

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему Модернізація стріперного крану $Q = 250 \text{ т} + 50/20 \text{ т}$.

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-322

Спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

ОПП «Підйомнотранспортні, дорожні,
будівельні меліоративні машини і
обладнання»

ПАХОТА М.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник ФРОЛОВ Р.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент СИДОРЕНКО М.В.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет НУЗП, Машинобудівний факультет
Кафедра Деталей машин і підйомно-транспортних механізмів
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Підйомнотранспортні, дорожні, будівельні
меліоративні машини і обладнання
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Мартовицький Л.М.
« » 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ПАХОТА Максим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Модернізація стріперного крану Q = 250 т + 50/20 т.

керівник проєкту (роботи) ФРОЛОВ Роман Олександрович, ст. викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» 04 2026 року № 163

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи)

Вихідна конструкція стріперного крану, виготовленого заводом ім. Ернеста
Тельмана (м. Магдебург, НДР)

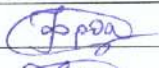
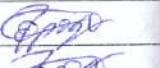
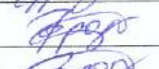
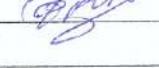
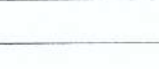
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Крани мостові для роздягання злитків (стріперні) 2 Розрахунок механізму
головного підйому 3 Розрахунок механізму управління кліщами 4 Економічне
обґрунтування модернізації крана 5 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Кран стріперний, загальний вигляд – 1 лист (формат A0); механізм виштовхування –
1 лист A1; модернізація механізму головного підйому та механізму управління
кліщами – 1 лист A1; механізм головного підйому – 2 листа A1; вузол барабану – 1
лист A1; механізм управління кліщами – 2 листа A1.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Фролов Р.О., ст. викладач		
2	Фролов Р.О., ст. викладач		
3	Фролов Р.О., ст. викладач		
4	Фролов Р.О., ст. викладач		
5	Фролов Р.О., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання «__16__» березня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Срок виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Крани мостові для роздягання злитків (стриперні)	10.04.2026	
2	Розрахунок механізму головного підйому	30.04.2026	
3	Розрахунок механізму управління кліщами	15.05.2026	
4	Економічне обґрунтування модернізації крана	30.05.2026	
5	Охорона праці	01.06.2026	

Студент


(підпис)

ПАХОТА М.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

ФРОЛОВ Р.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

БАЛАНСИРНА ПРОТИВАГА, ЕЛЕКТРИЧНИЙ ДВИГУН, ЗАХВАТНІ КЛІЩІ, ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ, КРАНОВИЙ ВІЗОК, ЛИВАРНА ФОРМА, НАПРЯМНІ, ПЕРЕДАВАЛЬНИЙ РЕДУКТОР, ПІДЙОМНИЙ ГАК, СТАЛЕВИЙ ЗЛИТОК, СТАЛЕВИЙ КАНАТ, СТРИПЕРНИЙ ПІДЙОМНИЙ КРАН, ШТОК

Пояснювальна записка містить: 69 с., 14 рис., 5 табл., 6 додатків, 16 джерел.

Об'єктом модернізації є механізм головного підйому та механізм керування кліщами стриперного крана.

Метою дипломної роботи є оновлення приводів механізмів крана, виготовленого заводом ім. Ернеста Тельмана (м. Магдебург, НДР), шляхом їх заміни на більш сучасні та технічно досконалі аналоги.

Крани для роздягання злитків використовуються у стриперних відділеннях мартенівських цехів і встановлюються на підкранові рейкові шляхи. Вони призначені для виконання технологічних операцій, пов'язаних із вилученням сталевих злитків із виливниць.

Основними робочими органами таких кранів є великі та малі кліщі, а також штемпель із наконечником, за допомогою яких здійснюється процес роздягання злитків.

До складу основних механізмів крана входять механізм головного підйому, механізм виштовхування, механізм керування кліщами, а також механізми пересування візка і самого крана.

Проведення модернізації механізмів крана спрямоване на підвищення надійності конструкції, збільшення терміну служби обладнання, а також покращення уніфікації та взаємозамінності з механізмами аналогічних кранів ви-

робництва підприємства «Дніпротяжмаш». При цьому функціональне призначення механізмів та технологія процесу роздягання злитків залишаються без змін.

ЗМІСТ

С.

Вступ	8
1.Крани мостові для роздягання злитків (стриперні).....	9
1.1 Загальні відомості.....	9
1.2 Механізм пересування крана.....	13
1.3 Візок крана.....	14
1.3.1 Механізм пересування візка.....	15
1.3.2 Механізм головного підйому.....	18
1.3.3 Механізм управління великими кліщами.....	22
1.3.4 Механізм виштовхування та малі кліщі.....	23
1.3.5 Допоміжний підйом.....	25
1.4 Операції по роздяганню злитків.....	27
1.4.1 Роздягання злитків, відлитих розширенням до низу.....	27
1.4.2 Роздягання злитків, відлитих розширенням доверху.....	27
1.4.3 Відривання злитків розширенням донизу від піддона.....	28
2 Розрахунок механізму головного підйому.....	29
2.1 Вихідні дані.....	29
2.2 Вибір кінематичної схеми.....	30
2.3 Вибір схеми та кратності поліспасти.....	30
2.4 Вибір вантажного каната та його закріплення на барабані.....	31
2.5 Розрахунок розмірів блоків та барабана.....	33
2.6 Розрахунок потужності двигуна, його вибір.	34
2.7 Вибір редуктора.....	36
2.8 Визначення гальмівного моменту та вибір гальм. Вибір муфти.....	38
3 Розрахунок механізму управління кліщами.....	39
3.1 Вибір кінематичної схеми.....	39
3.2 Вибір схеми та кратності поліспасти.....	39
3.3 Вибір вантажного каната та його закріплення на барабані.....	39

3.4 Розрахунок розмірів блоків та барабана.....	41
3.5 Розрахунок потужності двигуна, його вибір.	42
3.6 Вибір редуктора.....	44
3.7 Визначення гальмівного моменту та вибір гальм. Вибір муфти.....	45
4 Економічне обґрунтування модернізації крана.....	47
4.1 Розрахунок показника економічної ефективності для механізму головного підйому крана.....	49
4.2 Розрахунок показника економічної ефективності для механізму управління кліщами крана.....	50
5 Охорона праці.....	53
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	53
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки.....	55
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	57
5.4 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	62
5.5 Заходи по забезпеченню умов праці при надзвичайних ситуаціях	64
Висновки	67
Перелік джерел посилання	68
Додатки	

ВСТУП

Розвиток машинобудівної галузі супроводжується постійним зростанням потреби в чорних і кольорових металах. Кожна країна прагне посилити свої позиції на міжнародному ринку металопродукції. Тому металургійна промисловість орієнтується як на задоволення потреб внутрішнього ринку, так і на вихід із конкурентоспроможною продукцією на світовий ринок. У боротьбі за лідерство важливу роль відіграють засоби виробництва, які повинні характеризуватися високою надійністю, ефективністю та здатністю оперативно виконувати необхідні технологічні операції.

Створення сучасного, технічно досконалого обладнання та його впровадження під час переоснащення виробництва є актуальним завданням. Особливо це стосується України, де в металургійній промисловості значна частина обладнання експлуатується протягом тривалого часу та є морально і фізично застарілою. Такий стан техніки не дозволяє забезпечити виконання виробничих завдань на належному технічному рівні. Під час технічного обстеження обладнання необхідно приймати рішення щодо його повної заміни або проведення модернізації, що сприятиме підвищенню надійності машин і якості виробничого процесу.

Під час експлуатації стриперного крана, виготовленого заводом ім. Ернеста Тельмана (м. Магдебург, НДР) і встановленого на металургійному комбінаті «Запоріжсталь», виникла потреба у модернізації механізму головного підйому та механізму керування кліщами. Необхідність таких змін зумовлена значним фізичним зношенням та моральним старінням зазначених механізмів.

Даний проект розроблено з метою забезпечення уніфікації та взаємозамінності з механізмами аналогічних кранів, що виготовляються на підприємстві «Дніпротяжмаш». Доцільність запропонованих технічних рішень підтверджується виконаними техніко-економічними розрахунками.

1 КРАНИ МОСТОВІ ДЛЯ РОЗДЯГАННЯ ЗЛИТКІВ (СТРИПЕРНІ).

1.1 Загальні відомості

Крани для роздягання злитків встановлюють на підкранових рейкових шляхах у стриперних відділеннях мартенівських цехів. Вони призначені для виконання технологічних операцій, пов'язаних із вилученням сталевих злитків із виливниць після процесу їх затвердіння. Застосування таких кранів забезпечує механізацію важких виробничих процесів та підвищує продуктивність металургійного виробництва.

Основними робочими елементами стриперних кранів є великі та малі кліщі, а також штемпель із наконечником, за допомогою яких здійснюється операція відокремлення злитка від виливниці (рисунки 1.1). Завдяки конструкції цих пристроїв забезпечується надійне захоплення елементів і передача значних зусиль, необхідних для виконання технологічного процесу.

У сучасних мартенівських цехах переважно використовують трьохоперацийні крани для роздягання злитків. Такі машини здатні виконувати декілька основних операцій:

1. вилучення злитків, відлитих у виливницях із розширенням донизу;
2. вилучення злитків із виливниць, що мають розширення догори;
3. відривання злитків із розширенням донизу від піддона.

Крім основних технологічних операцій, кран може виконувати і допоміжні роботи. Для цього використовується гак, який через траверсу захоплюється великими кліщами. Під час прибирання виробничих приміщень або переміщення металевих елементів на допоміжний гак може встановлюватися електромагніт із підйомною силою до 20 тс.

Основні параметри кранів для роздягання злитків регламентуються стандартом ГОСТ 12613-67. Характеристики аналогічних кранів, що виготовляються заводом «Дніпротяжмаш», наведені на рисунку 1.1 та в додатку А, а їх технічні показники подані в додатку Б.

Механізм головного підйому, а також механізми переміщення крана і візка працюють у дуже важкому режимі експлуатації (ПВ 60 %). Інші механізми крана функціонують у важкому режимі роботи з тривалістю вмикання близько 40 %. Такі умови експлуатації обумовлені значними навантаженнями, високою інтенсивністю роботи та необхідністю виконання силових операцій під час роздягання злитків.

Конструкція сучасного крана для роздягання злитків вантажопідйомністю 75/20 тс із зусиллям виштовхування 400 тс наведена на рисунку 1.2. Основними складовими частинами крана є металева конструкція мосту 4, механізм пересування крана 3 та візок 1. Візок спирається на ходові колеса, які рухаються по рейках, розташованих на пролітних балках мосту, що забезпечує його переміщення вздовж прольоту [1].

Важливою особливістю стриперних кранів є їх здатність працювати в складних умовах металургійного виробництва, де обладнання піддається впливу високих температур, пилу та значних динамічних навантажень. Тому до конструкції таких машин висуваються підвищені вимоги щодо міцності, надійності та довговічності.

Застосування сучасних технічних рішень під час модернізації стриперних кранів дозволяє підвищити ефективність їх роботи, зменшити витрати на обслуговування та збільшити ресурс основних вузлів і механізмів. Крім того, удосконалення приводів і систем керування сприяє підвищенню безпеки експлуатації та продуктивності металургійного обладнання.

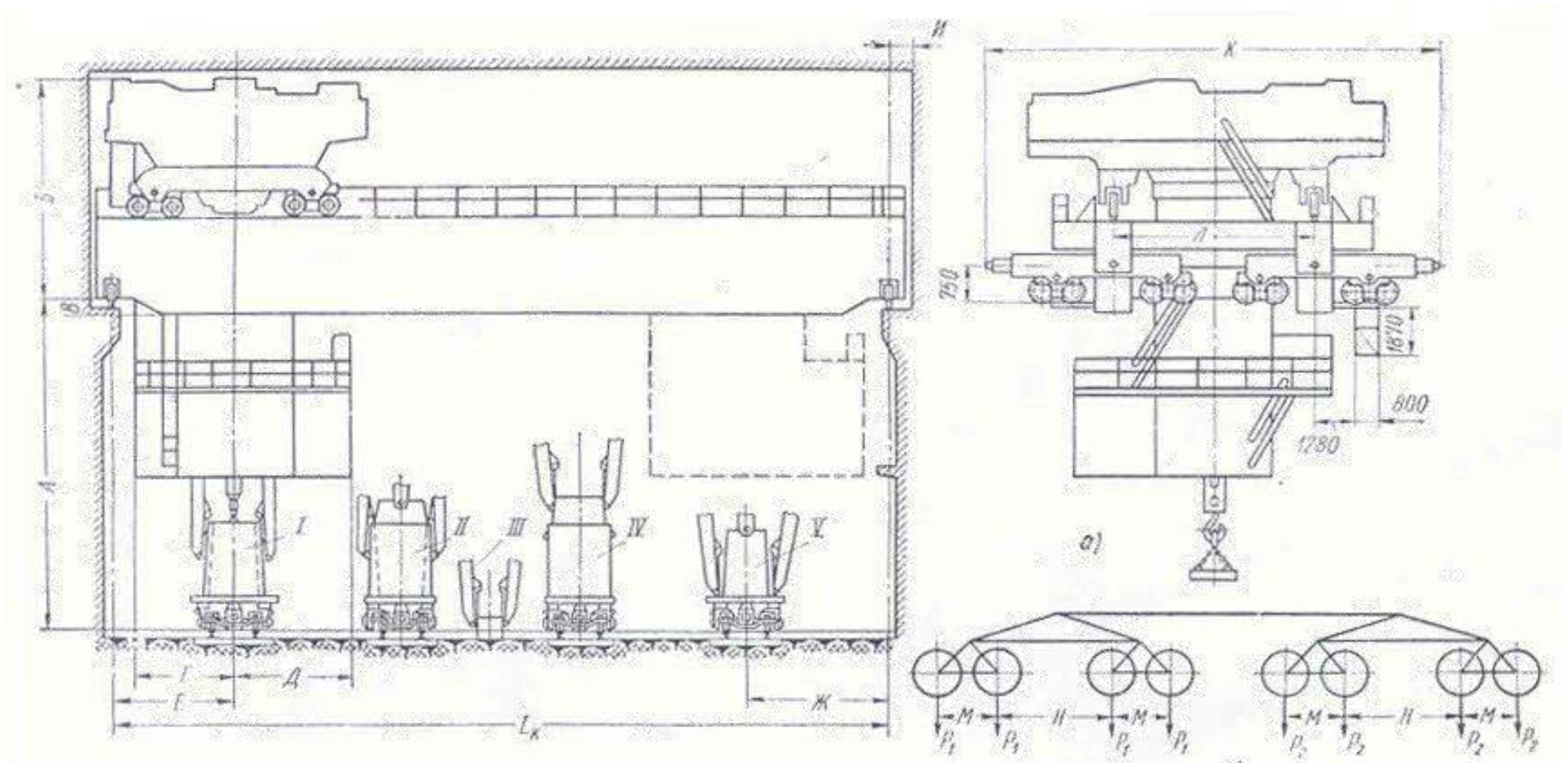


Рисунок - 1.1 Габарити крана для роздягання злитків (а); схема тиску ходових коліс на підкрановий рельс (б):

I – роздягання злитка уширенням вниз; II - роздягання злитка уширенням до верху; III – встановлення теплової надставки; IV – зняття теплової надставки; V – відрив злитка від піддона.

