

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Модернізація конструкції контейнерного козлового крана»**

Виконав: студент 2 курсу за ОПП «Магістра»,  
групи 1ГМ-20м  
спеціальності 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Іванков Іван Юрійович

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор

Поліщук Леонід Клавдійович

(прізвище та ініціали)

Опонент: к.т.н., доцент

Галушак Дмитро Олександрович

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ГМ  
д.т.н., професор Поліщук Л.К.  
« » \_\_\_\_\_ 2021р.

Вінниця ВНТУ – 2021 року

## АНОТАЦІЯ

УДК 656.073.235

Іванков І. Ю. Модернізація конструкції контейнерного козлового крана. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма – галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2021. 144 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 21 назв; рис.: 21; табл. 9.

В магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто комплексну механізацію вантажообігу з використанням контейнерного козлового крана на прикладі залізничного складу. Запропоновані покращення конструкції контейнерного козлового крана забезпечили підвищення техніко-економічних показників, зокрема покращена продуктивність завантажувально-розвантажувальних робіт на 30%, при цьому скорочено термін робочого циклу на 33%.

В конструкторській частині виконано ряд конструкторських розрахунків, які використанні під час побудови модернізованої конструкції контейнерного козлового крана. В роботі представлено складальні креслення і відповідні розрахунки.

Ключові слова: модернізація, кран, контейнери, вантажообіг, склад, конструкція, розрахунки.

## ABSTRACT

Ivankov I.Y. Modernization of the construction of a container gantry crane. Master's qualification work in the specialty 133 - branch mechanical engineering, educational program - branch mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2021. 144 p.

In Ukrainian language. Bibliogr. : 21 titles; fig. : 21; table 9.

In the master's qualification work the complex mechanization of cargo circulation with the use of a container gantry crane on the example of a railway warehouse is considered. The proposed improvements in the design of the container gantry crane provided an increase in technical and economic indicators, in particular improved productivity of loading and unloading operations by 30%, while reducing the service life by 33%.

In the design part, a number of design calculations were performed, which were used during the construction of the modernized structure of the container gantry crane. The paper presents assembly drawings and corresponding calculations.

Key words: modernization, crane, containers, cargo turnover, warehouse, construction, calculations.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

Спеціальність – 133 – Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ГМ**

**Поліщук Л.К.**

“ ” 2021 року

**ЗАВДАННЯ  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Іванкову Івану Юрійовичу

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Модернізація конструкції контейнерного козлового крана».

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи: д.т.н. проф. Поліщук Леонід Клавдійович, затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” вересня 2021 року №277

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 14.12. 2021р.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 1) Площа складу, кв. м – 9600; 2) Типи контейнерів – 1А, 1С; 3) Тип крану – контейнерний двохконсольний; 4) Проліт, м – 25; 5) Консолі, м – 5; 6) Вантажопід'ємність, т – 32; 7) Режим роботи механізмів – середній; 8) Швидкість механізмів, м/хв.: а) підйом вантажу – 11,7; б) переміщення крана – 60; в) переміщення візка – 5,9; 9) Висота підйому вантажу, м – 8,5.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1) вступ; 2) - теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів; 3) висновки з аналізу та постановка задачі проектування; 4) розрахунок конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт; 5) Визначення дотичних зусиль на різальній кромці модернізованого ковша і реактивних зусиль в нерухомих гідроциліндрах; 6) проектні та перевірочні розрахунки елементів конструкції; 8) економічне оцінювання доцільності розробки; 9) аналіз умов праці та розробка заходів безпеки життєдіяльності, зокрема заходів віброзахисту під час роботи установки.

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

1) Огляд типів козлових кранів (пл. ф.А1); 2) Комплексна механізація залізничного складу (ВЗ – 2 арк. ф.А1) 3) Козлового контейнерного крана загальний вид (креслення ф.А1 – 1 арк) 4) Складальне креслення візка балансувального (креслення ф.А1 – 1 арк); 5) Складальне креслення механізму переміщення крану (пл. ф.А1 – 1 арк.); 6) Складальне креслення захвату автоматичного (пл. ф.А1 – 2 арк.); 7) Складальне креслення візка вантажного (пл. ф.А1 – 1 арк.); 8) Складальне креслення механізму підйому (пл. ф.А1 – 1 арк.).

## 6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основний	д.т.н., проф. Поліщук Л.К.		
Економічний	к.т.н., доц. Бальзан М.В.		
Охорона праці	к.т.н., доц. Віштак І.В.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	к.т.н., доц. Поліщук О.В.		

7. Дата видачі завдання 24.09.2021 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Вступ	10.10.2021р	
2	Теоретичний аналіз конструкції сучасних екскаваторів та їх робочих органів	15.10.2021р	
3	Розробка конструкції робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт	2.11.2021р	
4	Технологічні розрахунки	9.11.2021р	
6	Конструкторські розрахунки	19.11.2021р	
7	Економічний аудит розробки	22.11.2021р	
8	Розрахунок кількості коштів на впровадження розробки, та строку їх окупності	24.11.2021р	
9	Аналіз умов праці при використанні робочого органу екскаватора для виконання планувальних робіт	26.11.2021р	
10	Розробка заходів безпеки життєдіяльності та надзвичайних ситуаціях	28.11.2021р	
11	Підготовка графічної частини МКР	4.12.2021р	
12	Попередній захист на кафедрі	14.12.2021р	

Студент \_\_\_\_\_ Іванков І.Ю.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Поліщук Л.К.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Підйомно-транспортні машини є основним обладнанням для механізації робіт у різних галузях господарства: у промисловості, будівництві, на транспорті, у сільськогосподарському виробництві.

Козловий кран є вантажопідйомною конструкцією для виконання розвантажувальних і вантажних робіт. Даний тип кранів використовують на відкритих майданчиках промислових підприємств, вантажних дворів, полігонів із виробництва залізобетонних виробів та контейнерних майданчиках залізничних станцій.

Козлові крани набули широкого застосування, та їх розробка є однією з найважливіших у сфері піднімально-транспортних машин. Створення раціональних та оригінальних конструкцій значною мірою залежить від умінь поєднувати вже відомі варіанти техніки та вводити нові, що відповідають високому рівню сучасних вимог.

**Метою магістерської кваліфікаційної роботи** — модернізація конструкції контейнерного козлового крана для збільшення вантажообігу складу та отримання максимального прибутку від використання складських площ.

Для досягнення мети необхідно вирішити ряд задач:

- Проаналізувати існуючі конструкції зразків техніки підйомно-транспортних машин, що використовуються для вантажообігу на складських площах;
- Дослідити сучасні тенденції зі раціоналізації та оптимізації вантажообігу;
- Розробити конструкцію контейнерного козлового крану з покращеними техніко-економічними показниками;
- Виконати, необхідні для побудови розробленої конструкції, основні конструкторські розрахунки;

– Розрахувати економічну доцільність розробки нової конструкції контейнерного козлового крана;

– Запропонувати заходи з охорони праці та цивільного захисту під час роботи з розробленою конструкцією.

**Об'єкт дослідження** – процеси, що використовуються для визначення та аналізу найбільш раціональної конструкції контейнерного козлового крана.

**Предмет дослідження** – конструкція контейнерного козлового крана.

**Методи дослідження** – методи логічного моделювання раціоналізації конструкції.

**Новизна одержаних результатів** – запропоновані покращення конструкції контейнерного козлового крана, які забезпечили підвищення техніко-економічних показників, зокрема покращена продуктивність завантажувально-розвантажувальних робіт на 30%, при цьому скорочено термін робочого циклу на 33%.

**Практична цінність роботи** – розроблено нову конструкцію контейнерного козлового крана з покращеними техніко-економічними показниками.

**Публікації.** Основні матеріали МКР доповідались на наукових семінарах кафедри Галузевого машинобудування (ГМ) ВНТУ, на щорічній НТК ВНТУ та опубліковані тези на всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи 2022».

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ .....	8
1.1 Призначення козлових кранів.....	8
1.2 Види козлових кранів .....	14
1.3 Аналіз ефективності існуючих систем організації контейнерних терміналів за використання різного транспортно-вантажного устаткування .....	23
Висновки .....	34
2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОНТЕЙНЕРНОГО КОЗЛОВОГО КРАНА.....	37
2.1 Опис конструкції .....	37
2.2 Розрахунок механізму підйому .....	38
2.3 Розрахунок механізму переміщення.....	43
2.4 Проектні та перевірочні розрахунки з'єднань .....	72
2.5 Перевірочний розрахунок зубчастого зачеплення.....	74
2.6 Розрахунок механізму повороту захвату .....	79
2.7 Розрахунок розпушувального елемента планувального ковша.....	54
2.8 Розрахунок на міцність елементів робочого устаткування екскаватора, оснащеного ковшем підвищеної планувальної здатності.....	65
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	85
3.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта.....	84
3.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	86
3.3 Пожежна безпека.....	90
3.4 Забезпечення безпечної експлуатації вантажопідіймального обладнання .....	91
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	100



4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки.....	100
4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	102
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	110
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	117
ДОДАТКИ.....	120
ДОДАТОК А – ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	121
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	129
ДОДАТОК В – СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	137

# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

## 1.1 Призначення козлових кранів

Козлові крани призначені для перевантаження та транспортування штучних та навалочних вантажів (у тому числі довгомірних), таких як залізобетонні вироби, метал, лісоматеріали та сипучі вантажі. На сьогоднішній день козлові крани (рис. 1.1) повсюдно використовуються для вантажно-розвантажувальних робіт на складах, майданчиках промислових підприємств, контейнерних майданчиках, прирейкових складах, залізничних станціях, а також для монтажу збірних промислових споруд. Діапазон робочих температур козлових кранів від +40 до -60°C. Пропоновані козлові крани можуть мати вантажопідйомність від 3,0 до 120,0 тонн [1 - 3]. Довжина прольоту та робочий виліт консолей завжди відповідає технічним завданням замовника.



Рисунок 1.1 – Загальний вид козлового крана

На додаткову вимогу, до комплекту поставки можуть включатися обмежувач вантажопідйомності та реєстратор параметрів, крани можуть обладнатися кондиціонерами, вантажозахоплювальними пристроями, вантажопідйомними електромагнітами та грейферами, а також можуть бути виготовлені для роботи в сейсмонебезпечній зоні до 8 балів. Крани призначені для роботи в 1-5 вітрових районах за ГОСТ 1451-77. Крани виготовляються для роботи на змінному струмі з напругою 380 з частотою 50 Гц. Управління краном здійснюється з кабіни або з підлоги. Можливе встановлення радіокерування.

Велику популярність останнім часом мають контейнерні перевантажувачі (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Контейнерний перевантажувач

Контейнерні козлові крани призначені для перевантаження середніх та великотоннажних контейнерів різної вантажопідйомності, і це обладнання широко використовується в терміналах з великим вантажообігом: залізничних, автомобільних, морських, річкових, а також на промислових підприємствах та складах [2].

Принцип роботи козлового крана заснований на сукупності циклічних операцій, пов'язаних підйомом штучного або тарного матеріалу, періодичним переміщенням агрегату від місця стропування матеріалу на місце вивантаження та назад. Транспортування сировини, конструкцій та переміщення обладнання відбувається завдяки спеціальному механізму – вантажному візку.

Основні робочі операції, що виконуються козловим краном, та їх середня тривалість:

**Захоплення.** Вантажозахопний пристрій вводиться в технологічний отвір, який може бути глухим або наскрізним. Тривалість операції загалом становить 10-70 сек.

**Підйом.** Спочатку вантаж піднімається на висоту до 0,5 м., щоб кранівник міг переконатися в надійності кріплення. При розрахунку часу підйому на задану висоту враховуються показники швидкості підйому утримуючого пристрою, час розгону та уповільнення, висота підйому. Тривалість операції з підйому вантажу від 25 до 50 с.

**Пересування.** Час процесу залежить від ваги візка, його вантажопідйомності та швидкості пересування, а також маси вантажного обтяження. Потрібен час для переміщення візка з вантажем до 20 сек.

**Опускання.** Залежить від висоти та швидкості опускання, розгону та уповільнення вантажозахоплювального органу. За приблизним розрахунком тривалість процесу від 15 до 30 сек. Опускати вантаж дозволено тільки на місце, передбачене проектом виконання робіт, де виключається перекидання, падіння або сповзання елементів, що перевозяться.

**Звільнення від захоплення вантажу або відстропування.** Хронометражні спостереження показують, що з виконання цієї роботи витрачається 10-40 сек.

**Встановлення гака у верхнє положення.**

**Переміщення порожнього вантажного візка на нульову позицію при повному закінченні робіт.**

Сукупність технологічних операцій із транспортування вантажу дозволяє обслуговувати великі промислові об'єкти, автоматизуючи при цьому ряд виробничих процесів створення готової продукції.

Козлові крани складаються з прогонової будови, що спирається на опорні ноги, з'єднані або безпосередньо з ходовими візками в кранах, що самотонтуються, або з балками, в яких встановлюються ходові колеса крана. Козлові крани поділяють на монтажні та загального призначення. Крани загального призначення мають вантажопідйомність до 5 т, монтажні – до 500 т.

Основні параметри цих кранів[1, 4]:

1. Висота підйому – 4 - 25 м;
2. Проліт – до 40 м.;
3. Швидкість підйому вантажу – до 32 м/хв.;
4. Швидкість пересування крана – до 100 м/хв.;
5. Швидкість пересування візка до – 40 м/хв.

Швидкості всіх механізмів козлових кранів є робочими.

Несівною конструкцією козлового крана є міст із двома опорами (рис. 1.3). По мосту крана переміщається вантажний візок із вантажозахоплювальним пристроєм. Опори крана встановлюються на ходові візки, кожен з яких переміщається дворейковим шляхом. Мости кранів малої (до 5 т) вантажопідйомності виготовляють і у вигляді просторової трипопосої ферми та балки двотаврового профілю, по якій пересувається електроталь. Вантажний візок цих кранів може переміщатися нижнім або верхнім поясом мосту. Поширені комбіновані конструкції кранів, у яких по верхньому поясу переміщається вантажний візок основного, а по нижньому допоміжного механізму меншої вантажопідйомності. Мости кранів виконуються з консолями та без них. Довжина консолей досягає 25...30% від довжини прольоту. У цьому випадку візок допоміжного підйому переміщається по всій довжині прогонової будови.

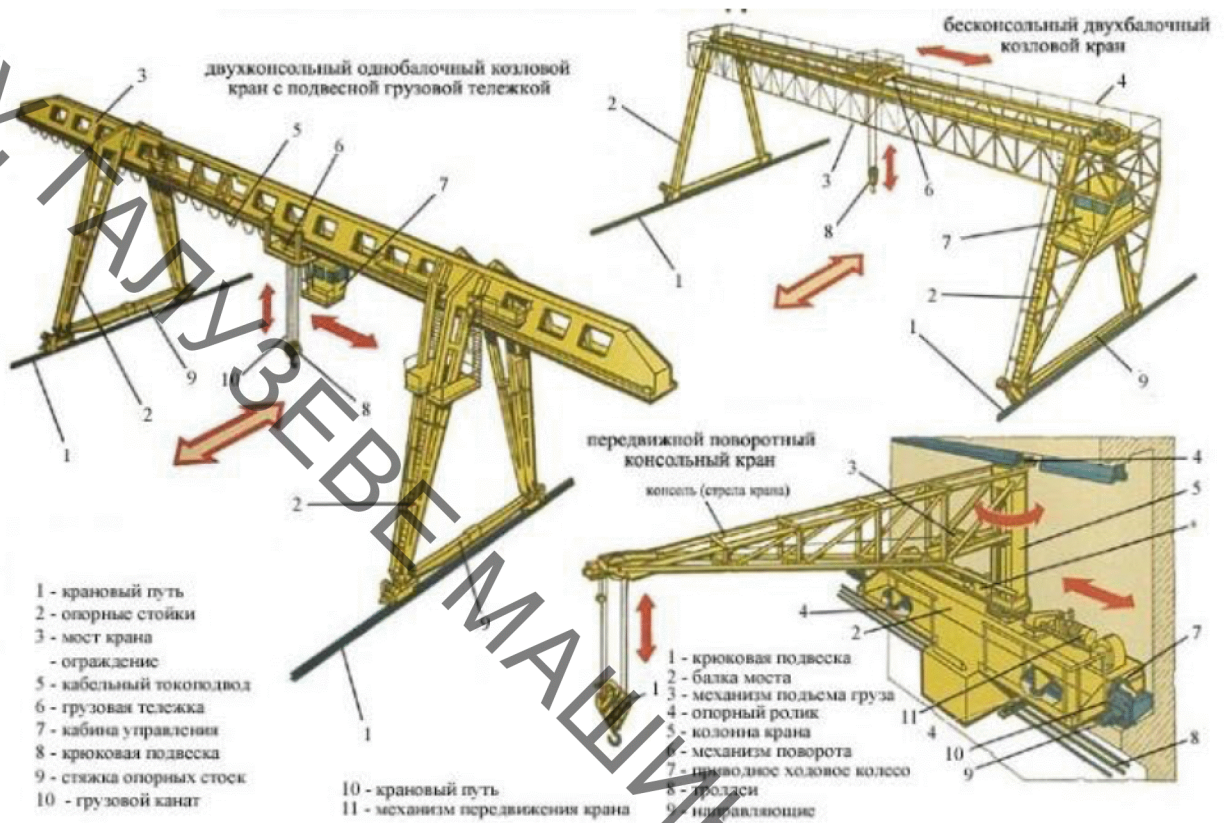


Рисунок 1.3 – Козлові і рухомі крани

При переробці штучних та сипких матеріалів, що надходять на розвантажувальний майданчик водним шляхом, автомобільним транспортом або в інших випадках, що вимагають збільшення площі, що обслуговується краном, прогонова будова козлових кранів виконується з однією або двома консолями.

Висота цих кранів вибирається залежно від заданої висоти підйому вантажу, а також з урахуванням габаритів предметів та споруд, над якими треба перемістити вантажі – естакади, залізничні під'їзні колії з транспортом, штабелі матеріалів тощо. Залежно від профілю обслуговуваного майданчика ходові візки можуть бути розташовані на однакових чи різних рівнях. У деяких випадках один з ходових візків розташований на рівні прогонової будови. Такі крани називаються напівкозловими.

Більшість козлових кранів – самомонтуються. Міст крана стріловим краном укладають на шпальні клітини, одночасно встановлюють на рейки

ходові візки, стійки опор з'єднують шарнірно з поясом моста і візками, потім ліві та праві стійка стягують за допомогою лебідки та встановлюють кран у робоче положення. Стійки опор унизу з'єднують жорсткими поперечками (затяжками опор крана). Пролітна будова такого крана складається із замкнутої листової конструкції трапецієдальної форми, вантажний візок пересувається по рейках, покладених на бічних площинах прогонової будови.

В інших конструкціях обидві опорні ноги козлових кранів із прольотом до 30м жорстко з'єднуються з прогоною конструкцією; зі збільшенням прольоту одна нога проектується просторово жорсткою (ліва опора), а інша – плоскою гнучкою (права опора). Така схема виключає вплив на металоконструкцію крана розпору, який може виникнути при дії підвищеної температури, що викликає подовження прогонової будови або при порушенні паралельності підкранового шляху.

Механізми підйому козлових кранів можуть бути встановлені на вантажному візку або винесені з нього. У першому випадку вантажний візок є звичайним крановим візком, що несе на собі механізм підйому вантажу і механізм пересування візка, або спеціальний вантажний візок. Часто для зменшення ваги та габаритів вантажного візка механізми підйому вантажу та пересування візка виносяться з вантажного візка та встановлюються над жорсткою опорою. У цих випадках вантажний візок несе на собі блоки поліспасту механізму підйому, а тягове зусилля механізму пересування до візка передається за допомогою тягового каната. Зі зменшенням ваги і габариту візка зменшується навантаження на прогонову будову, що дозволяє знизити вагу крана в цілому.

Управління козовими кранами зазвичай здійснюється з кабіни, яка виконується стаціонарною чи рухомою. Рухома кабіна забезпечує кращий огляд місця навантаження та розвантаження, але створює додаткове рухоме навантаження на прогонову будову, що викликає необхідність збільшення перерізу прогонової будови. Стаціонарна кабіна кріпиться до прогонової будови біля нерухомої ноги або безпосередньо до опорної ноги, що дозволяє

зменшити навантаження на прогонову будову. Однак, при великих прольотах значно погіршується огляд з кабіни.

## 1.2. Види козлових кранів

Металева конструкція складається з моста (без консолей, з однією або двома консолями) та двох опор. Міст може бути виконаний однобалочним або двобалочним. Часто пролітна будова крана є просторовою конструкцією, що складається з двох, пов'язаних між собою ферм. Однобалочні мости більш характерні для кранів вантажопідйомністю 5-10 т (рис. 1.4). Як візок у цьому випадку використовують електроталі [2].



Рисунок 1.4 – Однобалочний козловий кран

Козлові крани великої вантажопідйомності виконують із двобалочними мостами. Рейки для переміщення візків у цих кранах зазвичай встановлюються на верхній частині головних балок. Вантажні канати проходять між головними балками. Двобалковий козловий кран складається з прогонової балки ферменної або зварної листової конструкції та підвісного (або опорного) візка (рис. 1.5).





Рисунок 1.5 – Кран козловий двохбалочний

Козлові крани з двобалковим мостом більш металомісткі. Основною їх перевагою є можливість застосування типових вантажних візків від мостових кранів та виготовлення коробчастих пролітних балок за відпрацьованою технологією. Несівні елементи конструкції козлових кранів опираються на шлях крана за допомогою двох пар опорних стійок. Управління козловими кранами може здійснюватися як із землі, так і з кабіни стаціонарного або рухомого типу.

Крани козлові гакові (рис. 1.6) загального призначення призначені для виконання підйомно-транспортних, вантажно-розвантажувальних та складських робіт з штучними вантажами переважно на відкритих майданчиках промислових підприємств, залізничних станціях, складах та інших виробничих об'єктах. Крани гакові як вантажозахоплювальний орган обладнуються гаками за ГОСТ 6627, ГОСТ 6628 і ГОСТ 6619 або спеціального виконання з конструкторської документації, затвердженої в установленому порядку. Вантажопідйомність крана характеризується масою вантажу, що піднімається на гаку. Технічні характеристики козлового гакового крана представлені в таблиці 1.1.

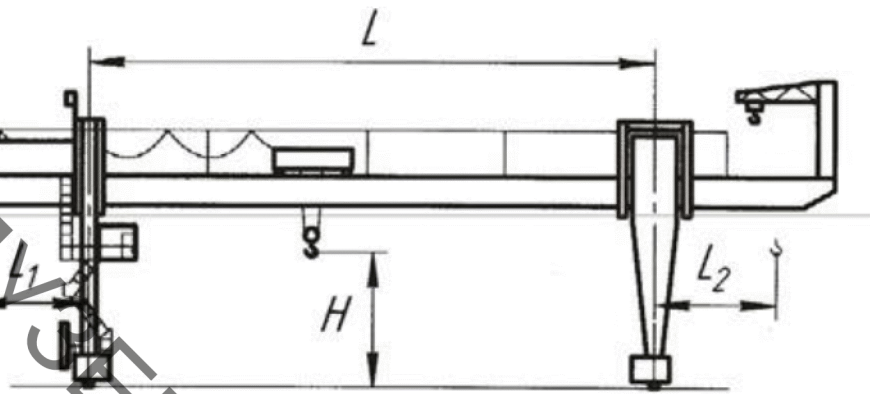


Рисунок 1.6 – Схема козлового гакового крана

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики козлового гакового крана

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідємність, т	підйом 1	1,0...200
	підйом 2	1,0...50
Проліт, м		8...70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м/с (м/хв)	підйом 1 и 2	0,125...0,33 (7,5...20)
	переміщення візка	0,2...1,5 (12,0...90)
	переміщення крана	0,2...2,0 (12,0...120)
Частота обертання вантажозахватного органу (вантажного візка), об/хв.		-
Висота підйому від рівня головки підкранової рельси, м		до 32
Глибина опускання від рівня головки підкранової рельси, м		до 20
Максимальне навантаження на колесо, кН		100...500 задається замовником
Група класифікації (режиму) роботи крана по ISO 4301-1:1986		A2...A6 (2К-6К)

Крани козлові грейферні призначені для перевантаження сипких та навалочних вантажів за допомогою канатного або приводного ковшового грейфера або моторного знімного або електрогідравлічного грейфера.

Крани, оснащені багатощелепним канатним або приводним грейфером, використовуються для перевантаження брухту чорних та кольорових металів. Канатні грейфери можуть мати як поздовжнє, так і поперечне розкриття

щодо підкранових колій. Крани з канатними грейферами використовуються, як правило, на спеціалізованих складах сипучих та навантажувальних вантажів з великим вантажообігом.

Грейферні крани, в основному, застосовуються в металургійній та вугільній промисловості, промисловості будівельних матеріалів та на підприємствах з переробки брухту чорних та кольорових металів. Вантажопідйомність крана характеризується сумарною масою вантажу та грейфера. Технічні характеристики козлового грейферного крана представлені в таблиці 1.2.



Рисунок 1.7 – Грейферний козловий кран

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики козлового грейферного крана

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідйомність, т	підйом 1 (грейфера)	5,0...75
	-	-
Проліт, м		8...70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м/с (м/хв)	підйом 1 і 2	0,125...1,5 (7,5...90)
	переміщення візка	0,2...2,0 (12,0...120)
	переміщення крана	0,2...2,0 (12,0...120)
Висота підйому від рівня головки підкранової рельси, м		до 30
Глибина опускання від рівня головки підкранової рельси, м		до 20
Максимальне навантаження колесо, кН		100...500
Група класифікації (режима) роботи крана по ISO 4301-1:1986		A6...A8 (6K-8K)

Крани козлові магнітні (рис. 1.8) призначені для перевантаження заготовок та готового прокату чорних металів, металобрухту та інших феромагнітних матеріалів за допомогою вантажопідйомного електромагніту. Вони використовуються на підприємствах металургійної промисловості, великих базах металу та на підприємствах з переробки брухту чорних металів. Вантажопідйомність крана (гака) характеризується сумарною масою вантажу максимальною вантажною здатністю електромагніту та масою магніту.



Рисунок 1.8 – Магнітний козловий кран

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики магнітного козлового крана

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідйомність, т	на магніті (ах)	5,0...75
Проліт, м		8...70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м/с (м/хв)	підйом 1 і 2	0,125...1,5 (7,5...90)
	переміщення візка	0,2...2,0 (12,0...120)
	переміщення крана	0,2...2,0 (12,0...120)
Висота підйому від рівня головки підкранової рельси, м		до 32
Глибина опускання від рівня головки підкранової рельси, м		до 20
Максимальне навантаження на колесо, кН		100...500
Група класифікації (режима) роботи крана по ISO 4301-1:1986		A6...A8 (6К-8К)

Крани козлові магнітно-грейферні (рис. 1.9) використовуються у шихтових відділеннях та на шлакових дворах мартенівських цехів, а також на підприємствах з переробки брухту чорних металів. Застосування козлових магнітно-грейферних кранів дозволяє поперемінно завантажувати (обробляти) мульди, технологічну тару, вагони або авто- і залізничний транспорт, користуючись магнітом, то грейфером.

