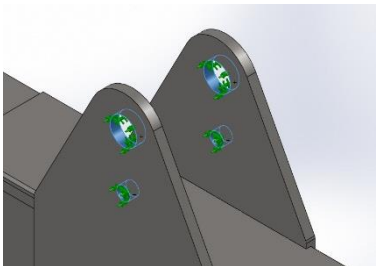
Вигляд моделі	Властивості	Компоненти
	<p>Ім'я: 1.8901 (S460N)</p> <p>Тип моделі: Лінійний Пружний Ізотропний</p> <p>Критерій міцності: Максимальне напруження von Mises</p> <p>Межа текучості: 3.8e+008 Н/м²</p> <p>Межа міцності при розтягуванні: 5.3e+008 Н/м²</p> <p>Модуль пружності: 2.1e+011 Н/м²</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0.28</p> <p>Масова щільність: 7800 кг/м³</p> <p>Модуль зсуву: 7.9e+010 Н/м²</p> <p>Коефіцієнт теплового розширення: 1.1e-005 /К</p>	Тверде тіло: Траверса у зборі

Одиниці вимірювання

Система одиниць вимірювання:	СІ (MKS)
Довжина/Переміщення	мм
Температура	К
Кутова швидкість	рад/сек
Тиск/Напруження	Н/м ²

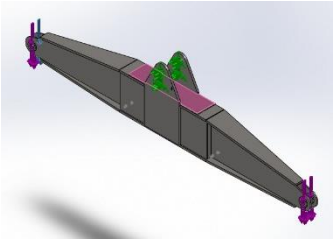
Таблиця 6.5

Кріплення

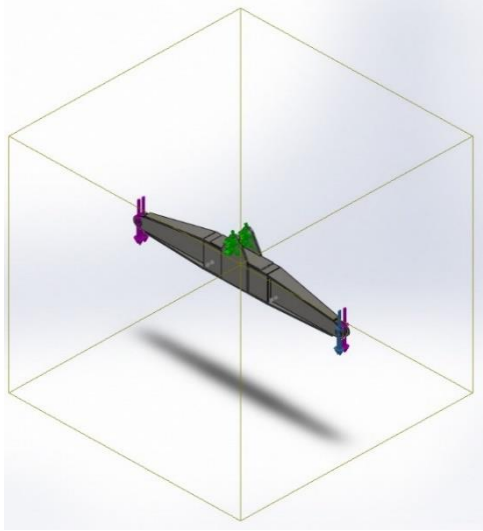
Ім'я закріплення	Зображення закріплення	Данні закріплення
Зафіксований шарнір		Об'єкти: 4 грані Тип: Зафіксований шарнір

Таблиця 6.6

Навантаження

Ім'я навантаження	Звантажити зображення	Завантажити данні
Сила-1-2-3-4		Об'єкти: 4 грані Довідковий: Грань < 1-2-3-4 > Тип: Прикласти силу Значення: 37500 Н

Данні контакту

Контакт	Зображення контакту	Властивості контакту
Глобальний контакт		Тип: Зв'язані Компоненти: 1 компонент Параметри: Сумісна сітка

Таблиця 6.8

Інформація про сітку

Тип сітки	Сітка на твердому тілі
Використане розбиття:	Стандартна сітка
Точки Якобіана	4 Точки
Розмір елемента	58.4 мм
Допуск	2.9 мм
Якість сітки	Висока
Всього вузлів	20895
Всього елементів	10883
Максимальне співвідношення сторін	42.7
% елементів з співвідношенням сторін < 3	21.5
% елементів з співвідношенням сторін > 10	2.16

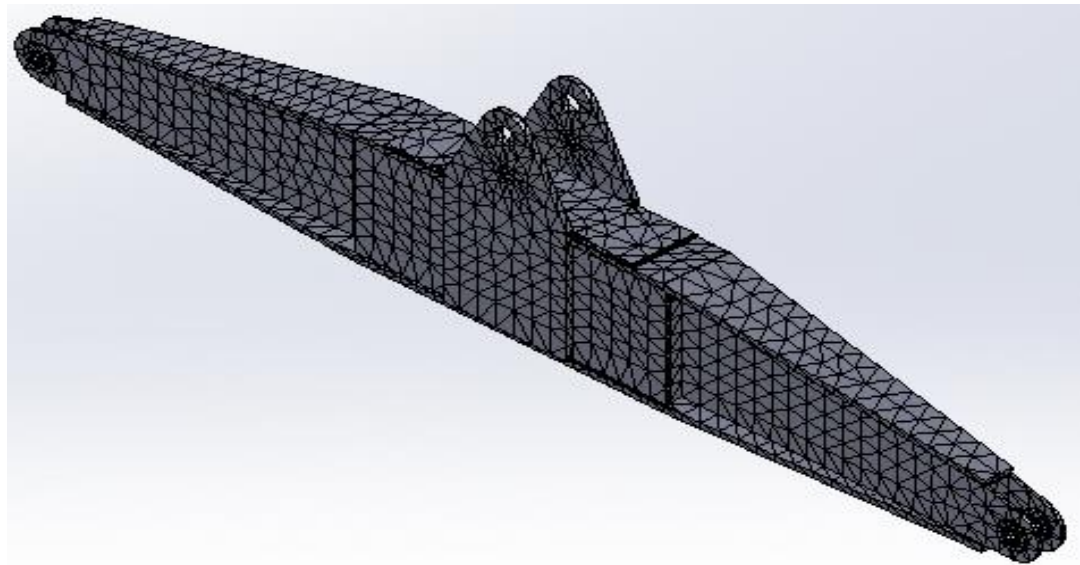


Рис. 6.2. Кінцево-елементна модель металокопструкції траверси

Таблиця 6.9

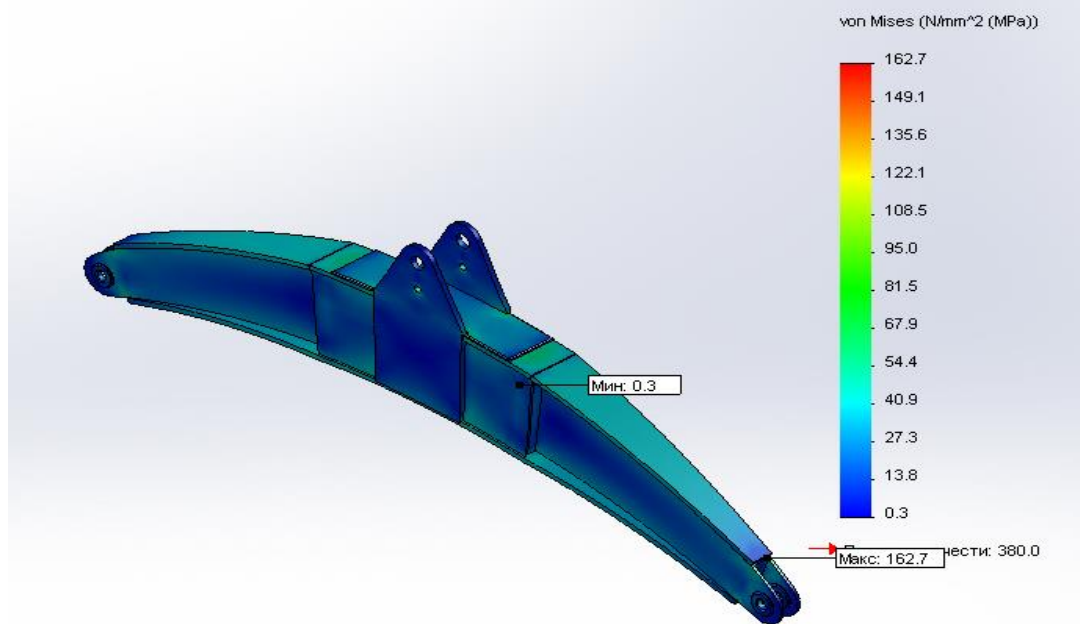
Результуючі сили реакції

Обраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
Всієї моделі	Н	7.3	150000	17.7	150000

Таблиця 6.10

Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
1	2	3	4
Напруження	VON: Напруження Von Mises	0.272971 Н/мм ² (МПа)	162.654 Н/мм ² (МПа)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

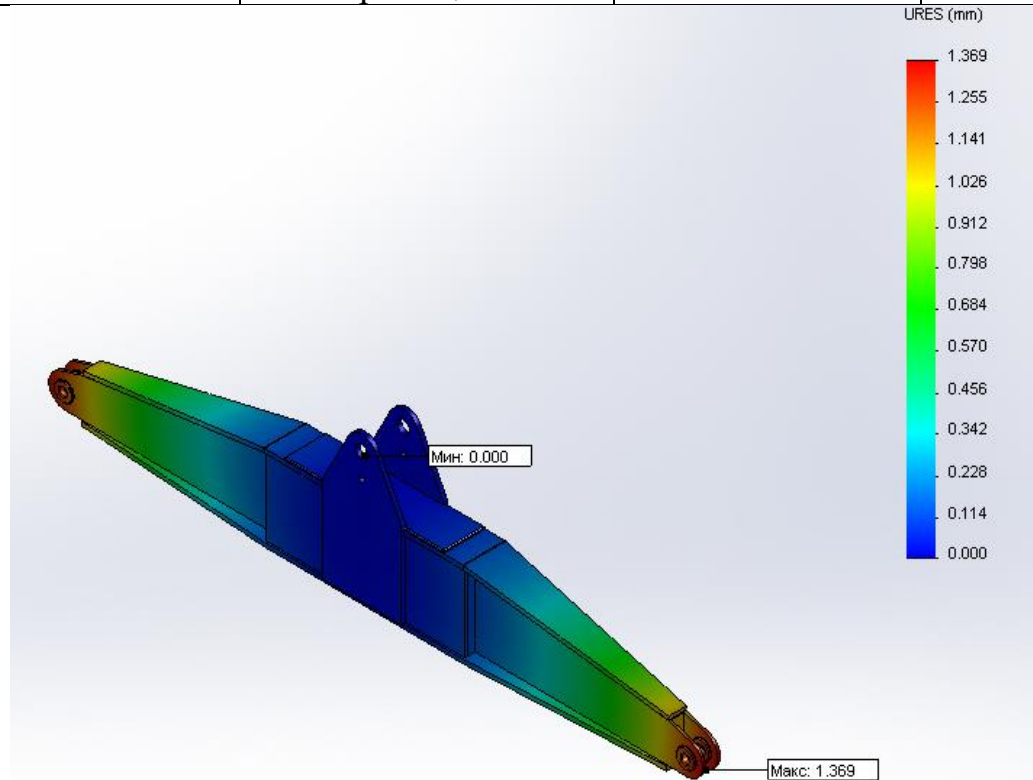
ДІТ.480000.304.МРПЗ

Арк.