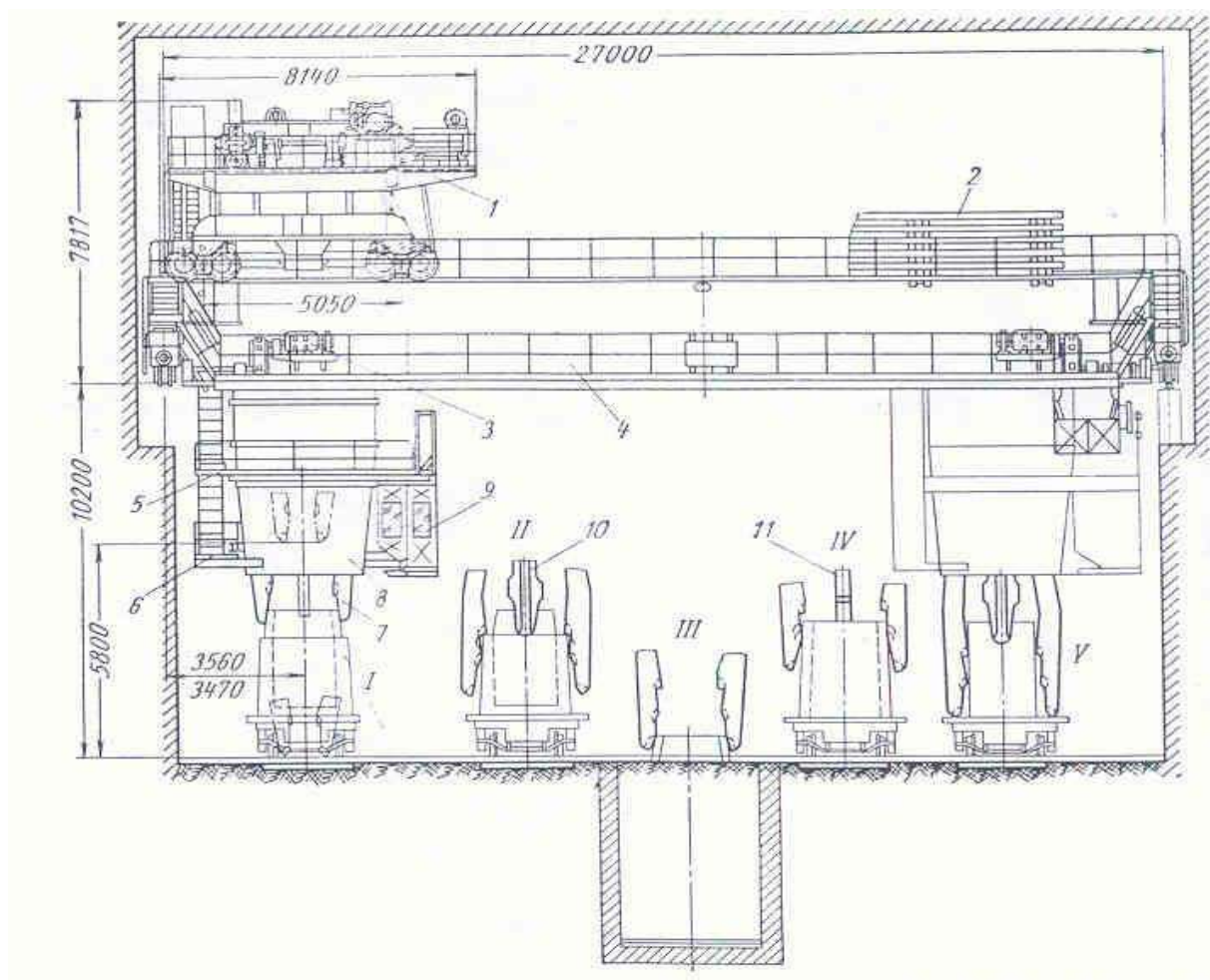


Рисунок 1.2 кран для роздягання злитків вантажопідйомністю 75/20 тс з силою виштовхування 400 тс: I – зняття теплових надставок; II – роздягання злитка, відлитого розширенням доверху; III – захват теплових надставок; IV – роздягання злитку, відлитого розширенням донизу; V – відривання злитка від піддона.

Керування краном здійснюється з герметичної та теплоізольованої кабіни 9. Кабіна обладнана системою кондиціювання повітря і разом із обслуговуючими площадками 6 закріплена на кронштейнах до циліндричної шахти візка 8.

Доступ до крана можливий як із посадкової площадки, так і з підкранових колій. Підйом із посадкової площадки виконується через перехідні майданчики та маршові сходи 5, що розміщені вздовж усієї висоти шахти. Звідти працівник може потрапити на раму візка, а далі - до кабіни керування.

Електродвигуни крана живляться від тролейної лінії 2, яка встановлена на верхній площадці головних балок мосту. Для проведення технічного обслуговування головних струмоприймачів цехових тролей кран обладнаний спеціальною люлькою, що підвішена під головною балкою мостової конструкції.

Основними робочими органами крана є великі кліщі 7, малі кліщі 10 та штемпель 11 механізму виштовхування. Саме за допомогою цих елементів виконується технологічна операція відокремлення злитків від виливниць.

Для зменшення ударних навантажень під час наїзду крана на інший кран або на тупикові упори в його конструкції передбачені пружинні буферні пристрої, які забезпечують амортизацію та підвищують безпеку експлуатації обладнання.

1.2 Механізм пересування крана.

Механізм пересування крана виконаний за схемою з роздільним приводом ходових коліс, що відповідає типовим конструктивним рішенням, застосовуваним на заводі «Дніпротяжмаш». Така схема забезпечує рівномірний розподіл навантаження між приводами та підвищує надійність роботи механізму під час експлуатації.

Мостова конструкція крана через систему балансирів спирається на шістнадцять ходових коліс діаметром 800 мм. Ходові колеса об'єднані попарно у балансирні вузли зі сталевими литими корпусами. Ці вузли за допомо-

гою осей шарнірно з'єднуються з головними балансирами, що дозволяє забезпечити більш рівномірний розподіл навантажень на рейкові шляхи та компенсувати можливі нерівності підкранових колій [1].

Механізм пересування крана має чотири приводні колеса. Кожне з них приводиться в рух окремим електродвигуном постійного струму типу ДП-52. Така система приводу забезпечує необхідну тягову силу та дозволяє ефективно керувати переміщенням крана.

Кожен привод оснащений короткоходовим гальмом типу ТКП-400, яке призначене для швидкого та надійного зупинення механізму. Використання таких гальм підвищує безпеку експлуатації обладнання та забезпечує точність позиціонування крана під час виконання технологічних операцій.

1.3 Візок крана.

Візок крана має зварну раму, виготовлену з листової сталі. Основна частина рами 1 через кінцеві балки 2 спирається на балансири ходових коліс. З'єднання остова рами з кінцевими балками виконано за допомогою заклепок, що забезпечує необхідну жорсткість і міцність конструкції.

На рамі візка розміщені основні механізми обладнання, зокрема механізм головного підйому, механізм керування кліщами, а також привод механізму виштовхування.

У нижній частині рами візка за допомогою заклепкового з'єднання закріплена циліндрична шахта 8. Усередині цієї шахти переміщується механізм виштовхування разом із кліщовим пристроєм, що забезпечує виконання технологічної операції роздягання злитків.

1.3.1 Механізм пересування візка.

Візок крана для роздягання злитків (рисунок 1.3) спирається на вісім ходових коліс діаметром 800 мм. Колеса об'єднані попарно у балансирні вузли, корпуси яких виконані у зварному виконанні. Балансири за допомогою осей шарнірно приєднані до балок рами візка 2, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження між колесами та покращує контакт із рейковими шляхами під час руху.

Переміщення візка здійснюється за допомогою двох приводних коліс. Обертальний момент від електродвигуна 5 постійного струму типу ДП-72 передається до ходових коліс через два редуктори 4 типу РН-750. Така схема приводу дозволяє отримати необхідне тягове зусилля та забезпечує надійну роботу механізму в умовах значних навантажень.

Кінці валів електродвигунів з'єднуються з вхідними валами редукторів за допомогою зубчастих муфт, які компенсують невеликі перекоси та забезпечують передавання крутного моменту. Вихідні вали кожного редуктора через зубчасті муфти з'єднані з валами приводних ходових коліс механізму пересування візка.

Застосування балансирної системи ходових коліс і двох незалежних приводів підвищує надійність роботи механізму переміщення, зменшує нерівномірність навантаження на рейки та сприяє більш плавному руху візка під час виконання технологічних операцій.

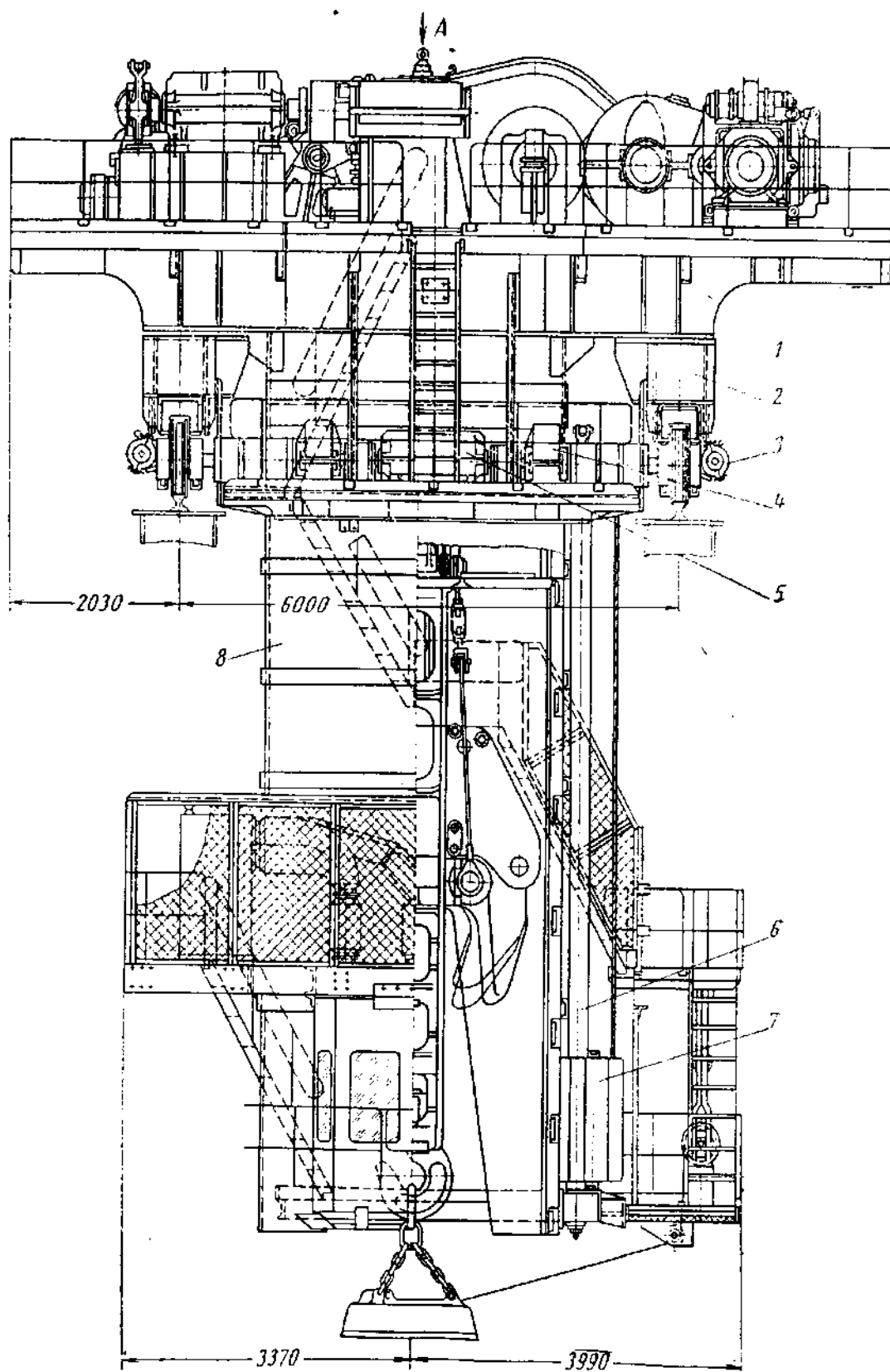


Рисунок 1.3а Візок крана для роздягання злитків вантажопідйомністю
75/20тс.

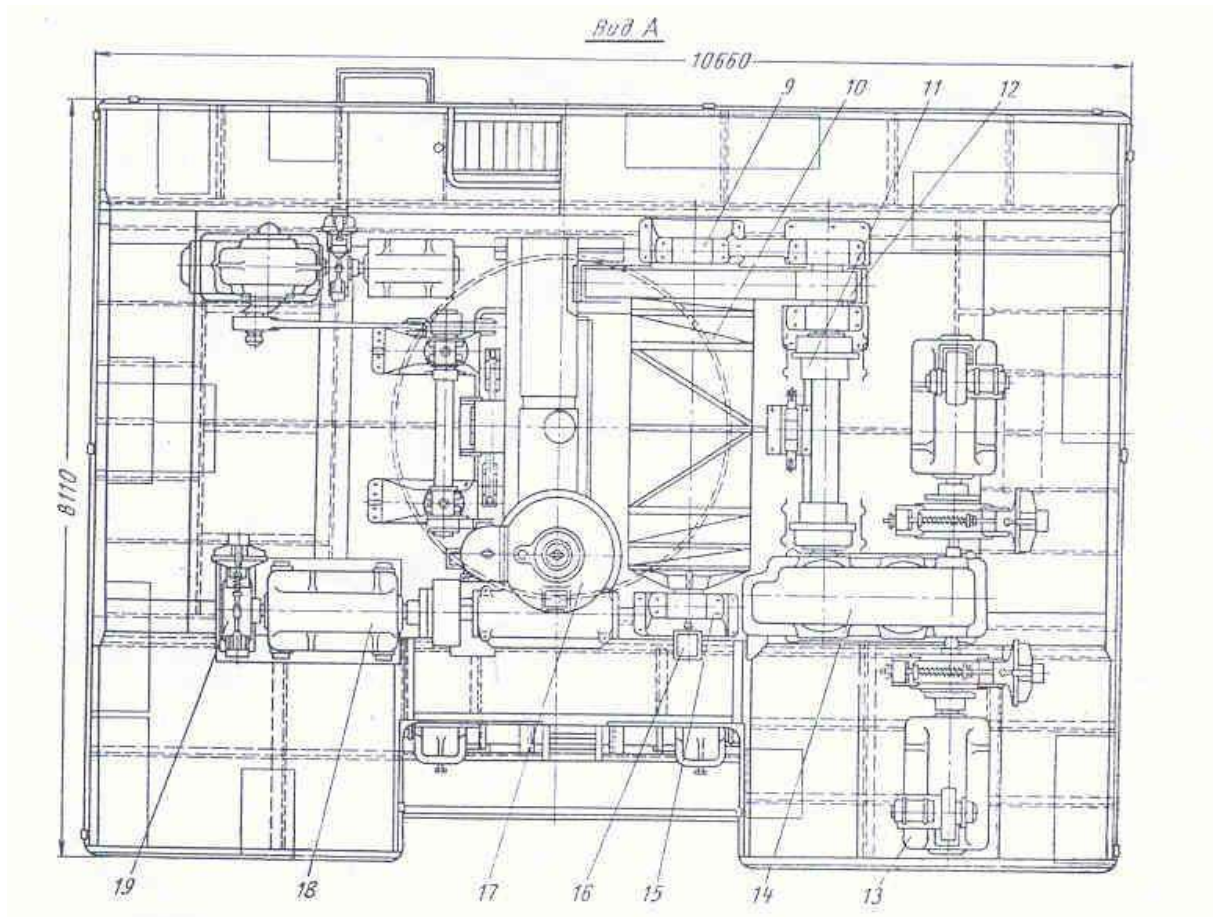


Рисунок 1.36 Візок крана для роздягання злитків вантажопідйомністю 75/20тс.