У одновізкових кранів компоновання механізмів може бути з розташуванням робочих органів, як уздовж прольоту крана, так і поперек. Вантажопідйомність даного типу крана характеризується вантажопідйомністю механізму, що має більшу величину. При використанні одновізкових магнітно-грейферних кранів з розташуванням робочих органів поперек прольоту крана на шихтових дворах великих металургійних підприємств для перевантаження підготовленого брухту зі штабелю в великогабаритні спеціалізовані транспортні засоби (трансферкари, ломовози) з одночасною роботою магнітом і грейфером.

У двотележкових кранів вантажопідйомність кранів характеризується вантажопідйомністю візка, що має велику величину.



Рисунок 1.9 – Козловий магнітно-грейферний кран

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики козлового магніто-грейферного крана

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідємність, т	грейфера	5,0...75
	магніта (ах)	5,0...75
Проліт, м		8...70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м/с (м/хв)	підйом 1 и 2	0,125...1,5 (7,5...90)
	переміщення візка	0,2...1,5 (12,0...90)
	переміщення крана	0,2...2,0 (12,0...120)
Частота обертання вантажозахватного органа (вантажного візка), об/хв		-
Висота підйому від рівня головки підкранової рельси, м		до 30
Глибина опускання від рівня головки підкранової рельси, м		до 20
Максимальне навантаження на колесо, кН		100...500
Група класифікації (режиму) роботи крана по ISO 4301-1:1986		A6...A8 (6K-8K)

Крани козлові монтажні (рис. 1.10) призначені для монтажу обладнання та обслуговування монтажних майданчиків укрупнювального складання та складів електростанцій, виробництва монтажних та складальних робіт на суднобудівних верфях та судноремонтних підприємствах, монтажу та обслуговування обладнання нафтохімічних підприємств та підприємств енергетики, а також для будівельних та монтажних робіт та в інших галузях народного господарства

Крани монтажні гакові обладнуються електроприводами з посадковими швидкостями. Найбільш характерними особливостями спеціальних монтажних кранів є збільшена висота пролітної будови для кранів, що встановлюються на будівельних конструкціях, а також мінімально можлива маса. Технічні характеристики козлового монтажного крана представлені в таблиці 1.5.



Рисунок 1.10 – Крани козлові монтажні

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики козлового монтажного крана

Найменування параметрів і розмірів		Величина (діапазон) параметра
Вантажопідємність, т	Основний візок – підйом 1	1,0...250 і більше
	допоміжний візок -підйом 2	1,0...50
Проліт, м		8...70
Консолі, м		до 15
Швидкість механізму, м/с (м/хв)	підйом 1 и 2	0,125...0,2 (7,5...12)
	переміщення візка	0,2...1,0 (12,0...60)
	переміщення крана	0,2...1,0 (12,0...60)
Висота підйому від рівня головки підкранової рельси, м		до 32
Глибина опускання від рівня головки підкранової рельси, м		до 20
Максимальне навантаження на колесо, кН		100...500
Група класифікації (режима) роботи крана по ISO 4301-1:1986		A2...A5 (2К-5К)

Універсальний козловий кран призначений для проведення вантажно-розвантажувальних робіт на:

- залізниці, де виникає необхідність перевантажувати 20-40 футових контейнерів;
- контейнерних майданчиках із невисокою пропускною спроможністю;
- підприємствах, які потребують перевантаження контейнерів та інших вантажів.

Спеціальний контейнерний козловий кран (рис. 1.11) ідеально підходить для перевантаження та складування 20 - 45 футових контейнерів на наступних майданчиках [5]:

- залізничні станції;
- сухі контейнерні термінали;
- річкові/морські порти;
- контейнерні склади під час виробництва.

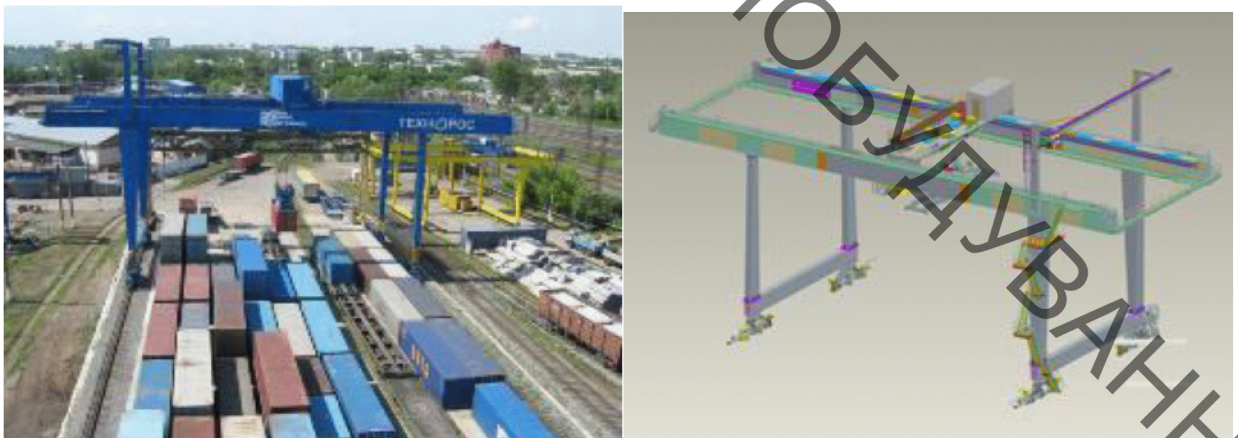


Рисунок 1.11 – Спеціальний контейнерний козловий кран

Переваги використання таких кранів:

Підвищення швидкості обробки контейнерів за рахунок:

– П – подібна конструкція крана з нижнім ригелем, яка дозволяє проносити 20-45 футові контейнери між опор крана без розвороту на всій висоті підйом.

– Просторовий підвіс спредера, яким обладнаний кран, завдяки чому відбувається гасіння коливань.

Відповідність логістичним схемам виробника:



– «СКЛАД – АВТОТРАНСПОРТ»: механізм повороту контейнера дозволяє встановлювати контейнери під кутом 45-90 по відношенню до контейнерного майданчика,

– «СКЛАД – ПЛАТФОРМА ЗАЛІЗНИЦЯ: поворот контейнера на 180 для встановлення на платформи рухомого складу залізничних дверей-Д-двері», продуктивність і характеристики.

### **1.3 Аналіз ефективності існуючих систем організації контейнерних терміналів за використання різного транспортно-вантажного устаткування**

За даними UNCTAD (Асоціація з Торгівлі та Розвитку при Організації Об'єднаних Націй), за останні 20 років обсяг перевезень вантажів у контейнерах щорічно збільшувався приблизно на 9,8 %. За даними консалтингової компанії Drewry Shipping Consultants, у 2007 р. на контейнери припало понад 70 % (у вартісному вираженні) світових товарів, що перевозяться морем. У 2006 р. морем було перевезено 129 млн. TEU (Twenty Equivalent Units), у 2007 р. – 157 млн. TEU. Передбачається, що у 2012 р. цей показник складе 219 млн., у 2016 р. – 287 млн. та у 2020 р. – 371 млн. TEU [6].

Збільшений обсяг трансконтинентальних контейнерних перевезень супроводжувався збільшенням контейнерного парку (в основному за рахунок 20- та 40-футових контейнерів різних конструкцій), введенням у дію нових суден-контейнеровозів підвищеної місткості та замовлення на будівництво ще більш містких кораблів. За останні 50 років було прийнято 6 нових класів суден-контейнеровози [3]: Panamax Class - (4000 - 7000 TEU), Post-Panamax Class - (7000 - 13000 TEU), Super-Post-Panamax Class/E-class - (більше 13000 TEU), Triple E-class - (18000 TEU та вище).

Зі зростанням кількості контейнерів, що перевозяться морськими суднами, зросли загальносвітові обсяги контейнерних перевезень, у тому

числі не морськими видами транспорту (залізничним, автомобільним, річковим), які разом із морським транспортом та морськими терміналами є ланками єдиної транспортної системи. Вантажообіг, що збільшується, вимагає модернізації або переобладнання контейнерних терміналів, розташованих як у портах, так і всередині континентів; зміни їхньої складської інфраструктури; оснащення їх високопродуктивними кранами-перевантажувачами (основне вантажопідйомне обладнання, необхідне для роботи з суднами-контейнеровозами експлуатованих типів) та іншими переробними допоміжними засобами (залізничними, автомобільними платформами, річстакерами для порожніх, груже т.п.). Через необхідність переробки великої кількості контейнерів, що одночасно складаються, сучасні термінали мають складну складську інфраструктуру (рис.1.12).

Для підвищення ефективності переробки контейнерів використовують схеми з розбивкою складської площі зі штабелями контейнерів на рівні частини. Отримані складські майданчики обслуговуються системою транспортно-перевантажувального обладнання, до функцій яких входить переміщення контейнерів по ланцюжку: від перевантажувачів до складського майданчика, укладання контейнерів у штабелі, робота з контейнерами в штабелях і переміщення контейнерів від штабелів на видачу до магістральному транспорту та назад.

Враховуючи те, що вищезазначене обладнання доступне в різних варіантах виконання (за висотою, шириною, вантажопідйомністю), а також допускає різні комбінації параметрів, очевидно, що окремим завданням є аналіз та вибір оптимальної системи функціонування терміналу, що включає якісне (вид обладнання) та кількісне (число одиниць обладнання) визначення необхідних ресурсних обсягів системи.

Незважаючи на вищезазначене розмаїття використовуваного обладнання, існують варіанти систем організації контейнерних терміналів, що найчастіше використовуються.

Через експлуатаційні та економічні обмеження не всі типи вантажно-розвантажувального та транспортного обладнання можуть бути об'єднані в спільну транспортно-перевантажувальну систему.

Використовуване транспортно-перевантажувальне та складське обладнання безпосередньо впливає на основні параметри контейнерного терміналу, такі як: ємність складських площ, час переробки одного контейнера, добова кількість контейнерів, що переробляються, кількість одиниць техніки, кількість персоналу та ін.

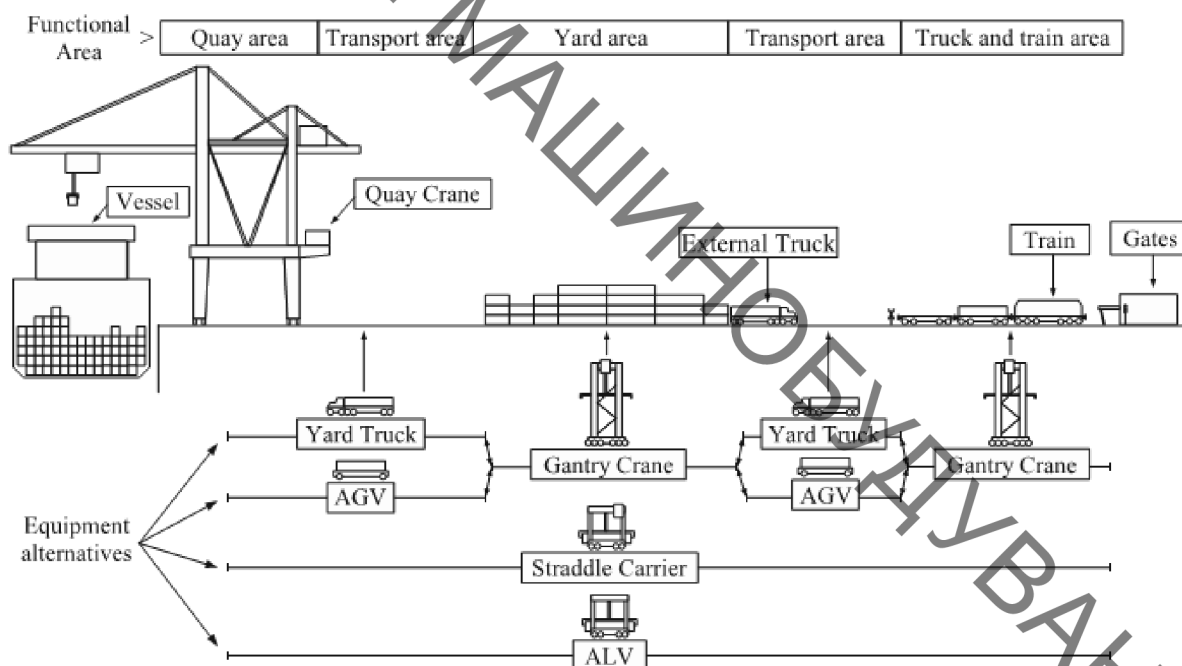


Рисунок 1.12 – Варіанти схем взаємодії машин та обладнання всередині контейнерного терміналу при трьох різних схемах обробки контейнерів [4], де Yard Truck – термінальний тягач, Gantry Crane – козловий контейнерний кран, AGV – автоматична вантажна платформа, Quay Crane – контейнерний перевантажувач, Straddle Carrier – порталний навантажувач, ALV – автоматичний порталний навантажувач, Vessel – судно-контейнеровоз, External Track – магістральна (зовнішня) вантажівка, Train – залізничний поїзд, Truck and train area (Landside area) – гранична перевантажувальна ділянка, Yard Area – складські майданчики, Transport area – ділянки внутрішньотермінальних транспортувань, Quay area – ділянка перевантаження контейнерів судно-причал.

Розглянемо основні застосовувані системи організації терміналів.

Система організації терміналу з використанням річстакерів та термінальних тягачів (річстакер+YT). Причальний перевантажувач захоплює контейнери з судна та переміщує їх на причепи термінальних тягачів (скорочено YT – Yard Track – внутрішньотермінальне транспортне обладнання), які транспортують їх до штабельного майданчика, де контейнери укладаються у штабелі річстакерами. У цій схемі річстакери, окрім взаємодії з YT, також обробляють магістральні вантажівки та контейнерні залізничні платформи [7].

На один причальний перевантажувач необхідно використовувати 3-4 річстакери та 4-5 YT (кількість залежить від відстані між причальним перевантажувачем та контейнерним складом).

У разі необхідності перерозподілу транспортно-перевантажувальних потужностей, річстакери можуть бути переміщені на інший термінал або використовуватися на інших складських майданчиках.

Також, річстакери можуть використовуватися при тимчасових пікових навантаженнях як додаткове транспортно-перевантажувальне обладнання до вже наявного [2].

Переваги системи:

- низькі інвестиції та капітальні витрати, оскільки річстакери та YT мають відносно низьку ціну за одиницю обладнання;
- низькі експлуатаційні витрати обладнання порівняно з альтернативними системами за умови доступу до відносно недорогої робочої сили.

Недоліки системи:

- транспортування контейнерів між причальним перевантажувачем та складським майданчиком потребує наявності двох операцій передачі контейнерів через використання різного обладнання для штабелювання та транспортування;

– порівняно високі вимоги до операторів терміналу через велику кількість транспортних засобів та низький рівень автоматизації; • високі трудові та експлуатаційні витрати (особливо у країнах з високооплачуваною робочою силою);

– термінальні тягачі не можуть самостійно піднімати або опускати контейнери із ґрунту, що веде до збільшення часу переробки кожного контейнера;

– людський фактор. Через високу концентрацію транспортно-перевантажувального обладнання, керованого персоналом, неминуче виникнення помилок та аварійних ситуацій, що ведуть до зниження продуктивності та економічних втрат.

Система організації терміналу з використанням порталних вантажників (SC – Straddle Carrier). Причальний перевантажувач захоплює контейнери з судна та переміщає їх на майданчик, звідки порталні навантажувачі транспортують їх до штабельного складу та складають у контейнерні штабелі. Порталні навантажувачі незалежні від будь-якого іншого обладнання та в змозі виконати різні вантажно-розвантажувальні роботи: транспортування, штабелювання, навантаження/розвантаження автомобілів та залізничних платформ.

Система з використанням порталних навантажувачів є оптимальною для терміналів середніх та великих розмірів, коли необхідна висока гнучкість у дворі терміналу та доступність до контейнерних штабелів. У межах цієї системи за потреби можна легко змінювати схему (планування) терміналу. Через необхідність наявності численних смуг руху система дозволяє організувати лише середню щільність штабелювання.

На один причальний перевантажувач необхідне використання 4-5 порталних навантажувачів (якщо немає будь-яких спеціальних умов).

На деяких терміналах система доповнена обладнанням ручного управління, що штабелює порожні контейнери, та/або козловими рейковими кранами для обробки контейнерів на залізничній станції [6, 7].

ВНТУ  
НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР  
МАШИНОБУДУВАННЯ

Переваги системи [6, 7]:

– портальні навантажувачі можуть самостійно забезпечити всі види транспортно-перевантажувальних операцій, необхідних для переміщення контейнерів від воріт терміналу (включаючи вантажну обробку автомобілів і залізничних платформ) через контейнерний склад безпосередньо до причальних перевантажувачів (і навпаки). Таким чином, системи з використанням портальних навантажувачів як транспортно-вантажного обладнання життєздатні, і комбінації з іншими (сумісними) типами обладнання можливі, але не обов'язкові, якщо тільки не викликані специфічними логістичними або економічними вимогами;

– При завантаженні / розвантаженні суден контейнери можуть ставитися безпосередньо на поверхню причалу, з якого їх підхоплюють перевантажувачі або портальні навантажувачі. Таким чином, немає потреби у безпосередньому поєднанні перевантажувачів з транспортним обладнанням під час передачі контейнерів.

Цей вид контейнерної передачі дозволяє причальним перевантажувачам працювати з високою продуктивністю, використовуючи порівняно невелику кількість портальних навантажувачів на кожен перевантажувач;

– можливість паралельно переміщати велику кількість контейнерів;  
– поломка одного портального навантажувача не впливає весь процес переробки контейнерів;

– порівняно з попередньою системою з використанням річстакерів та термінальних тягачів, трудові витрати нижчі через меншу кількість керованих транспортних засобів;

– адаптивність системи до змін, спричинених експлуатаційними вимогами. Схема (планування) терміналу може бути досить просто змінена, оскільки портальні навантажувачі легко переміщуються в межах терміналу;

– незначний вплив людського фактора та пов'язаних з ним помилок та аварій, т.к. нижче концентрація устаткування, керованого людьми, проти попередньої системою.

Недоліки системи:

- високі інвестиції та капітальні витрати на порталні вантажники;
- високі витрати на технічне обслуговування;
- високі трудові витрати порівняно з напівавтоматизованими та автоматизованими транспортними та складськими системами;
- потреба у великих площах порівняно зі складами, що використовують кранове обладнання, через низьку висоту штабелювання та необхідний простір для руху та маневрування порталних навантажувачів при штабелюванні контейнерів (тобто низька щільність складування);
- за наявності великих відстаней усередині терміналу, порталні навантажувачі недостатньо ефективні, оскільки вони значно повільніші за термінальні тягачі і дорожчі.

Система організації терміналу з використанням пневмоколісних козлових кранів (RTG) та термінальних тягачів (YT). Причальний перевантажувач захоплює контейнери з судна-контейнеровозу та поміщає контейнери на термінальні тягачі (YT), які транспортують контейнери до складу, де пневмоколісні козлові крани (RTG) штабелює контейнери у довгі блоки. RTG може використовуватися для перевантаження контейнерів з YT та автомобілів. Параметри RTG визначаються згідно з технічними вимогами оператора терміналу. Особливістю застосування пневмоколісних кранів є необхідність більш серйозного бетонування ділянки поверхні для колії під шасі кожного крана, т.к. шасі навантаженого крана має високе навантаження на поверхню. RTG самі по собі менше і легше, ніж рейкові козлові крани, тому їх рекомендується використовувати в тих терміналах, які організовані на ділянках осушених боліт, де заходи щодо зміцнення ґрунту надто дорогі.

Даний тип обладнання часто використовується на великих та дуже великих терміналах. Ця система забезпечує порівняно високу щільність

штабелювання. У терміналі, організованому з такою транспортно-перевантажувальною системою, великі відстані є обмеженням, т.к. контейнери транспортуються щодо високошвидкісних термінальних тягачів. RTG можуть також ефективно використовуватися для вантажного оброблення автомобілів або залізничних платформ. RTG за потреби можуть переміщатися від складських майданчиків до граничних перевантажувальних майданчиків і навпаки.

Грунтуючись на практичних даних, оптимальна кількість пневмоколісних козлових кранів на один причальний перевантажувач – 2-3 одиниці при 4-5 УТ (оптимальна кількість агрегатів залежить від внутрішньотермінальних відстаней).

Переваги системи:

- висока щільність штабелювання – наявність невеликих розривів між блоками всередині штабельних майданчиків через порівняно високу кількість контейнерів, що зберігаються в обмеженому просторі. Контейнери можуть штабелюватись у блоки до 8 рядів без розривів, необхідних для проїзду транспорту;

- відносно висока гнучкість, т.к. пневмоколісні козлові крани можуть бути переміщені до інших блоків зберігання контейнерів;

- середні інвестиційні та капітальні витрати на обладнання.

Недоліки системи:

- операція переміщення кожного контейнера між причальним перевантажувачем та складським майданчиком вимагає двох процедур передачі через використання різного обладнання для штабелювання та транспортування;

- необхідність наявності складної та високоефективної служби управління контейнерним складом – з метою мінімізації перестановки контейнерів між штабелями та блоками;



– людський фактор. Висока концентрація транспортно-перевантажувального обладнання, керованого людьми, веде до неминучого виникнення помилок та аварійних ситуацій.

Система з використанням рейкових козлових кранів (RMG) та термінальних тягачів (варіант: контейнерні блоки розташовуються паралельно до причалу). Дана система повторює систему з козовими кранами, але в даному випадку кожен вантажопідйомний кран встановлений на стаціонарних залізничних коліях і має консоль, що виходить за межі порталу крана.

Причальний перевантажувач захоплює контейнери з контейнеровозу та поміщає їх на YT, які транспортують контейнери до складу, де рейкові козлові крани (RMG) підхоплюють контейнери та штабелюють у довгі блоки.

Переваги системи:

- порівняно висока щільність складування контейнерів;
- RMG більш надійний і має триваліший термін експлуатації, ніж RTG портальний навантажувач;
- більш висока ремонтпридатність із помірними витратами на технічне обслуговування та ремонт;
- середні експлуатаційні витрати;
- систему з використанням RMG легко автоматизувати, ніж подібну, але з використанням RTG.

Недоліки системи:

- дорожчий та складніший монтаж RMG через необхідність будівництва рейкових шляхів;
- високі інвестиції та капітальні витрати на обладнання та будівельні роботи всередині терміналу порівняно з іншими транспортно-перевантажувальними системами;
- висока залежність продуктивності від надійності RMG, т.к. у разі складної поломки, операція заміни RMG, що вийшов з ладу, на справний займає порівняно тривалий термін;

– більш трудомісткий, тривалий та витратний процес зміни схеми (планування) контейнерного складу та відповідно терміналу у разі потреби.

Система з використанням рейкових козлових кранів та автоматичних транспортних платформ або автоматичних транспортер-навантажувачів (варіант: контейнерні блоки розташовуються перпендикулярно до причалу). У цій системі транспортування контейнерів усередині терміналу здійснюється автоматизованими транспортними платформами (AGV) або автоматизованими транспортер-навантажувачами (ALV), що також називаються Shuttle Carriers (ShCs). З метою безпечної експлуатації, при автоматизації терміналу необхідно дотримуватися суворого розмежування між ділянками терміналу, на яких використовується автоматизоване обладнання, та ділянками з обладнанням, керованим людьми. Внаслідок цього ділянка перевантаження контейнерів з магістральних вантажівок розташовується в кінці штабельних блоків. Штабелювання контейнерів здійснюється рейковими козловими кранами або їх автоматичними аналогами (в найсучасніших і найдосконаліших терміналах). А для передачі контейнерів між причальним перевантажувачем та штабельним майданчиком, що обслуговується рейковими козловими кранами (RMG), використовуються автоматизовані транспортні платформи та автоматизовані транспортер-навантажувачі [7].

Особливістю ALV є щодо невелика висота, тобто. ALV значно менше, ніж звичайний порталний навантажувач і тому більш маневрений.

ALV – ефективна альтернатива тим терміналам, де необхідна висока оперативність горизонтального переміщення контейнерів транспортом між штабелями і причальними перевантажувачами за високої щільності штабелювання.

Переваги системи:

– дуже низькі трудові витрати внаслідок автоматизації та порівняно малої чисельності персоналу;

– висока працездатність системи; дуже висока продуктивність термінального транспорту.

Недоліки системи:

– дуже високі інвестиції та капітальні витрати;  
– необхідні висококваліфіковані робочі кадри;  
– мала гнучкість системи до змін, викликаних експлуатаційними вимогами, тобто. Для зміни схеми (планування) терміналу необхідні значні капітальні витрати.

Наведені вище дані усереднені та засновані на практичному досвіді організації та експлуатації терміналів, що знаходяться у різних країнах світу. Слід зазначити, що з проектуванні та організації окремого контейнерного терміналу необхідно враховувати конкретні місцеві особливості, наприклад: юридичні, сейсмічні, метеорологічні, геологічні, експлуатаційні та інших.

Залежно від оснащення терміналів істотно змінюються ємності контейнерних складів (рис.1.13).

Загальні недоліки для всіх описаних систем такі.