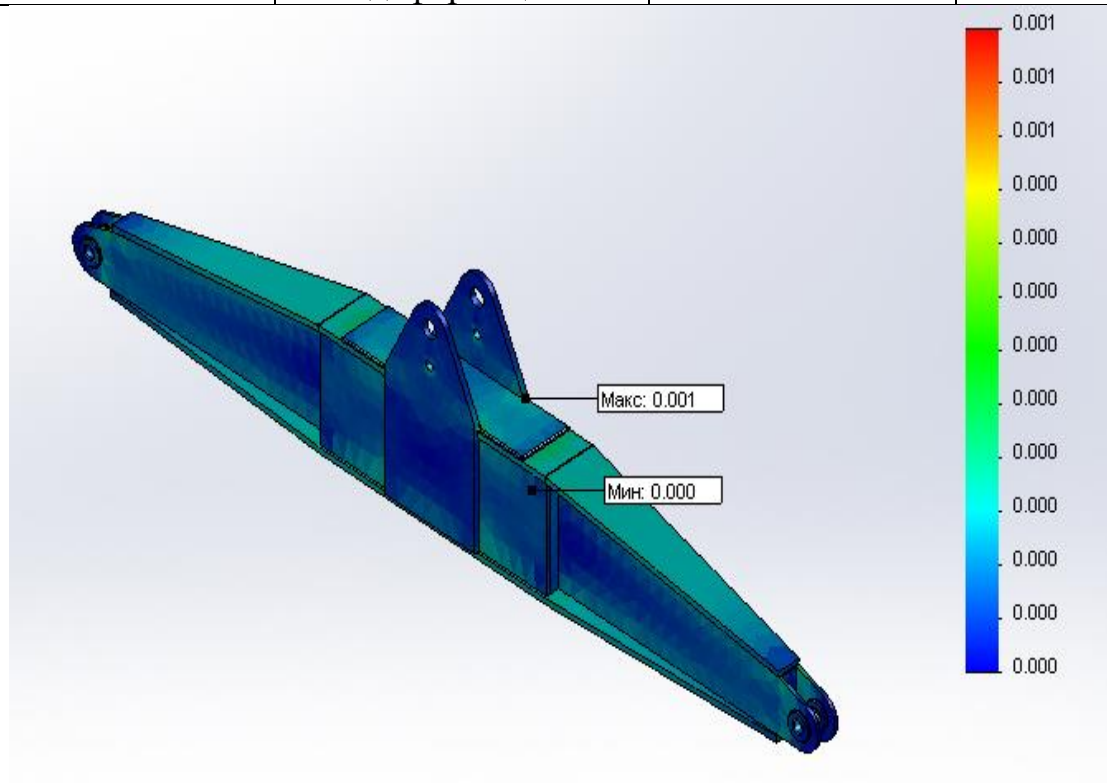
72

Таблиця 6.10 продовження

1	2	3	4
Переміщення	URES: Результуюче переміщення	0,0001 мм	1,4 мм



1	2	3	4
Деформація	ESTRN: Еквівалентна деформація	7.74007e-007	0.0006



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

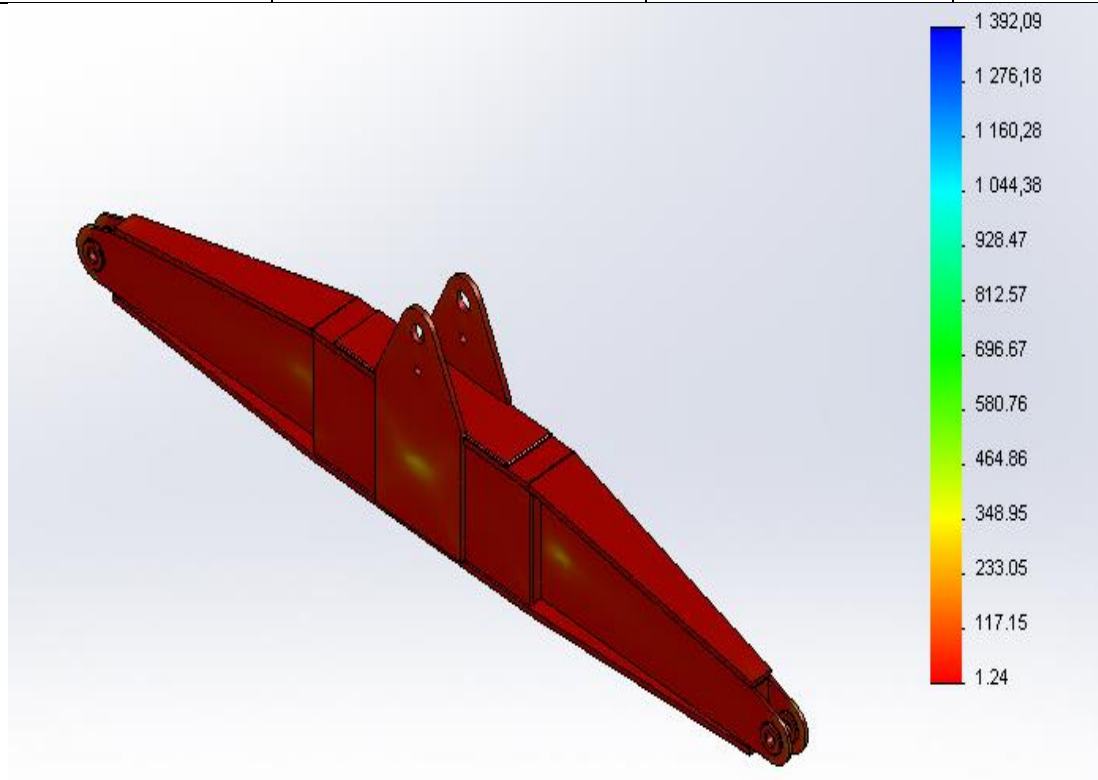
ДІТ.480000.304.МРПЗ

Арк.

73

Таблиця 6.10 закінчення

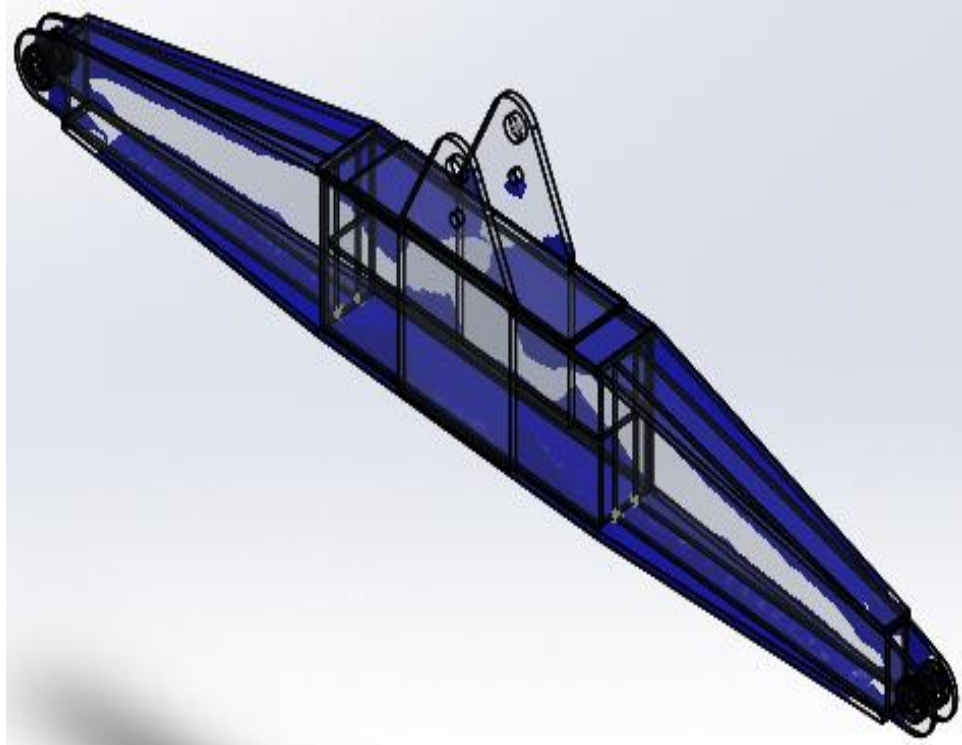
1	2	3	4
Запас міцності	Максимальне напруження Von Mises	1.24	1392.09



Картина послідовності дії навантаження на траверсу

Design Insight

Дизайн Insight



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.480000.304.МРПЗ

Арк.