Візок крана для роздягання злитків вантажопідйомністю 75/20 тс оснащений короткоходовими гальмами типу ТКП-500, шків яких змонтований на швидкохідному валу редуктора. Таке розташування гальм дозволяє ефективно зупиняти візок і забезпечує надійну роботу механізму пересування навіть під високим навантаженням.

Для зменшення ударних навантажень під час контакту візка з тупиковими упорами мосту встановлені амортизаційні пристрої пружинного типу 3. Вони пом'якшують удари та підвищують безпеку експлуатації крана, а також продовжують ресурс основних вузлів механізму.

1.3.2 Механізм головного підйому.

За допомогою цього механізму здійснюється підйом і опускання кліщів разом із механізмом виштовхування, який розташований усередині шахти візка.

Основними елементами механізму є привод із канатним барабаном, змонтованим на рамі візка (рисунок 1.3). Канатний барабан 10 спирається на опори 9 і 15, оснащені сферичними роликowymi підшипниками, що забезпечують плавний обертальний рух і надійну роботу при великих навантаженнях.

Барабан приводиться в дію двома електродвигунами 13 типу ДП-82А через горизонтальний циліндричний редуктор 14 та відкриту зубчасту пару 12. Кінці валів електродвигунів з'єднані із вхідним валом редуктора за допомогою зубчастих муфт, а вихідний вал редуктора через зубчасту муфту 11 передає обертання вал-шестерні відкритої пари 12. Для забезпечення високої точності збірки зубчастого зчеплення відкрита пара 12 встановлена в блок-підшипнику 9. Блок-підшипник являє собою сталевий корпус із двома опорами для вал-шестерні на підшипниках кочення та однією опорою для кінця осі барабана з зубчастим колесом відкритої пари.

Канатний барабан має три пари нарізок: внутрішні двохзахідні – для канатів механізму підйому, середні – для канатів механізму керування та зовнішні – для канатів противаги [1]. На рисунку 1.4 показана схема намотування канатів на барабан і поліспасти системи. Канати з внутрішніх двохзахідних нарізок піднімають кліщі та обводять нижні блоки 3, змонтовані на корпусі патрона механізму виштовхування. Одні кінці цих канатів закріплені на барабані, інші – на балансірі 1, який забезпечує компенсацію нерівномірної витяжки канатів і рівномірний розподіл навантаження.

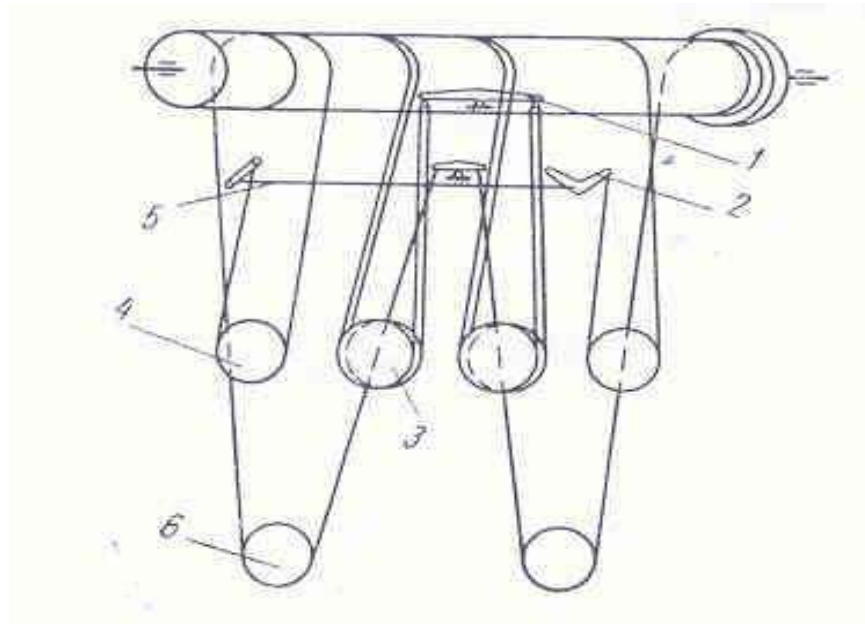


Рисунок 1.4 Схема навивки канатів.

Під час роботи механізму головного підйому корпус патрона 1 (рисунок 1.5) разом із механізмом виштовхування та кліщами переміщується вгору або вниз по направляючих 2, встановлених у шахті рами візка. Коли кліщі досягають верхнього або нижнього крайнього положення, електродвигуни механізму автоматично відключаються. Для цього в конструкції передбачені кінцеві вимикачі КУ-503 та командоапарат 16 (рисунок 1.3) типу УА4658-6.

Щоб пом'якшити удари корпусу патрона при контакті з верхніми упорами, встановлені пружинні амортизатори 3 (рисунок 1.5). Для автоматичного підтримання натягу канатів під час роздягання злитків та для зрівноваження ваги корпусу патрона, кліщів і суміжних вузлів, механізм головного підйому обладнаний противагою 7 (рисунок 1.3), яка переміщується по направляючих 6. Противага виконана у вигляді масивної чавунної відливки складної форми 3 (рисунок 1.7) і закріплена на зовнішній стороні шахти рами візка за допомогою направляючих 4 та кронштейнів 1 [5].

У спеціальних карманах противаги розташовані канатні блоки та пружинні амортизатори 2, які пом'якшують удари під час досягнення противагою верхнього або нижнього крайнього положення. Зовнішні нарізки барабана (ри-

сунок 1.3) спрямовують канати на блоки противаги 7, інші кінці яких закріплені на балансирах, що компенсує нерівномірне витягування канатів. Нарізки барабана (рисунок 1.4) виконані так, що при обертанні барабана блоки підйому 3 та управління кліщами 4 піднімаються, тоді як блоки противаги 6 опускаються, або навпаки.

Коли противага досягає верхнього крайнього положення, механізм відключається за допомогою кінцевого вимикача 5 (рисунок 1.7), що відповідає нижньому положенню механізму виштовхування та великих кліщів. У крайньому нижньому положенні противаги механізм відключається через кінцевий вимикач, розташований над корпусом патрона механізму виштовхування, що відповідає верхньому положенню кліщів.

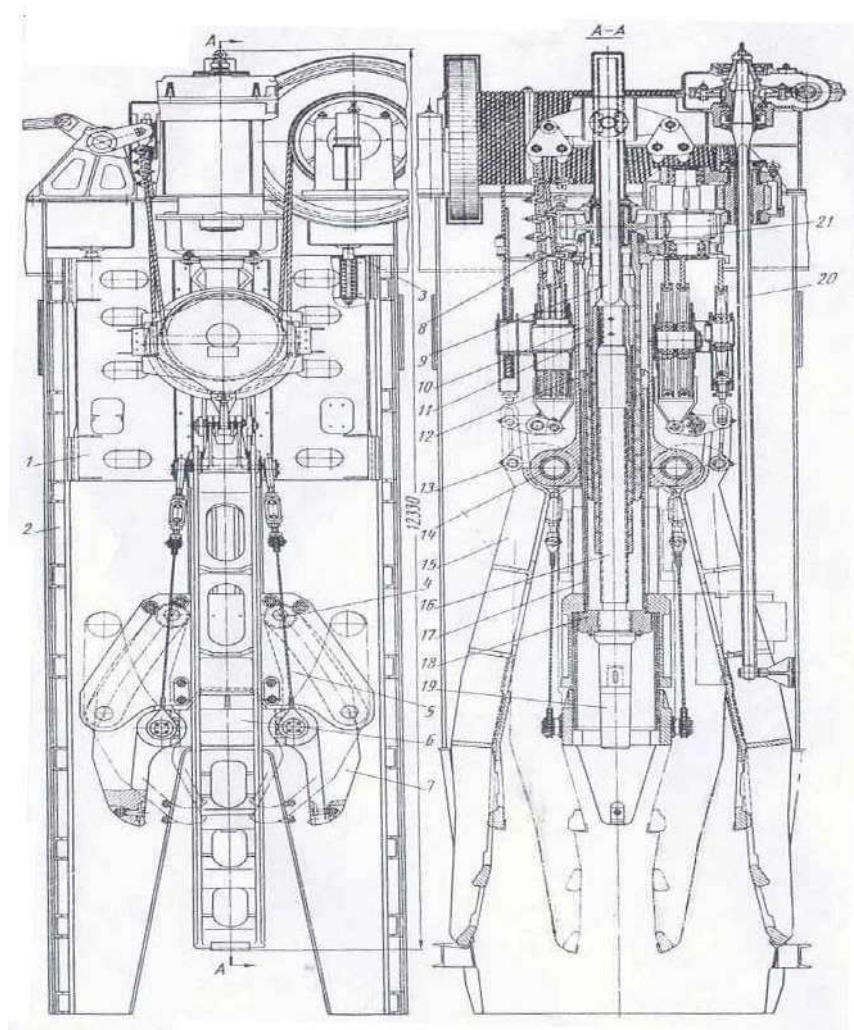


Рисунок 1.5 Механізм виштовхування.

За допомогою противаги та храпового механізму, вбудованого в редуктор приводу механізму головного підйому, постійно забезпечується автоматичне натягування канатів, необхідне для правильної намотки їх на барабан. Це особливо важливо під час роздягання злитків: коли наконечник штемпеля впирається в злиток і механізм виштовхування піднімається, натяг підйомних канатів зменшується, а противага завдяки проковзуванню собачок храпового механізму підтягує канати, підтримуючи їх оптимальний натяг.

Механізм головного підйому оснащений двома короткоходовими гальмами діаметром 800 мм, що забезпечують надійну фіксацію під час зупинок і зменшують ударні навантаження на конструкцію.

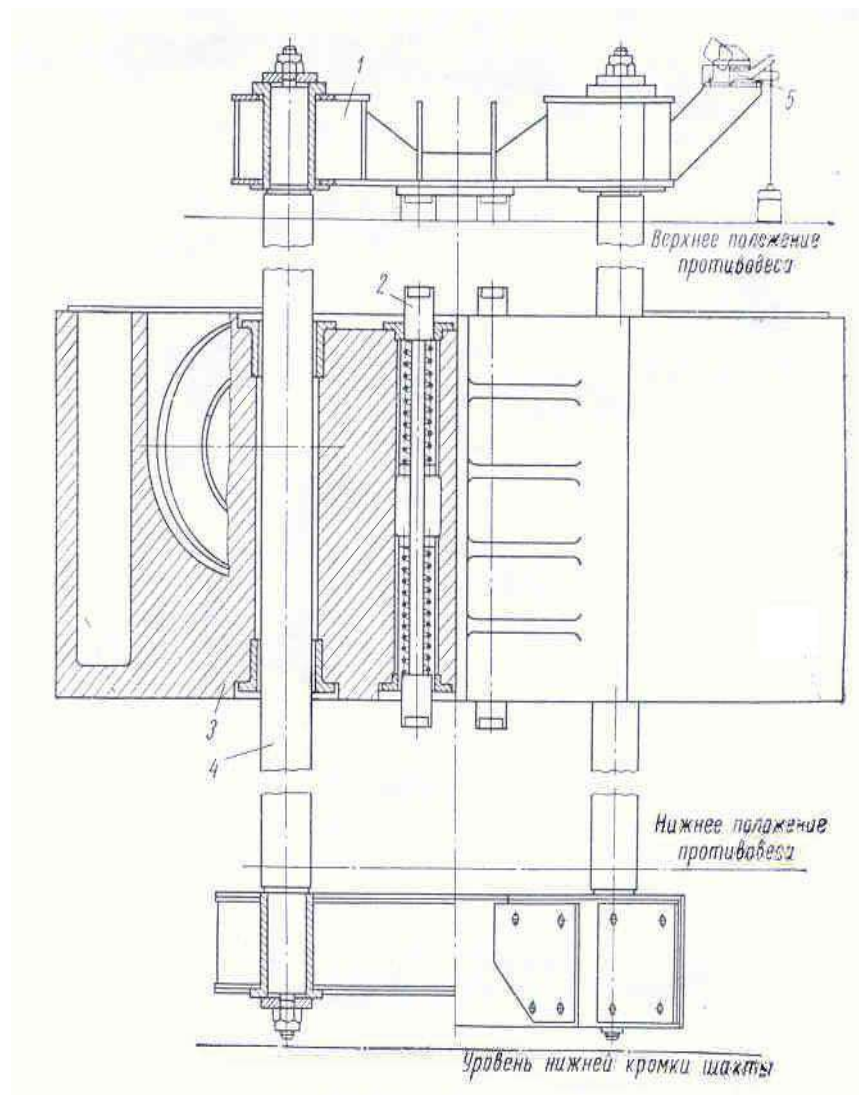


Рисунок 1.6 Противага

Великі кліщі 15 підвішені на осях 14 до корпусу патрона (рисунок 1.5) і можуть переміщуватися разом із корпусом вгору або вниз усередині шахти за допомогою механізму головного підйому.

1.3.3 Механізм управління великими кліщами.

Великі кліщі крана відкриваються та закриваються завдяки механізму керування великими кліщами (рисунок 1.7). Канати цього механізму, що виходять із внутрішніх нарізок барабана, огинають блоки 4, а їхні другі кінці закріплені на важелях штанги 5 механізму керування кліщами.