– велика кількість проміжних операцій, і як наслідок, потреба у великій кількості одиниць допоміжної техніки та персоналу, зайнятих у цих операціях;

– потреба у порівняно великих складських площах, що займають найбільший відсоток території контейнерних терміналів;

– потреба у великій кількості контейнерних навантажувачів та перевантажувальних контейнерних кранів, що переміщуються по терміналу, що потребує розвиненої транспортної мережі всередині терміналу;

– при складуванні контейнери ставляться один на інший у 2-5 ярусів, що ускладнює їх переробку та потребує складної системи управління складськими роботами. При зберіганні контейнерів вище двох ярусів, вони обладнуються спеціальними пристроями кріплення, що ускладнює і підвищує технологічний цикл їх переробки;

– проблема переробки нижніх контейнерів у штабелях. Для переробки

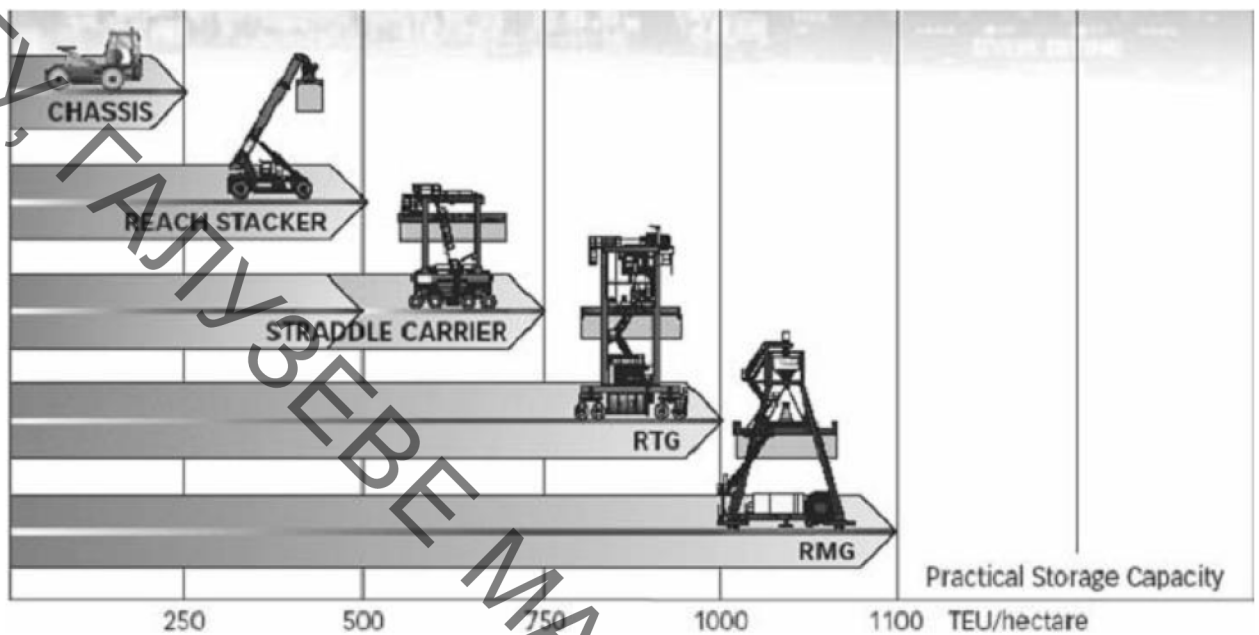


Рисунок 1.13 – Місткість контейнерного складу (в контейнерах) при застосуванні різних типів перевантажувального обладнання (TEU/hectare – ДФЕ/га; Practical Storage Capacity – практична ємність складу) [5]. Chassis – вантажна платформа (контейнерна вантажівка), reachstacker – річстакер, straddle carrier – порталний навантажувач, RTG – пневмоколісний козловий кран, RMG – рейковий козловий кран

(відвантаження-навантаження) нижніх контейнерів необхідно перемістити верхні, яка вимагає виконання додаткових робочих операцій, що призводить до додаткових витрат часу, техніки, трудових ресурсів.

Відмінність лише в тому, що козлові крани RTG і RMG виробляють такі операції трохи швидше та ефективніше, ніж річстакери та порталні навантажувачі.

**Висновки.** У цьому проекті розглянуто комплексну механізацію залізничного складу. Високий ступінь автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт даного складу став можливим у зв'язку з тим, що вантажі на ньому зберігаються у великотоннажних контейнерах.

Контейнери являють собою стандартизовані за зовнішніми і внутрішніми габаритами та місцями розташування захватних пристроїв сховища для вантажів. По кутах контейнерів розміщені спеціальні елементи -

фітинги, що використовуються як опори контейнерів при їх штабелюванні та як елементи для захоплення контейнерів при їх перевантаженні.

У зв'язку з тим, що великотоннажні контейнери масою бруто 10т (1Д) і 25т (1ВВ, 1В) в Україні, як правило, не застосовуються, під час автоматизації залізничного складу будемо виходити з того, що весь вантажообіг на ньому відбувається в контейнерах масою 32т (1А) ) та 20т (1С).

Так як вантажообіг складу тісно пов'язаний з часом виконання вантажно-розвантажувальних операцій, то метою автоматизації є зменшення часу на їх проведення і як наслідок збільшення вантажообігу складу та отримання максимального прибутку від використання складських площ. Крім того, метою автоматизації є видалення із зони вантажно-розвантажувальних робіт обслуговуючого персоналу для запобігання виробничим травмам.

Як засіб автоматизації складу в ході дипломного проекту було обрано козловий контейнерний кран, доцільність застосування якого обґрунтована великою площею складу, що ускладнює застосування наземних навантажувачів. Крім того, це дозволяє збільшити ємність складу за рахунок складування контейнерів у 2 яруси та зменшення проміжків між контейнерами у зв'язку з відсутністю необхідності залишати проїзди для навантажувачів.

Як вантажозахоплювальний пристрій у крані запропоновано застосувати спеціальний вантажозахоплювальний пристрій – спредер. Спредер здійснює автоматичне зчеплення та розчеплення з контейнером без участі стропальника. При опусканні спредера на контейнер Т – образні штирі заходять до отворів фітингів та повертаються на 90 градусів, здійснюючи зчеплення спредера з контейнером. Після транспортування контейнера штирі повертаються у вихідне положення, звільняючи контейнер.

Для точного наведення спредера на контейнер захвати виконані поворотними. Крім того, передбачено можливість роботи з кількома типами

контейнерів. При необхідності зміни типорозміру контейнера замість контейнера 1С спредер здійснює захоплення рами для роботи з контейнером 1А і здійснюється підключення до цієї рами електричних роз'ємів для роботи механізмів повороту багнетів.

Козловий контейнерний кран виконаний з двома консолями вантажопідйомності, на яких обмежена контейнерами 1С, що здешевлює конструкцію і в той же час не позначається на роботі складу, оскільки під контейнери 1А залишається достатньо складського місця між опорами крана. У той же час опори крана виконані таким чином, що контейнери 1С проходять крізь них без повороту захвату, що прискорює проведення вантажно-розвантажувальних робіт.

Отже, **метою магістерської кваліфікаційної роботи** – модернізація конструкції контейнерного козлового крана для збільшення вантажообігу складу та отримання максимального прибутку від використання складських площ.

Для досягнення мети необхідно вирішити ряд задач:

- Проаналізувати існуючі конструкції зразків техніки підйомно-транспортних машин, що використовуються для вантажообігу на складських площах;
- Дослідити сучасні тенденції зі раціоналізації та оптимізації вантажообігу;
- Розробити конструкцію контейнерного козлового крану з покращеними техніко-економічними показниками;
- Виконати, необхідні для побудови розробленої конструкції, основні конструкторські розрахунки;
- Розрахувати економічну доцільність розробки нової конструкції контейнерного козлового крану;
- Запропонувати заходи з охорони праці та цивільного захисту під час роботи з розробленою конструкцією.

## 2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ КОНТЕЙНЕРНОГО КОЗЛОВОГО КРАНА

### 2.1 Опис конструкції

Контейнерний козловий кран, призначений для обслуговування залізничного контейнерного складу, повністю заповненого вантажними контейнерами, причому половина їх масою 20т, інша половина – масою 32т. Протягом робочої зміни типорозмір контейнерів, що перевантажуються, змінюється, в середньому, чотири рази на день.

Усі елементи металоконструкції – коробчастого перерізу. Пролітна будова складається з 2-х головних та 2-х кінцевих балок, що обпираються на 4 опори, з'єднані між собою попарно стяжками. Механізм пересування крана складається з балансирів і восьми ходових візків, зібраних попарно під кожною опорою та мають індивідуальний привід.

Вантажний візок є зварною рамою, встановленою на чотирьох дворобордних приводних коліс і переміщується по мосту крана. На рамі візка козлового крана розміщується механізм підйому та механізм пересування візка.

Механізм підйому є двобарабанною лебідкою.

Механізм пересування вантажного візка складається із двох приводів: один привід – на кожну пару ходових коліс.

Відстань по горизонталі між осями рейок кранового шляху називається прольотом крана, а відстань між осями ходових коліс або між осями балансирних візків – базою крана. Відстань між поздовжніми осями підвізкових рейок називається колією візка. Проліт проектного крана 25000мм, а база 14000мм. Колія візка 13500мм, а база 2500мм.

## 2.2 Розрахунок механізму підйому

Вихідні дані:

1. Вантажопідємність, кг	$Q_n = 32000$
2. Маса захвата, кг	$m_3 = 10000$
3. Швидкість підйому, м/с	$v = 12$
4. Кратність поліспасти	$a = 3$
5. Число ходових коліс	$n_{x.k} = 16$
6. Число приводних коліс	$n_{пр.к} = 8$
7. Група режиму роботи	4

### *Вибір кінематичної схеми механізму та схеми запасування каната*

Кінематична схема механізму підйому крана представлена на рис. 2.1.

Схема запасовки каната представлена на рис. 2.2.

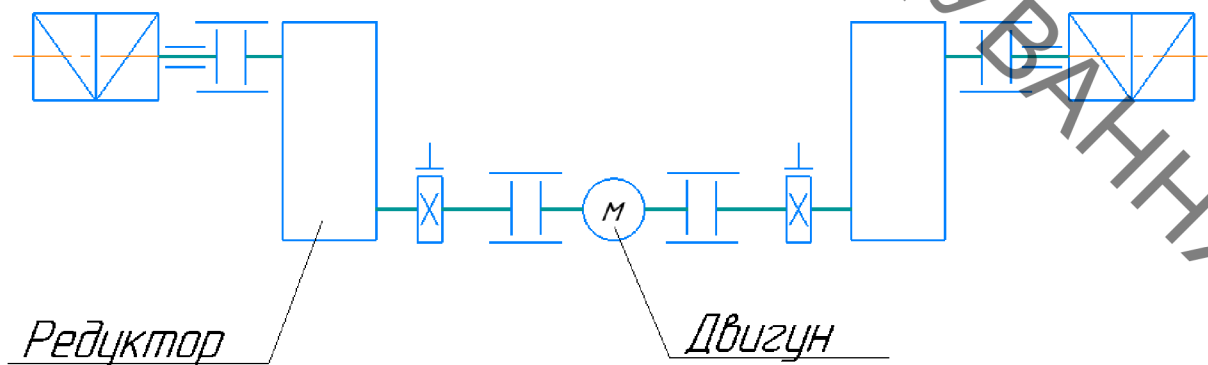


Рисунок 2.1 – Кінематична схема механізму підйому крана

Для данної схеми запасування:

- Кратність  $a = 3$ ;
- Число гілок каната  $m = 8$ ;



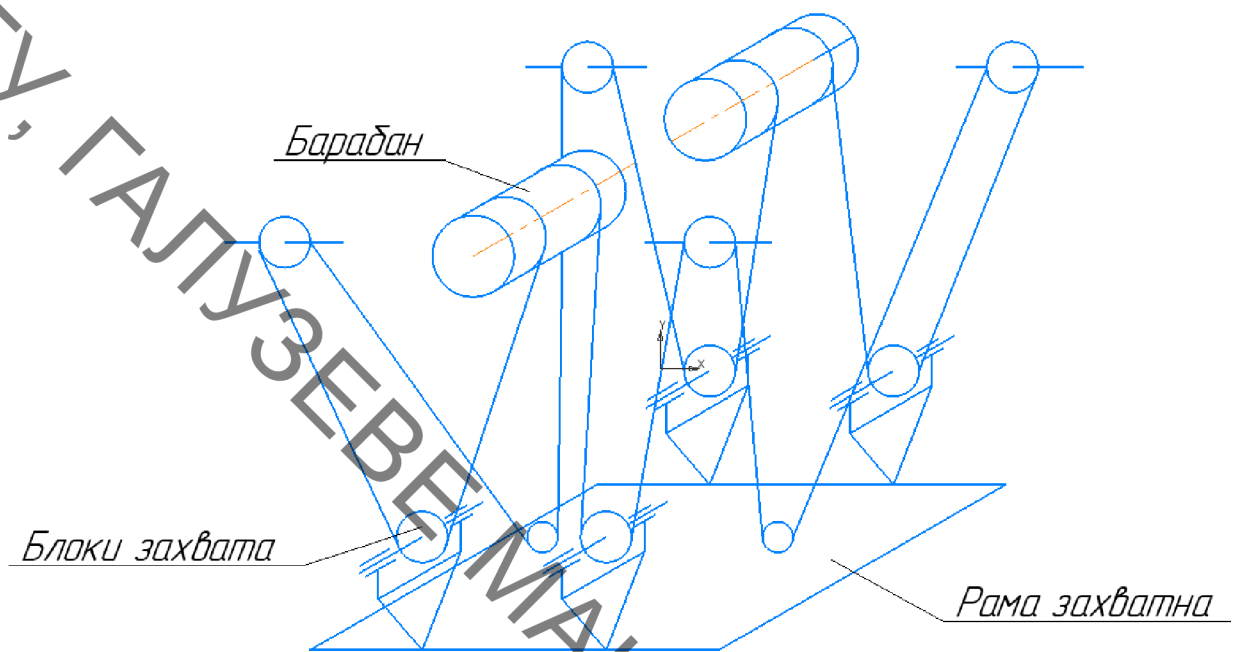


Рисунок 2.2 – Схема запасовки каната

### **Вибір каната та визначення діаметра барабана**

Вибір каната здійснюється на основі виконання умови [8 - 10]:

$$S_{руін} \geq S_{\max} \cdot n; \quad (2.1)$$

де  $n$  – коефіцієнт запаса (для 4 групи режиму роботи  $n=5,6$ , [10]), а  $S_{\max}$  – максимальне зусилля в канаті від ваги вантажу. Вона розраховується за такою формулою:

$$S_{\max} = \frac{(G_{вант} + G_3) \cdot (1 - \eta)}{m \cdot (1 - \eta^a) \cdot \eta^t}, \quad (2.2)$$

де:  $(G_{вант} + G_3) = (32000 + 10000) \cdot 9,81 = 412020$  Н – вага вантажу;

$\eta = 0,98$  - ККД блока.

Звідст:

$$S_{\max} = \frac{412020 \cdot (1 - 0,98)}{8 \cdot (1 - 0,98^3) \cdot 0,98^0} = 59841 \text{ Н.}$$

Отже,  $S_{pyim} \geq 59841 \cdot 5,6 = 335109 \text{ Н}$ .

Вибирається канат ЛК-Р конструкції 6x19 (1+6+6/6)+1 о.с. подвійної звивки з органічним сердечником нерозкручувальний (з точковим контактом) за ГОСТ 2688-80.

Виходячи з того, що і розривне зусилля менше або дорівнює 335 кН, вибирається діаметр каната. (Маркування каната «11-Г-І-СС-Н-1862 ГОСТ 2688-80», тобто вантажний канат, І марка дроту, маркувальна група 1862 МПа, вид покриття дроту – оцинкована, поєднання напрямків звивки елементів – хрестова, спосіб звивки каната – нерозкручувальна).

Діаметр барабана визначається з наступної умови:

$$D_{бар} \geq h_1 \cdot d_k, \quad (2.3)$$

де  $d_k$  – діаметр каната, а  $h_1$  – коефіцієнт, що залежить від групи режиму роботи, [10].

Звідси, 
$$D_{бар} \geq 22,4 \cdot 24 = 537 \text{ мм}.$$

З конструктивних міркувань, виходячи з нормального ряду діаметрів барабанів, вибираємо  $D_{бар} = 605 \text{ мм}$ .

### **Визначення довжини барабана та частоти його обертання**

Здвоєний барабан з кроком нарізки:

$$t = d_k + (2...3) \text{ мм} = 11 + (2...3) = 13...14 \text{ мм}. \quad (2.4)$$

Отже, приймаємо крок нарізки  $t = 14 \text{ мм}$ .

Довжину барабана обраховуємо за формулою:

$$l_{бар} = 2 \cdot l_{кр} + 2 \cdot l_{недом} + 2 \cdot l_p + l_{ненар}, \quad (2.5)$$

де:  $l_{кр}$  – жовжина діляник барабана під кріплення каната;

$\ell_{недот}$  – 1,5 недотичних витка;

$\ell_{ненар}$  – ненарізна частина;

$\ell_p$  – робоча частина.

Довжина ненарізаної частини барабана розраховується з умови обмеження кута відхилення каната при максимально наближеному до барабана візку. З конструктивних міркувань приймаємо рівною  $\ell_{ненар} = 150 \text{ мм}$ .

Число витків на робочій частині барабана:

$$\frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{бар}}, \quad (2.6)$$

де  $a = 3$  – кратність поліспасти.

Таким чином,  $\ell_{бар} = 2 \cdot \left( \frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{бар}} + 1.5 + 3 \right) \cdot t + \ell_{ненар} = 2 \cdot \left( \frac{8,5 \cdot 3 \cdot 1000}{\pi \cdot 605} + 1.5 + 3 \right) \cdot 14 + 150 = 889 \text{ мм}$ . Приймаємо довжину барабана –  $\ell_{бар} = 890 \text{ мм}$ .

Частота обертання барабана визначається з таких міркувань:

$$v_{окр} = \frac{\pi \cdot D_{бар} \cdot n_{бар}}{1000}.$$

З другої сторони,  $v_{окр} = v_{вант} \cdot a$ , де  $v_{вант}$  – швидкість підйому вантажу. Тоді:

$$n_{бар} = \frac{1000 \cdot v_{зр} \cdot a}{\pi \cdot D_{бар}} = \frac{1000 \cdot 12 \cdot 3}{\pi \cdot 605} = 18,23 \text{ об/хв}. \quad (2.7)$$

### Вибір двигуна

Необхідна потужність електродвигуна:

$$N = \frac{(G_{вант} + G_z) \cdot v_{зр}}{1000 \cdot 60 \cdot \eta} = \frac{412020 \cdot 12}{1000 \cdot 60 \cdot 0,9} = 113 \text{ кВт}. \quad (2.8)$$

З огляду на те, що тривалість включення становить  $PВ=25\%$ , за каталогом вибирається електродвигун МТН 612-6. Його параметри [9]:

Потужність на валу – 112 кВт,

Частота обертів –  $n_{\text{об}} = 950 \text{ хв}^{-1}$ ,

Максимальний момент на валу – 3580Н·м.

### **Вибір редуктора**

Передатне відношення редуктора дорівнює:

$$u = \frac{n_{\text{об}}}{n_{\text{впр}}} = \frac{950}{18,23} = 52,12; \quad (2.9)$$

За каталогом здійснюється підбір редуктора типу Ц2-650 з найближчим передатним числом:

$$u_{\text{ном}} = 50 \quad (u_{\text{факт}} = 48,57).$$

Допустимий крутний момент на тихохідному валу –  $M_T = 41005 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Допустимая консольная нагрузка на тихоходном валу – 69651Н.

### **Перевірка редуктора:**

1. По моменту:  $M_{\text{найб}} \geq M_{\text{факт}}; \quad (2.10)$

$$\text{підходить} \begin{cases} M_{\text{найб}} = m \cdot M_T = 1,6 \cdot 41005 = 65610 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{\text{факт}} = 2 \cdot S_{\text{max}} \cdot \frac{D_{\text{впр}}}{2} = 2 \cdot 59841 \cdot \frac{0,605}{2} = 36203 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{cases}$$

2. За допустимим консольним навантаженням:

$$P_{\text{конс}}^{\text{факт}} \leq P_{\text{конс}}^{\text{ред}}; \quad (2.11)$$

$$\text{підходить} \begin{cases} P_{\text{конс}}^{\text{факт}} = S_{\text{max}} = 59841 \text{ Н}; \\ P_{\text{конс}}^{\text{ред}} = 69651 \cdot 9,81 = 683276 \text{ Н}. \end{cases}$$

### 2.3 Розрахунок механізму переміщення

Принципова кінематична схема механізму переміщення крана наведено на рис. 2.3. Механізм має роздільний привід, що здійснюється від кранового електродвигуна через триступінчастий вертикальний циліндричний навісний редуктор на ходове колесо. Гальмівний пристрій прикріплений до редуктора на спеціальній підставці.

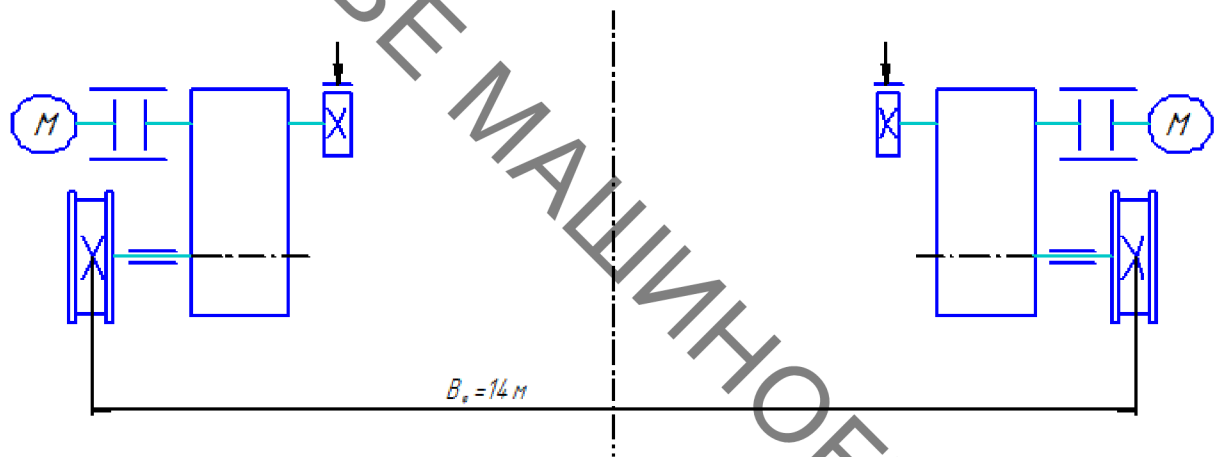


Рисунок 2.3 – Принципова кінематична схема механізму переміщення

Вихідні дані:

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 1. Вантажопідємність, кг      | $Q_n = 32000;$     |
| 2. Маса крана, кг             | $m_{кр} = 220000;$ |
| 3. Маса захвата, кг           | $m_з = 10000;$     |
| 4. Швидкість переміщення, м/с | $v = 1;$           |
| 5. Число ходових коліс        | $n_{х.к} = 16;$    |
| 6. Число приводних коліс      | $n_{пр.к} = 8;$    |
| 7. Режим роботи               | $ПВ = 25\%.$       |

## Вибір ходових коліс крана

Схема для визначення навантажень на ходові колеса крана представлена на рис. 2.4. (вантаж у крайньому положенні) [10].

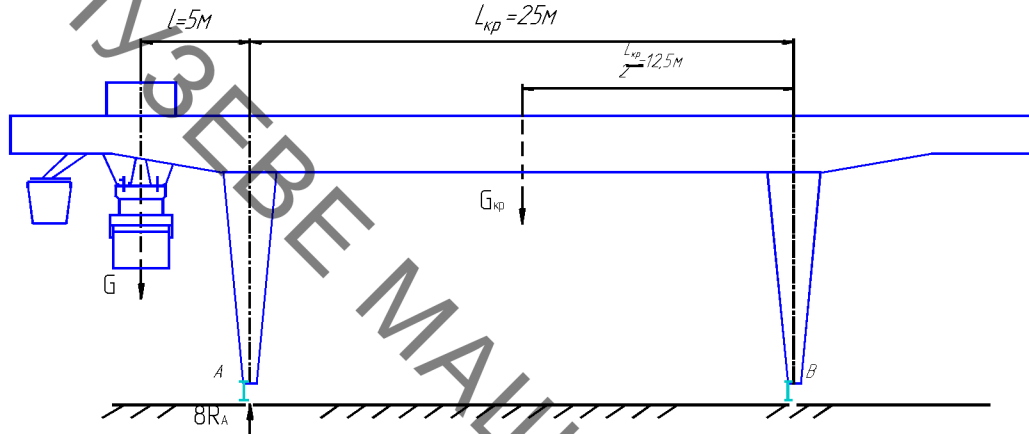


Рисунок 2.4 – Схема для визначення навантажень на ходові колеса крана

Сума моментів відносно точки **B**:

$$\sum M_B : -8R_A \cdot L_{кр} + G(l + L_{кр}) + G_{кр} \cdot \frac{L_{кр}}{2} = 0 ; \quad (2.12)$$

де  $G_{кр} = 220000 \cdot 9,81 = 2158200 \text{ H}$  – вага крана;

$G = (32000 + 10000 + 48000 + 2500) \cdot 9,81 = 907425 \text{ H}$  – вага захвата з вантажем, візка і кабіни;

$L_{кр} = 25 \text{ м}$  – проліт крана;

$l = 5 \text{ м}$  – відстань від осі захвата при його крайньому положенні до осі ходових коліс.

Звідси навантаження на ходове колесо:

$$R_A = \frac{907425 \cdot (25 + 5) + 2158200 \cdot 12,5}{8 \cdot 25} = 178542 \text{ H}.$$

Вибираємо приводні ходові колеса: К2РП-560-1 (ОСТ 24.090.0975)

Непривідні ходові колеса: К2РН-560-1 (ОСТ 24.090.0975)

Діаметр: 560 мм;

Матеріал колеса – сталь 75-2-а-І за ГОСТ 14959-79, НВ-330 (загартування, відпуск).

Рейка – Р43 (ГОСТ 4121-76).

***Визначення опору пересування крана з урахуванням вітрового навантаження та ухилу кранового шляху***

Опір у ходових колесах з урахуванням тертя реборд та торців маточин:

$$W_T = (G_{кр} + G_{зр}) \cdot \frac{2\mu + f \cdot d}{D_{X.K}} \cdot K_P ; \quad (2.13)$$

де  $K_P$  – коефіцієнт, що враховує тертя реборд та торців маточин ходових коліс крана об головки рейок. Для кранів козлового типу з роздільним приводом механізму пересування для циліндричних ходових коліс з підшипниками кочення.  $K_P = 1,5$ ;

$\mu$  – коефіцієнт тертя кочення ходових коліс по рейках. Ходове колесо – чавунне, діаметр – 560 мм, головка рельси – округлена, тому –  $\mu = 0,05$  см;

$f = 0,015$  – коефіцієнт тертя в підшипниках опору колеса, приведений до діаметру  $d$  цапфи вала колеса;

$d = 12$  см – діаметр цапфи вала колеса.

$D_{X.K.} = 56$  см – діаметр поверхні дорожки кочення ходового колеса.