74

6.2. Дослідження на втому моделі траверси №1

Результати досліджень на втому траверси №1 наведені нижче у табличному вигляді для їх компактизації та наочності.

Таблиця 6.11

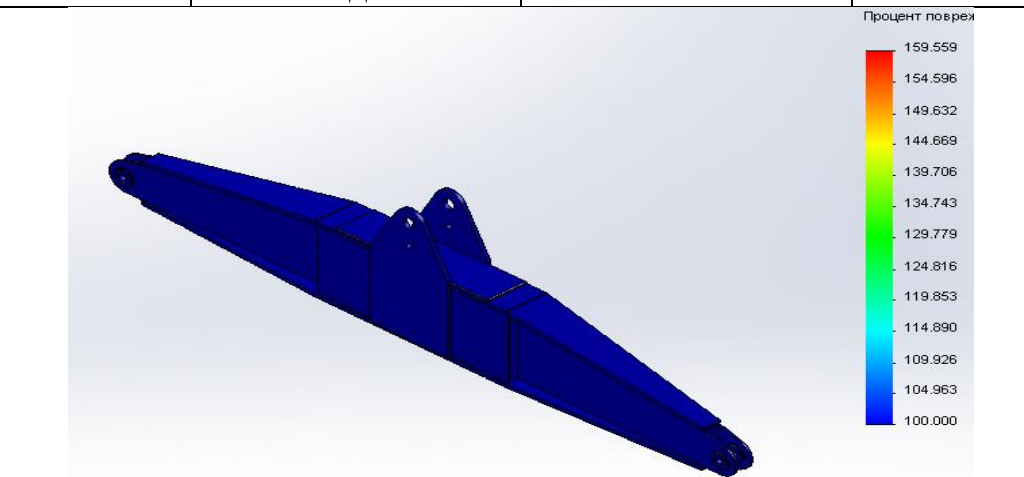
Властивості дослідження

Ім'я дослідження	Втома
Тип аналізу	Втома(Постійна амплітуда)
Грань оболонки	Верхня грань
Необмежений термін служби	Вимк

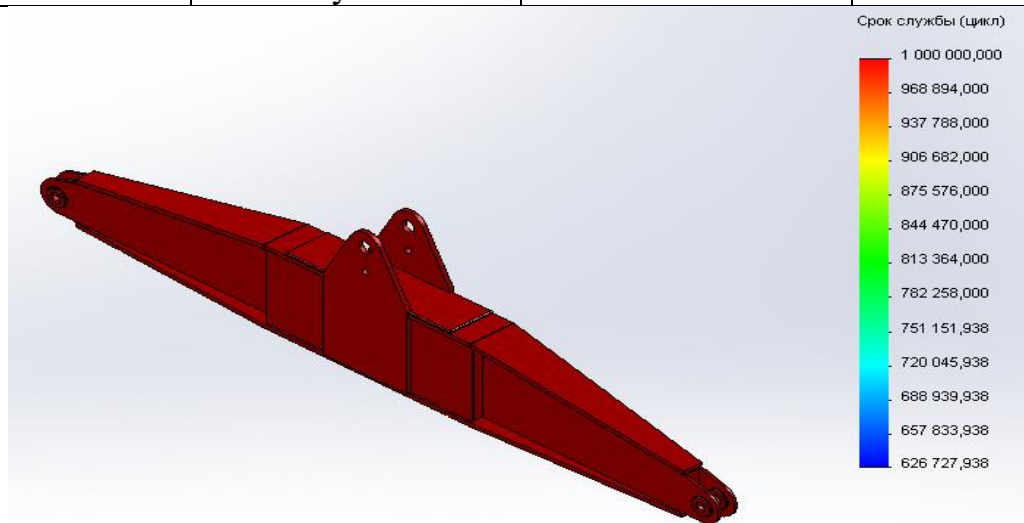
Таблиця 6.12

Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Результат 1	Епюра пошкодження	100	159.559



Результат 2	Епюра строку служби	626728 циклів	1e+006 циклів
--------------------	---------------------	---------------	---------------



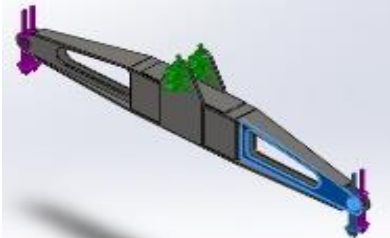
					ДІП.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

6.3. Дослідження статичних навантажень моделі траверси №2

Результати досліджень траверси №2 наведені нижче у табличному вигляді для їх компактизації та наочності.

Таблиця 6.13

Інформація про модель №2

Ім'я	Розглядається як	Об'ємні властивості
Боковина 	Тверде тіло	Маса – 16 кг Об'єм – 0.002 м ³ Щільність – 7800 кг/м ³ Вага – 155 Н

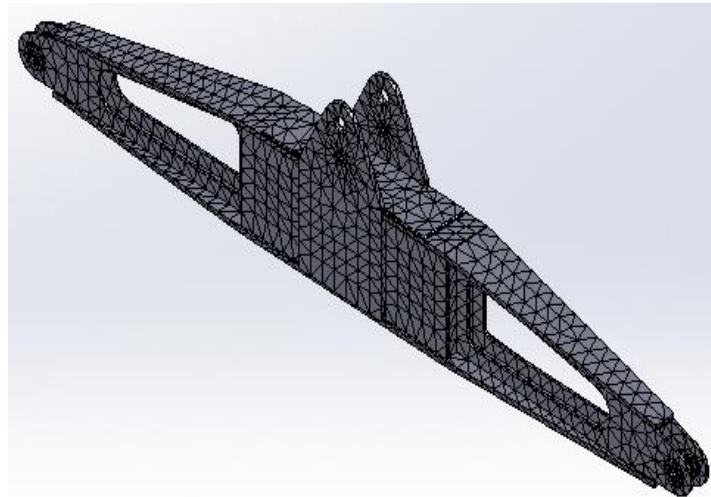


Рис. 6.3. Кінцево-елементна модель металоконструкції траверси

Таблиця 6.14

Інформація про сітку

Всього вузлів	19969
Всього елементів	10319
Максимальне співвідношення сторін	42.7
% елементів у співвідношенні сторін < 3	22.5
% елементів у співвідношенні сторін > 10	2.75

Таблиця 6.15

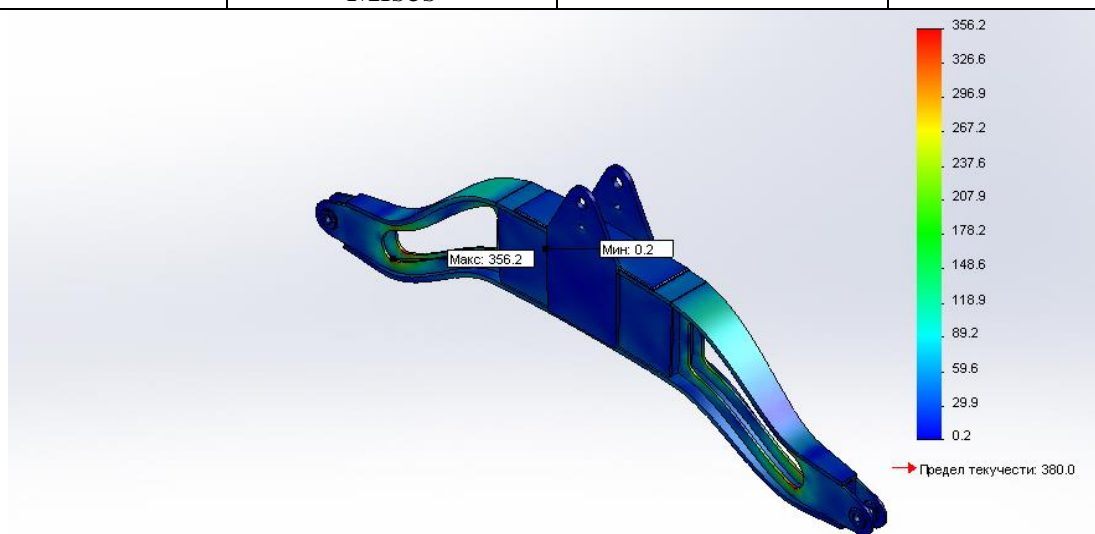
Сили реакції

Обраний набір	Одиниці вимірювання	Сума по X	Сума по Y	Сума по Z	Результуюча
Вся модель	Н	1.8	150000	10.5	150000