Під час роботи механізму важелі 2 повертаються або опускаються відносно блоків 3. Завдяки важільній системі 13 це призводить до обертання кліщів 15 навколо осі 14, що забезпечує їх відкриття або закриття.

Привод важелів механізму керування 1 (рисунок 1.7) здійснюється від електродвигуна типу ДП-52. Крутний момент передається через еластичну муфту 2 на черв'ячний редуктор 3, а далі через кривошип 5 та шатун 4 до важелів механізму, забезпечуючи плавне та точне керування рухом кліщів.

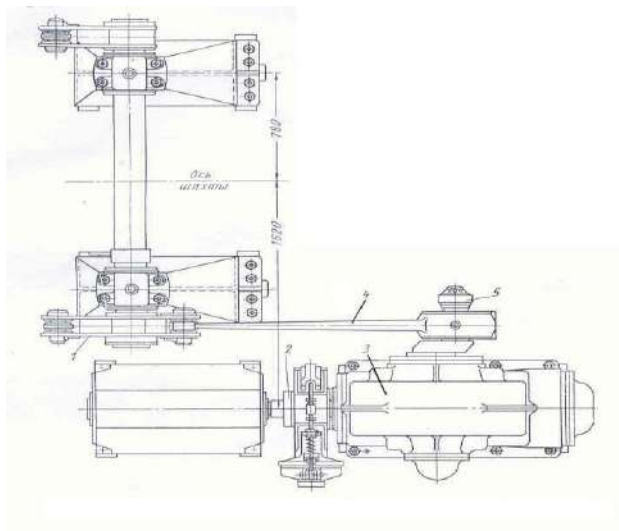


Рисунок 1.7 Привод механізму управління великими кліщами (вид зверху).

Механізм оснащений кінцевим вимикачем, який автоматично відключає його при досягненні максимальної величини розкривання кліщів. Крім того, він обладнаний короткоходовими гальмами з гальмовим шківом діаметром 400 мм.

1.3.4 Механізм виштовхування та малі кліщі.

Механізм виштовхування відповідає за виконання всіх основних операцій, пов'язаних із роздяганням злитків із виливниць за допомогою штемпеля з наконечником та малих кліщів [6].

Малі кліщі (рисунок 1.5) складаються з двох клещевин 7, які з'єднані між собою траверсою 6 за допомогою осей. У крайньому нижньому положенні, що відповідає максимальному розкриттю кліщів, вони разом із траверсою підтримуються канатами 5, щоб уникнути ударів траверси по упорах патрона під час роботи механізму.

Закриття кліщів здійснюється за направляючою 18. Вона взаємодіє з уступами штемпеля 17 і піднімається, змушуючи ролики кліщів 4 рухатися по пазах направляючої, що забезпечує надійне змикання малих кліщів.

Остов механізму виштовхування (рисунок 1.5) утворює патрон 12, який разом із малими кліщами і механізмом виштовхування переміщується вертикально вгору або вниз по направляючих 2 всередині шахти візка під дією механізму головного підйому. У середині патрона розташований сталевий циліндричний корпус 10, нерухомо закріплений одним кінцем у патроні за допомогою натягувальної посадки та затягуючої гайки 8.

Корпус має внутрішню двохзахідну трапецеїдальну різьбу, а всередині нього розміщений пустотілий вал 11 із зовнішньою лівою та внутрішньою правою двохзахідною трапецеїдальною різьбою. Зовнішня нарізка пустотілого вала з'єднана з корпусом 10 через вантажний гвинт 16, верхній кінець вала

нерухомо з'єднаний із квадратним валом 9. Вантажний гвинт 16 нерухомо приєднаний до штемпеля 17 та закінчується змінним наконечником 19.

При обертанні квадратного валу 9 завдяки внутрішній і зовнішній нарізкам пустотілого вала 11 вантажний гвинт 16 разом зі штемпелем 17 та наконечником 19 піднімаються або опускаються відносно корпуса 10 і патрона 12.

Електродвигун 18 (рисунок 1.3), що приводить механізм виштовхування, разом із гальмами 19 та черв'ячним редуктором 17 змонтований на рамі візка. Крутний момент від двигуна через черв'ячний редуктор і квадратний вал 20 передається на циліндричний редуктор 21, встановлений на корпусі патрона, і далі через квадратний вал 9 на механізм виштовхування, забезпечуючи його роботу незалежно від положення корпуса патрона в шахті.

У кабіні машиніста передбачена шкала з вбудованими сигнальними лампами, які показують положення штемпеля механізму виштовхування (середнє, крайнє нижнє або крайнє верхнє). Лампи загоряються зеленим або червоним світлом залежно від положення, керованого командними апаратами типу КАР-44-20, встановленими на корпусі редуктора привода механізму.

Середнє положення штемпеля (рисунок 1.8 II) є початковим, з якого можна починати будь-яку операцію по роздяганню злитків. У цьому положенні вантажний гвинт і пустотілий вал частково розгвинчені, а направляюча малих кліщів знаходиться на опорах остова патрона. Крайнє нижнє положення (рисунок 1.8 I) відповідає максимальному ходу штемпеля вниз, коли вантажний гвинт і пустотілий вал максимально розгвинчені, а направляюча залишається на опорах остова. Крайнє верхнє положення (рисунок 1.8 III) відповідає максимальному ходу штемпеля вверх, коли вантажний гвинт і пустотілий вал максимально загвинчені, а направляюча піднята на уступах штемпеля, при цьому малі кліщі закриті.

1.3.5 Допоміжний підйом.

Різнорівнітні допоміжні операції виконуються за допомогою гака підйому вантажопідйомністю 75 тс, який кріпиться на провущинах великих кліщів через спеціальну траверсу. Підйом і опускання вантажів, закріплених на допоміжному гаку, здійснюється механізмом головного підйому.

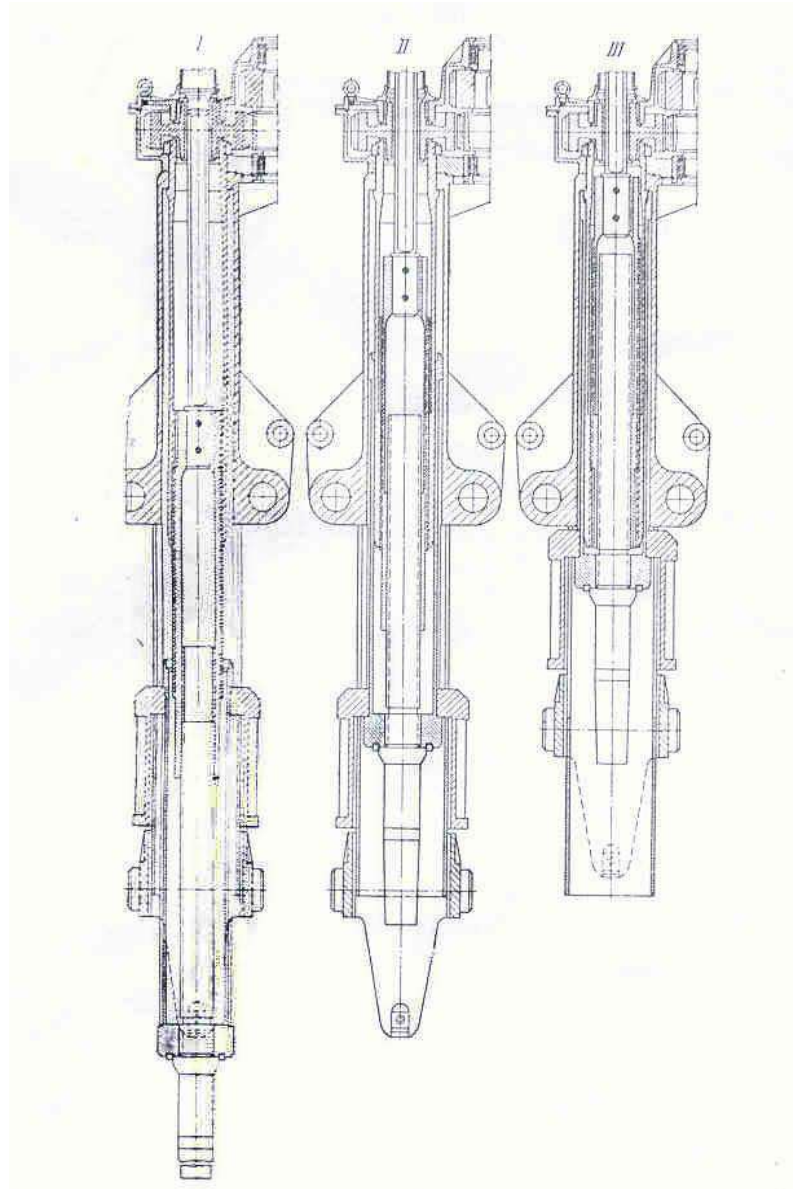


Рисунок 1.8 Положення штемпеля: I – крайнє нижнє; II – середнє; III – крайнє верхнє.

Гак допоміжного підйому може оснащуватися електромагнітом вантажопідйомністю 20 тс. Живлення електромагніту здійснюється через кабель,

який намотується на барабан (рисунок 1.9), змонтований на нижній площадці шахти візка. Під час підйому магніту кабель обертає барабан 1, що приводиться в рух противагою 2 через канат 3 та поліспаст 4. При опусканні магніту кабель знімається з барабана 1 під дією власної ваги магніту, а противага 2 одночасно піднімається у верхнє положення.

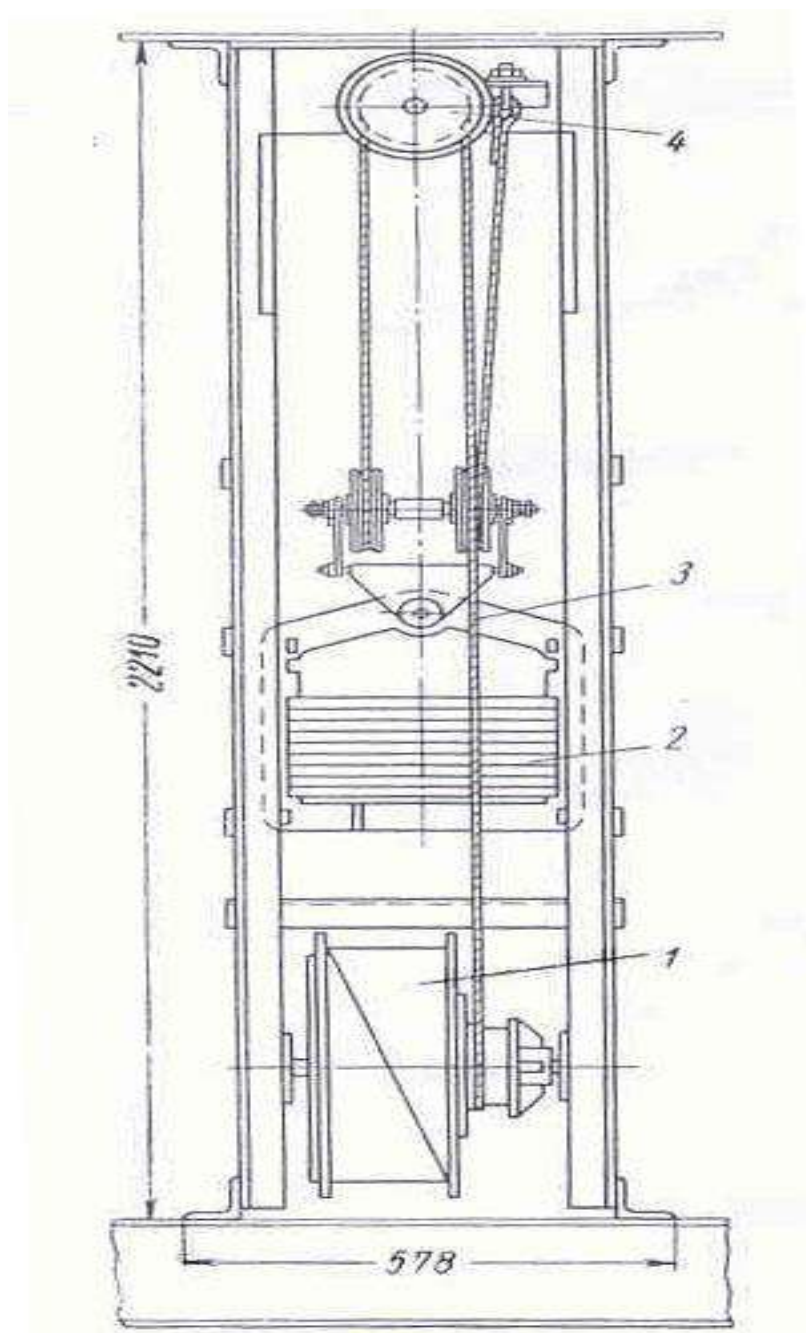


Рисунок 1.9 Установка кабельного барабана.

1.4 Операції по роздяганню злитків.

1.4.1 Роздягання злитків, відлитих розширенням до низу.

Роздягання злитку здійснюється великими кліщами та наконечником механізму виштовхування. Малі кліщі під час цієї операції залишаються у відкритому положенні і не беруть участі в процесі.

Для роздягання виливниці захоплюється великими кліщами “за вуха” і за допомогою механізму головного підйому знімається зі злитку. Якщо злиток застрягає у виливниці, її опускають на піддон і активують механізм виштовхування. Наконечник механізму впирається у злиток, створюючи необхідну силу для виштовхування. При цьому патрон та великі кліщі разом із виливницею піднімаються. Після відриву виливниці механізм виштовхування відключається, а виливниця знімається за допомогою механізму головного підйому.

1.4.2 Роздягання злитків, відлитих розширенням доверху.

Процес починається зі зняття теплових надставок, у яких формується прибуткова частина злитку. Ці надставки знімаються великими кліщами зі злитку.

Роздягання злитків, відлитих із розширенням доверху, виконується за допомогою великих і малих кліщів механізму виштовхування. Під час цієї операції злиток захоплюється кернами малих кліщів за прибуткову частину і відривається від виливниці механізмом виштовхування. Великі кліщі у момент відриву злитку слугують упорами, утримуючи виливницю на місці за рахунок спеціальних виступів.

1.4.3 Відривання злитків розширенням донизу від піддона.

Деякі злитки, відлиті у виливниці з розширенням донизу, можуть прилипати до піддонів. Щоб їх зняти, спочатку виконують операцію відривання. Під час цього злиток захоплюється кернами малих кліщів і відривається від піддона за допомогою механізму виштовхування. Великі кліщі в момент відриву виконують роль упорів, утримуючи піддон на місці.