$G_{кр} = 220000 \cdot 9,81 = 2158200$  Н – вага крана

$G_{zp} = 313930H$  – вага вантажу.

$$W_T = (2158200 + 412020) \cdot \frac{2 \cdot 0,05 + 0,015 \cdot 12}{56} \cdot 1,5 = 19276,65 \quad H ;$$

Горизонтальна складова ваги крана від нахилу підкранових шляхів:

$$W_{yK} = (G_{kp} + G_{zp}) \cdot \alpha = 2570220 \cdot 0,003 = 7710,66 \quad H , \quad (2.14)$$

де  $\alpha = 0,003$  – нахил підкранових шляхів для козлових кранів;

Розрахункове вітрове навантаження робочого стану  $W_B$  при розрахунку потужності двигунів механізмів приймається рівною 70% від статичної складової вітрового навантаження  $W_{BP}$ :

$$W_B = 0,7 \cdot W_{BP} = 0,7 \cdot 35126,5 = 24588,6 \quad H ; \quad (2.15)$$

Повний статичний опір пересування крана:

$$W = W_T + W_{yK} + W_B ; \quad (2.16)$$

$$W = 19276,65 + 7710,66 + 24588,6 = 51575,91 \quad H.$$

### **Вибір електродвигуна**

Потрібна потужність електродвигуна:

$$N = \frac{W \cdot v}{102 \cdot \eta_M \cdot 8} ; \quad (2.17)$$

де



$v = 1,0 \text{ м/с}$  – швидкість переміщення крана;

$\eta_M = 0,85$  – ККД привода механізму;

$$N = \frac{51575,91 \cdot 1,0}{102 \cdot 0,85 \cdot 8} = 11,3 \text{ кВт};$$

Приймаємо електродвигун типу МТФ 311-6;

Потужність двигуна:  $N_{\text{ДВ}25\%} = 13 \text{ кВт};$

Частота обертання вала двигуна:  $n = 935 \text{ об/хв};$

Максимальний момент:  $M_{\text{МАХ}} = 320 \text{ Н} \cdot \text{м};$

Пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{ПУСК}} = \frac{M_{\text{ПУСК}}^{\min} + M_{\text{ПУСК}}^{\max}}{2}; \quad (2.18)$$

$$M_{\text{ПУСК}}^{\min} = 1,1 \cdot M_{\text{НОМ}}; \quad (2.19)$$

$$M_{\text{НОМ}} = 9550 \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{13}{935} = 132,78 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.20)$$

$$M_{\text{ПУСК}}^{\min} = 1,1 \cdot 132,78 = 146,06 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ПУСК}}^{\max} = 320 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{ПУСК}} = \frac{146,06 + 320}{2} = 233,03 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

### Вибір редуктора

Редуктор вибираємо по умові:  $M_{P\text{MAX}} < M_{\text{найб}}$

Частота обертання ходового колеса крана:

$$n_{X.K.} = \frac{v_{X.K.}}{\pi \cdot D_{X.K.}}; \quad (2.21)$$

де

$v_{X.K.} = 60 \frac{M}{xv}$  – швидкість переміщення крана;

$D_{X.K.} = 0.56 \text{ м}$  – діаметр ходового колеса;

$$n_{X.K.} = \frac{60}{\pi \cdot 0,56} = 34,12 \frac{\text{об}}{xv}$$

Необхідне передаточне число:

$$U = \frac{n_{E.D.}}{n_{X.K.}} = \frac{935}{34,12} = 27,4; \quad (2.22)$$

Розрахуноква потужність редуктора:

$$N_p = k \cdot N_{\text{ПВ}=25\%}; \quad (2.23)$$

де:

$k$  – коефіцієнт режиму роботи;

$k = 1,6$  для середнього режиму роботи;

$N_{\text{ПВ}=25\%} = 13 \text{ кВт}$  – потужність електродвигуна при ПВ=25% ;

$$N_p = 1,6 \cdot 13 = 20,8 \text{ кВт};$$

Вибираємо редуктор ЦЗВК-250:

Фактичне передаточне число:  $U_p = 25$ ;

Крутний момент на тихохідному валу:  $M_T = 4000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

### **Перевірка редуктора двигуном**

Найбільший момент, що передається редуктором:

$$M_{\text{найб}} = m \cdot M_T, \quad (2.24)$$

де  $m$  – кратність пускового моменту;

$m = 2,5$  для середнього режиму роботи;

$$M_{\text{найб}} = 2,5 \cdot 4000 = 10000 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Розрахунковий момент, що передається електродвигуном на тихохідний вал редуктора, з урахуванням динамічних навантажень, що виникають під час запуску:

$$M_{P \text{ MAX}} = K_{\text{ДИН}} \cdot M_{\text{ПУСК}} \cdot U_p \cdot \eta; \quad (2.25)$$

де  $K_{\text{ДИН}}$  – коефіцієнт динамічних перевантажень;

$$K_{\text{ДИН}} = \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{M_{\text{УД}}}{M_{\text{ПУСК}} \cdot K_J \cdot U_p^2}} \right) \cdot K_J; \quad (2.26)$$

де  $M_{\text{УД}} = 60 \text{ Н} \cdot \text{м}$  – складова момента при ударі в зачепленні;

$K_J = 1$  – коефіцієнт, що враховує відношення моменту інерції від маси, що переміщається до загального моменту інерції приводу.

$$K_{дин} = \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{60}{230,03 \cdot 1 \cdot 25^2}} \right) \cdot 1 = 2,0;$$

$$M_{рmax} = 2,0 \cdot 230,03 \cdot 25 \cdot 0,85 = 9776,27 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Так як ,  $9776,27 < 10000$ ,

тому відповідно редуктори підбрані правильно.

### **Перевірка запасу зчеплення під час пуску**

При розрахунках коефіцієнта запасу зчеплення розглядаємо випадок найгіршого поєднання навантажень: робота крана без вантажу, зусилля від вітрового навантаження та нахилу підкранового шляху спрямовані проти руху крана.

Для забезпечення руху крана в період пуску без пробуксовування приводних коліс необхідно, щоб виконувалася умова:

$$k_{сц} = \frac{m' (G_{кр} + G_{зах}) \cdot \varphi}{F_c + m_K \cdot j_{п}} > 1,2 ; \quad (2.27)$$

де:

$k_{сц}$  – коефіцієнт запасу зчеплення;

$m' = 8$  – число приводних ходових коліс крана;

$n' = 16$  – загальне число ходових коліс крана;

$G_{кр} = 2158200 \text{ Н}$  – вага крана;

$G_{зах} = 10000 \cdot 9,81 = 98100H$  – вага захвату;

$\varphi = 0,12$  – коефіцієнт щеплення колеса з рельсою;

$F_C$  – сила зовнішнього статичного опору під час роботи крана без вантажу;

$m_K = 220000\text{кг}$  – маса крана;

$j_{II}$  – прискорення при пускові.

Сила зовнішнього статичного опору:

$$F_C = W_C^{\text{без вант}} - W_1 ; \quad (2.28)$$

де

$W_C^{\text{без вант}}$  – повний статичний опір пересування, при роботі крана без вантажу;

$W_1$  – опір від тертя в опорах приводних коліс.

$$W_C^{\text{без вант}} = W_T^{\text{без вант}} + W_{УК}^{\text{без вант}} + W_B ; \quad (2.30)$$

де:  $W_T^{\text{без вант}}$  – опір у ходових колесах з урахуванням тертя реборд та торців маточок при роботі крана без вантажу;

$W_{УК}^{\text{без вант}}$  – опір від ухилу кранового шляху;

$W_B = 24588,6 H$  – вітрове навантаження.

$$W_T^{\text{без вант}} = (G_{кр} + G_{зах}) \cdot \frac{2\mu + f \cdot d}{D_{X.K.}} \cdot K_P; \quad (2.31)$$

$$W_T^{\text{без вант}} = (2158200 + 98100) \cdot \frac{2 \cdot 0,05 + 0,015 \cdot 12}{56} \cdot 1,5 = 16922,25 H;$$

$$W_{УК}^{\text{без вант}} = (G_{кр} + G_{зах}) \cdot \alpha; \quad (2.32)$$

$$W_{УК}^{\text{без вант}} = (2158200 + 98100) \cdot 0,003 = 6768,9 H$$

Отримуємо:

$$W_C^{\text{без вант}} = 16922,25 + 6768,9 + 24588,6 = 48279,75 H;$$

Опір від тертя в опорах приводних коліс:

$$W_1 = \frac{m'}{n'} \cdot (G_{кр} + G_{зах}) \cdot \frac{f \cdot d}{D_{X.K.}}; \quad (2.33)$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot (2158200 + 98100) \cdot \frac{0,015 \cdot 12}{56} = 3626,2 H;$$

Тоді сила зовнішнього статичного опору:

$$F_C = 48279,75 - 3626,2 = 44653,55 H .$$

Визначення прискорення під час пуску крана:

$$M_{ПУСК} = \frac{1}{2} \cdot \frac{W_C^{\text{без вант}} \cdot D_{X.K.}}{2U_P \eta} + (1,1 \div 1,2) \cdot \frac{J_1 \cdot n}{9,55 \cdot t_{П \text{ факт}}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(G_{кр} + G_{зах}) \cdot D_{X.K.}^2 \cdot n}{38,2 \cdot t_{П \text{ факт}} \cdot \eta \cdot U_P^2}; \quad (2.34)$$

де:  $M_{ПВСК}$  – пусковой момент двигуна;

$J_1 = 1,4 + 7,2 + 12,6 = 31 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$  – момент інерції обертових мас на валу двигуна;

$n = 935 \text{ об/хв}$  – частота обертання валу двигуна;

$t_{П \text{ факт}}$  – час пуску.

Підставивши значення, отримуємо:

$$233,03 = \frac{1}{2} \cdot \frac{44653,55 \cdot 0,56}{2 \cdot 25 \cdot 0,9} + 1,15 \frac{31 \cdot 935}{9,55 \cdot t_{П \text{ факт}}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{(220000 + 10000) \cdot 0,56^2 \cdot 935}{38,2 \cdot t_{П \text{ факт}} \cdot 0,9 \cdot 25^2};$$

$$t_{П \text{ факт}} = 3,814 \text{ с};$$

Прискорення під час пуску крана:  $j = \frac{v}{t_{П \text{ факт}}} \leq [j] = 0,6 \dots 0,8$ ;

де  $v = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  – швидкість руху крана;

$$j = \frac{1,0}{3,814} = 0,262 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

Коефіцієнт щеплення:

$$k_{СИ} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (2158200 + 98100) \cdot 0,12}{44653,55 + 220000 \cdot 0,262} = 1,32$$

## Вибір гальма

Гальмівний момент механізму пересування крана визначають при забезпеченні належного зчеплення ходового колеса з рейкою, яке виключило можливість юзу при гальмуванні крана, що рухається з номінальною швидкістю без вантажу.

Максимально допустиме уповільнення, при якому забезпечується заданий запас зчеплення ходових коліс з рейкою, що дорівнює 1,2, визначають наступним чином:

$$[j]_{\max}^T = \left[ \frac{m'}{n'} \left( \frac{\phi}{K_{\text{ци}}} - f \frac{d}{D_{X.K}} \right) + (2\mu + fd) \frac{1}{D_{X.K}} - \frac{W_B}{(G_{\text{кр}} + G_{\text{зак}})} - \frac{W_{\text{УК}}}{(G_{\text{кр}} + G_{\text{зак}})} \right] g; \quad (2.35)$$

де  $\phi = 0,12$  – коефіцієнт зчеплення колеса з колією;

$K_{\text{ци}} = 1,1$  – коефіцієнт запаса щеплення;

$$[j]_{\max}^T = \left[ \frac{8}{18} \left( \frac{0,12}{1,1} - 0,015 \frac{12}{56} \right) + (2 \cdot 0,05 + 0,015 \cdot 12) \frac{1}{56} - \frac{24588,6 + 7710,66}{(2158200 + 98100)} \right] \cdot 9,81 = 0,421 \text{ м/с}^2$$

$$t_T^{\min} = \frac{v}{[j]_{\max}^T} = \frac{1}{0,421} = 2,374 \text{ с};$$

$$M_T = - \frac{W_T \cdot D_{X.K}}{2 \cdot U_p} + (1,1 \dots 1,2) \frac{J_1 n}{9,55 \cdot t_T^{\min}} + \frac{(G_{\text{кр}} + G_{\text{зак}}) \cdot D_{X.K}^2 \cdot n \cdot \eta_M}{38,2 \cdot t_T^{\min} \cdot U_p^2}; \quad (2.36)$$

$$W_T^{\text{без вант}} = W_T^{\text{без вант}} + W_{\text{УК}}^{\text{без вант}} + W_B = 48279,75 \text{ Н}; - \text{опір}$$

пересування крана від сил тертя, що виникають у ходових колесах.

$$M_T = - \frac{1}{2} \frac{48279,75 \cdot 0,56}{2 \cdot 25} + 1,15 \frac{31 \cdot 935}{9,55 \cdot 0,421} + \frac{2256300 \cdot 0,56^2 \cdot 935 \cdot 0,9}{38,2 \cdot 0,421 \cdot 25^2} = 196,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$



Вибираємо двоколодкове нормально замкнуте гальмо ТТ-200.

Найбільший гальмівний момент:  $M_{\max} = 200H \cdot м$ ;

Діаметр гальмівного шківів:  $D_{г.ш} = 200мм$ .

### **Розрахунок валу ходового колеса крана**

Розрахунок валів проводиться на статичну міцність та втому. Розрахунок валів на статичну міцність проводиться за дії максимальних навантажень робочого стану; на втому – за еквівалентними навантаженнями нормального стану [10]. Матеріал – 40Х

Для розрахунку прийнято такі навантаження:

а) у вертикальній площині

$P_{\max} = 215820H$  – максимальне статичний тиск на ходові колеса;

$G_{пр} = 2765H$  – сила ваги від маси привода;

$P_{ос} = 0,1 \cdot P_{\max} = 21582H$  – осьова сила, прикладена до ободу колеса;

$M_{зг} = P_{ос} \cdot \frac{D_{Х.К}}{2} = 21582 \cdot \frac{0,56}{2} = 6042,96Hм$  – згинальний момент;

$F = \frac{M_{зг}}{0,074} = 81661,62H$  – пара сил, що виникає під дією осової сили.

б) в горизонтальній площині:

$M_{\max кр} = 8000Hм$  – крутний момент;

$S = \frac{M_{\max кр}}{0,30} = \frac{8000}{0,30} = 26666,7H$  – горизонтальна сила, що виникає від

дії реактивного крутного моменту.

Будуємо епюру навантаження на вал ходового колеса (рис.2.5)

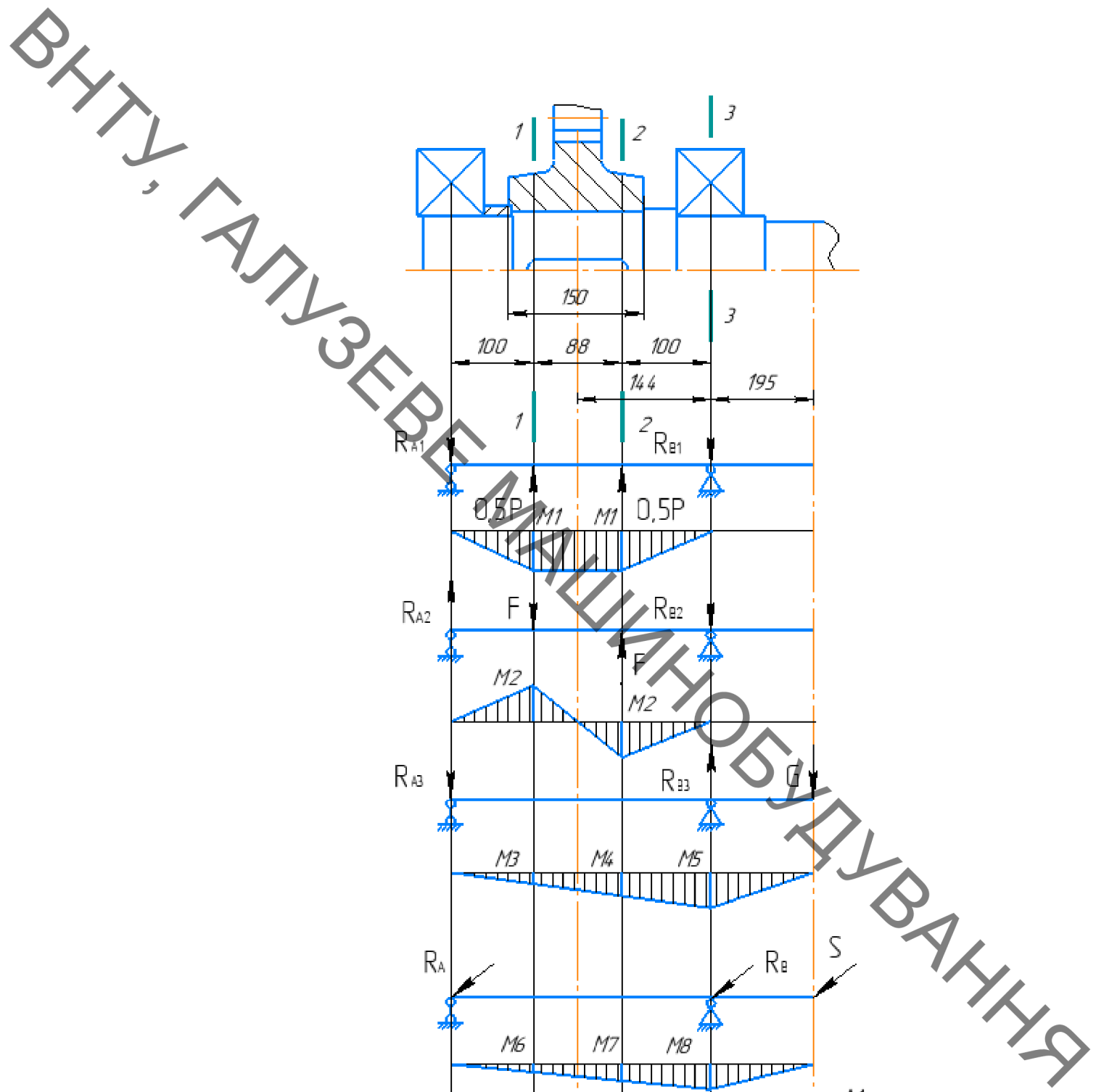


Рисунок 2.5 – Епюра навантаження на вал ходового колеса

### *Визначення величини опорних реакцій.*

Величина максимальних опорних реакцій визначається з урахуванням знакозмінності згинального моменту від осьової сили, що додається до реборди ходового колеса. При цьому реакція в опорі визначається при найгіршому випадку навантаження вала моментом для даної опори [8].

$$\sum M_B^1 = R_{A1}^e \cdot 0,288 - 0,5P_{\max} \cdot 0,188 - 0,5P_{\max} \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_{A1}^e = 0,5P_{\max} = 107910H;$$

$$R_{B1}^e = R_{A1}^e = 107910H.$$

$$\sum M_B^2 = -R_{A2}^e \cdot 0,288 + F \cdot 0,188 - F \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_{A2}^e = 0,306F = 2495216H;$$

$$R_{B2}^e = R_{A2}^e = 2495216H.$$

$$\sum M_B^3 = R_{A3}^e \cdot 0,288 - G_{np} \cdot 0,195 = 0;$$

$$R_{A3}^e = 0,677G_{np} = 1872,13H;$$

$$\sum M_A^3 = R_{B3}^e \cdot 0,288 - G_{np} \cdot 0,483 = 0;$$

$$R_{B3}^e = 1,677G_{np} = 4637,13H.$$

$$\sum M_B = R_A^e \cdot 0,288 - S \cdot 0,195 = 0;$$

$$R_A^e = 0,677S = 18562,9H;$$

$$\sum M_A = R_B^e \cdot 0,288 - S \cdot 0,483 = 0;$$

$$R_B^e = 1,677S = 45982,25H.$$

$$R_A^e = R_{A1}^e - R_{A2}^e + R_{A3}^e = 107910 - 2495216 + 1872,13 = 84829,97H;$$

$$R_B^e = R_{B1}^e + R_{B2}^e - R_{B3}^e = 107910 + 2495216 - 4637,13 = 128225,03H;$$

$$F_{rA} = \sqrt{(R_A^e)^2 + (R_A^z)^2} = 86837,23H;$$

$$F_{rB} = \sqrt{(R_B^e)^2 + (R_B^z)^2} = 136220,50H.$$

**Визначення згинальних моментів у розрахункових перерізах.**

$$M_1 = R_{A1}^e \cdot 0,1 = 10791Hm;$$

$$M_2 = R_{A2}^e \cdot 0,1 = 2495,216Hm;$$

$$M_3 = R_{A3}^e \cdot 0,1 = 187,213Hm;$$

$$M_4 = R_{A3}^e \cdot 0,188 = 351,96Hm;$$

$$M_5 = R_{A3}^e \cdot 0,288 = 539,17Hm;$$

$$M_6 = R_A^z \cdot 0,1 = 1856,29Hm;$$

$$M_7 = R_A^z \cdot 0,188 = 3489,83Hm;$$

$$M_8 = R_A^z \cdot 0,288 = 5346,12Hm;$$

Переріз 1-1

$$M_{3z}^e = M_1 - M_2 + M_3 = 8483Hm;$$

$$M_{3z}^z = M_6 = 1856,29Hm;$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{3z}^e)^2 + (M_{3z}^z)^2} = 8684Hm.$$

Переріз 2-2

$$M_{3z}^e = M_1 + M_2 + M_4 = 13638,18Hm;$$

$$M_{3z}^z = M_7 = 3489,83Hm;$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M_{3z}^e)^2 + (M_{3z}^z)^2} = 14077,6Hm.$$

### Переріз 3-3

$$M_{3z}^6 = M_5 = 539,17 \text{ Нм};$$

$$M_{3z}^e = M_8 = 5346,12 \text{ Нм};$$

$$M_\Sigma = \sqrt{(M_{3z}^6)^2 + (M_{3z}^e)^2} = 5373,23 \text{ Нм}.$$

Статичну міцність вважають забезпеченою, якщо  $S_T \geq [S_T]$ , де  $[S_T] = 1,3 \dots 2$  – мінімально допустиме значення загального коефіцієнта запасу по текучості.

$$S_T = \frac{S_{T\sigma} \cdot S_{T\tau}}{\sqrt{S_{T\sigma}^2 + S_{T\tau}^2}} \geq [S_T]; \quad (2.37)$$

$$S_{T\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma}; \quad S_{T\tau} = \frac{\tau_T}{\tau} \text{ – коефіцієнти запасу міцності за нормальними}$$

та дотичними напруженнях.

### Переріз 1-1

$$\sigma_1 = \frac{M_\Sigma}{W_{изг1}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_1^3 \cdot e_1} = \frac{8684}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 0,91} = 1,613 \cdot 10^8 \text{ Па} \text{ – нормальне}$$

напруження в розрахунковому перерізі.

$$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_1 \cdot 10^6 = 3,33 \cdot 10^8 \text{ Па} \text{ – межа текучості при розтягуванні з}$$

урахуванням розмірів валу, де  $d_1 = 0,115 \text{ м}$  – діаметр розрахованого перерізу.

$e_1 = 0,91$  – поправочний коефіцієнт для валу з однією шпонкою при розрахунку на вигин.

$$\varepsilon_1 = 0,74 \text{ – масштабний коефіцієнт.}$$

$$\sigma_T^1 = 450 \text{ МПа} \text{ – межа текучості зразка.}$$

$$\tau_1 = \frac{M_{\max kp}}{W_{kp1}} = \frac{M_{\max kp}}{0,2 \cdot d_1^3 \cdot e_{k1}} = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 0,95} = 19,42 \cdot 10^6 \text{ Па} - \text{дотичне}$$

напруження у розрахунковому перерізі, де  $e_{k1} = 0,95$  - поправочний коефіцієнт для валу з однією шпонкою при розрахунку на кручення.

$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па}$  – межа текучості при крученні з врахуванням розмірів валу.

$$S_{T\sigma} = \frac{3,33 \cdot 10^8}{1,613 \cdot 10^8} = 2,36;$$

$$S_{T\tau} = \frac{2,56 \cdot 10^8}{19,42 \cdot 10^6} = 13,18;$$

$$S_T = \frac{2,36 \cdot 13,18}{\sqrt{2,36^2 + 13,18^2}} = 2,65 \geq [S_T].$$

Отже, згідно розрахунків даний вал має достатню міцність для експлуатації.

### Переріз 2–2

$$\sigma_2 = \frac{M_\Sigma}{W_{изг2}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_2^3 \cdot e_2} = \frac{14077,6}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 0,91} = 2,017 \cdot 10^8 \text{ Па}, \quad (2.38)$$

- нормальна напруження в розрахунковому перерізі.

$$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_2 \cdot 10^6 = 3,33 \cdot 10^8 \text{ Па}, \quad (2.39)$$

- межа текучості при розтягуванні з врахуванням розмірів валу.

де  $d_2 = 0,115\text{ м}$  - діаметр розрахункового перерізу.

$e_2 = 0,91$ — поправочний коефіцієнт для валу з однією шпонкою при розрахунку вигин.

$\epsilon_2 = 0,74$ — масштабний коефіцієнт.

$\sigma_T^1 = 450\text{ МПа}$  — межа текучості зразка.

Дотичне напруження в розрахунковому перерізі:

$$\tau_2 = \frac{M_{\max_{кр}}}{W_{кр2}} = \frac{M_{\max_{кр}}}{0,2 \cdot d_2^3 \cdot e_{к2}}; \quad (2.40)$$

де  $e_{к2} = 0,95$ — поправочний коефіцієнт для валу с одною шпонкою при розрахунку на кручення.

$$\tau_2 = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 0,95} = 19,42 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па}$ — межа текучості при крученні з врахуванням розмірів валу.

$$S_{T\sigma} = \frac{3,33 \cdot 10^8}{2,017 \cdot 10^8} = 1,65;$$

$$S_{T\tau} = \frac{2,56 \cdot 10^8}{19,42 \cdot 10^6} = 13,18;$$

$$S_T = \frac{1,65 \cdot 13,18}{\sqrt{1,65^2 + 13,18^2}} = 2,15 \geq [S_T].$$

Отже, міцність валу забезпечена.

Переріз 3–3

$$\sigma_3 = \frac{M_\Sigma}{W_{\Sigma 3}} = \frac{M_\Sigma}{0,1 \cdot d_3^3 \cdot e_3}; \quad (2.41)$$

– нормальна напруження в розрахунковому перерізі.

$$\sigma_3 = \frac{5373,23}{0,1 \cdot 0,110^3 \cdot 1} = 3,037 \cdot 10^8 \text{ Па.}$$

$\sigma_T = \sigma_T^1 \cdot \varepsilon_3 \cdot 10^6 = 3,81 \cdot 10^8 \text{ Па}$  – межа текучості при розтягу з врахуванням розмірів вала.

де  $d_3 = 0,110 \text{ м}$  – діаметр розрахункового перерізу.

$e_3 = 1$  – поправочний коефіцієнт для вала з одною шпонкою при розрахунку на згин [10].

$\varepsilon_3 = 0,78$  – масштабний коефіцієнт.

$\sigma_T^1 = 450 \text{ МПа}$  – межа текучості зразка.