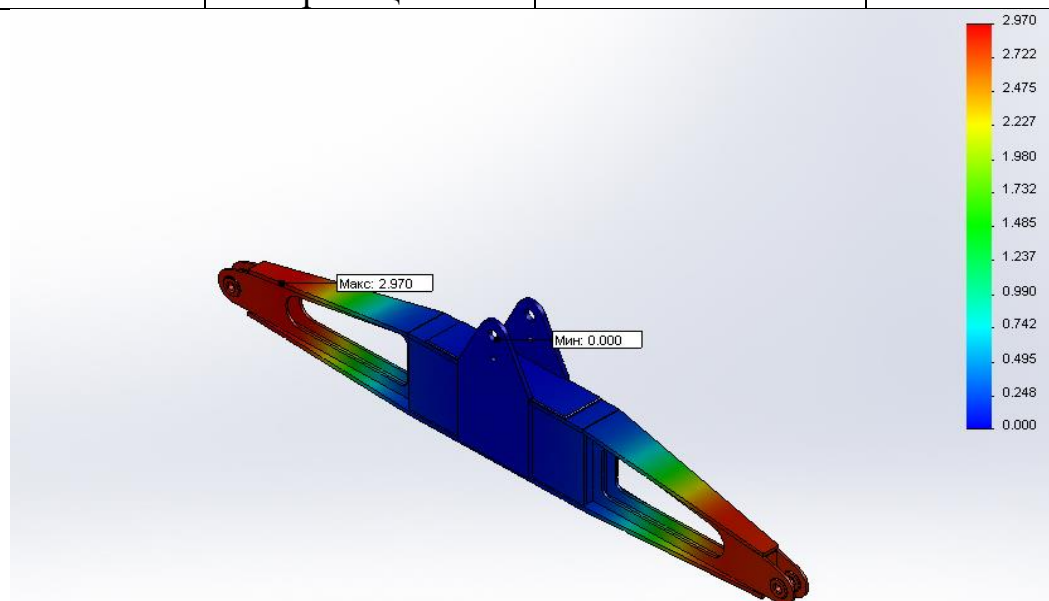
Таблиця 6.16

Результати дослідження

Ім'я	Тип	Мін	Макс
1	2	3	4
Напруження	Напруження Von Mises	0.23 (МПа)	356.2 (МПа)



Переміщення	Результуюче переміщення	0.0002 мм	2.9 мм
-------------	-------------------------	-----------	--------



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

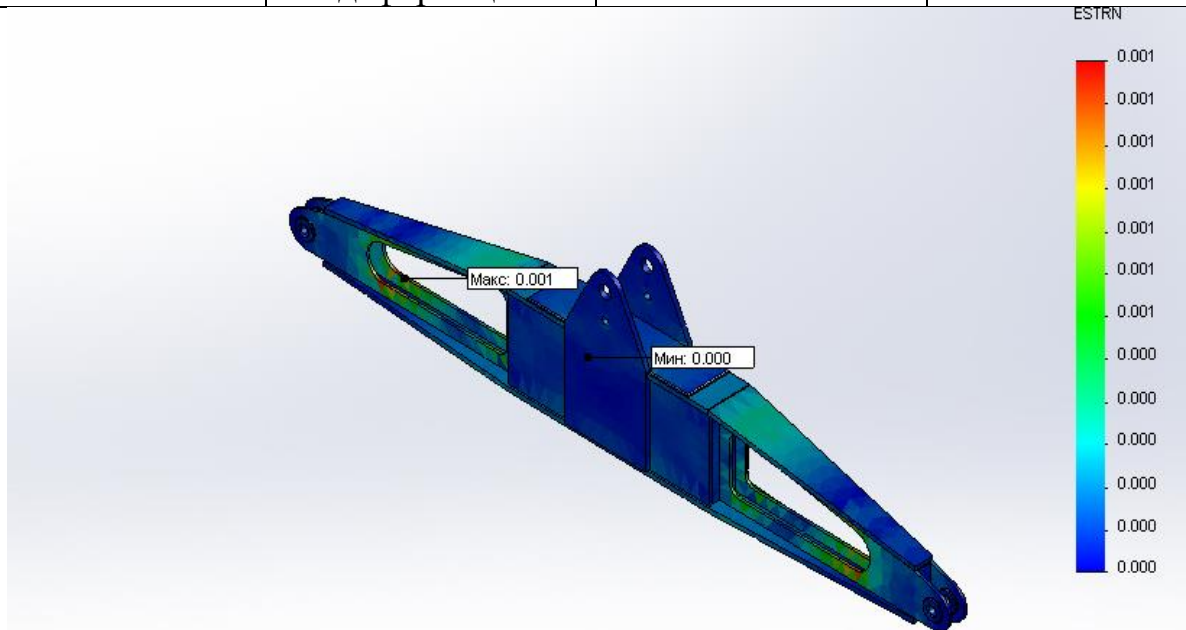
ДІТ.480000.304.МРПЗ

Арк.

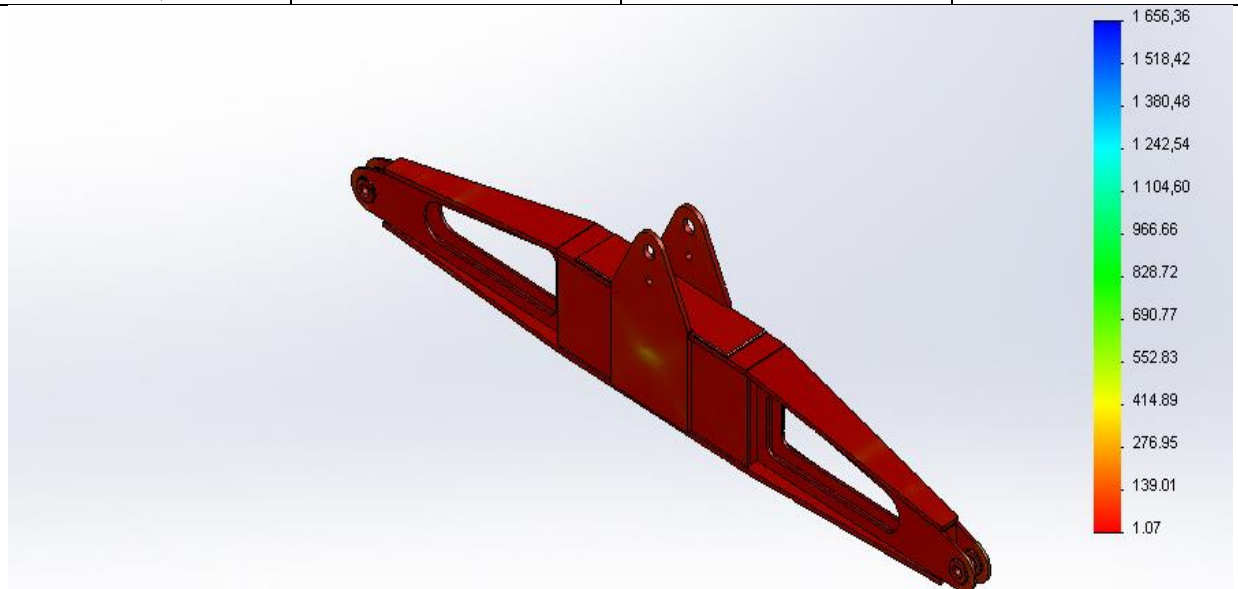
77

Таблиця 6.16 закінчення

1	2	3	4
Деформація	Еквівалентна деформація	1.35334e-006	0.002



Запас міцності		1.1	1656.36
----------------	--	-----	---------



6.4. Висновки за розділом

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДІТ.480000.304.МРПЗ

Арк.

78

7 СТРУКТУРА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ ТРАВЕРСИ

В даному розділі магістерської роботи проводиться розробка структури технологічного процесу зварювання траверси.

При проведенні зварювальних робіт і виготовленні зварних конструкцій необхідно дотримуватися ряду вимог, які до них пред'являються. Основним у цій справі вимогою є точне відповідність звареної конструкції експлуатаційного призначенню.

Зварна конструкція повинна бути дуже міцною та надійною, жорсткою, але при всіх витратах праці і матеріалів вона повинна бути економічною.

Всього кожної конструкції треба буде пройти кілька етапів.

Готовий виріб або конструкція повинна бути стійкою і довговічною, - саме такі вимоги пред'являються до неї за параметрами напрацювання.

Крім того, виробу повинна бути властива ремонтпридатність і висока технологічність.

Під технологічністю розуміють можливість виробництва кожного складового елемента конструкції або безпосередньо її за допомогою самого високопродуктивного обладнання, а також при мінімальних затратах праці.

Найменші або окремі готові складові елементи зварних конструкцій називаються зварними вузлами. Вони являють собою скріплені між собою кілька деталей допомогою зварювального процесу.

Зварювальним виробництвом називають сукупність декількох технологічних операцій, в результаті яких виходять готові зварні конструкції або їх складові частини.

У процес зварювального виробництва входять роботи з заготівлі, складання, зварюванні, обробці. Додатковими операціями вважаються допоміжні та контрольньо-перевірочні роботи.