2 РОЗРАХУНОК МЕХАНІЗМУ ГОЛОВНОГО ПІДЙОМУ КРАНА

2.1 Вихідні дані крана:

Вантажопідйомність

Головна: $Q = 50 \text{ т}$

Допоміжна: $Q_d = 20 \text{ т}$

Сила виштовхування: $G = 250 \text{ т}$

Висота підйому

Головного: $H = 6 \text{ м}$

Допоміжного: $H_d = 3,525 \text{ м}$

Швидкість підйому

Головна: $V = 0,333 \text{ м/с}$

Виштовхування: $V_{\text{виш}} = 0,05 \text{ м/с}$

Замикання кліщів: $t = 2 \text{ с}$

Швидкість пересування

Візка: $V_v = 0,87 \text{ м/с}$

Крана: $V_k = 1,37 \text{ м/с}$

Проліт крана: $L = 25 \text{ м}$

Група режиму роботи: $5M$

Маса крана: $G_{\text{кр}} = 282 \text{ т}$

2.2 Вибір кінематичної схеми механізму.

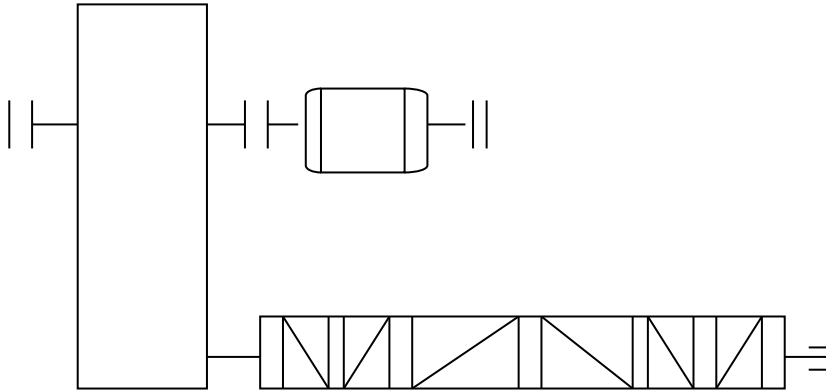


Рисунок 2.1 - Кінематична схема механізму

2.3 Вибір схеми і кратності поліпасти

За вантажопідйомністю $Q=50\text{т}$ та аналогічними схемами кранів приймаємо схему запасовки (рис. 2.2), кратність поліпасти $i_n=2$

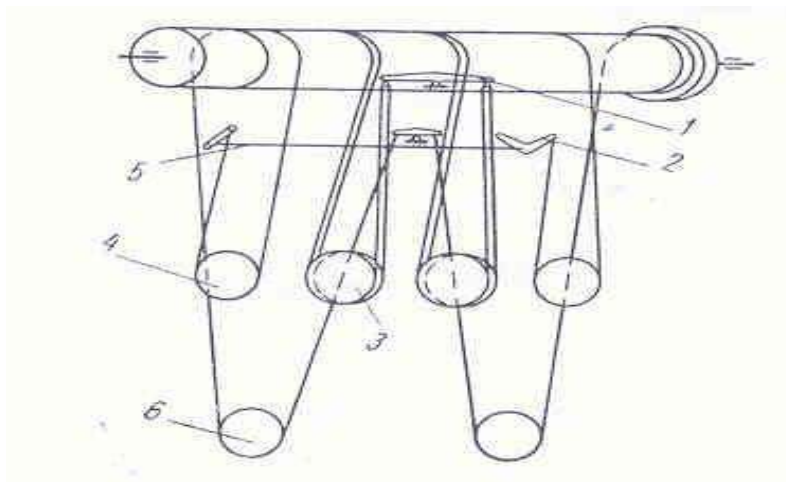


Рисунок 2.2 - Механізму головного підйому. Схема запасовки каната та керування кліщами.

2.4 Вибір каната та закріплення його на барабані.

Вибір каната здійснюється відповідно до вимог правил Держнаглядохоронпраці. Основним критерієм підбору є його розривне зусилля, яке повинно забезпечувати необхідний запас міцності під час роботи механізму. Такий підхід гарантує надійність експлуатації підйомного обладнання та безпечне виконання технологічних операцій.

$$F_{\text{розр}} = kF_{\text{max}} = 6 \cdot 111742 = 670455 \text{ Н} \quad (2.1)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності каната (табл. 4.1) [2], $k = 6,0$ для групи режиму 5м

$$F_{\text{max}} = \frac{10^4(Q + \sigma_k)}{a \cdot i_n \cdot \eta_n \cdot \eta^m} = \frac{10^4(50 + 38,5)}{4 \cdot 2 \cdot 0,99 \cdot 0,98^0} = 111742 \text{ Н} \quad (2.2)$$

де G_k - вага колони, $G_n = 38,5\text{т}$ (конструкція аналогічна),

a – кількість гілок каната, які намотуються на барабан,

m – кількість відхиляючих блоків,

η_n – ККД поліспасти

i_n – кратність поліспасти

$$\eta_n = \frac{1 + \eta}{i_n} = \frac{1 + 0,98}{2} = 0,99 \quad (2.3)$$

де η – КПД блоку на підшипниках, $\eta = 0,98$.

За розривним зусиллям вибираємо канат по ГОСТ 7667-80 діаметром $d_k = 34\text{мм}$. Розривним зусиллям $[P_{\text{розр}}] = 774,5 \text{ кН}$, з умовним позначенням:

Канат 31-ГЛ-В-Н-Т-1770 ГОСТ 7667-80

Це сталевий канат подвійної звивки, який застосовується у підйомно-транспортних машинах, кранах, лебідках та іншому вантажопідйомному обладнанні для передавання значних тягових і підйомних зусиль.

Основні позначення каната:

31 - номінальний діаметр каната, мм;

ГЛ - канат виготовлений із гладкого сталевих дроту;

В - висока група якості виготовлення;

Н - нормальна точність виготовлення;

Т - канат має тросове (органічне або текстильне) осердя, що підвищує його гнучкість і зменшує зношування дротів;

1770 - тимчасовий опір розриву дроту, МПа.

Канат виготовляється зі сталевих дротів, які скручуються у пасма, а пасма - навколо осердя. Така конструкція забезпечує високу міцність, достатню гнучкість і стійкість до багаторазових навантажень при експлуатації.

Канати за ГОСТ 7667-80 широко використовуються у механізмах підйому мостових і металургійних кранів, шахтних підйомниках, лебідках та інших механізмах, що працюють у важких умовах. Підбір каната виконується за розривним зусиллям із урахуванням необхідного коефіцієнта запасу міцності відповідно до вимог правил безпечної експлуатації вантажопідйомних машин.

Розрахунок гвинтів кріплення каната до барабана. Зусилля потягу в місті кріплення

$$F_{кр} = \frac{F_{max}}{e^{fL}} = \frac{111742}{e^{0,16 \cdot 3\pi}} = 24933 \text{ Н} \quad (2.4)$$

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

$f = 0,16$ – коефіцієнт тертя між канатом та барабаном;

$L = 3\pi$ (1,5 витка) – кут обхвату барабана незмотуєними гілками,

прийняті за правилами Держнагляд охорони праці необхідне число гвинтів кріплення канату

$$Z = \frac{3 \cdot F_{кр}}{d_1 \cdot [\sigma]_p} = \frac{3 \cdot 24933}{0,02621^2 \cdot 55 \cdot 10^6} = 5,1 \quad (2.5)$$

де d_1 внутрішній діаметр різьби гвинта (М 30) $d_1 = 26,21 \text{ мм}$;

$[\sigma]_p = 50 \dots 60 \text{ МПа}$ – допустиме напруження роз’єму Ст.3.

З табл. П.2 [2] (додаток Д) обираємо накладну № 9, кількість накладок приймаємо $z = 6$.

2.5 Розрахунок розмірів барабану та розмірів блоків

$$D_{бл} = e_i \cdot d_k = 25 \cdot 31 = 775 \text{ мм} \quad (2.6)$$

$$D_6 = e \cdot d_k = 22,4 \cdot 31 = 694,4 \text{ мм} \quad (2.6)$$

де e, e_i – коефіцієнт, який залежить від типу машини і групи режиму роботи (табл. 4.2) [2] відповідно для барабана і блока приймаємо $D_{бл} = 1000 \text{ мм}$, $D_6 = 1000 \text{ мм}$ (за аналогічною конструкцією).

Довжина нарізок на барабані

$$Z = \frac{H \cdot I_{II}}{\Pi \cdot D_6 + 4,5} = \frac{6 \cdot 2}{\Pi \cdot 1,0 + 4,5} = 8,5 \quad (2.7)$$

Число витків нарізок на барабані

$$e = z \cdot p = 8,5 \cdot 74,8 = 582 \text{ мм} \quad (2.8)$$

де $p \geq 2,2 \cdot d_k = 2,2 \cdot 34 = 74,8 \text{ мм}$ – крок нарізки на барабані.

Для двухзахідної нарізки барабана приймаємо $P = 74,8 \text{ мм}$.

Товщину стінки барабана приймають $\delta = 1,2 d_k = 1,2 \cdot 34 = 40,8$ мм, приймаємо $\delta = 40$ мм. Стінки барабана перевіримо по напруженню стиску:

$$\sigma_{ст} = \frac{F_{max}}{\delta \cdot p} = \frac{111742}{0,04 \cdot 0,0748} = 37346925 \text{ Па} = 37,3 \text{ МПа} < [\sigma_{ст}] = 120 \text{ МПа} \quad (2.9)$$

2.6 Розрахунок потужності двигуна, його вибір. Перевірка за часом пуску.

Статистична потужність двигуна

$$P_{ст} = \frac{10 \cdot Q_{max} \cdot V_r}{\eta_z} = \frac{10 \cdot 28,5 \cdot 0,333}{0,86} = 109,4 \text{ кВт} \quad (2.10)$$

$$\text{де } Q_{max} = Q + G_k - G_{пр} = 50 + 38,5 - 60 = 28,5 \text{ т}, \quad (2.11)$$

η_z – загальний КПД механізму

$$\eta_z = \eta_n \cdot \eta_b \cdot \eta_p \cdot \eta_m^3 = 0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,99^3 = 0,86 \quad (2.12)$$

G_k – вага стриперного механізму, $G_k = 38,5$ т (за аналогічною конструкцією);

$G_{пр}$ – вага противаги, $G_{пр} = 60$ т (за аналогічною конструкцією).

Вибираємо двигун постійного струму (220В) Д814 [3] (табл.1,2,3) з потужністю $P_d = 150$ кВт, частота обертання $n_d = 565 \text{ хв}^{-1}$ при важкому режимі роботи, момент інерції ротора $I_p = 27,05 \text{ кг м}^2$, максимальний момент $T_{max} = 6420 \text{ Нм}$.

Перевіряємо на перегрів обраний двигун:

$$P_{\text{екв.}} = K_{25} \cdot \zeta \cdot P_{\text{ст}} = 1,0 \cdot 0,86 \cdot 109,4 = 94,08 < P_{25} = 120 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

де K_{25} – коефіцієнт приведення потужності для режиму роботи 5М, $K_{25} = 1,0$.

$\zeta = 0,86$ - коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність;

P_{25} – потужність двигуна при ПВ 25%.

Перевірка двигуна за часом пуску.

$$t_n = \frac{I_{\text{зв}} \cdot \omega_d}{T_n^{\Phi} - T_{\text{ст}}} = \frac{20,1 \cdot 42,9}{6694 - 2240} = 0,2 \text{ с} \leq [t_n] = 1 \dots 2 \text{ с} \quad (2.19)$$

де $I_{\text{зв}}$ – зведений до валу двигуна момент інерції рухомих мас

$$\begin{aligned} I_{\text{зв}} &= \delta \cdot (I_p + I_m) + \frac{m \cdot D_6^2}{4 \cdot i_n^2 \cdot U^2 \cdot \eta_3} = \\ &= 1,2 \cdot (10,25 + 5,0) + \frac{28500 \cdot 1,0^2}{4 \cdot 2^2 \cdot 33,96^2 \cdot 0,86} = 2,01 \text{ кгм}^2 \end{aligned} \quad (2.20)$$

де $m = 28500$ кг – маса вантажу, що піднімається.

$$m = 10^3 (Q + G_{\text{пр}}) = 10^3 (50 + 38,5 - 60) = 28500 \text{ кг} \quad (2.21)$$

$\delta = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує момент інерції обертових мас деталей.

ω_d – кутова швидкість двигуна

$$\omega_d = \frac{\pi \cdot N_d}{30} = \frac{3,14 \cdot 410}{30} = 42,9 \text{ с}^{-1} \quad (2.22)$$

T_n^Φ – середньо пусковий момент двигуна

$$T_n^\Phi = \psi \cdot T_n = \frac{\psi \cdot 10^3 \cdot P_d}{\omega_d} = \frac{1,55 \cdot 10^3 \cdot 185}{42,9} = 6684 \text{ Нм} \quad (2.23)$$

де $\psi = 1,5 \dots 1,6$ – середня кратність пускового моменту.

Момент на вагу двигуна від маси підвіски та вантажу

$$T_{ст} = \frac{10^4 \cdot D_6}{2 \cdot i_n \cdot U \cdot \eta_3} = \frac{10^4 \cdot 28,5 \cdot 1}{2 \cdot 2 \cdot 33,96 \cdot 0,86} = 2440 \text{ Нм} \quad (2.24)$$

2.7 Вибір редуктора.

Передаточне відношення механізму головного підйому

$$U = \frac{N_d}{N_6} = \frac{410}{12,73} = 32,3 \quad (2.14)$$

$$\text{де } N_6 = \frac{60 \cdot V \cdot I_n}{\pi \cdot D_6} = \frac{60 \cdot 0,333 \cdot 2}{3,14 \cdot 1} = 12,73 \text{ хв}^{-1} \quad (2.15)$$

Вибираємо редуктор ГК-1830 з передаточним числом $U_p = 33,96$ з потужністю, що передає швидкохідний вал $[P] = 125$ кВт при числі обертів $N = 600 \text{ хв}^{-1}$.

Редуктор ГК-1830 - це горизонтальний циліндричний редуктор, призначений для зниження частоти обертання та збільшення крутного моменту в

приводах підйомно-транспортних машин, зокрема мостових і металургійних кранів. Редуктори такого типу застосовуються у механізмах головного підйому, пересування кранів і візків, де необхідна передача значних навантажень при високій надійності роботи.

Редуктор виконаний у вигляді литого корпусу, всередині якого розміщені зубчасті передачі. Корпус виготовляється з чавуну та складається з двох частин - основи та кришки, що з'єднуються болтами. Така конструкція забезпечує зручність монтажу, обслуговування та ремонту.

Основними елементами редуктора є:

- вхідний вал із зубчастою шестернею;
- проміжні вали з зубчастими колесами;
- вихідний вал, на якому встановлюється зубчасте колесо або муфта для передачі крутного моменту на робочий механізм;
- підшипникові вузли, які забезпечують обертання валів;
- система змащування, що зменшує зношування зубчастих передач.