Дотичне напруження в розрахунковому перерізі:

$$\tau_3 = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{W_{\text{кр}3}} = \frac{M_{\max \text{ кр}}}{0,2 \cdot d_3^3 \cdot e_{\text{кр}3}},$$

де  $e_{\text{кр}3} = 1$  – поправочний коефіцієнт для валу з однією шпонкою при розрахунку на кручення.

$$\tau_3 = \frac{8000}{0,2 \cdot 0,110^3 \cdot 1} = 21,93 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$\tau_T = 0,6 \cdot \sigma_T \cdot 10^6 = 2,56 \cdot 10^8 \text{ Па}$  – межа текучості при крученні з врахуванням розмірів валу.



$$S_{T\sigma} = \frac{3,81 \cdot 10^8}{3,037 \cdot 10^8} = 1,27;$$

$$S_{T\tau} = \frac{2,56 \cdot 10^8}{21,93 \cdot 10^6} = 11,67;$$

$$S_T = \frac{1,27 \cdot 11,67}{\sqrt{1,27^2 + 11,67^2}} = 2,03 \geq [S_T].$$

Отже, міцність за розраховуваних параметрів вала забезпечується.

### ***Розрахунок вала на стійкість***

***Визначення коефіцієнтів довговічності.*** Розрахунок вала на стійкість проводиться за еквівалентним навантаженням. Величина еквівалентного навантаження валів, що працюють на вигин та кручення, визначається як добуток номінального навантаження на відповідний коефіцієнт довговічності, який оцінює фактичний режим навантаження.

Коефіцієнти довговічності визначаються в такий спосіб:

$$K_D^{32} = K_Q \cdot K_T^{32}; \quad (2.42)$$

$$K_D^{kp} = K_Q \cdot K_T^{kp}; \quad (2.43)$$

де  $K_T^{32} = \sqrt[6]{\frac{Z_{II}^{32}}{Z_0}}$ ;  $K_T^{kp} = \sqrt[6]{\frac{Z_{II}^{kp}}{Z_0}}$ ; — коефіцієнти терміну служби.

$K_Q = 0,8$  — коефіцієнт перемінності навантаження.

$Z_0 = 10^7$  — базове число циклів.

$$Z_{\text{Ц}}^{\text{зз}} = T_{\text{маш}} \cdot \frac{60 \cdot n_{\text{H}}}{u} = 1000 \cdot \frac{60 \cdot 935}{25} = 2,242 \cdot 10^7; \quad (2.44)$$

$$Z_{\text{Ц}}^{\text{кр}} = T_{\text{маш}} \cdot h = 1000 \cdot 120 = 1,2 \cdot 10^6; \quad (2.45)$$

де  $T_{\text{маш}} = 1000 \text{ год}$  — машинний час роботи кранового механізму за середнього режиму роботи та загального терміну служби 15 років.

$h = 120$  — число включень механізму в час.

$$K_T^{\text{зз}} = \sqrt[6]{\frac{2,242 \cdot 10^7}{10^7}} = 1,144;$$

$$K_T^{\text{кр}} = \sqrt[6]{\frac{1,2 \cdot 10^6}{10^7}} = 0,702;$$

$$K_D^{\text{зз}} = 0,8 \cdot 1,144 = 0,915;$$

$$K_D^{\text{кр}} = 0,8 \cdot 0,702 = 0,562.$$

**Визначення навантажень під час розрахунків валів на витривалість**

$P_{\text{max}} = 215820 \text{ Н}$  — максимальний статичний тиск на ходові колеса;

$$P_{екв} = K_{Д}^{зз} \cdot P_{max} = 197475,3H - \text{еквівалентне навантаження};$$

$$G_{пр} = 2765H - \text{сила тяжіння від маси приводу};$$

$$P_{ос} = 0,05 \cdot P_{max} = 10791H - \text{осьова сила, прикладена до обода колеса};$$

$$M_{зз} = P_{ос} \cdot \frac{D_{х.к}}{2} = 10791 \cdot \frac{0,56}{2} = 3021,48Hm - \text{згинальний момент};$$

$$F = \frac{M_{зз}}{0,074} = 40830,81H - \text{пара сил, що виникає від дії осьової сили.}$$

$$F_{екв} = K_{Д}^{зз} \cdot F = 37360,2H - \text{еквівалентна сила};$$

$$M_{maxкр} = 8000H \cdot m - \text{крутний момент};$$

$$M_{еквкр} = K_{Д}^{кр} \cdot M_{maxкр} = 4777H - \text{еквівалентний крутний момент};$$

$$S = \frac{M_{maxкр}}{0,30} = \frac{8000}{0,30} = 26666,7H - \text{горизонтальна сила, що виникає від}$$

дії реактивного крутного моменту;

$$S_{екв} = K_{Д}^{кр} \cdot S = 15409,7H - \text{еквівалентна сила, що виникає від дії}$$

реактивного крутного моменту.

**Визначення величини опорних реакцій**

$$R_{A1}^6 = 0,5P_{ек6} = 98737,65H;$$

$$R_{B1}^6 = R_{A1}^6 = 98737,65H.$$

$$R_{A2}^6 = 0,306F_{ек6} = 11432,22H;$$

$$R_{B2}^6 = R_{A2}^6 = 11432,22H.$$

$$R_{A3}^6 = 0,677G_{np} = 1872,13H;$$

$$R_{B3}^6 = 1,677G_{np} = 4637,13H.$$

$$R_A^z = 0,677S_{ек6} = 10432,37H,$$

$$R_B^z = 1,677S_{ек6} = 25842,07H.$$

$$R_A^6 = R_{A1}^6 - R_{A2}^6 + R_{A3}^6 = 98737,65 - 11432,22 + 1872,13 = 89177,56H;$$

$$R_B^6 = R_{B1}^6 + R_{B2}^6 - R_{B3}^6 = 98737,65 + 11432,22 - 4637,13 = 105532,74H;$$

$$F_{rA} = \sqrt{(R_A^6)^2 + (R_A^z)^2} = 89785,7H;$$

$$F_{rB} = \sqrt{(R_B^6)^2 + (R_B^z)^2} = 108650,7H.$$

**Визначення згинальних моментів в розрахункових перерізах**

$$M_1 = R_{A1}^e \cdot 0,1 = 9873,76H \cdot m;$$

$$M_2 = R_{A2}^e \cdot 0,1 = 1143,22H \cdot m;$$

$$M_3 = R_{A3}^e \cdot 0,1 = 187,213H \cdot m;$$

$$M_4 = R_{A3}^e \cdot 0,188 = 351,96H \cdot m;$$

$$M_5 = R_{A3}^e \cdot 0,288 = 539,17H \cdot m;$$

$$M_6 = R_A^e \cdot 0,1 = 1043,23H \cdot m;$$

$$M_7 = R_A^e \cdot 0,188 = 1961,28H \cdot m;$$

$$M_8 = R_A^e \cdot 0,288 = 3004,52H \cdot m.$$

#### Переріз 1 – 1

$$M_{3z}^e = M_1 - M_2 + M_3 = 8917,75H \cdot m;$$

$$M_{3z}^e = M_6 = 1043,23Hm;$$

$$M_{\Sigma 1} = \sqrt{(M_{3z}^e)^2 + (M_{3z}^e)^2} = 8978,56H \cdot m.$$

Переріз 2 – 2

$$M_{32}^e = M_1 + M_2 + M_4 = 11368,94H \cdot M;$$

$$M_{32}^c = M_7 = 1961,28H \cdot M;$$

$$M_{\Sigma 2} = \sqrt{(M_{32}^e)^2 + (M_{32}^c)^2} = 11536,87H \cdot M.$$

Переріз 3 – 3

$$M_{32}^e = M_5 = 539,17H \cdot M;$$

$$M_{32}^c = M_8 = 3004,52H \cdot M;$$

$$M_{\Sigma 3} = \sqrt{(M_{32}^e)^2 + (M_{32}^c)^2} = 3052,51H \cdot M.$$

***Визначення загального запасу міцності за втомою***

Запас міцності при спільній дії нормальних і дотичних напружень:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S] = 1,5 - 2,5 \quad (2.46)$$

Запас міцності за нормальним напруженням:

$$S_{\sigma 1} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma^1}{\beta \cdot \varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_{\max 1}} ; \quad (2.47)$$

Запас міцності за дотичними напруженнями

$$S_{\tau 1} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_{\max 1}}, \quad (2.48)$$

де  $K_{\sigma}^1, K_{\tau}^1$  — коефіцієнти концентрації розрахункового перерізу валу;

$\beta$  — коефіцієнт зміцнення;

$\varepsilon_{\sigma}, \varepsilon_{\tau}$  — масштабний фактор при згині та крученні;

$\sigma_{-1} = 340 \text{ МПа}, \tau_{-1} = 205 \text{ МПа}$  — межі втоми валу при симетричному циклі зміни напруг при згинанні та крученні.

Переріз 1 – 1

$$\sigma_{\max 1} = \frac{M_{\Sigma 1}}{W_{\Sigma 1} \cdot 10^6} = \frac{M_{\Sigma 1}}{0,1 \cdot d_1^3 \cdot e_1 \cdot 10^6} = \frac{8978,56}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 0,91 \cdot 10^6} = 64,87 \text{ МПа}$$

- нормальне напруження в розрахунковому перерізі.

$$\tau_{\max 1} = \frac{M_{\text{еквкр}}}{W_{\text{кр}1} \cdot 10^6} = \frac{M_{\text{еквкр}}}{0,2 \cdot d_1^3 \cdot e_{\text{кр}1} \cdot 10^6} = \frac{4777}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 0,95 \cdot 10^6} = 16,53 \text{ МПа}$$

дотичне напруження в розрахунковому перерізі.

$$S_{\sigma 1} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma 1}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_{\max 1}} = \frac{340}{\frac{1}{1 \cdot 0,67} \cdot 64,87} = 3,51;$$

$$S_{\tau 1} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau 1}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_{\max 1}} = \frac{205}{\frac{1}{1 \cdot 0,67} \cdot 16,53} = 8,3;$$

$$S = \frac{3,51 \cdot 8,3}{\sqrt{3,51^2 + 8,3^2}} = 3,23 \geq [S] = 1,5 - 2,5.$$

Отже, міцність валу достатня.

### Переріз 2 – 2

$$\sigma_{\max 2} = \frac{M_{\Sigma 2}}{W_{\Sigma 2} \cdot 10^6} = \frac{M_{\Sigma 2}}{0,1 \cdot d_2^3 \cdot e_2 \cdot 10^6} = \frac{11536,87}{0,1 \cdot 0,115^3 \cdot 1 \cdot 10^6} = 75,86 \text{ МПа} -$$

нормальне напруження в розрахунковому перерізі.

$$\tau_{\max 2} = \frac{M_{\text{екв кр}}}{W_{\text{кр}2} \cdot 10^6} = \frac{M_{\text{екв кр}}}{0,2 \cdot d_2^3 \cdot e_{\text{кр}2} \cdot 10^6} = \frac{4777}{0,2 \cdot 0,115^3 \cdot 1 \cdot 10^6} = 15,70 \text{ МПа} -$$

дотичне напруження в розрахунковому перерізі.

$$S_{\sigma 2} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma 2}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_{\max 2}} = \frac{340}{\frac{2,14}{1 \cdot 0,67} \cdot 75,86} = 2,4;$$

$$S_{\tau 2} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau 2}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_{\max 2}} = \frac{205}{\frac{2,01}{1 \cdot 0,67} \cdot 15,70} = 5,35;$$



$$S = \frac{2,4 \cdot 5,35}{\sqrt{2,4^2 + 5,35^2}} = 2,19 \geq [S] = 1,5 - 2,5.$$

Отже, міцність валу достатня.

Переріз 3 – 3

$$\sigma_{\max 3} = \frac{M_{\Sigma 3}}{W_{\Sigma 3} \cdot 10^6} = \frac{M_{\Sigma 3}}{0,1 \cdot d_3^3 \cdot e_3 \cdot 10^6} = \frac{3052,51}{0,1 \cdot 0,110^3 \cdot 1 \cdot 10^6} = 22,93 \text{ МПа} -$$

нормальне напруження в розрахунковому перерізі.

$$\tau_{\max 3} = \frac{M_{\text{еквкр}}}{W_{\text{кр}3} \cdot 10^6} = \frac{M_{\text{еквкр}}}{0,2 \cdot d_3^3 \cdot e_{\text{кр}3} \cdot 10^6} = \frac{4777}{0,2 \cdot 0,110^3 \cdot 1 \cdot 10^6} = 17,94 \text{ МПа} -$$

дотичне напруження в розрахунковому перерізі.

$$S_{\sigma 3} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_{\sigma 3}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\sigma}} \cdot \sigma_{\max 3}} = \frac{340}{\frac{1,65}{1 \cdot 0,75} \cdot 22,93} = 6,74;$$

$$S_{\tau 3} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau 3}^1}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} \cdot \tau_{\max 3}} = \frac{205}{\frac{1,5}{1 \cdot 0,74} \cdot 17,94} = 5,63;$$

$$S = \frac{6,74 \cdot 5,63}{\sqrt{6,74^2 + 5,63^2}} = 4,32 \geq [S] = 1,5 - 2,5.$$

Отже, міцність валу достатня.

**Перевірка підшипників**

Перевіряємо підшипник 3622 на заданий ресурс [8, 10].

Номинальна довговічність підшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n_T} \cdot \left( \frac{C}{Q_{екв}} \right)^p, \quad (2.49)$$

де  $p = 3,33$  — степеневий показник для роликопідшипнику;

$C = 45900H$  — динамічна вантажопідємність;

$Q_{екв}$  — еквівалентна динамічна вантажопідємність.

$$Q_{екв} = (V \cdot X \cdot F_{rA} + Y \cdot P_{oc}) \cdot K_{\sigma} \cdot K_T, \quad (2.50)$$

де  $V = 1$  — коефіцієнт обертання;

$X = 1$  — коефіцієнт радіального навантаження;

$Y = 1,8$  — коефіцієнт осьового навантаження;

$K_{\sigma} = 1,3$  — коефіцієнт безпеки роботи підшипника;

$K_T = 1$  — температурний коефіцієнт;

$P_{oc} = 10791H$  — осьове навантаження на підшипник;

$F_{rA} = 86837,23H$  — радіальне навантаження на підшипник під час

підйому вантажу.

$$Q_{екв} = (V \cdot X \cdot F_{rA} + Y \cdot P_{oc}) \cdot K_{\sigma} \cdot K_T = (1 \cdot 1 \cdot 86837,23 + 1,8 \cdot 10791) \cdot 1,3 \cdot 1 = 13813,9H$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n_T} \cdot \left( \frac{C}{Q_{екв}} \right)^p = 20660,15 год.$$

Розрахунковий ресурс підшипника для середнього режиму роботи та терміну служби 5 років:  $L_h = 3500 год$ .

Отже, підшипник, що перевіряється, проходить по довговічності.

## 2.4 Проектні та перевірочні розрахунки з'єднань

Основним фактором, що діє на шпонку, є пружнопластичне стискування в зоні контакту. Внаслідок цього проводиться умовний розрахунок на зминання [10].

Шпонки виготовлені із сталі 45, для неї  $\sigma_{ep} = (590...750)$  МПа. Допустиме напруження зминання:

$$[\sigma_{зм}] = (0,4...0,5) \cdot \sigma_{ep} = (236...375) \text{ МПа} . \quad (2.51)$$

$$\sigma = \frac{2 \cdot T \cdot 10^3}{d \cdot l_p \cdot t_2} \leq [\sigma_{зм}] , \quad (2.52)$$

$$\sigma = \frac{2 \cdot 8000 \cdot 10^3}{115 \cdot 110 \cdot 7,2} = 175,6 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] ,$$

де  $T$  – обертальний момент;

$d$  – діаметр вала;

$l_p$  – робоча довжина шпонки;

$t_2 = 0,4 \cdot 18$  – глибина врізання шпонки в маточину;  $h$  – висота шпонки

(див. рис. 2.6).

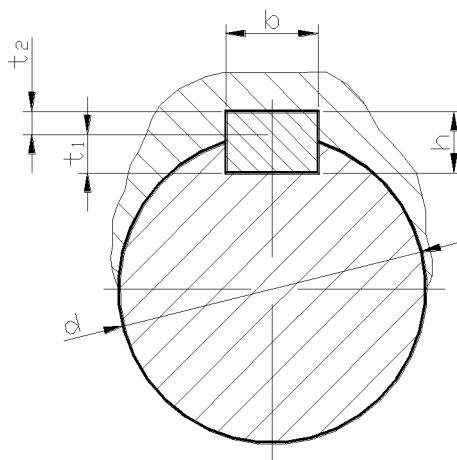


Рисунок 2.6 – Конструктивна схема встановлення шпонки призматичної згідно ГОСТ 23360-78

Таким чином, шпонка забезпечує передачу заданого моменту, причому із деяким запасом.

## 2.5 Перевірочний розрахунок зубчастого зачеплення.

Вихідні дані:

Матеріал – Сталь 40Х.

Термічне оброблення: колеса – покращення, твердість 235...262НВ; шестерні – поліпшення, твердість 269 ... 302НВ.

### 2.5.1 Перевірка зубів коліс за контактною напругою.

Розрахункове значення контактної напруги

$$\sigma_H = \frac{z_\sigma}{a_{W34}} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot T_3^{\max} \cdot (u_{34} + 1)^3}{b_4 \cdot u_{34}}}; \quad (2.53)$$

де  $z_\sigma = 8400$  – для косозубих передач,  $[\text{МПа}]^{1/2}$ ;

$[\sigma]_H$  – допустиме контактне напруження;

$b_4 = 82\text{мм}$  – ширина 4 зубчастого колеса;

$K_H$  – коефіцієнт навантаження в розрахунках на контактну міцність;

$\eta_\eta$  – ККД циліндричної зубчастої пари.

Визначення значення коефіцієнта навантаження  $K_H$

Коефіцієнт навантаження  $K_H$  визначається за такою формулою:

$$K_H = K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\gamma}, \quad (2.54)$$

де коефіцієнт  $K_{Hv}$ , що враховує внутрішню динаміку навантаження, пов'язану з помилками кроків зачеплення та похибками профілів зубів шестірні та колеса. За довідником [6], з урахуванням косозубості зачеплення, окружної швидкості та 6 ступеня точності, вибирається значення  $K_{Hv} = 1,01$ ;

Коефіцієнт  $K_{H\beta}$  враховує нерівномірність розподілу навантажень довжиною контактних ліній. Він визначається за такою формулою:

$$K_{H\beta} = 1 + (K_{H\beta}^0 - 1) \cdot K_{Hw}, \quad (2.55)$$

де  $K_{H\beta}^0$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження у початковий період роботи. Значення вибирається за довідником [10], з урахуванням твердості на поверхні зубів колеса 600НВ, схеми передачі №4 (двоступеневий співвісний редуктор) за малюнком 2.4 [8] і коефіцієнта ширини  $\psi_{bd}$ , рівного –

$$\psi_{bd} = \frac{b_4}{d_3} = \frac{82}{70} = 1,17. \quad (2.56)$$

Остаточно, коефіцієнт  $K_{H\beta}^0$  приймається рівним  $K_{H\beta}^0 = 1,4$ ;

$K_{Hw}$  – коефіцієнт, що враховує припрацювання зубів. Залежно від окружної швидкості ( $v = 0,285 \text{ м/сек} < 1 \text{ м/сек}$ ) для зубчастого колеса з меншою твердістю (60HRC) з довідника [6] приймається рівним  $K_{Hw} = 0,8$ ;

Таким чином –  $K_{H\beta} = 1 + (1,4 - 1) \cdot 0,8 = 1,32$ .

$K_{H\alpha}$  – коефіцієнт розподілу навантаження між зубами Його визначають за такою формулою:

$$K_{H\alpha} = 1 + (K_{H\alpha}^0 - 1) \cdot K_{Hw}, \quad (2.57)$$

де  $K_{H\alpha}^0$  – початкове значення коефіцієнта розподілу навантаження між зубами. Його визначають за такою формулою:

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + A \cdot (n_{cm} - 5), \quad (2.58)$$

де  $A=0,15$  для зубчастого колеса з твердістю  $H_1$  і  $H_2 > 350HB$ ; а  $n_{cm}=6$  – ступінь точності. Таким чином, остаточно:

$$K_{H\alpha}^0 = 1 + 0,15 \cdot (6 - 1) = 1,15;$$

$$K_{H\alpha} = 1 + (1,15 - 1) \cdot 0,8 = 1,12.$$

$$K_H = 1,01 \cdot 1,32 \cdot 1,12 = 1,49 \approx 1,5.$$

Таке високе значення коефіцієнта навантаження виходить завдяки коефіцієнтам  $K_{H\beta}$  та  $K_{H\alpha}$ . Для покращення характеристик передачі коефіцієнт навантаження необхідно мінімізувати. Для цього можна виготовляти зубчасті колеса більшим ступенем точності.

Таким чином:

$$\sigma_H = \frac{8400}{250} \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 8000 \cdot (2,93 + 1)^3}{82 \cdot 2,93}} = 985 \text{ МПа} < 1769 \text{ МПа}.$$

## 2.5.2 Перевірка зубів коліс за напруженням згину.

Розрахункова напруга згину в зубах колеса:

$$\sigma_{F2} = \frac{K_F \cdot F_t}{b_2 \cdot m} \cdot Y_{FS2} \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon, \quad (2.59)$$

де  $K_F$  – коефіцієнт навантаження при розрахунку напруження згину;  $[\sigma]_F$  – допустиме напруження згину;  $F_t$  – колова сила.

Визначення допустимого напруження згину:

$$[\sigma]_F = \sigma_{F \lim} \cdot \frac{Y_N \cdot Y_R \cdot Y_A}{S_F}, \quad (2.60)$$

де  $\sigma_{F \lim}$  – межа витривалості,  $\sigma_{F \lim} = 900$  МПа;  $Y_N$  – коефіцієнт довговічності,

$$Y_N = \sqrt[q]{N_{FG} / N_K} = 1,08; \quad (2.61)$$

де  $q=9$  для гартованих зубів;  $N_{FG} = 4 \cdot 10^6$  – число циклів, що відповідає перелому кривої втоми Белера;  $N_K$  – ресурс передачі в циклах (якщо  $N_K > N_{FG}$ , то приймаємо  $N_K = N_{FG}$ );  $Y_R$  – враховує вплив шорсткості,  $Y_R = 1,2$ ;  $Y_A$  – враховує вплив двохстороннього прикладання навантаження. В даному випадку, навантаження односторонє,  $Y_A = 1$ ;  $S_F = 1,55$  – значення коефіцієнта запаса для цементованих коліс.

Звідси:

$$[\sigma]_F = \sigma_{F \lim} \cdot \frac{Y_N \cdot Y_R}{S_F} = 900 \cdot \frac{1,08 \cdot 1,2}{1,55} = 752 \text{ МПа}.$$

Визначення значення коефіцієнта та навантаження на згин  $K_F$

Коефіцієнт навантаження визначається з наступного співвідношення:

$$K_F = K_{FV} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{F\alpha}, \quad (2.62)$$

де коефіцієнт  $K_{FV}$  враховує внутрішню динаміку навантаження. За довідником [1], для шостого ступеня точності, швидкості менше  $1 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$ , і твердості на поверхні колеса 600НВ, його значення набуває  $K_{FV} = 1,01$ ;

Коефіцієнт  $K_{F\beta}$  враховує нерівномірність розподілу напруг біля основи зубів по ширині зубчастого вінця. Він обчислюється за такою формулою:

$$K_{F\beta} = 0,18 + 0,82 \cdot K_{H\beta}^0, \quad (2.63)$$

де  $K_{H\beta}^0 = 1,4$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження в початковий період роботи (його визначення див. вище).

Таким чином –  $K_{F\beta} = 0,18 + 0,82 \cdot 1,4 = 1,33$ ;

Коефіцієнт  $K_{F\alpha}$  враховує вплив похибок виготовлення на розподіл навантаження між зубами.  $K_{F\alpha} = K_{H\alpha}^0 = 1,15$ .

Звідси:  $K_F = 1,01 \cdot 1,33 \cdot 1,15 = 1,54$ .

Таке високе значення коефіцієнта  $K_F$  обумовлено коефіцієнтом  $K_{H\beta}^0$ , про який йшлося вище. Його значення можна знизити, виготовляючи зубчасті колеса більш точно або меншої ширини.

#### *Визначення значення коефіцієнта $Y_{FS}$*

Коефіцієнт  $Y_{FS}$  враховує форму зуба та концентрацію напруження, залежно від наведеного числа зубів:

$$z_v = \frac{z}{\cos^3 \beta} = \frac{44}{\cos^3(14^\circ 50' 6'')} = 52. \quad (2.64)$$

З метою підвищення зламної міцності зубів, при  $z_1 < 17$  зубчасту передачу виконують зі зміщенням, яке визначається із співвідношення:

$$x_3 = \frac{17 - z_3}{17} = \frac{17 - 11}{17} = 0,4 < 0,6. \quad (2.65)$$

За довідником приймаємо значення  $Y_{FS} = 3,52$ .

Інші компоненти визначаються таким чином:

Коефіцієнт  $Y_\beta$  враховує кут нахилу зубів у косозубій передачі.

Визначається із співвідношення:

$$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{100} = 1 - \frac{14,8^\circ}{100} = 0,85. \quad (2.66)$$

Коефіцієнт  $Y_\epsilon$  враховує перекриття зубів. Для косозубих передач  $Y_\epsilon = 0,65$ .

Колова сила  $F_t$  визначається з таких міркувань:



$$F_t = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot T_3}{d_3}; \quad d_3 = 70 \text{ мм};$$

$$F_t = 2 \cdot 10^3 \cdot \frac{8000}{70} = 228 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Після підстановки значень, виходить співвідношення для визначення напруги вигину:

$$\sigma_{F2} = \frac{1,54 \cdot 228 \cdot 10^3}{70 \cdot 10} \cdot 3,52 \cdot 0,85 \cdot 0,65 = 358 \text{ МПа} < 752 \text{ МПа}.$$

## 2.6 Розрахунок механізму повороту захвату

Вихідні дані:

1. Маса поворотної частини захвата, т  $m_{\text{пов}} = 5,7$
2. Маса контейнера, т  $m_{\text{конт}} = 3,7$
3. Маса вантажу в контейнері, т  $m_{\text{вант}} = 26,8$
4. Діаметр дорожки кочення  
опорно-поворотного пристрою, м  $D = 1,2$
5. Максимальне зміщення центра  
Ваги вантажу в контейнері, м  $l = 1,4$ .