Технологічний процес збирання – це сукупність операцій по з'єднанню деталей або складальних одиниць у визначеній технічно і економічно доцільній послідовності для отримання механізму або машини, повністю відповідаючи

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

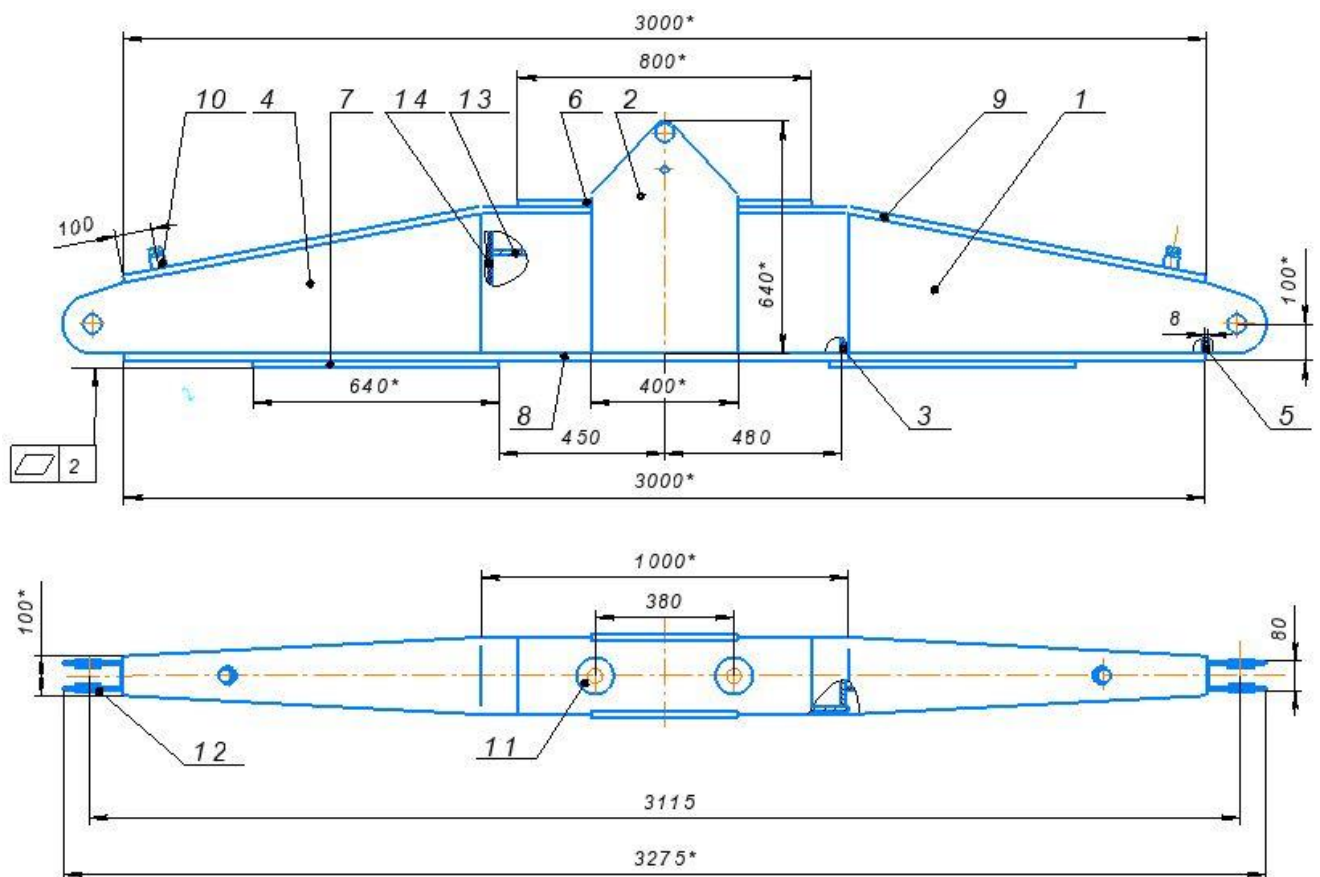
встановленим для них вимогам. В більшості випадків технологічний процес збирання є заключною стадією виробничого процесу в машинобудуванні, тому виконують також роботи по регулюванню і контролю.

Також, розроблено карти групових технологічних процесів.

Раціональна технологія збирання виробу машинобудування має у ряді випадків вирішальне значення для забезпечення його надійності і довговічності.

7.1 Загальна будова виробу

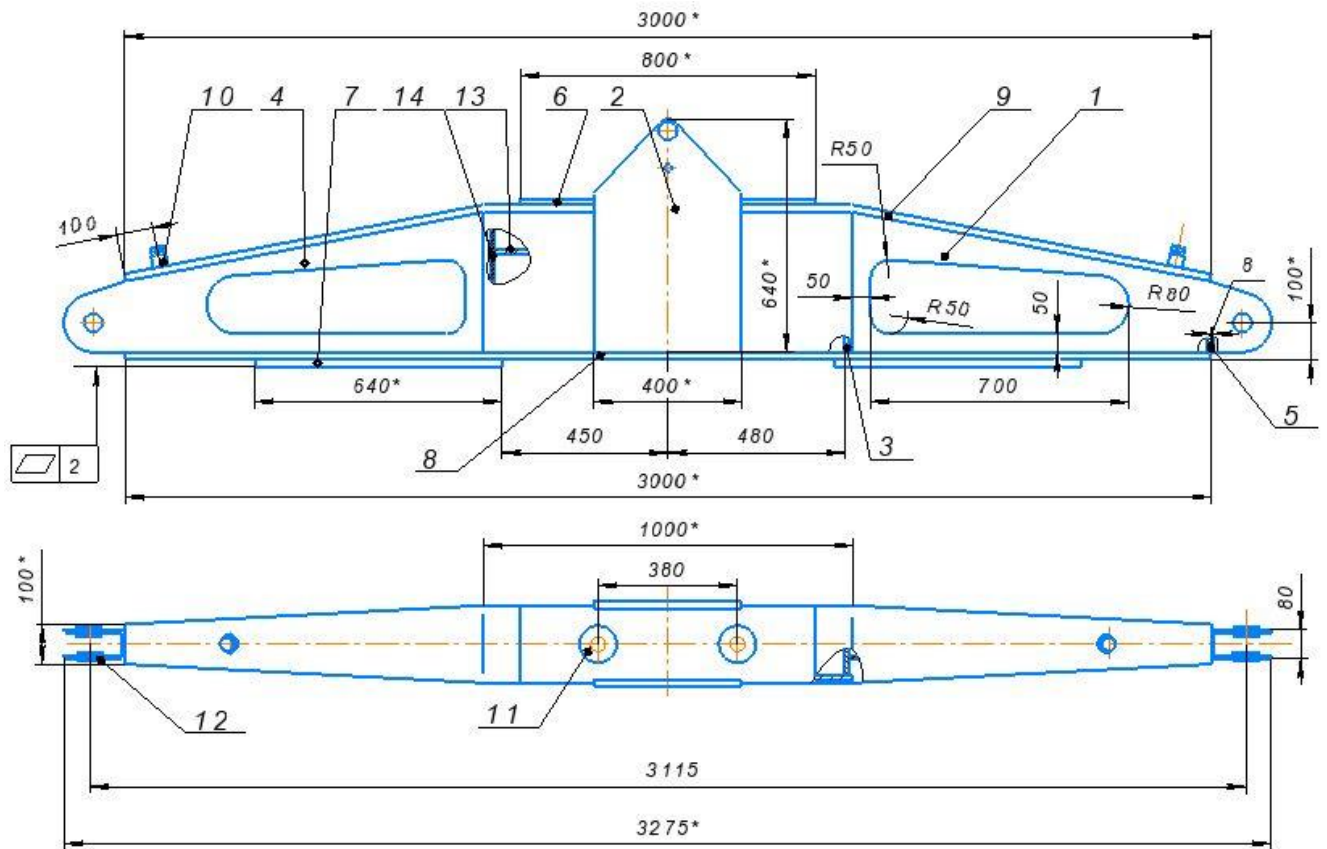
Вантажопідйомна траверса до модернізації (рис. 7.1) та після модернізації (рис. 7.2) призначена для розподілення навантажень при підніманні, монтажу крупно-габаритних вантажів та конструкцій, так як при підніманні вантажів одним гаком є велика вірогідність руйнування вантажу через неправильний розподіл навантаження. Траверса являє собою збірне креслення твердотілих моделей.



1, 4, 14 – боковина; 2 – серга; 3 – ребро; 5 – ребро; 6 – підсилення; 7, 9, 12 – платік; 8 – лист нижній; 9 – лист верхній; 10, 11 – упор; 13 – лист підсилюючий;

Рис. 7.1. Вантажопідйомна траверса до модернізації

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80



1, 4, 14 – боковина; 2 – серга; 3 – ребро; 5 – ребро; 6 – підсилення; 7, 9, 12 – платік; 8 – лист нижній; 9 – лист верхній; 10, 11 – упор; 13 – лист підсилюючий;

Рис. 7.2. Вантажопідйомна траверса після модернізації

7.2. Укрупнена структура технологічного процесу

Першим етапом в розробці процесу є складання його схеми. Спочатку складається укрупнена схема, яка відображає процес в загальному вигляді.

На укрупненій схемі технологічного процесу складання використовують такі позначення:



елементарна деталь;



ключова, базова деталь;

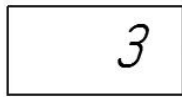


підгрупа четвертого порядку;

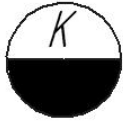
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



підгрупа третього порядку;



позначення зварювання;



позначення контрольної операції.