Передача крутного моменту від електродвигуна здійснюється через муфту на швидкохідний вал редуктора. Далі обертання через зубчасті пари передається на тихохідний вал, де частота обертання зменшується, а крутний момент відповідно збільшується.

Редуктори типу ГК-1830 використовуються у важконавантажених механізмах, де потрібна висока надійність та довговічність роботи. Вони відрізняються міцною конструкцією, здатністю працювати при великих навантаженнях та простотою обслуговування. Завдяки цьому редуктори такого типу широко застосовуються у металургійному обладнанні та кранах великої вантажопідйомності. Швидкість підйому розраховуємо за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{N_d \cdot \pi \cdot D_6}{60 \cdot I_{\Pi} \cdot U_p} = \frac{410 \cdot 3,14 \cdot 1,0}{60 \cdot 2 \cdot 33,96} = 0,32 \text{ м/с} \quad (2.16)$$

Відхилення від заданої швидкості:

$$\Delta V = \frac{V_{\phi} - V}{V \cdot 100\%} = \frac{0,32 - 0,333}{0,333 \cdot 100\%} = - 3,9 \% \leq \pm 5 \% \quad (2.17)$$

2.8 Визначення гальмівного моменту та вибір гальм. Вибір муфти.

Необхідний гальмівний момент

$$T_{\Gamma} = \frac{10^4 \cdot Q_{\max} \cdot D_{\delta} \cdot \eta_3}{2 \cdot i_{\Pi} \cdot U_p} \cdot k_T = \frac{10^4 \cdot 28,5 \cdot 1,0 \cdot 0,86}{2 \cdot 2 \cdot 33,96 \cdot 2,0} \cdot 2,0 = 1804 \text{ Нм} \quad (2.18)$$

де k_T – коефіцієнт запасу гальмування, для 5М $k_T = 2$.

Вибираємо (табл.. 2.2.2) [4] гальмо ТКП - 600 с максимальним гальмівним моментом $[T_{\Gamma}] = 3370 \text{ Нм}$, момент інерції муфти $I_M = 5,0 \text{ кг м}^2$

Вибираємо муфту МЗ – 9 [2] (табл. П12)

3 МЕХАНІЗМ КЕРУВАННЯ КЛІЩАМИ

3.1 Вибір кінематичної схеми

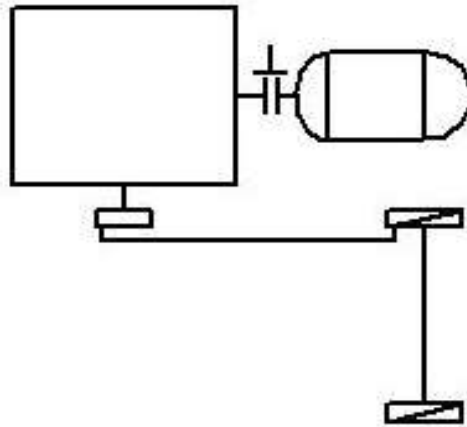


Рисунок 3.1 - Кінематична схема механізму керування кліщами

3.2 Вибір схеми і кратності поліспада.

За вантажопідйомністю $Q = 50\text{т}$ та аналогічним краном приймаємо схему запасовки, кратність поліспада $i_n = 2$. (рисунок 2.2)

3.3 Вибір вантажного каната та його закріплення на барабані.

У відповідальності з правилами Держнаглядохоронпраці канат вибирають за розривним зусиллям.

$$F_{\text{розр}} = kF_{\text{max}} = 6 \cdot 63131 = 378789 \text{ Н} \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт запасу міцності каната (табл. 4.1.) [1], $k = 6,0$ для групи режиму 5М

$F_{\max}$ – найбільше зусилля в канаті.

$$F_{\max} = \frac{10^4 \cdot G_k}{a \cdot i_n \cdot \eta_n \cdot \eta^m} = \frac{10^4 \cdot 25,5}{2 \cdot 2 \cdot 0,99 \cdot 0,98^0} = 63131 \text{ Н} \quad (3.2)$$

де G_k – вага кліщів, $G_k = 25,5 \text{ т}$ (за аналогічною конструкцією).

a – кількість гілок каната, які намотуються на барабан;

m – кількість відхиляючих блоків;

η_n – КПД поліспасти

$$\eta_n = 1 + \frac{\eta}{i_n} = 1 + \frac{0,98}{2} = 0,99 \quad (3.3)$$

де η – КПД блоку на підшипниках, $\eta = 0,98$.

За розривним зусиллям вибираємо канат по ГОСТ 7667-80 діаметром $d_k = 25 \text{ мм}$. Розривне зусилля $[P_{\text{розр}}] = 411500 \text{ Н}$, з умовним позначенням:

Канат 25-ГЛ-В-Н-Т-1770 ГОСТ 7667-80

Це сталевий канат подвійної звивки, який застосовується у підйомно-транспортних машинах, кранах, лебідках та іншому вантажопідйомному обладнанні. Він призначений для роботи в умовах значних навантажень і характеризується високою міцністю та надійністю.

Основні характеристики каната:

25 - номінальний діаметр каната, мм;

ГЛ - канат із гладким дротом;

В - канат високої якості виготовлення;

Н - канат нормальної точності виготовлення;

Т - тросовий (органічний або текстильний) осердок, який забезпечує гнучкість і зменшує зношування дротів;

1770 - тимчасовий опір розриву дроту, МПа.

Канат виготовляється зі сталевих дротів, скручених у пасма, які у свою чергу звиваються навколо осердя. Така конструкція забезпечує поєднання високої міцності, достатньої гнучкості та стійкості до втомного руйнування при багаторазових циклах навантаження.

3.4 Розрахунок гвинтів кріплення канату до барабана.

Зусилля натягу в місті кріплення

$$F_{кр} = \frac{F_{max}}{e^{fL}} = \frac{63131}{e^{0,16 \cdot 3\pi}} = 14086 \text{ Н} \quad (3.4)$$

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

$f = 0,16$ – коефіцієнт тертя між канатом та барабаном;

$L = 3\pi$ (1,5 витка) – кут обхвату барабана незмотуєними гілками, прийняті за правилами Держнаглядохоронипраці.

Необхідне число гвинтів кріплення канату

$$z = \frac{3 \cdot F_{кр}}{d_1 \cdot [\sigma]_p} = \frac{3 \cdot 14086}{0,020319^2 \cdot 55 \cdot 10^6} = 4,86 \quad (3.5)$$

де d_1 внутрішній діаметр різби гвинта (М 24) $d_1 = 20,752$ мм;

$[\sigma]_p = 50 \dots 60$ МПа – допустиме напруження розтягу Ст.3.

З табл. П.2 [2] (додаток Д) вибираємо накладку № 7

Приймаємо кількість накладок $z = 5$

Розрахунок розмірів блоків і барабана

$$D_{\text{бл}} = e_1 \cdot d_k = 25 \cdot 25 = 625 \text{ мм} \quad (3.6)$$

$$D_{\text{б}} = e \cdot d_k = 22,4 \cdot 25 = 560 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

де e, e_1 – коефіцієнт, який залежить від типу машини і групи режиму роботи (табл. 4.2) [1] відповідно для барабана і блока приймаємо $D_{\text{бл}} = 800 \text{ мм}$, $D_{\text{б}} = 800 \text{ мм}$ (за аналогічною конструкцією).

3.5 Розрахунок потужності двигуна, його вибір. Перевірка за часом пуску.

Статистична потужність двигуна

$$P_{\text{ст}} = \frac{10 \cdot G_k \cdot V_r}{\eta_z} = \frac{10 \cdot 25,5 \cdot 0,09}{0,6} = 38,3 \text{ кВт.} \quad (3.8)$$

де G_k – вага кліщів

η_z – загальний КПД механізму.

$$\eta_z = \eta_n \cdot \eta_b \cdot \eta_r \cdot \eta_m = 0,99 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,99 = 0,6 \quad (3.9)$$

де $\eta_n^* \eta_b^* \eta_r^* \eta_m$ – КПД відповідно поліспасти важільного механізму, черв'ячного редуктора, та муфти.

Вибираємо двигун постійного струму (220В) Д818 [3] (табл.1,2,3) з потужністю $P_d = 55 \text{ кВт}$, частота обертання $N_d = 500 \text{ хв}^{-1}$ при важкому режимі роботи, момент інерції ротора $I_p = 3,65 \text{ кг м}^2$, максимальний момент

$$T_{\max} = 6420 \text{ Нм.}$$

Вибраний двигун перевіряємо за нагрівом:

$$P_{\text{екв.}} = K_{25} \cdot \zeta \cdot P_{\text{ст}} = 1,0 \cdot 0,86 \cdot 38,3 = 33 \text{ кВт} < P_{25} = 120 \text{ кВт.} \quad (3.10)$$

де K_{25} – коефіцієнт приведення потужності для режиму роботи 5М, $K_{25}=1,0$.

$\zeta = 0,86$ - коефіцієнт, який визначає еквівалентну за нагрівом потужність;

P_{25} – потужність двигуна при ПВ 25%.

Перевіряємо двигун за часом пуску.

$$t_n = \frac{I_{\text{зв}} \cdot \omega_d}{T_n^{\Phi} - T_{\text{ст}}} = \frac{6,58 \cdot 52,3}{1630 - 674,6} = 0,4 \text{ с} \leq [t_n] = 1 \dots 2 \text{ с.} \quad (3.18)$$

де $I_{\text{зв}}$ – зведений до вала двигуна момент інерції рухомих мас

$$\begin{aligned} I_{\text{зв}} &= \delta (I_p + I_m) + \frac{m \cdot D_0^2}{4 \cdot i_n^2 \cdot U^2 \cdot \eta_3} = \\ &= 1,2 (3,65 + 1,75) + \frac{25500 \cdot 0,8^2}{4 \cdot 2^2 \cdot 126^2 \cdot 0,6} = 6,58 \text{ кг м}^2 \end{aligned} \quad (3.19)$$

де $m = 10^3 \cdot G_k = 25500 \text{ кг}$ – маса вантажу, що піднімається.

$\delta = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує момент інерції обертових мас деталей.

ω_d – кутова швидкість двигуна

$$\omega_d = \frac{\pi \cdot N_d}{30} = \frac{3,14 \cdot 500}{30} = 52,3 \text{ с}^{-1} \quad (3.20)$$

T_n^{Φ} – середньо пусковий момент двигуна

$$T_{n\phi} = \psi \cdot T_n = \frac{\psi \cdot 10^3 \cdot P_d}{\omega_d} = \frac{1,55 \cdot 10^3 \cdot 155}{52,3} = 1630 \text{ Нм} \quad (3.21)$$

де $\psi = 1,5 \dots 1,6$ – середня кратність пускового моменту.

Момент на валу двигуна від маси підвіски и вантажу

$$T_{ст} = \frac{10^4 \cdot G_k \cdot D_6}{2 \cdot i_n \cdot U \cdot \eta_3} = \frac{10^4 \cdot 25,5 \cdot 0,8}{2 \cdot 2 \cdot 126 \cdot 0,6} = 674,6 \text{ Нм}. \quad (3.22)$$

3.6 Вибір редуктора

Передаточне відношення механізму керування кліщами.

$$U^1 = \frac{N_d}{N_6} = \frac{500}{4,3} = 116,3$$

де N_6 – частота обертання барабана

$$N_6 = \frac{60 \cdot V_k \cdot I_n}{\pi \cdot D_6} = 60 \cdot 0,09 \cdot 2 / \pi \cdot 0,8 \frac{60 \cdot 0,09 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,8} = 4,3 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.11)$$

Передаточне відношення важільного механізму:

$$U_1 = \frac{R_1}{R_2} = \frac{356}{105} = 3,5 \quad (3.12)$$

де R_1, R_2 – радіуси важелів (відповідно аналогічної конструкції).

Необхідне передаточне число редуктора:

$$U_p' = \frac{U'}{U_1} = \frac{116,6}{3,5} = 33,3. \quad (3.13)$$

Вибираємо черв'ячний редуктор спеціальний, з передаточним числом $U_p = 36$, міжосьова відстань $A=355$, потужність, що передає швидкохідний вал $[P] = 82\text{кВт}$ при числі обертів $n = 600 \text{ хв}^{-1}$. Загальне передаточне відношення приводу:

$$U = U_1 \cdot U_p = 3,5 \cdot 36 = 126. \quad (3.14)$$

Фактична швидкість підйому кліщів:

$$V_\phi = \frac{N_d \cdot \pi \cdot D_\phi}{60 \cdot i_n \cdot U} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 0,8}{60 \cdot 2 \cdot 126} = 0,086 \text{ м/с}. \quad (3.15)$$

Відхилення від заданої швидкості

$$\Delta V = \frac{V_\phi - V}{V \cdot 100\%} = \frac{0,086 - 0,09}{0,09 \cdot 100\%} = -4,4\% \leq \pm 5\% \quad (3.16)$$

3.7 Визначення гальмівного моменту та вибір гальм. Вибір муфти.

Необхідний гальмівний момент

$$T_r = \frac{10^4 \cdot G_k \cdot D_\phi \cdot \eta_z}{2 \cdot i_n \cdot U_p} \cdot k_T = \frac{10^4 \cdot 25,5 \cdot 0,8 \cdot 0,6}{2 \cdot 2 \cdot 126} \cdot 2 = 485 \text{ Нм} \quad (3.17)$$

де k_T – коефіцієнт запасу гальмування, для 5М $k_T = 2$.

Вибираємо (табл. 2.2.2) [4] гальмо ТКП - 400 с максимальним гальмівним моментом $[T_g] = 1100\text{м}$, момент інерції муфти $I_m = 1,75\text{ кг м}^2$

Вибираємо муфту з гальмівним шківом [2] (табл. П12) (додаток Е).

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СТРИПЕР-НОГО КРАНА.

Під час експлуатації стриперного крана, виготовленого на заводі ім. Ернста Тельмана (м. Магдебург, колишня ГДР), виникла потреба у проведенні модернізації через значний фізичний і моральний знос його основних механізмів. Реалізувати таке оновлення можна різними способами, однак необхідно визначити найбільш економічно доцільний варіант технічного рішення.

З цією метою проводяться техніко-економічні розрахунки, які дозволяють оцінити ефективність використання запропонованих технічних рішень. Отримані результати порівнюються з показниками базових механізмів, що експлуатуються в даний час.

У випадку заміни застарілого обладнання за базовий варіант приймається відповідний зарубіжний зразок техніки, а при встановленні нового обладнання розглядаються конструкції, виготовлені на підприємстві «Сиптяжмаш».

Розрахунки виконуються з урахуванням обсягу капітальних вкладень, необхідних для модернізації механізмів, за умови забезпечення оптимальних технічних параметрів і сучасного рівня організації виробництва.