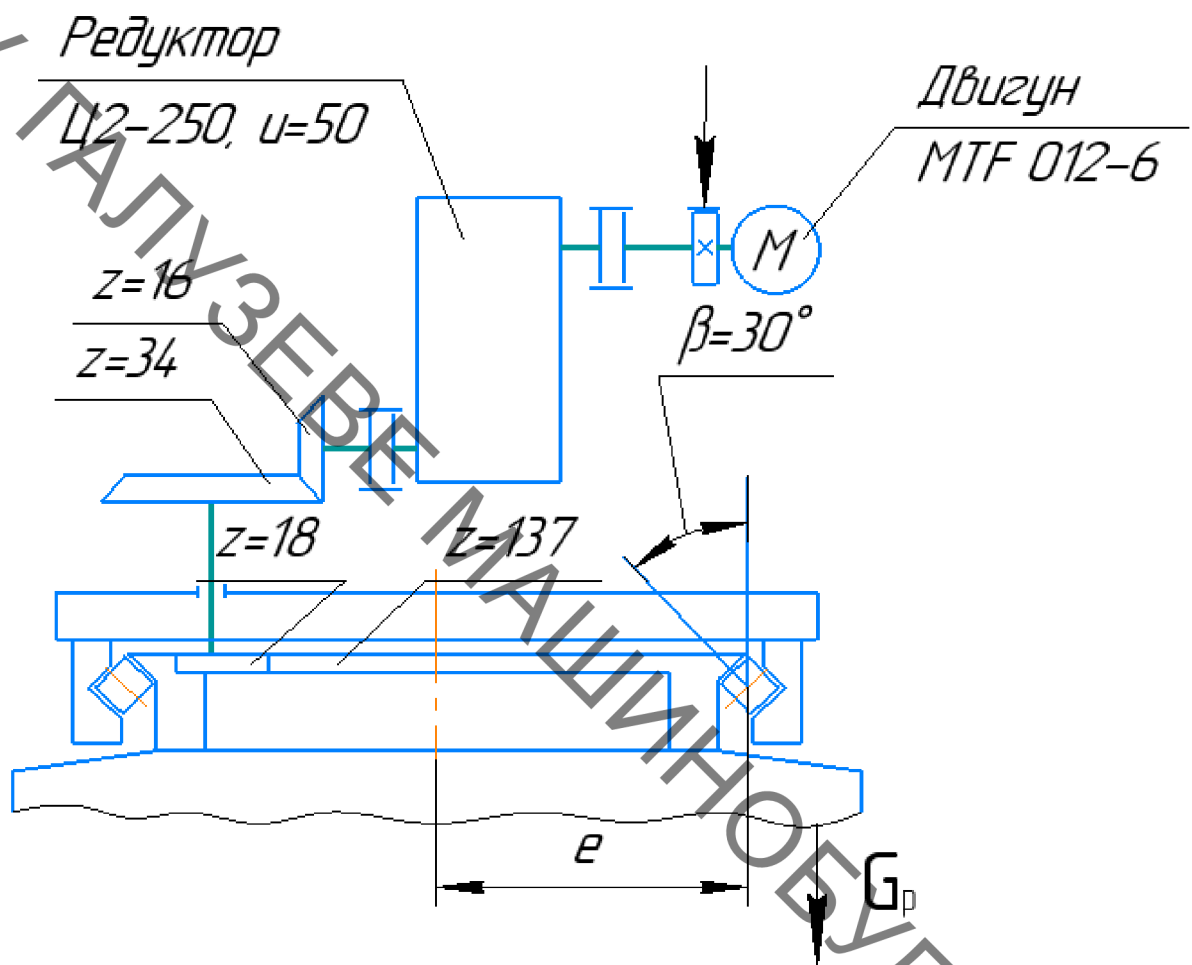


Рисунок 2.7 – Кінематична схема механізму повороту захвату

### **Визначення сумарного моменту опору обертанню**

Сумарний момент опору обертанню:

$$M_{\Sigma} = M_{TP} + M_{IH}, \quad (2.67)$$

де  $M_{TP}$  – момент опору обертанню, що створюється силами тертя;

$M_{IH}$  – момент опору обертанню, що створюється силами інерції.

$$M_{TP} = 0,5\mu \cdot D \frac{\sum N}{\cos \beta}, \quad (2.68)$$

де  $\mu = 0,015$  – плече тертя кочення;

$\beta = 30^\circ$  – по даним опорно-поворотного круга;

$\sum N$  – сумарний тиск на ролики.

$$\text{При } e > \frac{D}{4} \quad \sum N = \frac{G_p}{\cos \beta} \left( 1 - \frac{2\phi}{\pi} + 8 \frac{e \cdot \sin \phi}{\pi \cdot D} \right), \text{ де } \phi = \arccos \frac{D}{4e}$$

$G_p$  – рівнодіюча зовнішніх навантажень;

$e = \frac{M}{G_p}$  – відстань від осі обертання до рівнодіючої;

$M$  – перекидальний момент;

$$M = 26,8 \cdot 9,81 \cdot 1,4 = 368071 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$G_p = G_{ПВ} + G_K + G_{Вант} = (5,7 + 3,7 + 26,8) \cdot 9,81 \cdot 1000 = 355122 \text{ Н};$$

$$e = \frac{M}{G_p} = \frac{368071}{355122} = 1,04 \text{ м};$$

$$\phi = \arccos \frac{1,2}{4 \cdot 1,04} = 1,27 \text{ рад};$$

$$\sum N = \frac{355122}{\cos 30^\circ} \left( 1 - \frac{2 \cdot 1,27}{\pi} + 8 \frac{1,04 \cdot \sin 1,27}{\pi \cdot 1,2} \right) = 946195 \text{ Н};$$

$$M_{TP} = 0,5 \cdot 0,015 \cdot 1,2 \frac{946195}{\cos 30^\circ} = 9833,54 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{IH} = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot t \cdot g} \cdot G_{TP} \cdot l^2, \quad (2.69)$$

де  $n = 106 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$  – частота обертання;

$t = 1,0 \text{ с}$  – час розгону.

$$M_{IH} = \frac{\pi \cdot 1}{30 \cdot 1 \cdot 9,81} \cdot 26800 \cdot 1,4^2 = 5500,47 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\Sigma} = 9833,54 + 5500,47 = 15334,01 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

### **Вибір редуктора**

Необхідний момент, що крутить, на тихохідному валу редуктора:

$$M_K = \frac{M_{\Sigma} \cdot 16 \cdot 18}{34 \cdot 137 \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{зач} \cdot \eta_{кон}}, \quad (2.70)$$

де  $\eta_{оп} = 0,98$  – ККД опорно-поворотного круга;

$\eta_{зач} = 0,94$  – ККД зачеплення опорно-поворотного круга;

$\eta_{кон} = 0,9$  – ККД конічної пари.

$$M_K = \frac{15334,01 \cdot 16 \cdot 18}{34 \cdot 137 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,9} = 1143,85 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приймаємо редуктор Ц2-250 з передаточним відношенням  $u_p = 50$  та

максимальним крутним моментом на тихохідному валу  $M_T = 2700 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

### **Перевірка редуктора двигуном**

На поворотній частині захоплення встановлено двигун МТФ 012-6, що має такі технічні характеристики:

$$N = 2,2 \text{ кВт};$$

$$n = 880 \text{ об/хв};$$

$$M_{\max} = 57 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Редуктор вважається обраний правильно, якщо виконується умова:

$$M_{H.P} \geq M_{\max} \cdot u_p \cdot \kappa_\delta;$$

$$2700 > 57 \cdot 50 \cdot 0,63;$$

$$2700 > 1795,5.$$

Отже, редуктор обрано правильно.

### *Перевірочний розрахунок штиря*

Проведемо розрахунок штиря на міцність. Матеріал – Сталь 20Г.

Схема навантаження штиря представлена на рис. 2.8.

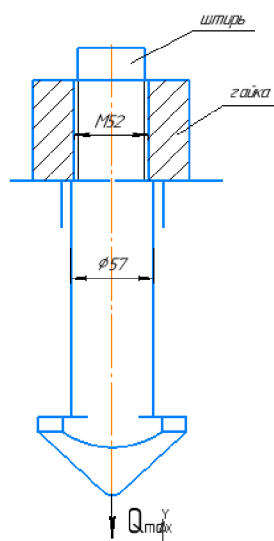


Рисунок 2.8 – Схема навантаження штиря

Розрахункова формула:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma]_p, \quad (2.71)$$

де

$$[\sigma]_p = \frac{\sigma_T}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ МПа} \quad (2.72)$$

$n = 2$  – коефіцієнт запасу міцності.

$Q_{\max} = \frac{1}{4} Q = 78480 \text{ Н}$  – найбільше навантаження, що припадає на один штир.

### Переріз 1-1

$d_1 = 46,5 \text{ мм}$  – внутрішній діаметр різьби М52;

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 78480}{3,14 \cdot 46,5^2} = 46,23 \text{ МПа};$$

$$46,23 < 137,5$$

### Переріз 2-2

$d_1 = 57 \text{ мм};$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 78480}{3,14 \cdot 57^2} = 30,77 \text{ МПа};$$

$$30,77 < 137,5.$$

## 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 3.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

#### 3.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

При виконанні робіт по модернізації конструкції контейнерного козлового крана виникають небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

-фізичні: рухомі машини та механізми; розлиті на підлогу рідини; підвищена температура поверхонь агрегатів; гострі кромки та шорсткість поверхні; підвищена запиленість; загазованість повітря; мікроклімат, який не відповідає нормативам; недостатня освітленість; підвищений рівень шуму і вібрації в приміщенні; ультрафіолетове випромінювання при проведенні короткочасного підварювання безпосередньо на робочих постах; враження електричним струмом;

- хімічні: відпрацьовані гази та розчинники;

- психо-фізіологічні: монотонність праці [11].

В зоні модернізації конструкції контейнерного козлового крана технологічне обладнання, пристосування підлягають технологічному періодичному огляду. Особи, що працюють віком старше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та інструктажі з ТБ та ПБ.

Для колективного захисту від дії електричного струму напругою 280/220 В передбачено занулення (захисне заземлення), ізоляція та недоступність струмонесучих частин.

#### 3.1.2. Електробезпека

Приміщення дільниці характеризується: наявністю струмопровідної підлоги, можливість одночасного дотику працівника до металевих конструкцій приміщення, які мають з'єднання із землею та із металевими корпусами обладнання.

Для захисту працівника від ураження електричним струмом передбачаємо:

- занулення всіх неструмоведучих частин обладнання;
- встановлення захисного вимикання;
- ізоляція та прокладка всіх електрокабелів в металевих трубах;
- використання інструментів з ручками із ізолюючого матеріалу.

Обладнання повинно бути обов'язково занулено, що зменшить небезпеку ураження електричним струмом працюючих. Занулення – це передбачене електричне з'єднання із нульовим захисним провідником металевих не струмонесучих частин, які можуть знаходитися під напругою. У відповідності із ПУЕ занулення застосовується і являє собою ефективну міру захисту при живленні електрообладнання від трифазних чотирьох провідних мереж із заземленою нейтраллю [12].

### 3.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

#### 3.2.1 Мікроклімат

Дана зона виробництва відноситься до категорії робіт – Пб. В зоні модернізації конструкції контейнерного козлового крана оптимальні та допустимі значення параметрів мікроклімату наведені в таблиці 5.1 [3].

Таблиця 5.1 – Значення параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість		Швидкість повітря	
		діюча	допустима	діюча	допустима	діюча	допустима
холодний	П б	15-20	15-21	55-65	<75	0,2-0,4	<0,4
теплий	П б	15-20	15-21	60-75	<75	0,2-0,4	0.2-0.5

Теплове опромінення не перевищує нормативне 100 Вт/м<sup>2</sup> - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла людини.

Максимальна допустима для роботи температура поверхонь  $\leq 45^{\circ}\text{C}$ .

Вентиляція зони приточно-витяжна з механічним та природним сполуканням. Система вентиляції дозволяє підтримувати концентрацію шкідливих речовин в межах, які не перевищують гранично-допустимі.



Система опалення виконується з умов забезпечення температури повітря в приміщенні в холодний і перехідні періоди року на рівні + 16 °С.

Опалення централізоване, в якості теплоносія – гаряча вода з температурою +80...+95 °С. Джерелом теплопостачання є ТЕС. Опалення здійснюється трубами, система опалення – двухтрубна з верхньою розводною, тупікова.

### 3.2.2. Виробниче освітлення

В приміщенні зони є природне та штучне освітлення.

Нормативне значення штучного освітлення  $E = 200$  лк (для загального освітлення). Згідно норм і правил роботи по виготовленню пристроїв в механічному цеху відносяться до IV розряду зорових робіт і нормативні значення приведені в таблиці 3.2 [14]

Таблиця 3.2 – Значення кількісних показників освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодне освітлення
					Лк	КПО, % Бічне
Середня робота	0,5-1	IVБ	Великий	Світлий	500	1,5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65. Отже вибираємо лампи ЛБ 20-4 з потужністю 20 Вт і світловим потоком  $\Phi = 1180$  тривалістю горіння  $10 \cdot 103$  годин.

### 3.2.3 Виробничий шум.

В робочій зоні має місце широкополосний шум, що виходить від роботи обладнання. Для широкополосного шуму встановлені допустимі рівні звукового тиску в активних полосах частот, рівні звукового тиску на робочих наведені в таблиці 3.3. Для ослаблення шуму, який поширюється з приміщення назовні, використаємо звукоізоляцію огорожуючих конструкцій [15].

Таблиця 3.3 – Допустимі рівні шуму на робочих місцях

Рівні звукового тиску в дБ в активних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку ДБ/А	
									нормат.	діючий
31,5	62	125	250	500	103	2 103	4103	8 103	80	70 А
107	90	87	82	78	75	73	71	69		

В зоні модернізації конструкції контейнерного козлового крана працівник підпадає під дію шкідливих вібрацій не всю зміну, а тільки коли працюють обладнання та інструмент. В середньому загальній технологічній вібрації підлягає на протязі 150 хв, а локальний – 100 хв.

### 3.2.4. Виробничі вібрації

Від роботи інструменту, систем вентиляції та іншого виробничого обладнання на працюючих може виникати вібрація. Вібрація характеризується такими показниками як віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості, рівень віброприскорення.

Вібрації знижуються при використанні амортизаторів, змащувальних матеріалів та реактивних гасників пульсації. Особливе значення в боротьбі з вібрацією мають фундаменти виробничих будівель, а також фундаменти під устаткуванням. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підошви ніг.

Таблиця 3.4 – Нормативні рівні звукового тиску на дільниці [16]

Робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних місцях у виробничих заходах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки – границя зниження продуктивності. Норми вібрацій приведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Норми вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дій	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			$a_H$ м/с <sup>2</sup>	$L a_H$ дБ	$V_H * 10^{-2}$ м/с	$L v_H$ дБ
Локальна		$X_n, Y_n, Z_n$	2,0	125	2,0	112
Загальна	3 типа		0,1	100	0,2	90

Для зниження вібрації використовуємо спеціальні звукопоглинаючі кожухи і конструкції коло робочого місця, заключаєм у звукопоглинаючі кожухи шумні вузли агрегатів(редуктора. цепні передачі).

Для зменшення вібрації машини і верстати встановлюють на фундаменті, заглибленому нижче фундамента стін, ізолюваному від землі повітряними розривами, чи на спеціальних амортизаторах із сталевих пружин.

Для зниження вібрації при роботі з пневматичними і електричними машинами використовуємо рукоятки з вібропоглинаючими чи автоматизуючими пристроями.

В приміщенні зони є медична настінна аптечка з необхідною кількістю ліків, бинтів, вати та жгута. Робітники отримують: бавовняний комбінезон, рукавиці, черевики, засоби індивідуального захисту та миючі аптечні засоби.

При проведенні робіт випромінюються невидимі ультрафіолетові промені, які оказують шкідливий вплив на сітчатку і рогову оболонку очей.

Для захисту очей від цієї шкідливої дії використовують щітки і шоломи з захисним склом. Їх виготовляють з фісри чорного матового кольору.

### **3.3 Пожежна безпека**

Зона модернізації конструкції контейнерного козлового крана відноситься до категорії В. Будівельні конструкції та елементи приміщення виготовлені з негорючих матеріалів і мають II ступінь вогнестійкості [17].

Основні причини можливих пожеж:

- відкритий вогонь та іскри, коли не передбачено спец. засобів захисту;
- паління на робочих місцях;
- самозапалення промасляних обтирочних матеріалів;
- короткі замикання в електромережах;
- негерметичність систем живлення автомобілів;
- короткі замикання акумуляторних батарей;
- загоряння бензину при відкритих пробках бензобаку;
- порушення правил ПБ;
- розряди блискавки на приміщення.

Запобігання виникнення пожежі досягається наступними шляхами:

- запобігання заборони застосування відкритого вогню та паління на робочих місцях;
- встановлення в електромережах струмового захисту (плавкі вставки, автомати);
- прокладенням електропроводки в металевих трубах;
- ремонтом систем живлення двигунів у відповідних місцях;

- відключенням або зняттям з авто акумуляторної батареї;

- виконанням правил ПБ;

- спорожненням ящиків від промасляного ганчір'я кожної зміни;

- встановленням на території блискавкозахисту II категорії.

У приміщенні передбачено такі первинні засоби пожежогасіння:

- вогнегасники хімічні пінні ОХП-10 2

- вогнегасники порошкові ОП-5 2

- ящики з піском (0.5 м<sup>3</sup>) і лопатою 2

- пожежні крани, продуктивність 3,3л/с 1

На території підприємства витримуються протипожежні розриви між будівлями, спорудами та групами автомобілів в зоні їх зберігання.

Для пожежогасіння на території підприємства передбачені пожежні гідранти, продуктивністю 15л/с і пожежні резервуари.

### **3.4 Забезпечення безпечної експлуатації вантажопідіймального обладнання**

Під час нормальної експлуатації та у разі порушення умов нормальної експлуатації вантажопідіймального обладнання можуть виникнути такі основні види небезпеки, що становлять небезпеку як для обслуговувального і ремонтного персоналу, так і для виробництва в цілому:

1. Механічні види небезпеки, пов'язані з підймальними операціями.

2. Механічні види небезпеки, пов'язані зі складовими частинами обладнання.

3. Електричні види небезпеки, можуть призвести до травм або смерті від електрошоку чи опіків.

4. Термічні види небезпеки, що призводять до опіків, обмороження та інших травм.

5. Небезпека, спричинена вібрацією, що може призвести як до виникнення позаштатної ситуації, такі до значних порушень здоров'я.

6. Небезпека, спричинена матеріалами, речовинами (та їх компонентами), що їх використовує або виділяє кран, що працює, а також вантажами, які він переміщує.

7. Небезпека, спричинена нехтуванням ергономічних вимог і принципів під час розроблення обладнання.

8. Небезпека, спричинена несподіваним пуском, перевищенням швидкості тощо.

9. Небезпека, спричинена помилками (дефектами) під час складання або монтажу обладнання.

10. Небезпека, спричинена поломками під час роботи.

11. Небезпека, спричинена предметами, що падають.

12. Небезпека, спричинена поступальним рухом вантажопідіймального обладнання.

13. Небезпека, пов'язана із системою керування, її неправильним розміщенням або конструкцією.

14. Небезпека, пов'язана з третіми особами (несанкціонований запуск або експлуатація, відсутність або невідповідність візуальних чи звукових попереджувальних сигналів).

15. Небезпека, пов'язана з несприятливими природними чинниками:

Окремі вимоги та заходи забезпечення безпечної експлуатації вантажопідіймального обладнання

До вантажопідіймального обладнання ставиться ряд вимог, дотримання яких дозволить зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій та запобігти їх подальший розвиток:

1. Вимоги до механічного обладнання

1) Механічне обладнання вантажопідіймальних кранів і машин з кулачковими, фракційними або іншими механічними пристроями для вмикання або перемикування швидкостей робочих рухів, мають бути виконані

таким чином, щоб довільне вмикання або роз'єднання механізму було неможливе.

2) У вантажних лебідок з двома приводами останні повинні мати між собою жорсткий кінематичний зв'язок, що унеможлиблює довільне опускання вантажу, якщо вийшов з ладу один із приводів.

3) Механізми підймання вантажу та стріли мають бути виконані так, щоб унеможлилювалося вимикання приводу без накладення гальма, а опускання вантажу або стріли здійснювалося тільки від двигуна, що працює.

4) У з'єднаннях елементів вантажопідіймальних кранів і машин (болтових, шпонкових, шліцьових тощо) має бути унеможливлене їх довільне розгвинчування або роз'єднування.

5) Ухил колії вантажних візків у козлових і консольних кранів у найбільш несприятливому положенні візка з найбільшим робочим вантажем не повинен перевищувати 0,003. Зазначена норма ухилу не стосується кранів, у яких механізм пересування візка споряджений автоматичним гальмом нормально закритого типу або візок крана пересувається канатною тягою.

## 2. Вимоги до гальм

1) Механізми підймання вантажу і зміни вильоту вантажопідіймальних кранів і машин із машинним приводом мають бути обладнані гальмами нормально закритого типу, що автоматично розмикаються під час увімкнення приводу.

2) Механізми підймання вантажу та зміни вильоту мають бути обладнані гальмом, який має кінематичний зв'язок, що не розмикається, з барабаном.

3) Гальмо механізму підймання вантажу та зміни вильоту, має забезпечувати гальмівний момент з урахуванням коефіцієнта запасу гальмування не менше 1,5. Такий самий запас гальмування застосовується для двобарабанних механізмів з роздільним приводом, у тому числі для механізмів підймання та замикання грейфера.

4) Механізми підймання вантажу та зміни вильоту вантажопідіймальних кранів і машин, що транспортують небезпечні вантажі, мають бути обладнані двома гальмами, що діють незалежно одне від одного.

5) У разі встановлення двох гальм має бути передбачена можливість легко зняти гальмівну дію одного з них з метою перевірки надійності гальмування іншого.

6) У системі керування вантажопідіймального крана з гальмуванням електродвигуном автоматичне замикання гальм механізмів пересування або повертання на нульовій позиції контролера дозволяється виконувати із затримкою в часі не більше 1 секунди після закінчення гальмування електродвигуном або здійснювати електричне керування замиканням (розмиканням) гальма на нульовій позиції контролера педаллю чи кнопкою.

7) Гальма механізмів пересування і повертання вантажопідіймальних кранів і машин, що працюють просто неба або в незахищеному від дії вітру місці, мають забезпечувати зупинку й утримування крана або машини та їх вантажного візка під дією вітру робочого стану, допустима швидкість якого зазначена в інструкції вантажопідіймального крана чи машини та з урахуванням допустимого ухилу.

8) У механізмах вантажопідіймальних кранів і машин з машинним приводом черв'ячна передача не може бути заміною гальма.

9) Вантаж, що замикає гальмо, має бути закріплений на важелі так, щоб унеможливилася його падіння або довільне зміщення. Замикання гальма у разі застосування пружин має здійснюватися зусиллям стиснутої пружини.

10) Гальма сухого тертя мають бути захищені від прямого потрапляння вологи чи мастила на гальмівний шків або диск.

### 3. Вимоги до вантажозахоплювальних органів

1) Гаки вантажопідіймальністю понад 3 т (за винятком гаків кранів спеціального призначення) установлюються на закритих опорах кочення із застосуванням упорних підшипників.



2) Гаки вантажопідіймальних кранів і електричних талів обладнуються запобіжним замком, що унеможливорює самочинне випадіння знімного вантажозахоплювального пристрою.

3) Кріплення кованого та штампованого гака вантажопідіймальністю 5 т і більше, а також вилки пластинчастого гака в траверсі має унеможливлювати довільне відкручування гайки, для чого вона закріплюється стопорною планкою.

4) На вантажних кованих, штампованих і пластинчастих гаках мають бути нанесені маркування.

#### 4. Вимоги до канатів

1) Кріплення та розташування канатів на вантажопідіймальному крані чи машині мають унеможливлювати спадання їх з барабанів або блоків і перетирання внаслідок дотику канатів з елементами конструкцій або один із одним.

2) Петля на кінці каната для його закріплення на вантажопідіймальному крані чи машині має бути виконана згідно чинних вимог

3) На поверхнях корпусів, втулок і клинів не має бути гострих крайок, на яких може перетиратися канат.

4) Кріплення каната до барабана відбувається у спосіб, що дає можливість заміни каната.

5) Канати вантажопідіймальних кранів і машин, що транспортують небезпечні вантажі, мають бути захищені від їх безпосередньої дії.

#### 5. Вимоги до електричного обладнання

1) Електрообладнання вантажопідіймальних кранів та машин, його монтаж, струмопроводи, освітлення, заземлення та інші заходи безпеки мають відповідати нормативним вимогам.

2) Розташованому на вантажопідіймальному крані чи машині електрообладнанню має бути забезпечений відповідний ступінь захисту і категорія розміщення електроустаткування.

3) Електропостачання вантажопідіймального крана чи машини від зовнішньої електричної мережі має здійснюватися через увідний пристрій (рубильник, автоматичний вимикач тощо) з ручним або дистанційним приводом.

4) Увідний пристрій вантажопідіймального крана чи машини, розташований поза кабіною або у відкритій кабіні керування, має замикатися на замок у вимкненому стані й мати показчик Вимкнено, Увімкнено.

5) Портальні, козлові крани, а також перевантажувачі, електропостачання яких здійснюється за допомогою гнучкого кабелю, обладнуються кабельним барабаном для автоматичного намотування (змотування) кабелю.

6) Система керування електродвигунами вантажопідіймального крана чи машини має унеможливити самозапуск електродвигунів, пуск електродвигунів не відповідно до заданої схеми прискорення, пуск електродвигунів контактами пристроїв безпеки.

7) Світильники (прожектори), установлені на вантажопідіймальних кранах і машинах для освітлення робочої зони, мають вмикатися самостійними вимикачами, установленими в кабіні і на порталі (естакаді, опорі тощо).

8) Вантажозахоплювальний орган та інші елементи вантажопідіймальних кранів (наприклад, штирьового), що перебувають за умовами технологічного процесу під напругою, не заземлюються. Вони мають бути ізольовані від заземлених частин вантажопідіймального крана.

#### 6. Вимоги до гідравлічного обладнання

1) Гідравлічне обладнання вантажопідіймальних кранів і машин має унеможливити довільне опускання вантажу, ушкодження елементів гідропроводу (труб, рукавів, їх з'єднань) від зіткнення з елементами конструкцій.

2) Конструкція гідроприводу має передбачати повне та безпечне видалення та заповнення робочої рідини під час ремонту і технічного

обслуговування без потрапляння її на землю. Зливання робочої рідини із запобіжних клапанів має здійснюватися в гідробак.

3) Конструкція гідроприводу має забезпечувати заміну гідропрстроїв на крані без зливання робочої рідини з гідробака, безперервне фільтрування робочої рідини.

4) Кожен гідравлічний контур має бути захищений від перевищення робочого тиску запобіжним клапаном, відрегульованим на тиск, зазначений у настанові з експлуатації, та мати можливість налагодження та опломбування. Гідравлічні контури, що захищаються від однакового неприпустимого тиску, можуть мати один спільний запобіжний клапан.

5) Рукави, що розміщені в безпосередній близькості від робочого місця машиніста крана, мають бути закриті запобіжним кожухом або екраном.

6) Труби гідроприводу мають бути надійно закріплені для усунення небезпечних коливань (вібрації) і попередження порушення герметичності їх з'єднань.

7) У разі припинення електропостачання чи відмови гідроприводу має бути забезпечене аварійне опускання вантажу, піднятої частини баштового крана під час його монтажу, а також можливість керування стрілою до положення, у якому кран перебуватиме в безпечному стані.