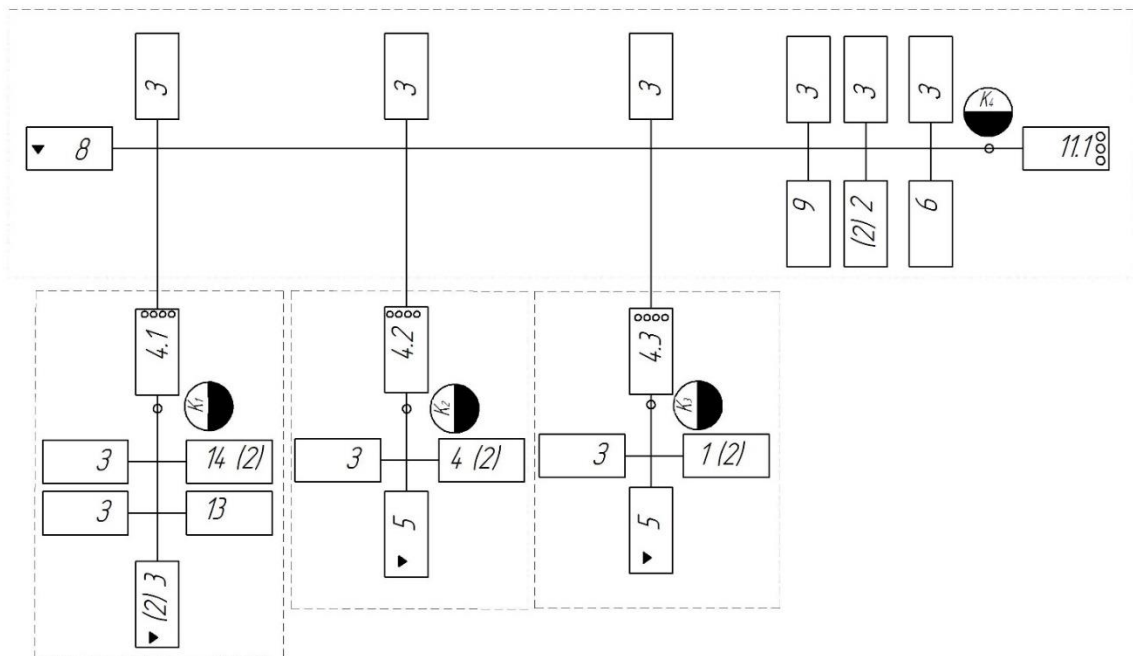


Рис. 7.3. Укрупнена схема технологічного процесу зварювання траверси

7.3. Аналіз розмірних ланцюгів при зварюванні траверси

Для контролю зібраного вузла можна використовувати розмірні ланцюги, аналіз яких дозволяє визначити взаємозв'язки між складальними одиницями і розробити послідовність їх комплектації.

Проведемо контроль відстані між проушинами траверси.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

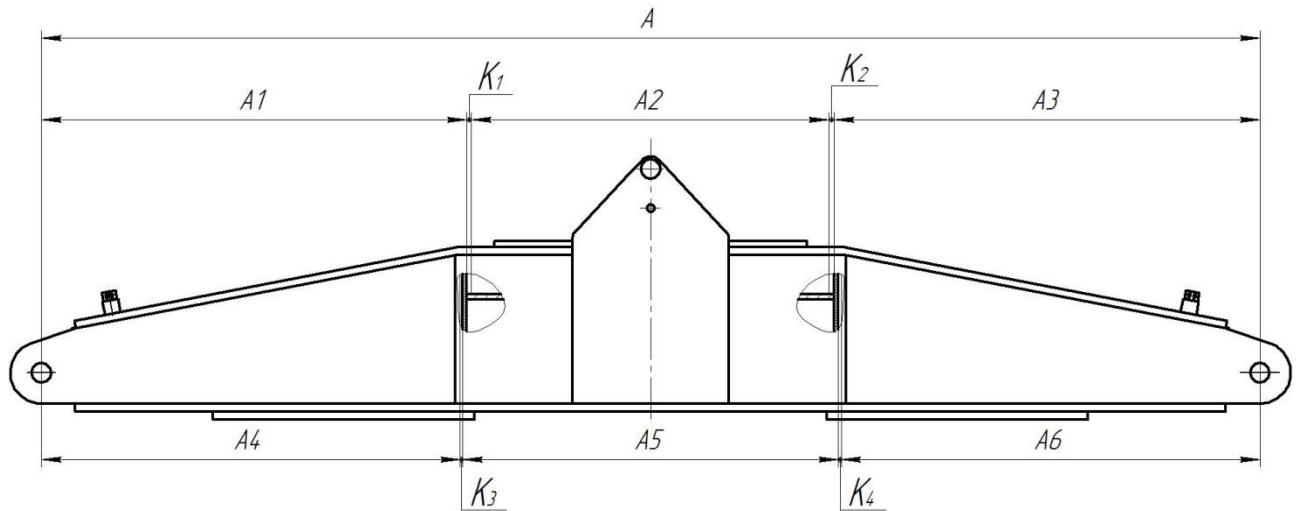


Рис. 7.4. Аналіз розмірного ланцюга між провусинами траверси

На рисунку 7.2 K_1, K_2, K_3, K_4 – компенсаторами вважаю ширину зварювального шва.

Довжину вузла можна перевірити так:

$$1) A = A_1 + K_2 + A_2 + K_2 + A_3;$$

$$2) A = A_4 + K_3 + A_5 + K_4 + A_6.$$

Розрахунок витрат часу на зварювання:

$$t_{шв} = \frac{L_{шв}}{V_{перем}}; \quad (7.1)$$

$$t_{шв} = \frac{1000 + 2300 + 3000 + 17600 + 1000 + 1200 + 7400 + 500}{5} = 6800 \text{ с} = 114 \text{ хв},$$

де $V_{перем} = 3...5 \text{ мм/с}$ — швидкість укладання зварювального шва.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

<i>PM1</i>			
<i>1-Зв</i>	<i>2-Сл</i>	<i>3-Тр</i>	<i>4-К</i>
<i>К1</i>	<i>К1</i>	<i>К1</i>	<i>К1</i>
<i>114</i>	<i>15</i>	<i>6</i>	<i>15</i>
<i>150</i>			

Рис. 7.5. Сітковий графік технологічного процесу зварювання траверси

<i>a</i>	<i>a</i> – номер робочого місця;
<i>b</i> ^{<i>c</i>}	<i>b</i> – номер операції на робочому місці;
<i>d</i>	<i>c</i> – назва операції;
<i>e</i>	<i>d</i> – назва комплекта або комплектів;
<i>f</i>	<i>e</i> – час затрачений на збирання комплекта;
<i>f</i> ^{<i>m</i>}	<i>f</i> – загальний час операції;
<i>g</i>	<i>m</i> – час переходу (між операціями, робочими місцями);
<i>h</i>	<i>g</i> – загальний час роботи на робочому місці;
<i>h</i>	<i>h</i> – загальний час технологічного процесу збирання

В даній роботі розроблено технологічний процес зварювання траверси. Складено укрупнену структуру технологічного процесу збирання. Побудовано сітковий графік, на якому зображена послідовність всіх операцій, а також час на їх виконання. Сітковий графік - це важлива частина технологічного процесу, яка дає можливість переглянути і, за потреби, змінити послідовність операцій процесу складання. Змінюючи види руху і послідовність деталей в процесі складання можна добитися оптимальної послідовності процесу і його часу, звівши до мінімуму витрати на простій устаткування і пролежування деталей.

Досягнути скорочення всіх складальних операцій можна апроваджуючи автоматичні складальні лінії, що також призведе до скорочення працемісткості і собівартості складання траверси.

8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вступ

Науково-технічний прогрес призводить до корінної зміни характеру та засобів трудової діяльності. Він створює для людини велику кількість благ: зменшує тяжкість праці (фізичне навантаження), робить її інтелектуальною, цікавою, різноманітною, розвиває творчі здібності людини, сприяє удосконаленню її професійних навичок тощо.

Проте сучасна техніка, на прикладі мостових кранів, є потенційним джерелом високої небезпеки для життя та здоров'я працівника, оточуючих його людей, а також навколишнього середовища. На думку переважної більшості дослідників, процес праці слід вивчати, враховуючи особистісні та індивідуально-типологічні особливості працюючого, оскільки помилка на виробництві (ціна якої зараз дуже висока), а також нещасний випадок, є наслідком зіткнення між якостями людини та особливостями конкретної професійної діяльності.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Небезпечними називаються чинники, здатні при відповідних умовах викликати гостре порушення здоров'я або загибель організму; шкідливими – чинники, що чинять негативний вплив на працездатність або викликають професійні захворювання і інші професійні наслідки.

8.1. Небезпечні та шкідливі фактори, які діють на кранівників при експлуатації вантажопідіймальних машин

На працівників під час обслуговування ними вантажопідіймальних мостових кранів можуть впливати небезпечні та шкідливі фактори. Небезпечними вважаються виробничі фактори, дія яких на працюючих в певних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності. Небезпечні та шкідливі

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

фактори по природі їх дії класифікуються на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні. Кожна з цих груп, у свою чергу, діляться на підгрупи.

Так перша група містить наступні фізичні небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на працівників під час роботи: машини і механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, заготовки та матеріали, що пересуваються; конструкції, що руйнуються; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів, повітря робочої зони; підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці; підвищена або зменшена вологість; підвищене значення напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; недостатня освітленість робочої зони; гострі кромки, задирки та шорсткість заготовок, інструментів та обладнання; розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі.

Група хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів поділяється на дві підгрупи, що об'єднують фактори по характеру дії на організм людини, - токсичні, роздратовуючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, що впливають на репродуктивну функцію, та по шляху проникнення в організм людини - через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкіряні покрови та слизові оболонки.

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії діляться на фізичні та нервово-психічні перевантаження. Фізичні перевантаження можуть бути статичними та динамічними. Нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці та емоційні перевантаження. Причому тут присутні як статичні, так і динамічні навантаження. При великих сумованих фізичних перевантаженнях настає втома організму людини, що призводить до зниження рівня уваги, швидкості реакції, а це небезпечно для осіб, які працюють з вантажопідйомними кранами.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Тому сумарні навантаження не повинні перевищувати встановлені санітарно-гігієнічні норми. Так допустимий рівень піднімання та переміщення (разове) вантажів при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину) для чоловіків становить 30 кг.

Падіння предметів з висоти, або самих працівників з висоти.

Нещасні випадки, що викликані дією електричного струму, складають 10-15% усіх випадків виробничого травматизму.