До складу капітальних витрат входять:

1. вартість комплексу нового обладнання;
2. витрати на можливе переобладнання виробничих приміщень, необхідних для введення техніки в експлуатацію, а також на спорудження допоміжних елементів інфраструктури (під'їзні шляхи, завантажувальні майданчики, галереї тощо);
3. витрати, пов'язані з монтажем нового обладнання та демонтажем існуючих механізмів.

Передбачається, що реконструкція виробничих приміщень і створення додаткових допоміжних споруд у даному випадку не виконуватимуться.

Усі розрахунки проводяться в національній валюті України -у гривнях. Виходячи з цього, економічний ефект від проведення модернізації визначається за відповідною розрахунковою залежністю.

$$\Xi = K_1 - ((M + D) + K_2) \quad (3.1)$$

де Ξ – економічний ефект, грн.;

K_1 – капітальні витрати на базову комплектацію, грн.

K_2 – капітальні витрати на нову комплектацію, грн.

$(M + D)$ – витрати на монтаж та демонтаж механізмів, грн.

Встановлюємо вихідні дані для розрахунку (див. таблицю 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані.

Показник	Позначення	Одиниці	Величина показника	
			Базова техніка	Нова техніка
1	2	3	4	5
Вантажопідйомність крана	Q	т	50/20	
Конструктивна маса крана	G	т	295	282
Робочі швидкості	V	м/с	крана 1,37	крана 1,37
			візка 0,87	візка 0,87
Встановлена потужність електродвигунів	W	кВт	механізм головного підйому 2×110	механізм головного підйому 185
			механізм управління кліщами 44	механізм управління кліщами 55
Група класифікації (режим роботи)	A/ПВ	%	40	40
Ціна	Ц	грн.	1 430 000	699 000
Кількість працівників, обслуговуючих кран	Ч	чол.	3	3
Середній розряд робочих	r_{cp}	-	5	5

4.1 Розрахунок показника економічної ефективності для механізму головного підйому крана.

Таблиця 4.2 - Капіталовкладення в модернізацію механізму головного підйому крана.

Склад механізму	Капіталовкладення, грн.	
	Базовий варіант (ГДР), K_{11}	Новий проект, K_{21}
Електродвигун	440 000 (220 000 × 2 од.)	185 000
Редуктор	250 000	125 000
Відкрита зубчата передача	100 000	відсутня
Муфта	20 000	10 000
Гальмо	240 000 (60 000 × 4 од.)	60 000 (30 000 × 2 од.)
Всього	1 050 000	380 000

Витрати на монтаж та демонтаж механізму головного підйому крана становить: $M + Д = 70\,000$ грн.

Показник економічної ефективності:

$$\mathcal{E}_1 = K_{11} - ((M + Д) + K_{21}) = 1\,050\,000 - (70\,000 + 380\,000) = 600\,000 \text{ грн.} \quad (4.2)$$

де $K_{11} = 1\,050\,000$ грн. (див. таблиця 4.2)

$K_{21} = 380\,000$ грн. (див. таблиця 4.2)

4.2 Розрахунок показника економічної ефективності для механізму управління кліщами крана.

Таблиця 4.3 – Капіталовкладення в модернізацію механізму управління кліщами крана.

Склад механізму	Капіталовкладення, грн.	
	Базовий варіант (ГДР), K_{12}	Новий проект, K_{22}
Електродвигун	150 000	75 000
Редуктор	160 000	82 000
Муфта	20 000	10 000
Гальмо	50 000	25 000
Всього	380 000	192 000

Витрати на монтаж та демонтаж механізму управління кліщами крана становить: $M + Д = 60\,000$ грн.

Показник економічної ефективності:

$$\Theta_2 = K_{12} - ((M + Д) + K_{22}), \quad (4.3)$$

де $K_{12} = 380\,000$ грн. (див. таблиця 4.3)

$K_{22} = 192\,000$ грн. (див. таблиця 4.3)

$$\Theta_2 = 380\,000 - (60\,000 + 192\,000) = 128\,000 \text{ грн}$$

Загальний показник економічної ефективності модернізації механізмів:

$$\Theta_{\text{заг.}} = \Theta_1 + \Theta_2 = 600\,000 + 128\,000 = 780\,000 \text{ грн.} \quad (4.4)$$

де $\mathcal{E}_1$ - показник економічної ефективності модернізації механізму головного підйому;

$\mathcal{E}_2$ - показник економічної ефективності модернізації механізму управління кліщами.

Роботи, пов'язані з демонтажем застарілих механізмів та встановленням нового обладнання, необхідно виконувати відповідно до вимог системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Проведення цих робіт доцільно поєднати з періодом капітального ремонту обладнання, що дозволить мінімізувати простої виробництва та забезпечити раціональне використання ремонтного часу.

Виконання ремонтно-монтажних операцій передбачається безпосередньо на місці розташування крана. Для цього кран необхідно перемістити в тупикову частину підкранової колії, де створюються найбільш безпечні умови для проведення ремонтних робіт. Оскільки під час ремонту технологічний процес не припиняється і виконується іншим, дублюючим краном, що працює на тій самій підкрановій колії, необхідно передбачити додаткові організаційні заходи безпеки. Зокрема, зона проведення ремонтних робіт повинна бути чітко огорожена сигнальними бар'єрами або тимчасовими огорожами, а також позначена попереджувальними знаками. Персонал, який працює в цеху, повинен бути завчасно проінформований про проведення ремонтних робіт та обмеження доступу до небезпечної зони.

Запропоновані заходи з модернізації механізмів крана спрямовані на підвищення надійності та ефективності його роботи. У процесі модернізації передбачається вдосконалення конструкції основних механізмів, що дозволяє покращити їх експлуатаційні характеристики та забезпечити стабільне виконання технологічних операцій. Крім того, підвищується продуктивність роботи крана завдяки зменшенню кількості аварійних і позапланових ремонтів, а також скороченню часу простою обладнання.

Проведені техніко-економічні розрахунки підтверджують доцільність запропонованої модернізації. Очікуваний економічний ефект від її впровадження становить приблизно 780 000 грн. Основна частина цього ефекту формується за рахунок використання нових приводів механізмів, виготовлених на заводі «Дніпротяжмаш», які характеризуються підвищеною надійністю, кращими технічними параметрами та більш ефективною експлуатацією у порівнянні з раніше встановленим обладнанням. Це дозволяє не лише покращити технічний стан крана, але й забезпечити економію експлуатаційних витрат у подальшій роботі.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі розглянуто основні питання охорони праці, які необхідно враховувати під час модернізації спеціального мостового крана.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна організація робочого місця. Небезпечні ситуації можуть виникати внаслідок порушення ергономічних вимог при облаштуванні робочого місця. Невідповідність обладнання антропометричним та фізіологічним характеристикам працівників призводить до підвищеної втомлюваності, зниження працездатності та збільшення ймовірності виробничих травм.

б) Небезпека ураження електричним струмом.

Одним із серйозних ризиків є можливість електротравмування. Причинами цього можуть бути порушення правил електробезпеки, несправність електрообладнання або поява напруги на неструмоведучих частинах машин. Також небезпечними є відсутність або пошкодження захисного заземлення чи занулення, що здатне призвести до тяжких травм або навіть летального результату.

в) Недотримання ергономічних вимог під час проектування зон керування та обслуговування обладнання. Неправильне розташування органів керування та технічних елементів може створювати додаткові труднощі для оператора та негативно впливати на рівень безпеки під час експлуатації обладнання.

г) Небезпеки, пов'язані з технічними несправностями обладнання. Ризики можуть виникати через несправність виробничих механізмів або відмову блокувальних і сигналізаційних пристроїв. До таких ситуацій належать, наприклад, відмова гальмівної системи, ослаблення приводних елементів, вихід з ладу систем керування чи програмних блоків, які забезпечують послідовність технологічних операцій.

д) Експлуатація обладнання без проведення необхідних перевірок. Допуск до роботи механізмів, що не пройшли реєстрацію, технічне освідчення або випробування, створює підвищену небезпеку для персоналу та може призвести до аварійних ситуацій.

е) Незадовільні параметри мікроклімату у виробничих і адміністративних приміщеннях. Недостатня ефективність систем опалення, вентиляції або кондиціонування повітря може спричинити погіршення умов праці, що негативно впливає на самопочуття працівників і може викликати професійні або загальні захворювання.

є) Недостатній рівень освітлення робочих місць. Погано організоване освітлення або несправність освітлювальних приладів призводять до погіршення видимості, підвищеного навантаження на органи зору та зростання ризику травмування.

ж) Ймовірність виникнення пожеж. Причиною загоряння можуть бути порушення правил пожежної безпеки, неправильна експлуатація електрообладнання або використання несправних електроприладів.

з) Недостатня стійкість виробничих об'єктів у надзвичайних ситуаціях. Небезпека може виникнути через незадовільний стан будівель і комунікацій, недостатню підготовку персоналу до дій у надзвичайних умовах або неефективну систему управління під час аварійних ситуацій. У таких випадках існує ризик тяжких травм або загибелі працівників.

5.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

а) Вимоги до організації робочого місця в офісних приміщеннях. Площа приміщень, у яких розташовані персональні комп'ютери, повинна відповідати вимогам чинних санітарних норм. Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 для одного робочого місця, обладнаного комп'ютером, встановлюються мінімальні показники: площа не менше 6 м², а об'єм приміщення — не менше 20 м³.

Робочі місця необхідно розміщувати відносно світлових прорізів таким чином, щоб природне освітлення надходило переважно з лівого боку. Конструкція робочого місця користувача комп'ютера має забезпечувати правильну робочу позу та комфортні умови праці.

Робочий стіл повинен відповідати ергономічним вимогам і дозволяти раціонально розміщувати монітор, клавіатуру, периферійне обладнання та документи. Його розміри мають забезпечувати виконання операцій у зоні досяжності рук.

Робоче крісло повинно бути підйомно-поворотним і мати можливість регулювання висоти сидіння, кута нахилу спинки та інших параметрів. Поверхня сидіння має бути напівм'якою, з покриттям, яке не ковзає, легко очищується та не накопичує статичну електрику.

За необхідності робоче місце обладнується підставкою для ніг. Приміщення також можуть оснащуватися шафами, стелажми або тумбами для зберігання документації та носіїв інформації.

Підлогове покриття повинно бути рівним, неслизьким і мати антистатичні властивості. Не допускається застосування матеріалів, що можуть виділяти шкідливі хімічні речовини у повітря робочої зони.

б) Заходи щодо запобігання ураженню електричним струмом.

До виконання робіт допускаються лише працівники віком від 18 років, які пройшли спеціальне навчання, перевірку знань з електробезпеки та отримали відповідну групу допуску.

Електрообладнання повинно відповідати вимогам чинних нормативних документів. Його обслуговування та ремонт мають здійснювати лише кваліфіковані спеціалісти.

Для кожної електроустановки повинні бути розроблені схеми нормального та аварійного режимів роботи. Струмоведучі частини необхідно розташовувати на безпечній висоті: не менше 3,5 м для напруги до 1000 В і не менше 6 м для напруги понад 1000 В.

Опір ізоляції електричних проводів має бути не нижчим за 0,5 МОм. Ефективним засобом захисту є використання подвійної ізоляції.

Металеві частини обладнання, які можуть опинитися під напругою, повинні бути заземлені або занулені відповідно до вимог правил улаштування електроустановок.

Для підвищення рівня електробезпеки використовуються індивідуальні засоби захисту: діелектричні рукавички, килимки та інші пристрої.

Крім того, застосовуються електричні блокування — автоматичні системи, які запобігають небезпечним діям персоналу або неправильній роботі обладнання.

в) Ергономічні вимоги до організації зон керування та обслуговування обладнання.

Конструкція приміщень і розташування обладнання повинні забезпечувати зручність і безпеку під час обслуговування. Перед панелями керування необхідно передбачити вільний робочий простір, що дозволяє безперешкодно виконувати регулювальні та ремонтні роботи.

Ширина проходів і зон обслуговування повинна відповідати встановленим нормативам, що забезпечує безпечне пересування персоналу.

Машинні приміщення повинні бути обладнані стаціонарним електричним освітленням, яке забезпечує достатній рівень освітленості робочої зони.

г) Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання.

Безпечність роботи обладнання забезпечується правильним вибором конструктивних схем, використанням засобів механізації та автоматизації, застосуванням дистанційного керування та використання спеціальних захисних пристроїв.

Конструкція обладнання повинна виключати наявність гострих кутів, нерівних або небезпечних поверхонь. Рівні шуму, вібрації, тепловиділення та інших факторів не повинні перевищувати встановлених норм.

Для запобігання небезпечним ситуаціям при раптовому відключенні енергії робочі органи обладнання повинні бути оснащені спеціальними захисними пристроями, що виключають їх самовільне ввімкнення після відновлення електроживлення.

Для захисту персоналу використовуються блокувальні та сигналізаційні системи. Сигналізація інформує про режими роботи обладнання, попереджає про можливі відхилення та повідомляє про небезпечні ситуації.

д) Реєстрація та технічне освідчення підйомного обладнання.

Вантажопідіймальні машини перед введенням в експлуатацію повинні бути зареєстровані у відповідних органах державного нагляду з охорони праці.

Після монтажу, ремонту або реконструкції обладнання необхідно отримати дозвіл на його експлуатацію. Крім того, передбачено проведення періодичних технічних оглядів: часткових - не рідше одного разу на рік, та повних - не рідше одного разу на три роки.

Результати перевірок заносяться до паспорта обладнання із зазначенням термінів наступного технічного огляду.

5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Для створення сприятливих мікрокліматичних умов у адміністративних приміщеннях передбачається використання систем водяного опалення та

кондиціонування повітря, що забезпечують підтримання оптимальних параметрів температури, вологості та швидкості руху повітря відповідно до встановлених санітарних норм.

Таблиця 4.1 - Метеоумови в адміністративних приміщеннях згідно ДСН 3.3.6 - 042 - 99 "Санітарні норми мікроклімату промислових приміщень"

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період року	середньої тяжкості	18-20	60-40	0,1
Теплий період року	середньої тяжкості	21-23	60-40	0,1

У теплий період року для зниження температури повітря у робочій зоні доцільно застосовувати природну вентиляцію або системи кондиціонування повітря відповідно до вимог СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Такі системи забезпечують підтримання допустимих параметрів мікроклімату та створюють більш комфортні умови праці для персоналу.

У холодний період року необхідно використовувати систему опалення разом із приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує подачу свіжого зовнішнього повітря та його попередній підігрів. Це дозволяє підтримувати нормативну температуру в приміщенні, покращує повітрообмін і сприяє дотриманню санітарно-гігієнічних вимог до умов праці.

Застосування зазначених інженерних систем дає можливість підтримувати оптимальні параметри мікроклімату протягом усього року, що позитивно впливає на працездатність працівників, зменшує їхню втому та підвищує рівень безпеки під час виконання виробничих операцій.