8) Конструкція гідробака має передбачати контроль рівня робочої рідини. Застосування щупів не дозволяється. За наявності на крані кількох баків для рідини вони повинні мати різне маркування.

#### 7. Вимоги до приладів і пристроїв безпеки

1) Вантажопідіймальні крани та машини з машинним приводом мають бути обладнані обмежниками робочих рухів (кінцевими вимикачами) для автоматичної зупинки: механізму підіймання в крайніх верхньому і нижньому положеннях вантажозахоплювального органа; механізму зміни вильоту в крайніх робочих положеннях; механізму пересування вантажопідіймальних кранів на рейковому ході (за винятком залізничних), їх вантажних візків, а також однорейкових візків, якщо швидкість

вантажопідіймального крана (візка) перед підходом до крайнього положення може перевищити 0,5 м/с; механізмів пересування вантажопідіймальних кранів (за винятком залізничних), їх вантажних візків, а також однорейкових візків, що працюють на одній колії.

2) Після спрацьовування обмежника робочого руху має забезпечуватися можливість руху механізму в зворотному напрямку або у тому ж напрямку якщо це передбачено регламентом.

3) Крани мостового типу обладнуються обмежниками вантажопідіймальності (для кожної вантажної лебідки), якщо можливе їх перевантаження за технологією виробництва.

4) Після спрацьовування обмежника вантажопідіймальності має бути можливим опускання вантажу чи ввімкнення інших механізмів для зменшення вантажного моменту.

5) Козлові крани та перевантажувачі мають бути розраховані на максимально можливе зусилля перекоосу, що виникає під час пересування крана, та за необхідності мають бути обладнані обмежником перекоосу автоматичної дії.

6) У вантажопідіймальних кранів і машин з електроприводом (крім талів з додатковим вантажоупорним гальмом, а також вантажопідіймальних кранів і однорейкових візків з такими таями) має бути передбачений захист від падіння вантажу та стріли у разі обриву будь-якої з трьох фаз мережі живлення.

7) Крани мають бути обладнані пристроєм для автоматичного зняття напруги з електродвигунів механізмів і струмопроводів до них під час виходу обслуговувального персоналу на галерею крана або на площадки з механізмами.

8) Двері для входу до кабіни керування з посадкової площадки мають бути обладнані електричним блокуванням, що не дає змоги почати пересування, якщо двері відчинені.

9) У кранів, оснащених вантажопідіймальними електромагнітами, що живляться від електромережі, електрична схема має бути виконана так, щоб у разі зняття напруги з крана контактами приладів та пристроїв безпеки напруга з вантажопідіймального електромагніту не знімалася, або такі крани споряджуються резервною батареєю, що має постачати енергію у випадку несправності мережі живлення і забезпечувати потрібний струм протягом щонайменше 10 хв.

10) У разі спрацьовування приладів і пристроїв безпеки (кінцевих вимикачів, аварійного вимикача, блокування люка, дверей кабіни тощо) їх контакти мають розривати електричне коло.

11) Вантажопідіймальні крани з машинним приводом, що пересуваються крановою колією, та їхні візки, а також талі й однорейкові візки для пом'якшення можливого удару в упори або одне об одне мають бути обладнані пружними буферними пристроями.

12) На кінцях кранової колії вантажопідіймального крана, його вантажного візка, таля та однорейкового візка з метою унеможливлення їх сходження з рейок мають бути встановлені упори, розраховані на найбільше можливе робоче навантаження, і конструкція яких має відповідати зазначеній в настанові з експлуатації.

**Висновок.** Дотримання усіх наведених вимог до вантажопідіймального обладнання під час проектування та експлуатації дозволить значно знизити ризик виникнення позаштатних ситуацій, що можуть стати причиною як травмування працівників, так і виникнення та розвитку надзвичайних ситуацій на виробництві.

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Економічна частина є завершальним розділом магістерської кваліфікаційної роботи, в якому розробляються остаточні висновки щодо економічної ефективності запропонованої розробки. В даному розділі розглянемо основні питання конкурентоспроможності продукту та комерційного потенціалу розробки.

### 4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності, тобто під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

Для проведення комерційного і технологічного аудиту залучимо 3-х незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами будуть провідні викладачі випускової та споріднених кафедр.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу будемо здійснювати за 12-а критеріями згідно рекомендацій. Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки заносимо до таблиці 4.1.

Оскільки середньоарифметична сума балів складає 41,6, то рівень комерційного потенціалу розробки високий, тому дана розробка є реальною для подальшої її реалізації та впровадження.

Як засіб автоматизації складу в ході дипломного проекту було обрано козловий контейнерний кран, доцільність застосування якого обґрунтована великою площею складу, що ускладнює застосування наземних навантажувачів. Крім того, це дозволяє збільшити ємність складу за рахунок

екладування контейнерів у 2 яруси та зменшення проміжків між контейнерами у зв'язку з відсутністю необхідності залишати проїзди для навантажувачів.

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали, виставлені експертами		
Технічна здійсненність концепції	4	4	4
Ринкові переваги (наявність аналогів)	4	3	3
Ринкові переваги (ціна продукту)	4	4	3
Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	4
Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	4	4	3
Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	4	4
Ринкові перспективи (конкуренція)	3	4	3
Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	3	3
Практична здійсненність (наявність фінансів)	3	4	4
Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	3	4
Практична здійсненність (термін реалізації)	3	3	3
Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	4
Сума балів	42	42	41
Середньоарифметична сума балів $\overline{CB}$	41,6		

За даними таблиці 4.1 робимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому користуємося рекомендаціями, наведеними в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 50	Високий

## 4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

### 4.2.1 Витрати на оплату праці

#### Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників розраховують відповідно до посадових окладів працівників, за формулою:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.1)$$

де  $M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо), грн.;

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці,  $T_p \approx 21 \dots 23$  дні;

$t_i$  – кількість днів роботи конкретного дослідника.

Дану розробку буде проводити інженер, величина окладу буде становити 10000 грн. на місяць. Кількість робочих днів у місяці складає 23, а кількість робочих днів дослідника складає 55.

Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.3.

Таблиця 4.3 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Кількість днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	12000	521,73	5	2608,65
Інженер	10000	434,78	55	23912,9
Всього				26521,55

Розрахуємо заробітну плату працівників, які беруть участь у виконанні НДР і виконують роботи за робочими професіями.

Основна заробітна плата робітників  $Z_p$ , якщо вони беруть участь у виконанні даного етапу роботи і виконують роботи за робочими професіями



у випадку, коли вони працюють в наукових установах бюджетної сфери, розраховується за формулою:

$$З_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.2)$$

де  $C_i$  – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год.;

$t_i$  – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду визначається за формулою :

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_C}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.3)$$

де  $M_M$  – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн. (розмір мінімальної зарплати в 2021 році складає 6000 грн. в місяць);

$K_i$  – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (таблиця 4.4);

$K_C$  – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати;

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці; приблизно  $T_p \approx 21 \dots 23$  дні;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.4 – Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_i$	1,00	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4

Зроблені розрахунки занесемо у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н-год.	Розряд роботи	Погодинна тарифна	Величина оплати,
Заготівельні	2	2	38,85	77,7
Механічні	3	3	47,68	143,04
Складальні	1	4	52,98	52,98
Налагоджувальні	2	4	60,04	120,08
Всього				393,8

Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата  $Z_d$  розраховується як 10-12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{N_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (4.4)$$

де  $N_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$$Z_d = 0,10 \cdot (26521,55 + 393,8) = 2691,53 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату  $N_{\text{зп}}$  дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.5):

$$Z_{\text{дод}} = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{N_{\text{зп}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де  $N_{\text{зп}}$  – норма нарахування на заробітну плату.

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{\text{зп}} = (26521,55 + 393,8 + 2691,53) \cdot \frac{22}{100} = 6513,51 \text{ (грн.)}$$

Отже, нарахування на заробітну плату складають 6513,51 грн.

#### 4.2.3 Сировина та матеріали

Витрати на матеріали у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{vj}, \quad (4.6)$$

де  $H_j$  – норма витрат матеріалу  $j$ -го найменування, кг;

$n$  – кількість видів матеріалів.

$C_j$  – вартість матеріалу  $j$ -го найменування, грн/кг;

$K_j$  – коефіцієнт транспортних витрат, (1,1...1,15);

$B_j$  – маса відходів  $j$ -го найменування, кг;

$C_{vj}$  – вартість відходів  $j$ -го найменування, грн/кг.

Розрахунки зведемо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Витрати на матеріали.

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Флюс БС-2	18,50	0,03	-	-	0,55
Припій ПОС-61	500	0,04	-	-	20
Склотекстоліт	98	0,1	-	-	9,8
Каніфоль	11,0	0,25	-	-	2,75
Всього					36,41

#### 4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі, які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою за формулою:

$$K_B = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j, \quad (4.7)$$

де  $H_j$  – кількість комплектуючих  $j$ -го виду, шт.;

$C_j$  – покупна ціна комплектуючих  $j$ -го виду, грн;

$K_j$  - коефіцієнт транспортних витрат, (1,1...1,15);

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн.	Разом
Металічна балка	4	568,7	2274,8
Ходовий візок	8	7300	58400
Приводне колесо	4	528	2112
Двобарабанна лебідка	1	32308	32308
Всього			95094,8

#### 4.2.5 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщення

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (4.8)$$

де  $Ц_б$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн.;

$t_{\text{вик}}$  – термін корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців.

$T_в$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Фрезерно-свердлильний верстат	482400	5	2	16080
Горизонтально-фрезерний верстат	38000	5	2	1266,66
Токарний верстат	260000	5	2	8666,66
Всього				26013,32

#### 4.2.6 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію розраховують за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot Ц_e \cdot K_{вмі}}{\eta_i}, \quad (4.9)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{впі}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Фрезерно-свердлильний верстат	3,0	20	219
Горизонтально-фрезерний верстат	3,0	15	164,25
Токарний верстат	11,0	18	722,7
Всього			1105,95

#### 4.2.7 Службові відрядження

Витрати на службові відрядження розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{св} = (z_o + z_p) \cdot \frac{H_{св}}{100\%}, \quad (4.10)$$

де  $H_{св}$  – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{св} = 0,25 \cdot (26521,55 + 393,8) = 6728,83(\text{грн.})$$

#### 4.2.8 Інші витрати

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{iH} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{iB}}{100\%}, \quad (4.11)$$

де  $H_{iB}$  – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$V_{iH} = 0,5 \cdot (26521,55 + 393,8) = 13457,67(\text{грн.})$$

#### 4.2.9 Накладні (загально виробничі) витрати

Витрати за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$V_{H3B} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{H3B}}{100\%}, \quad (4.12)$$

де  $H_{H3B}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загально виробничі) витрати».

$$V_{H3B} = 1 \cdot (26521,55 + 393,8) = 26915,3(\text{грн.})$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$V = Z_o + Z_p + Z_d + Z_H + M + K + A_{\text{обл}} + V_e + V_{\text{св}} + I_B + V_{H3B}, \quad (4.13)$$

$$V = 26521,55 + 393,8 + 2691,53 + 6513,51 + 36,41 + 95094,8 + 26013,32 + 1105,95 + 6728,83 + 13457,67 + 26915,3 = 205472,67 \text{ (грн)}$$

Загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{В_{заг}}{\eta}, \quad (4.14)$$

Загальні витрати складають

$$ЗВ = \frac{205472,67}{0,9} = 228302,96 \text{ (грн.)}$$

#### 4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

Розрахуємо можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки за формулою:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (4.15)$$

де  $\pm\Delta\Pi_0$  – зміна основного якісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає величину попиту на аналогічні чи подібні розробки у році до впровадження результатів нової науково-технічної діяльності;

$\Pi_0$  – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації нової науково-технічної розробки в аналізованому році;

$\Delta N$  – зміна основного кількісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році;



$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту (послуги), рекомендується приймати 0,2...0,5;

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток.

В середньому в рік продається 1000 розробок. Середня вартість такої розробки становить 3960 грн.

Впровадження зразка розробки дозволяє збільшити ціну кожного зразка на 500 грн, враховуючи ціни конкурентів. Також прогнозується, що попит на даний продукт зростає, оскільки даний продукт відрізняється якістю від конкурентних.

Попит збільшиться за перший рік на 500 примірників, за наступний на 400 та протягом третього року – ще на 250 примірників.

**Ставка податку на додану вартість в 2021 році залишилась на рівні 20%**, а коефіцієнт  $\lambda=0,8333$ . Ставка податку на прибуток складає 18%.

Коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, дорівнює 0,3.

Отже, розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства на 2022 - 2024 рр.:

$$\begin{aligned}\Delta\P_{2022} &= (1000 \cdot 3960 + (3960 + 500) \cdot 500) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \\ &= 1217651,29 \text{ (грн.)}\end{aligned}$$

$$\Delta\P_{2023} = (1000 \cdot 3960 + (3960 + 500) \cdot (500 + 400)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1542358,3 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\P_{2024} = (1000 \cdot 3960 + (3960 + 500) \cdot (500 + 400 + 250)) \cdot 0,8333 \cdot 0,3 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1745300,19 \text{ (грн.)}$$

Далі розрахуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків *ПП*, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.16)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

$T$  – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні;

$t$  – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$ПП = \frac{1217651,29}{(1+0,1)^2} + \frac{1542358,3}{(1+0,1)^3} + \frac{1745300,19}{(1+0,1)^4} = 3357183,51 \text{ (грн.)}$$

Далі розрахуємо величину початкових інвестицій, які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot 3B, \quad (4.17)$$

де  $k_{\text{інв}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науко-во-технічної розробки та її комерціалізацію.

$3B$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 3 \cdot 228302,96 = 684908,9 \text{ (грн)}$$

Тоді абсолютний економічний ефект або чистий приведений дохід для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (4.18)$$

де  $\text{ПП}$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн.

$$E_{\text{абс}} = (3357183,51 - 684908,9) = 2672274,61 \text{ (грн.)}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки, розраховується за формулою:

$$E_{\text{в}} = \sqrt[T_{\text{ж}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1, \quad (4.19)$$

де  $E_{\text{абс}}$  – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{\text{ж}}$  – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримування позитивних результатів від її впровадження, роки.

$$E_{\text{в}} = \sqrt[3]{1 + \frac{2672274,61}{684908,9}} - 1 = 0,69 = 69\%$$

Далі визначимо бар'єрну ставку дисконтування, тобто мінімальну внутрішню економічну дохідність інвестицій, нижче якої кошти у впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію вкладатися не будуть.

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій визначається за формулою:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.20)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій.

$$\tau = 0,12 + 0,05 = 0,17$$

Далі розрахуємо період окупності інвестицій, які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B}, \quad (4.21)$$

де  $E_B$  – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = \frac{1}{0,69} = 1,44 \text{ роки}$$

Термін окупності складає 1,44 роки, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження цієї розробки та виведення її на ринок.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У цьому проекті розглянуто комплексну механізацію вантажообігу з використанням контейнерного козлового крану на прикладі залізничного складу. Високий ступінь автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт даного складу став можливим у зв'язку з тим, що вантажі на ньому зберігаються у великотоннажних контейнерах.

Так як вантажообіг складу тісно пов'язаний з часом виконання вантажно-розвантажувальних операцій, то метою автоматизації було зменшення часу на їх проведення і як наслідок збільшення вантажообігу складу та отримання максимального прибутку від використання складських площ. Крім того, метою автоматизації було видалення із зони вантажно-розвантажувальних робіт обслуговуючого персоналу для запобігання виробничим травмам.

Як засіб автоматизації складу в ході дипломного проекту було обрано козловий контейнерний кран, доцільність застосування якого обґрунтована великою площею складу, що ускладнює застосування наземних навантажувачів. Крім того, це дозволяє збільшити ємність складу за рахунок складування контейнерів у 2 яруси та зменшення проміжків між контейнерами у зв'язку з відсутністю необхідності залишати проїзди для навантажувачів.

Як вантажозахоплювальний пристрій у крані запропоновано застосувати спеціальний вантажозахоплювальний пристрій – спредер, який здійснює автоматичне зчеплення та розчеплення з контейнером без участі стропальника.

Козловий контейнерний кран виконаний з двома консолями вантажопідйомності, на яких обмежена контейнерами 1С, що здешевлює конструкцію і в той же час не позначається на роботі складу, оскільки під контейнери 1А залишається достатньо складського місця між опорами крана. У той же час опори крана виконані таким чином, що контейнери 1С

проходять крізь них без повороту захвату, що прискорює проведення вантажно-розвантажувальних робіт.

Запропоновані покращення конструкції контейнерного козлового крану забезпечили підвищення техніко-економічних показників, зокрема покращена продуктивність завантажувально-розвантажувальних робіт на 30%, при цьому скорочено термін робочого циклу на 33%.

В ході виконання МКР виконано ряд конструкторських розрахунків, які використанні під час побудови модернізованої конструкції контейнерного козлового крану.

Виконані економічні розрахунки підтвердили доцільність виконання даної модернізації конструкції контейнерного козлового крану.

Запропоновані заходи з охорони праці та дій під час надзвичайних ситуацій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Поляков В.И., Епифанов СП. Пневмоколесные и гусеничные краны: Учебник для ПТУ. -М. :Высш. школа, 1990 г.-152 с.
2. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов / Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков В.А. и др. – М.Машиностроение, 1987 г. 242 с.
3. Марин А.Г. Машинист гидравлического автомобильного крана: учеб. пособие: Издательский центр «Академия», 2007. – 96с.
4. Колесник Н.П. Расчеты строительных кранов. - Киев: вища школа, 1985 г.- 452 с.
5. Хлебородов В.С. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНОГО ТРАНСПОРТНО-ГРУЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ / Проблемы совершенствования транспортной техники, 2018. 238- 251 с.
6. Handbook of Terminal Planning. / Jürgen W. Böse. - Springer Science+Business Media, LLC 2011.
7. Container Terminals and Cargo Systems Design, Operations Management, and Logistics Control Issues. / Kap Hwan Kim, Hans-Otto Günther. – Springer, 2007.
8. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. -М. Машиностроение, 1988 г.-202 с.
9. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. - М. Машиностроение, 1988 г.-652 с.
10. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. — К.: Вища шк., 2009. — 734 с.: іл.ISBN 978-966-642-324-8

11. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>

12. ДБНВ.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд. К. : Мінбуд України, 2006. -154 с.

13. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

14. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення- [Електронний ресурс] - Режим доступа: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

15. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

16. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек [Електронний ресурс] - Режим доступа: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_b\\_v\\_1\\_1\\_36/5-1-0-1759](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759)

18. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. — Х.: «Форт», 2002.

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

20. Методичні вказівки до формування положення про структурний підрозділ та розробку посадової інструкції працівника підприємства при



виконанні практичних робіт з дисципліни «Кадровий менеджмент» / Уклад. :  
О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 56 с.

21. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в  
машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О.  
Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

Додаток А

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

д. т. н., професор Поліщук Л.К,

\_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

На модернізацію конструкції контейнерного козлового крана

Розробив студент

Спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

Іванков Іван Юрійович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021

Керівник: д.т.н., професор

Поліщук Леонід Клавдійович

## **1 Найменування і область застосування**

Найменування – конструкція контейнерного козлового крана

## **2 Підстава для виконання роботи**

Підставою для розробки даного дипломного проекту є індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу та наказ ректора по ВНТУ про закріплення тем.

## **3 Мета і призначення дослідження**

Метою дослідження є – модернізація конструкції контейнерного козлового крана для збільшення вантажообігу складу та отримання максимального прибутку від використання складських площ.

## **4 Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки

4.1 Поляков В.И., Епифанов СП. Пневмоколесные и гусеничные краны: Учебник для ПТУ. -М. :Высш. школа, 1990 г.-152 с.

4.2 Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов / Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков В.А. и др. – М.Машиностроение, 1987 г. 242 с.

4.3 Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование / А. В. Вавилов, А. Я. Котлобай. – Минск: БНТУ, 2020. – 98 с. ISBN 978-985-550-986-9.

4.4 Киркач Н., Баласанян Р. Расчет и проектирование деталей машин. Том 2. Киев: “Вища школа”, 1988-140с.

4.5. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В. С. Бондарев, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. — К.: Вища шк., 2009. — 734 с.: іл.ISBN 978-966-642-324-8

4.6 Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. - М. Машиностроение, 1988 г.-652 с.

4.7 Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. -М. Машиностроение, 1988 г.-202 с.

### 5 Вихідні дані для розробки робочого органу:

1	Площа складу, кв. м	9600
2	Типи контейнерів	1А, 1С
3	Тип крану	Контейнерний двохконсольний
4	Проліт, м	25
5	Консолі, м	5
6	Вантажопід'ємність, т а) на канатах б) на захваті	40 32
7	Режим роботи механізмів: а) підйому вантажу б) переміщення крана в) переміщення візка	Середній Середній Середній
8	Швидкість механізмів, м/хв. а) підйом вантажу б) переміщення крана в) переміщення візка	11,7 60 5,9
9	Висота підйому вантажу, м	8,5

#### 5.1 Технічні вимоги

- регулювання органів управління – безступінчасте;
- вимоги монтажної придатності до продукції – поставка в зібраному вигляді;

- маса продукції – до 30000кг;
- захист від вологи, шкідливих випаровувань та корозії, здійснюється за рахунок герметичності та покриттів;
- складові частини конструкції контейнерного козлового крана взаємозамінні;
- деталі, вузли я конструкції контейнерного козлового крана, повинні виготовлятися з матеріалів стійких до дії миючих засобів, мастила;
- система керування – логістичний контролер чи механічна система.

#### 5.2 Вимоги до надійності:

довговічність – не менше 6 тис. год; безвідмовність – напрацювання на відмову – 1 тис. год; збереженість – повинна забезпечуватися працездатність верстатного комплексу в режимі очікування, роботи, консервації; ремонтпридатність – компоновочне рішення повинно бути таким, що забезпечує легкодоступність до деталей, які вірогідно можуть мати найменший термін служби та відносно простий їх ремонт.

5.3 Вимоги до технологічності розробки, виробництва і експлуатації – конструкція деталей контейнерного козлового крана повинна бути такою, щоб забезпечувати їх виготовлення без застосування спеціального обладнання і устаткування.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації і стандартизації, вимоги до використання стандартних, уніфікованих і запозичених складальних одиниць і деталей при розробці, показники рівня уніфікації – по можливості під час модернізації конструкції контейнерного козлового крана використовувати уніфіковані деталі і стандартні вироби.

5.5 Вимоги безпеки життєдіяльності – забезпечується безпека під час монтажу, і ремонті. Допустимі рівні вібраційних і шумових навантажень, допустимі випаровування робочої рідини у відповідності з санітарними нормами. Повинні бути розроблені заходи, що забезпечують технічну безпеку під час монтажу, експлуатації і ремонті крану.

5.6 Конструкція повинна відповідати естетичним і ергономічним вимогам, повинна бути зручною в обслуговуванні та управлінні.

5.7 Матеріали, що використовуються для деталей слід вибирати відповідно до рекомендацій.

5.8 Умови експлуатації, вимоги до технічного обслуговуванню і ремонту:

– умови експлуатації, при яких повинно забезпечуватися використання продукції з заданими технічними показниками – продукція призначена для використання у середньопиротних кліматичних умовах;

– час підготовки продукції до використання після транспортування і зберігання – 1 год;

– вид обслуговування періодичний;

– періодичність і орієнтовна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту – 2 дні (один раз в три місяці);

5.9 Вимоги по транспортуванню і збереженню

– можливість транспортування на будь – якому виді транспортних засобів

– захист від ударів під час завантаження і розвантаження

– зберігання на складі готової продукції

– зберігання у законсервованому вигляді

– складування на стелажах.

## **6 Економічні показники:**

- орієнтований термін окупності витрат на розробку – 0,5 роки,

- освоєння виробництва продукції,

- економічна перевага розробленої продукції у порівнянні з кращими зразками.

**7 Виконавці НДР:** студент спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Іванков Іван Юрійович

## **8 Етапи НДР і терміни їх виконання:**

- теоретичний аналіз конструкції сучасних контейнерних козлових кранів та їх робочих органів;
- аналіз ефективності існуючих систем організації контейнерних терміналів за використання різного транспортно-вантажного устаткування;
- проектні та перевірочні розрахунки елементів конструкції;
- техніко-економічне обґрунтування МКР;
- охорона праці;
- висновки.
- оформлення текстових документацій та ілюстративних матеріалів для захисту МКР.