Електричний струм, проходячи через тіло людини, може спричиняти біологічну, теплову, механічну і хімічну дію на організм. Біологічна дія полягає у спроможності електричного струму роздратовувати та збуджувати живі тканини організму. При проходженні струму через організм може статися порушення його життєдіяльних функцій. Теплова дія електричного струму може привести до опіків тіла, механічна до розриву тканин організму, а хімічна - до електролізу крові.

Підвищений рівень шуму викликає головний біль, під його впливом розвивається роздратованість, знижується увага, уповільнюються сенсомоторні реакції, підвищуються, а при значній інтенсивній дії знижуються збуджувальні процеси в корі головного мозку. Робота в умовах підвищеного шуму може призвести до гіпертонічної або гіпотонічної хвороби, розвитку професійних захворювань - туговухості та глухоти.

Підвищений рівень вібрації може призвести до виникнення професійного захворювання - вібраційної хвороби (порушення нервових закінчень, відмирання шкіряного шару, постійний свербіж). Вібрація викликає такі захворювання, як погіршення зору, виразкову хворобу та гіпертонію, ущільнення тканин кісток, порушення роботи вестибулярного апарату та кровотворюючих органів.

8.2. Заходи безпеки при експлуатації вантажопідіймальних машин

Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів відповідно до НПАОП 0.00-1.01-07 встановлюють вимоги до будови, виготовлення, встановлення, монтажу, експлуатації, ремонту та реконструкції

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вантажопідіймальних кранів і машин, їх складових частин, а також вантажозахоплювальних органів, пристроїв, тари.

Перед початком роботи кранівник повинен пройти передрейсовий медичний огляд, отримати маршрутний лист, надягти спецодяг та спецвзуття.

Перед тим, як стати до роботи, кранівник повинен пересвідчитися у справності усіх механізмів, металоконструкцій та інших частин крана. Для цього кранівник повинен виконати такі дії.

Оглянути механізми крана, їх кріплення і гальма, а також ходову частину, тягові і буферні пристрої.

Перевірити наявність і справність огорож механізмів.

Перевірити змащення передач, підшипників і канатів, а також стан мастильних пристосувань і сальників.

Оглянути у доступних місцях металоконструкцію і з'єднання секцій стріли та елементів її підвіски (канатів, розтяжок, блоків, серг тощо), а також металоконструкцію і зварні шви ходової рами (шасі).

Оглянути в доступних місцях стан канатів та їх кріплення на барабані, а також укладку канатів у канавках блоків і барабанів.

Оглянути гак та його кріплення в обоймі, траверсу, а також ланцюги і кільця її підвіски.

Перевірити наявність і справність устаткування та приладів безпеки на крані (усіх кінцевих вимикачів, покажчика вантажопідіймальності тощо).

Провести випробування обмежувача вантажопідіймальності.

Кранівник разом із стропальником повинен перевірити справність знімних вантажозахоплюючих пристроїв і наявність на них клейм або бирок із позначенням номеру, вантажопідіймальності та дати випробувань.

Для огляду крана перед початком роботи кранівникам надається півгодини.

Огляд крана повинен здійснюватися тільки при непрацюючих механізмах.

При огляді крана кранівник повинен користуватися переносною лампою з напругою не більше 42 В.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Після огляду перед пуском крана в роботу кранівник, пересвідчившись у дотриманні необхідних габаритів наближення, зобов'язаний випробувати механізми на холостому ході і перевірити при цьому справність дії: механізмів крана та електричної апаратури, якщо така є; приладів і пристроїв безпеки; гальм.

При виявленні під час огляду і випробувань крана несправностей чи недоліків, які перешкоджають безпечній роботі, і неможливості їх усунення своїми силами кранівник, не приступаючи до роботи, доповідає про це працівнику, відповідальному за утримання мостових кранів у справному стані, й інформує працівника, відповідального за безпечне проведення робіт кранами.

Результати огляду записуються у вахтовий журнал крана.

Заборонено починати роботу на крані у разі наявності таких несправностей:

- тріщин або деформацій в металоконструкціях крана;
- відсутності шплінтів і затискачів у місцях кріплення канатів або ослаблення їх кріплення;
- вантажний канат має кількість обривів дротин та поверхнєве спрацювання, що перевищує встановлені Правилами норми, обірвану сталку чи місцеве пошкодження;
- механізм підймання вантажу має дефекти (несправності), що загрожують безпечності роботи крана;
- деталі гальма механізму підймання вантажу мають пошкодження;
- гаки мають зношення в зіві, що перевищує 10% первісної висоти перерізу, несправні запобіжні замки, що запобігають випаданню знімного вантажозахоплюючого пристрою, порушене кріплення його в обоймі;
- несправні або відсутні передбачені паспортом крана та інструкцією заводу виробника по експлуатації крана прилади та пристрої безпеки;
- відсутня огорожа механізмів і оголених струмопровідних частин електроустаткування.

До початку роботи кранівник зобов'язаний пересвідчитися в достатній освітленості робочої зони.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

На місці проведення робіт кранівник разом із стропальниками отримує від працівника, відповідального за безпечне проведення робіт кранами, цільовий інструктаж із записом у спеціальний журнал крана. Крім того, кранівник повинен перевірити наявність посвідчень на право проведення робіт у стропальника. Якщо для стропування вантажів призначені робітники, які не мають посвідчення стропальника, то кранівник не повинен розпочинати роботу.

Стропальники мають бути забезпечені розрахованими, випробуваними та промаркованими знімними вантажозахоплювальними пристроями і тарою належної вантажопідйомності.

На майданчиках для укладання вантажів має бути виділене місце, обладнане необхідними пристроями (касетами, пірамідами, стелажми, драбинами, підкладками, підставками тощо).

Для безпечного проведення робіт мостовим краном мають бути розроблені та затверджені підприємством (організацією), що здійснює ці роботи, ПВР на виконання цих робіт, технологічні карти складування вантажів, навантаження і розвантаження, з якими ознайомлені (під підпис) працівник, відповідальний за безпечне проведення робіт вантажопідйомними кранами, машиністи кранів і стропальники.

ПВР має, зокрема, передбачати:

- місця встановлення мостових кранів із зазначенням робочої та небезпечної зони роботи кранів, визначених відповідно до вимог НД, а також заходи щодо обмеження у разі потреби робочої зони крана;

- відповідність вантажопідіймальних кранів, що використовуються, умовам виконання монтажних робіт щодо вантажопідйомності, висоти підймання;

- переліки і маси вантажів, що переміщуються вантажопідйомними кранами, і знімних вантажозахоплювальних пристроїв, що застосовуються під час переміщення, а також графічні зображення (схеми) стропування цих вантажів;

Під час роботи механізмів кранівник не повинен відволікатися від своїх прямих обов'язків, а також здійснювати чищення, змащування і ремонт механізмів.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Входити на кран і сходити з нього під час його роботи не дозволяється.

Ні кранівник, ні його помічник не має права відходити від крана навіть на короткий час, не попередивши про це один одного. У разі потреби відлучитися кранівник зобов'язаний зупинити двигун, який приводить до руху механізми крану. У разі відлучення кранівника його помічнику або іншим особам керувати краном не дозволяється.

Перед тим, як здійснити будь-який рух краном, кранівник зобов'язаний пересвідчитися, що його помічник перебуває у безпечному місці, а в зоні роботи крана немає сторонніх осіб.

При увімкненні механізмів кранівник повинен подати попереджувальний сигнал. Ця вимога повинна виконуватися також, якщо у роботі механізмів крана була перерва.

При підйманні і переміщенні вантажу кранівник повинен керуватись такими вимогами:

Виконувати роботу краном тільки за сигналом стропальника. Якщо стропальник подає сигнал всупереч інструкції, то кранівник за таким сигналом не повинен здійснювати маневр крана. За пошкодження, спричинені дією крана, внаслідок виконання невірної поданої сигналу, несуть відповідальність як кранівник, так і стропальник, який подав невірний сигнал.

Сигнал «Стой!» кранівник зобов'язаний виконувати незалежно від того, хто його подає.

Перед підйманням вантажу попередити стропальника та усіх, хто знаходиться біля крана, про необхідність покинути зону підймання вантажу, а також про можливе опускання вантажу. Переміщення вантажу можна здійснювати лише при відсутності людей у зоні роботи крана. Зазначені вимоги кранівник повинен виконувати також при підйманні і переміщенні траверси.

З вимогами технології до початку виконання зазначених робіт кранівник повинен бути ознайомлений під розписку.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

Встановлювати гак підйимального механізму над вантажем так, щоб при підйманні виключався скісний натяг вантажного каната.

При підйманні вантажу необхідно попередньо підняти його на висоту 200...300 мм для перевірки правильності стропування вантажів і надійності дії гальма.

При підйманні вантажу відстань між обоймою гака та допоміжними блоками повинна бути не менша, ніж 500 мм.

Вантажі, які переміщуються у горизонтальному напрямку, необхідно попередньо підняти на 500 мм вище за предмети, що зустрічаються на шляху.

При підйманні, опусканні та переміщенні вантажу, що знаходиться поблизу стіни, колони, штабеля, верстата або іншого обладнання, попередньо пересвідчитися у відсутності стропальника та інших людей між вантажем, що підіймається, опускається або переміщується, та зазначеними частинами споруди, обладнання, транспортними засобами, а також у неможливості торкання вантажем, що підіймається, стін, колон тощо.

Підймання і переміщення дрібноштучних вантажів повинно здійснюватися у спеціально призначеній для цього тарі, при цьому має виключатися можливість випадання окремих вантажів.

Укладання і розбирання вантажу повинно здійснюватися рівномірно, без порушення габаритів для складування вантажів і без завалів проходів.