Розрахунок кондиціонування

Визначаємо значення прямої ($q_{B.П.}$) та розсіяної ($q_{B.P.}$) сонячної радіації о 17 годині :

$$q_{B.П.} = 344 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

$$q_{B.P.} = 95 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти, що надходить до приміщення через подвійне скління для розрахункової години розраховуємо :

$$q_o = (q_{B.П.} + q_{B.P.}) \cdot K_1 \cdot K_2$$

де q_o, q_1 – кількість теплоти, яка надходить до приміщення через світлові прорізи, які опромінюються та неопромінюються прямою сонячною радіацією відповідно;

K_1 – подвійне без перепльотів скління, незабруднене (незалежно від опромінення) = 0,9;

K_2 – забруднення скла незначне = 0,95;

$$q_o = (344 + 95) \cdot 0,9 \cdot 0,95 = 375,35 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot \text{м}^2)$$

Площа віконного прорізу, яка опромінюється сонячною радіацією складає :

$$F_{np} = F_{o.o} - F_p = 2,4 - 0,27 = 2,13 \text{ м}^2$$

Загальна кількість теплоти, яка надходить до приміщення через віконний проріз :

$$Q_{o.пp} = (q_o \cdot F_{np} + q_1 \cdot F_p) \cdot K_{n\partial}$$

де F_n, F_p – площа заповнення світлового прорізу, яка опромінюється прямою та розсіяною сонячною радіацією відповідно, m^2 ;

K_{nid} – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу;

$$Q_{o.np} = (375,35 \cdot 2,13 + 81,23 \cdot 0,27) \cdot 0,8 = 821,43 \text{ ккал} / (\text{год} \cdot m^2)$$

Виділення теплоти від штучного освітлення :

$$Q_{осв} = 860 \cdot n \cdot N_{осв}$$

де n – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову, для люмінісцентних ламп, $n=0,5$.

$N_{осв}$ – сумарна потужність джерел освітлення, кВт;

$$Q_{осв} = 860 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 344 \text{ ккал} / \text{год}$$

Розрахунок виділення теплоти людьми :

$$Q_{л} = 130 \cdot 6 + 130 \cdot 6 \cdot 0,85 = 1443 \text{ ккал} / \text{год}$$

Загальна кількість теплоти в розрахункову годину в лампі, яку необхідно відвести за допомогою кондиціонування, визначається сумою теплоти джерел теплонадходження :

$$Q_{ваг} = Q_{o.np.} + Q_{осв} + Q_{л} = 821,43 + 344 + 1443 = 2608,43 \text{ ккал} / \text{год}$$

Оскільки площа приміщення складає $20 m^2$, то найбільш доцільним є використання кондиціонера типу SUZUKI SST- A09 Z з холодопродуктивністю

2600 ккал/год.

Час, необхідний для охолодження приміщення за допомогою цього кондиціонера :

$$\tau = \frac{C \cdot \gamma \cdot v \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{норм.}})}{1,63 \cdot 3600 \cdot Q_{\text{конд.}}} = \frac{1000 \cdot 1,2 \cdot 90 \cdot (27 - 2,2)}{1,63 \cdot 3600 \cdot 2600} = 0,05 \text{ год.}$$

є) Для забезпечення належного освітлення робочої зони передбачають.

Для створення достатнього рівня освітлення робочих місць необхідно дотримуватися вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення. Норми проєктування», враховуючи характер виконуваної зорової роботи. Для даного виду робіт приймається VII розряд зорової роботи, при якому освітленість робочої поверхні повинна бути не менше 200 лк.

Недостатній рівень освітлення робочого місця або виробничої зони може призводити до зниження продуктивності праці, погіршення якості виконуваних операцій та підвищення ймовірності виробничого травматизму.

Низька освітленість викликає зоровий дискомфорт, що проявляється у відчутті напруження та незручності під час роботи. Тривале перебування в таких умовах спричиняє зниження концентрації уваги, погіршення зосередженості, а також призводить до зорової та загальної втоми працівників. Окрім створення комфортних умов для зору, освітлення також має значний психологічний, фізіологічний та естетичний вплив на людину. Світло є важливим елементом організації робочого простору і виступає своєрідним посередником між людиною та навколишнім середовищем.

Особливу увагу необхідно приділяти освітленню робочих місць користувачів персональних комп'ютерів. Серед них досить поширені астенопічні прояви, такі як різь або біль в очах, неприємні відчуття в надбрівній ділянці, розмитість контурів об'єктів та нечіткість зображення.

Постійна робота з екраном монітора, поверхня якого має матове покриття, зменшує частоту кліпання очей. Це може призводити до пересихання

рогівки та її деформації, що негативно впливає на зір і може спричиняти розвиток так званого синдрому «сухого ока».

Додатковим фактором втому є робота за моніторами з пульсуючим самосвітним екраном, параметри яких не відповідають нормативним вимогам щодо обмеження пульсації світлового потоку. У таких умовах користувач відчуває підвищений дискомфорт та швидко втому як очей, так і організму в цілому.

Засліплююча дія світильників у приміщеннях, де використовуються персональні комп'ютери, проявляється сильніше, ніж у багатьох інших випадках. Це пояснюється тим, що лінія зору користувача під час роботи з екраном розташована майже горизонтально, унаслідок чого зменшується захисний кут відносно можливих джерел засліплення, таких як світильники чи вікна. У результаті можуть виникати не лише астенопічні прояви, але й функціональні порушення роботи органів зору.

Використання кольорових шрифтів також збільшує навантаження на зоровий апарат, оскільки різні кольори мають неоднакову довжину хвиль і сприймаються оком на різній відстані. Через це органам зору необхідно здійснювати більш точну адаптацію, ніж під час сприйняття традиційного чорно-білого зображення.

5.4. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Основними причинами виникнення пожеж і вибухів на підприємствах є порушення вимог нормативних документів та недотримання правил пожежної безпеки, а також невиконання положень Закону України «Про пожежну безпеку».

До небезпечних факторів пожеж і вибухів, які можуть призвести до травмування людей, отруєння, загибелі персоналу або значних матеріальних

втрата, належать відкрите полум'я, іскри, підвищена температура навколишнього середовища, токсичні продукти горіння, задимлення, зниження концентрації кисню в повітрі, а також руйнування будівельних конструкцій і споруд.

Аналіз причин пожеж свідчить, що приблизно 85 % випадків їх виникнення пов'язані з людським фактором - недбалістю, халатністю або недостатнім рівнем обізнаності працівників з вимогами пожежної безпеки. Отже, значне зменшення кількості пожеж можливе за рахунок реалізації комплексу організаційних та технічних заходів протипожежного захисту.

До таких заходів належать:

1. Розроблення комплексної системи забезпечення пожежної безпеки підприємства відповідно до вимог ст. 5 Закону України «Про пожежну безпеку» та п. 2.3 НАПБ А.01.001-04.

2. Підготовка та видання щорічного наказу «Про організацію пожежної безпеки на підприємстві на наступний рік».

3. Проведення протипожежних інструктажів і спеціального навчання (пожежно-технічного мінімуму) для посадових осіб та працівників відповідно до встановлених нормативних документів.

Усі працівники при прийнятті на роботу та безпосередньо на робочому місці повинні проходити інструктажі з питань пожежної безпеки. Вони поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий. Особи, які не пройшли навчання або перевірку знань з пожежної безпеки, до виконання робіт не допускаються.

4. Визначення місць для паління, регламентування використання відкритого вогню, побутових нагрівальних приладів та порядку проведення вогневих робіт.

5. Оснащення об'єктів підприємства системами блискавкозахисту та підтримання їх у справному стані відповідно до вимог чинних нормативів.

6. Розміщення на території підприємства знаків безпеки згідно з вимогами стандартів.

7. Створення та організація діяльності пожежно-технічної комісії підприємства.

8. Формування добровільних пожежних дружин для участі у профілактичних заходах та ліквідації можливих пожеж.

9. Забезпечення виробничих приміщень та території підприємства засобами пожежогасіння відповідно до встановлених норм.

10. Оснащення об'єктів автоматичними системами пожежної сигналізації та пожежогасіння.

11. Формування необхідного запасу води для зовнішнього пожежогасіння.

12. Проведення державної експертизи проектної документації щодо відповідності вимогам пожежної безпеки.

13. Організація системи оповіщення персоналу про пожежу та розміщення біля телефонів інформаційних табличок із номером виклику пожежної служби.

Керівник підприємства зобов'язаний контролювати дотримання протипожежного режиму, реагувати на випадки порушення правил пожежної безпеки та проводити службове розслідування кожного випадку виникнення пожежі.

5.5. Заходи щодо забезпечення умов праці в надзвичайних ситуаціях

Для підвищення надійності функціонування підприємства важливим є забезпечення стійкої роботи систем електропостачання, газопостачання та водопостачання.

Стійкість системи електропостачання може бути підвищена шляхом живлення підприємства від двох і більше незалежних джерел енергії, розташованих на достатній відстані одне від одного. Якщо це неможливо, необхідно

передбачити резервні автономні джерела електроенергії на випадок аварійного відключення основного живлення.

Доцільно також здійснювати заходи щодо захисту існуючих підстанцій та створення резервних, а розподільчі пристрої та обладнання розміщувати у спеціальних захисних спорудах. Для підвищення надійності електропостачання повітряні лінії рекомендується замінювати підземними кабельними мережами.

З метою запобігання пошкодженню електромереж встановлюють автоматичні пристрої відключення при виникненні перенапруг, які можуть виникати під впливом електромагнітних полів.

На багатьох підприємствах газ використовується як паливо або для технологічних потреб. У випадку пошкодження газових мереж він може стати джерелом додаткової небезпеки. Тому на великих підприємствах доцільно створювати підземні резервуари-акумулятори для зберігання запасів газу. Крім того, підприємство повинно бути підготовлене до використання різних видів палива та мати необхідні резерви. Газопроводи оснащуються запірною арматурою та дистанційно керованими кранами, що дозволяє оперативно перекривати подачу газу у разі аварії.

Порушення роботи системи водопостачання може призвести до зупинки виробництва. Для запобігання цьому необхідно:

- створювати резервні джерела водопостачання;
- прокладати водопровідні мережі під землею;
- використовувати оборотні системи водопостачання з повторним застосуванням води для технічних потреб.

Отже, основними заходами забезпечення безпеки є проведення інструктажів з техніки безпеки, атестація та контроль стану обладнання, встановлення огорожень для запобігання доступу працівників до небезпечних зон і рухомих частин механізмів.

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату в адміністративних і побутових приміщеннях застосовуються системи опалення, вентиляції та кондиціювання повітря.

Пожежна безпека забезпечується комплексом технічних засобів пожежогасіння, зокрема системами протипожежного водопостачання, вогнегасниками, ящиками з піском та іншими засобами.

Безпека персоналу під час надзвичайних ситуацій досягається завдяки регулярному проведенню інструктажів, відпрацюванню практичних дій у разі аварійних ситуацій, підвищенню стійкості будівель і споруд, а також створенню та підтриманню у справному стані систем оповіщення і евакуації людей із небезпечних зон.

ВИСНОВОК

Модернізація механізмів головного підйому та управління кліщами крана здійснена шляхом заміни приводів старого виробництва ГДР на сучасні агрегати, аналогічні тим, що застосовуються на кранах заводу «Дніпротяжмаш», що підвищує рівень взаємозамінності.

Прийняті технічні рішення не впливають на основні робочі параметри крана, проте забезпечують підвищення якості, довговічності та уніфікації конструкції.

На основі проведених розрахунків для приводів механізмів підібрані двигуни, редуктори, гальма та муфти, які гарантують виконання заданих режимів роботи. У конструкції привода механізму головного підйому зубчасте зачеплення замінено редуктором, а кількість приводних електродвигунів зменшено, що знизило масу візка крана та спростило конструкцію.

Економічні розрахунки підтверджують ефективність обраного рішення. Так, у разі заміни базових агрегатів на аналогічні нові витрати становили б 1430000 грн, тоді як при використанні приводів виробництва «Дніпротяжмаш» – 572000 грн, що забезпечує економію 780000 грн.

Заходи з охорони праці, передбачені при модернізації, відповідають вимогам ГОСТ та СНиП.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1.Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с. ISBN 978-966-2609-48-6.
- 2.Сукач М. К., Горбатюк Є. В., Марченко О. А. Синтез землерийної і дорожньої техніки : підручник. Київ : Ліра-К, 2017. 376 с.
- 3.Григоров О. В. Вантажопідйомні машини : навч. посібник / О. В. Григоров, Н. О. Петренко ; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. Харків : НТУ “ХПІ”, 2006. 304 с.
- 4.Сукач М. К. Будівельні машини і обладнання : підручник. Київ : Ліра-К, 2020. 390 с.
- 5.Мартовицький Л. М. Атлас металоконструкцій ПТМ : навч. посіб. / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко, Г. В. Клименко ; за ред. Л. М. Мартовицького ; Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”. Запоріжжя : Нац. ун-т “Запоріж. політехніка”, 2019. 222 с.
- 6.Мартовицький Л. М. Крани спеціальні : навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. Запоріжжя : Національний університет “Запорізька політехніка”, 2023. 396 с.
- 7.Shapiro L. K. Cranes and Derricks / L. K. Shapiro, J. P. Shapiro. 4th ed. New York : McGraw Hill Professional, 2010. 688 p.
- 8.Schmitt R. L. Moving the Earth: Excavation Equipment, Methods, Safety, and Cost / R. L. Schmitt, C. J. Schexnayder, A. B. Cohen, H. L. Nichols Jr., D. A. Day. 7th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2019. 672 p.
- 9.НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідймальних кранів, підймальних пристроїв і відповідного обладнання : затв. наказом Міністерства соціальної політики України від 19.01.2018 № 62 ; зареєстр. в Міністерстві юстиції України 27.02.2018 за № 244/31696. Чинний від 10.04.2018. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77156 (дата звернення: 07.05.2026).

10.СНиП 2.09.03-85. Споруди промислових підприємств. Зміна № 1 (національна) : будівельні норми і правила : затв. наказом від 21.10.2004 № 195. Чинний від 01.04.2005.

11.Пат. 35712 U Україна. Мобільна бурова установка / Є. І. Крижанівський, М. М. Лях, І. В. Короп, Я. Т. Федорович ; власник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № а200512779 ; заявл. 29.12.2005 ; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.

12.Пат. 123713 U Україна. Насосно-циркуляційна система бурової установки / М. М. Лях, Л. Є. Шкіца, Т. М. Яцишин, О. І. Сидоренко ; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. № u201707840 ; заявл. 26.07.2017 ; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5. 6 с.

13.Пат. 122613 U Україна. Ударний вибійний двигун / М. І. Оринчак, І. І. Чудик, О. І. Кирчей, О. С. Бейзик, О. Б. Марцинків. № u201613137 ; заявл. 22.12.2016 ; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

14.Охорона праці та цивільний захист : підручник / за ред. О. Г. Левченка. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

15.ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ : ДП “УкрНДНЦ”, 2020.

16.ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.