Уважно стежити за канатами.

Параметри електричних і електромагнітних полів на місці виконання робіт мають відповідати вимогам Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 01.08.96 N 239 "Про затвердження Державних санітарних правил та норм", зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29.08.96 за N 488/1513.

Роботи проводяться наступним чином:

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

- перед початком роботи працівник, відповідальний за безпечне виконання робіт кранами, проводить стропальникам та кранівнику цільовий інструктаж, перевіряє наявність у них та відповідність необхідних документів.

- тільки після виконання усіх вищевказаних вимог працівник, відповідальний за безпечне виконання робіт кранами, дає дозвіл кранівнику на початок робіт і робить про це запис у вахтовому журналі крана.

Вантаж, який переміщується краном і не має спеціальних пристроїв (петель, римів, цапф тощо), має бути застроплений (обв'язаний) відповідно до розроблених способів безпечного стропування (обв'язування) вантажів, графічні зображення цих способів (схеми стропування) повинні бути видані на руки кранівнику або вивішені у місцях проведення робіт.

Не дозволяється підймання залізобетонних і бетонних виробів масою понад 500 кг, що не мають маркування та позначення про фактичну масу;

Підймання, переміщення і опускання вантажу не повинно здійснюватись, якщо під ним знаходяться люди. Стropальник може знаходитися біля вантажу під час його підймання або опускання, якщо вантаж знаходиться на висоті не більше 1 м від рівня майданчика, на якому стоїть стропальник;

Опускати вантаж дозволяється на призначене для цього місце, де неможливе його падіння, перекидання або сповзання. На місце встановлення вантажу потрібно попередньо покласти підкладки відповідного розміру і міцності для того, щоб стропи або ланцюги можна було легко й без пошкоджень витягнути з-під нього. Укладати вантаж у місцях, не призначених для цього, не дозволяється. Укладання та розбирання вантажу слід проводити рівномірно, не порушуючи встановлених для складування вантажу розмірів і не захаращуючи проходу.

Після закінчення або при перерві в роботі вантаж не повинен залишатися в підвішеному стані, увідний пристрій має бути вимкнений і замкнений.

При підйманні та переміщенні вантажів кранівнику **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**:

- допускати до стропування не атестованих стропальників, а також застосовувати знімні вантажозахоплюючі пристрої, що не мають клейм та бирок;

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підіймати вантаж, масою більше вантажопідйомності крана;
- відривати гаком або вантаж, засипаний землею чи примерзлий до неї, закладений іншими вантажами, укріплений болтами або залитий бетоном;
- передавати керування краном особам, не маючим на це прав, а також допускати до самостійного керування учнів і стажистів без контролю за ними;
- підіймати балони із стиснутим або зрідженим газом, не укладені у спеціальні контейнери;
- вхід на вантажопідіймальний кран під час його руху;
- підіймання вантажу, що знаходиться в нестійкому положенні, або вантажу, підвішеного за один ріг дворогового гака;
- підіймання і переміщення вантажу з людьми, що знаходяться на ньому;
- підіймання працівників вантажопідіймними кранами для виконання робіт дозволяється за умови використання для цього спеціальних кабін і розробки ПВР, який установлює порядок проведення робіт і заходи щодо здійснення безпечного їх виконання;
- відтягування вантажу під час підіймання, переміщення та опускання. Для розвороту довгомірних і громіздких вантажів під час їх підіймання, переміщення та опускання застосовуються довгомірні гаки або відтяжки;
- вирівнювання вантажу, що підіймається, переміщується та опускається вагою тіла працівника, а також поправлення стропів з підвішеним вантажем;
- робота з виведеними з ладу або несправними приладами безпеки та гальмами;
- увімкнення механізмів вантажопідіймального крана під час перебування працівників на крані поза його кабіною (галереї, машинному приміщенні, тощо). Дозволяється знаходження працівників, що ведуть огляд і регулювання механізмів та електрообладнання. У цьому разі вмикання механізмів проводиться за сигналом працівника, що проводить огляд.

Забороняється підіймати:

- залізобетонні вироби з пошкодженими петлями;

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вантаж, стропування якого не відповідає розробленим схемам;
- вантаж, що знаходиться у нестійкому положенні;
- вантаж, підвішений за один ріг дворогого гака;
- вантаж у переповненій вище бортів тарі.

По закінченні роботи крана кранівник зобов'язаний додержуватися вимог:

- не залишати вантаж, траверсу у підвішеному стані;
- установити конструктивні елементи крана і гак у положення, визначене інструкцією заводу-виробника з монтажу та експлуатації крана;
- пройти після рейсовий медичний огляд;
- зняти спецодяг, спецвзуття та прийняти душ.

8.3. Дії працівників при аварійних ситуаціях

Кранівник зобов'язаний опустити вантаж, припинити роботу крана і сповістити про це працівника, відповідального за безпечне проведення робіт кранами у випадку аварійної ситуації або у разі виникнення несправностей, а також:

- при температурі повітря нижче допустимої мінусової, позначеної в паспорті крана;
- при закручуванні канатів вантажного поліспасти;
- якщо під час роботи крана трапилося розмотування канатів і кран знаходиться на електрифікованій дільниці, вилазити на металоконструкції крана, щоб усунути несправність, не дозволяється; для цього спочатку треба перемістити кран на не електрифіковану дільницю, і тільки після цього приступати до ремонту;
- при настанні нещасного випадку необхідно негайно повідомити про це керівництво цеху, організувати надання потерпілому першої медичної допомоги та направити його, якщо це потрібно, у лікувальний заклад; на місці нещасного випадку слід усе зберегти, як було на момент його настання до приїзду комісії з розслідування (якщо це не загрожує здоров'ю та життю оточуючих людей та не призведе до більш тяжких наслідків);

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

- при виявленні обриву дротів електрообладнання слід негайно попередити про це електрика, чергового техніка та до прибуття бригади електриків огородити місце обриву і стежити, щоб ніхто не наближався до нього ближче 4 метрів;

- при аваріях та нещасних випадках необхідно негайно припинити роботи;

- при виявленні в зоні крокової напруги людини, слід вжити заходів для відключення електроустановки. Якщо відключення електроустановки неможливе, можна відкинути дріт сухою палицею, або відтягнути потерпілого за сухий одяг, не торкаючись оголених ділянок тіла потерпілого; при цьому слід надіти діелектричні рукавички або намотати на руку суху тканину; крім того слід пам'ятати, що вхід та вихід із зони крокової напруги слід проводити лише "гусячим кроком", не відриваючи ніг від землі;

- у разі виявлення ознак горіння (диму, запаху гару, відкритого полум'я) необхідно негайно припинити роботу і подати голосом команду «Увага! Припинити роботу!», потім повідомити про пожежу начальника, пожежну команду та приступити до гасіння пожежі засобами пожежогасіння (вогнегасниками). Якщо ви самі не можете впоратися з пожежею, слід вжити заходів для евакуації людей та майна згідно схеми евакуації;

- надати першу допомогу потерпілому від нещасного випадку.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

При виконанні дипломного проекту запропонована модернізація мостового крана стосовно підвищення вантажопідйомності з метою підвищення надійності і довговічності його роботи.

В результаті виконання проекту на основі патентного пошуку запропоноване конструктивне рішення траверси, яке відрізняється надійністю конструкцій, зручністю монтажних-демонтажних робіт щодо металокопструкцій.

При виконанні силового розрахунку консольного крана обґрунтовано вибрані електродвигуни механізмів, розглянуті компоувальні рішення механізмів крана та остаточно визначені параметри механізмів.

Розраховані на міцність елементи металокопструкції траверси, та запропонована нова модель, яка доводять, що умова міцності виконується у всіх випадках розрахункових положень і забезпечується завдяки полегшення металокопструкції, правильним вибором матеріалів і умов роботи металокопструкції.

У технологічній частині проекту запропонована технологія траверси, яка передбачає вибір заготовки, маршруту виготовлення виробу, формування структури операцій механічної обробки, часу на обробку деталей траверси на різних стадіях зварювання.

Враховані особливості експлуатації мостового двобалкового крана в умовах, що передбачають виникнення нештатних ситуацій і рекомендований комплекс дій щодо захисту обслуговуючого персоналу і машини від вражаючих факторів і виходу з ладу.

Доцільність запропонованого варіанту траверси та модернізація траверси підтверджується позитивним економічним ефектом, який складає 248200 грн. При цьому доцільно продовжити удосконалення запропонованого технічного рішення в плані оптимізації металокопструкції траверси та розширення функціональних можливостей крана за рахунок розробки комплексу змінного оснащення для роботи з різноманітними вантажами.

					ДІТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Ракша С.В., Мелашич В.В., Колісник М.П. Розрахунки механізмів кранів мостового типу. Дніпропетровськ, „Пороги”, 2006 – 147 с.

2. Рум’янцев Б.П., Бурко Я.В., Зеленко О.В. Довідник конструктора вантажопідйомних машин: Навчальний посібник. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2002 – 250 с.

3. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомальних кранів: ДНАОП 0.00-1.03-02.-Х.: Форт, 2002 – 416 с.

4. Гакові підвіски вантажопідйомних машин. Навчальний посібник / П.І. Пузирьков. – Дніпропетровськ: Арт – Прес. - 1988. - 126 с.

5. Іванченко Ф.К. і ін. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин. – К.: Вища школа, 1978. – 573 с.

6. Довідник до розрахунків механізмів вантажопідйомних кранів: Навчальний посібник / Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, Укл. С. В. Ракша. – 2005. – 132 с.

					ДПТ.480000.304.МРПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98