## **9 Порядок контролю і прийомки**

- попередній захист проекту
- захист проекту перед МКР

Додаток Б (обов'язковий)

**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

МОДЕРНІЗАЦІЮ КОНСТРУКЦІЇ КОНТЕЙНЕРНОГО КОЗЛОВОГО КРАНА



Огляд типів козлових кранів



Рисунок 1 - Однобалочний козловий кран



Рисунок 4 - Магнітний козловий кран

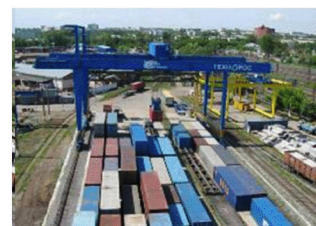


Рисунок 2 - Кран козловий двохбалочний



Рисунок 5 - Козловий магніто-грейферний кран

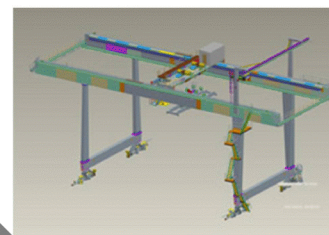


Рисунок 3 - Грейферний козловий кран



Рисунок 6 - Крани козлові монтажні



Рисунок 7 - Спеціальний контейнерний козловий кран

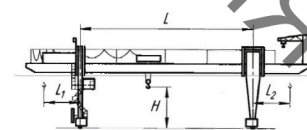
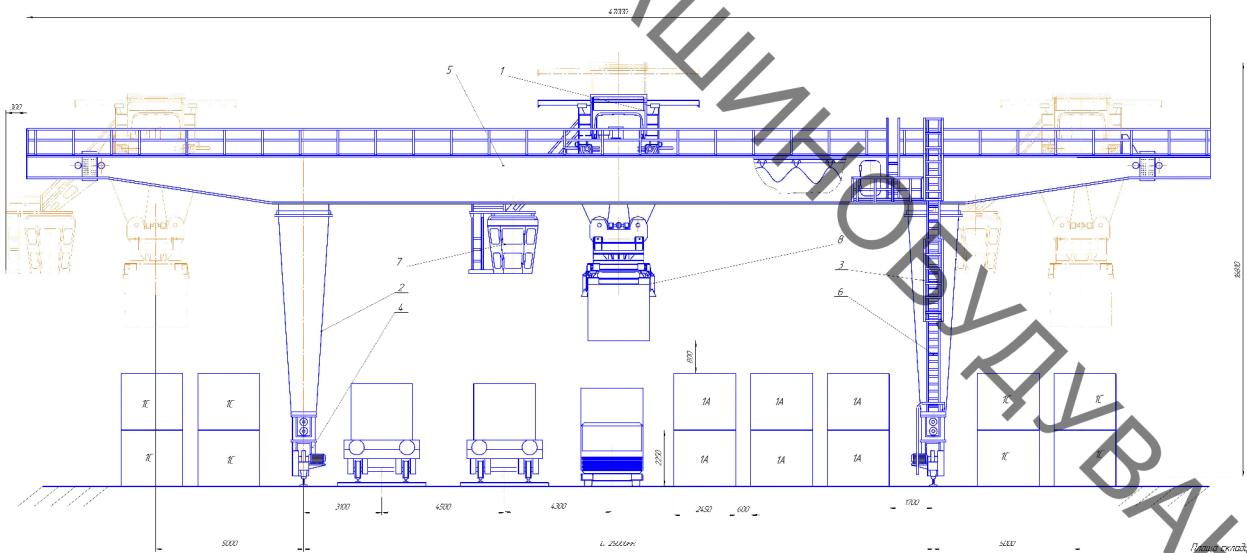


Рисунок 8 - Схема козлового гаківного крана

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОСТРОЙНЕ ПІДПРИЄМСТВО

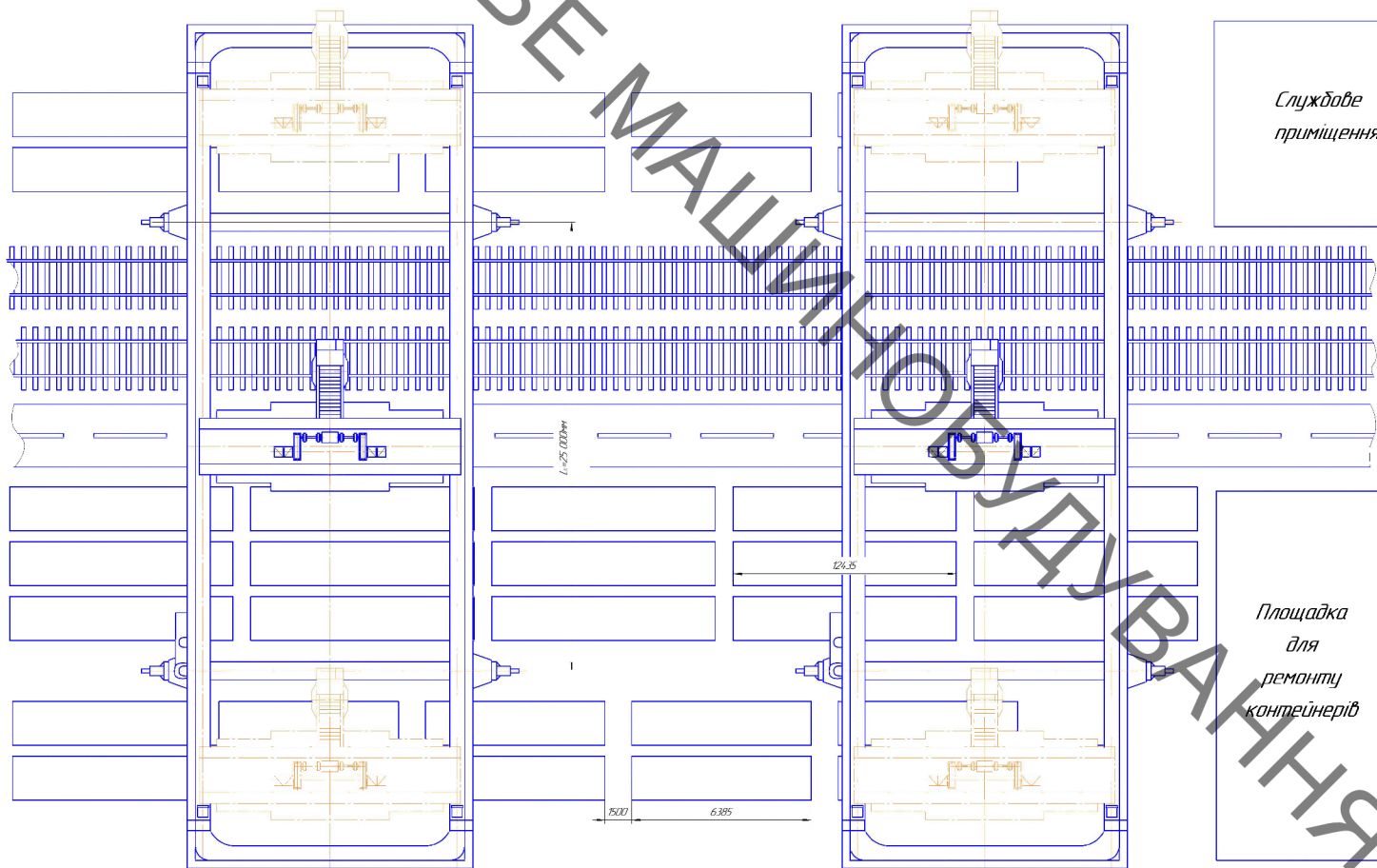


Проектанта, к.т.н. 9600  
Коллектор, к.т.н. 7  
Листы конструктора 1А, К  
Количество рабочих чертежей листов... 2

98-2744P.02.001002 Б3			
№	Исполн.	Провер.	Инженер
1	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
2	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
3	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
4	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
5	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
6	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
7	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
8	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
9	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
10	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
11	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
12	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
13	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
14	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
15	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
16	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
17	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
18	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
19	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
20	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
21	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
22	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
23	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
24	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
25	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
26	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
27	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
28	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
29	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
30	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
31	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
32	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
33	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
34	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
35	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
36	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
37	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
38	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
39	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
40	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
41	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
42	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
43	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
44	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
45	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
46	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
47	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
48	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
49	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
50	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
51	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
52	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
53	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
54	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
55	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
56	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
57	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
58	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
59	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
60	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
61	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
62	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
63	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
64	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
65	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
66	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
67	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
68	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
69	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
70	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
71	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
72	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
73	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
74	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
75	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
76	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
77	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
78	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
79	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
80	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
81	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
82	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
83	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
84	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
85	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
86	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
87	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
88	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
89	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
90	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
91	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
92	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
93	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
94	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
95	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
96	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
97	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
98	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
99	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.
100	И.И.И.	И.И.И.	И.И.И.

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР.02.00.002 В3

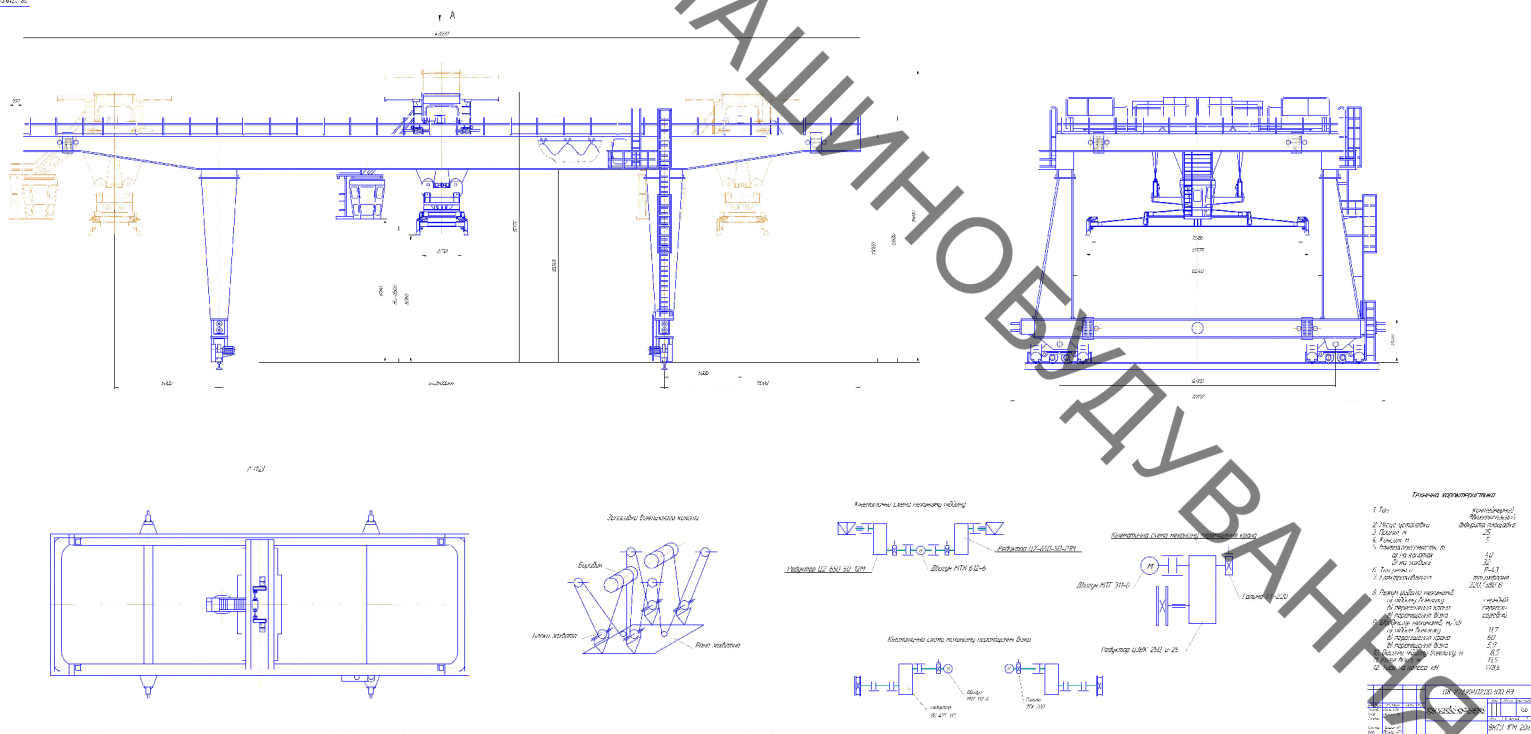


Службове приміщення

Площадка для ремонту контейнерів

				08-27МКР.02.00.002 В3	
№	Дет.	Конт.	Вид.	Дет.	Масштаб
1	01	01	01	01	1:100
Комплексна механізація				1:100	
Вирізняючий складу				1:100	
ВНТУ, ІМ-204				1:100	
Конт.				1:100	
Вид.				1:100	
ВНТУ, ІМ-204				1:100	

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

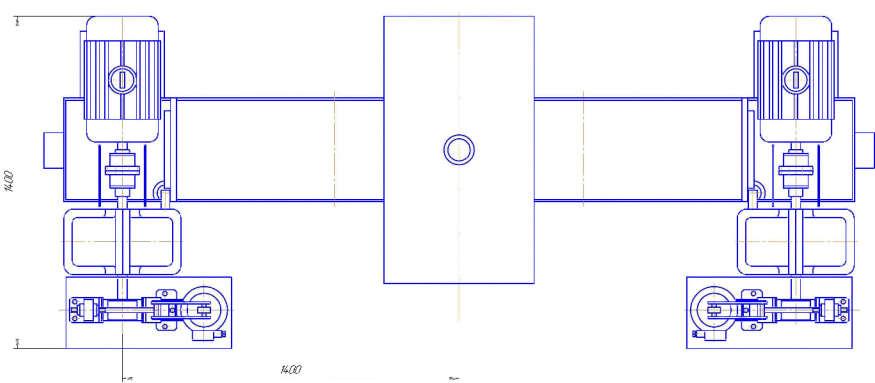
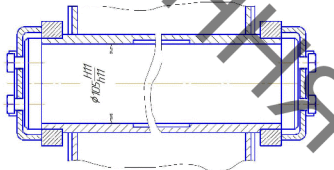
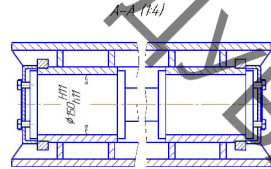
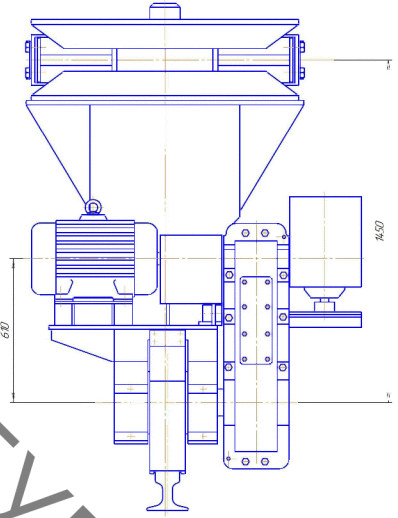
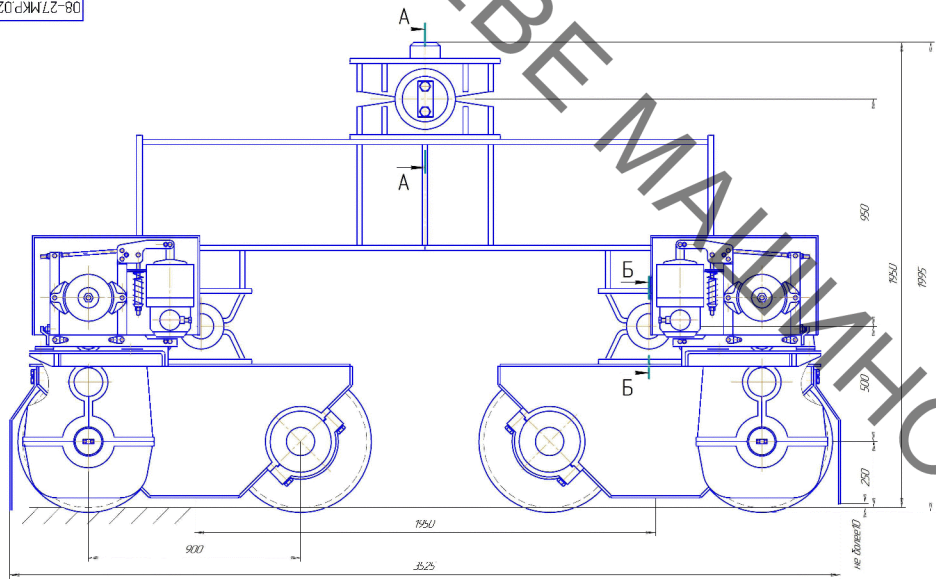


Таблиця характеристик

1. Тип	Крановий
2. Назначення	Для переміщення вантажів
3. Вантаж	10 т
4. Висота	15 м
5. Потужність двигона, кВт	22
6. Швидкість руху, м/хв	7-4,7
7. Діаметр колеса, мм	1000
8. Діаметр колеса, мм	2000
9. Діаметр колеса, мм	1000
10. Діаметр колеса, мм	1000
11. Діаметр колеса, мм	1000
12. Діаметр колеса, мм	1000
13. Діаметр колеса, мм	1000
14. Діаметр колеса, мм	1000
15. Діаметр колеса, мм	1000
16. Діаметр колеса, мм	1000
17. Діаметр колеса, мм	1000
18. Діаметр колеса, мм	1000
19. Діаметр колеса, мм	1000
20. Діаметр колеса, мм	1000

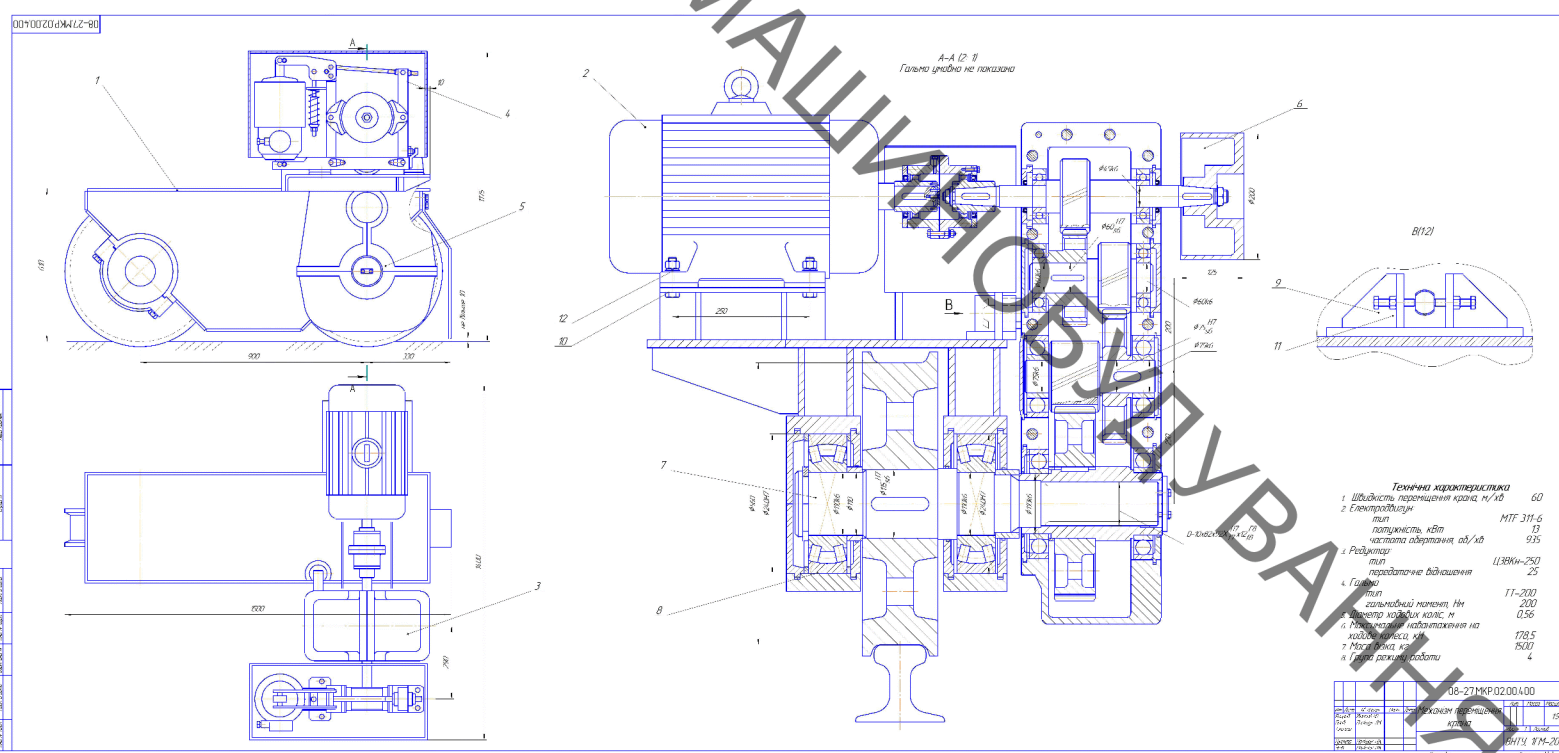
ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДІВАННЯ

08-27МКР.02.00.900



08-27МКР.02.00.900				Лист	Кол-во	Масштаб
Візок балансувальний				Лист	14	1:1
ВНТУ 1ГМ-20М				Лист	1	1:1

ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДІВАННЯ

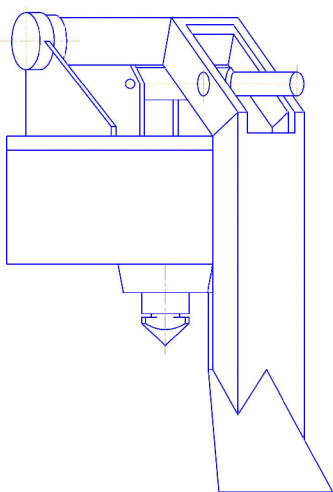




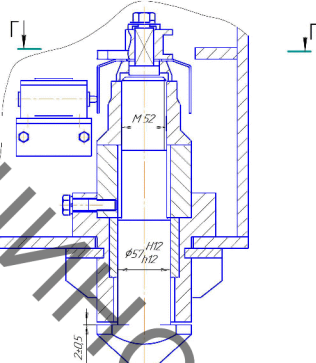
# ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

08-27МКР.02.00.800СК

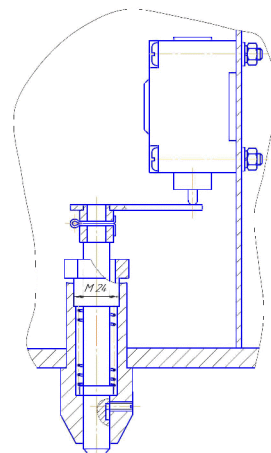
A(4-1)



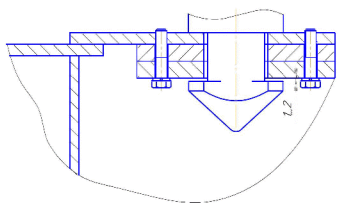
B-B (12)



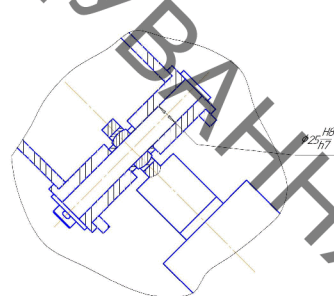
Д-Д (11) ⌀



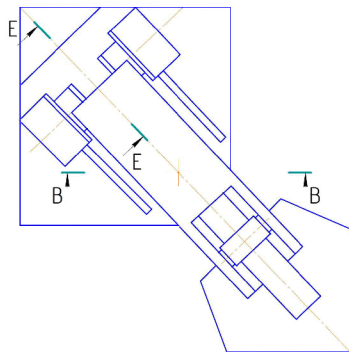
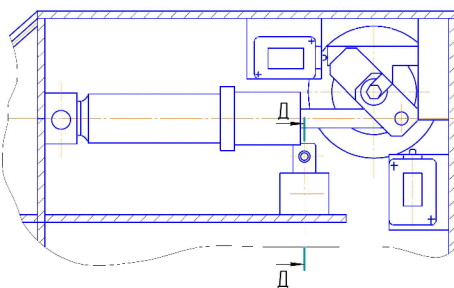
Б-Б(12)



Е-Е (12) ⌀



Г-Г (12)



08-27МКР.02.00.800СК				Лист	Кол-во	Масштаб
08-27МКР.02.00.800СК	08-27МКР.02.00.800СК	08-27МКР.02.00.800СК	08-27МКР.02.00.800СК	1	1	1:1
Захват автоматичний				Лист	2	Кол-во 2
ВНТУ, ІГМ-204						

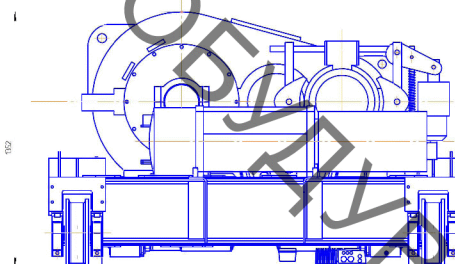
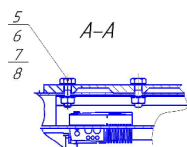
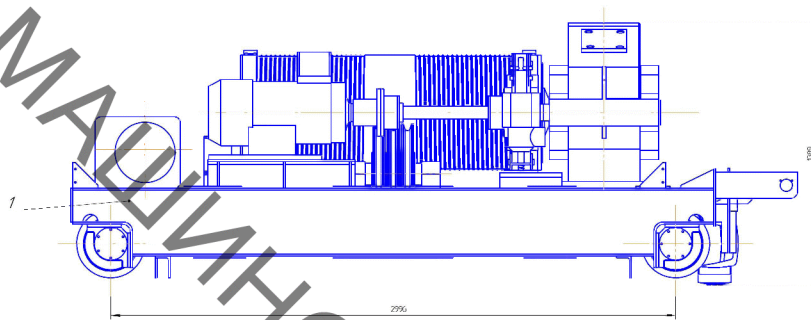
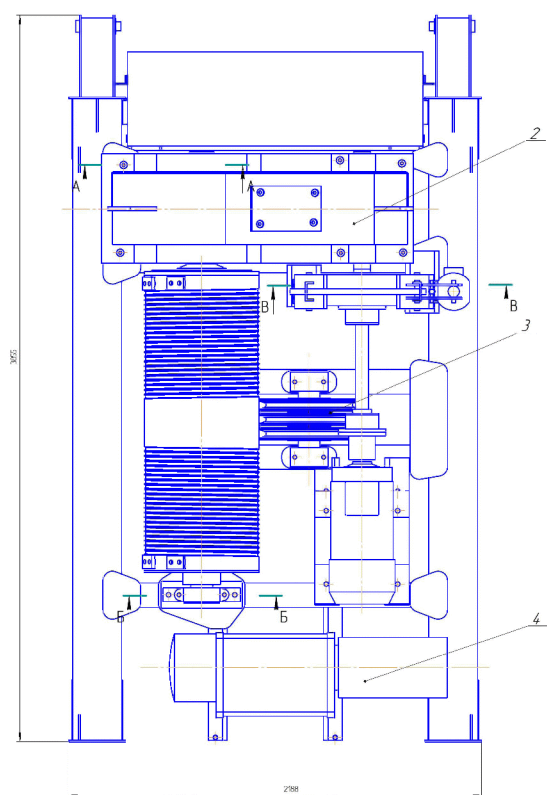
Контракт

Формат А1

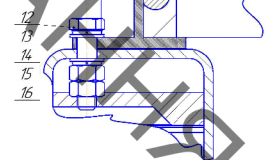


ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДІВАННЯ

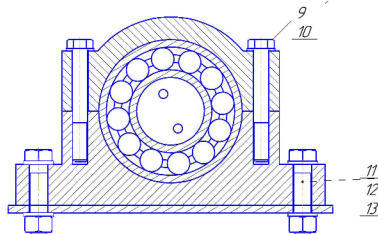
08-27МКР.02.00.100СК



B-B (14)



B-B (14)



- 1 \* Резьба для вала
- 2 Подшипники: стальной. Диаметр-76 (по ГОСТ 2450-85)
- 3 Изн. текучей вязкости по СТБ 1022-96

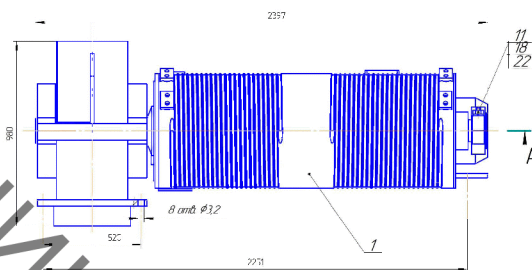
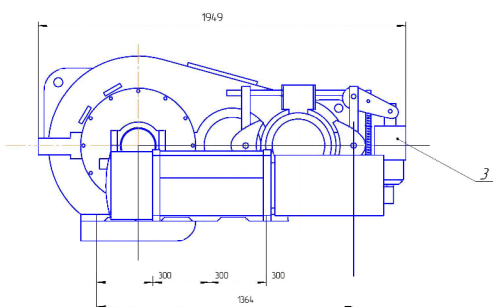
08-27МКР.02.00.100СК				Лист	Кол-во	Масштаб
Исполн.	Проверен.	Сверст.	Утверд.			1:10
Візок вантажний				Лист	1	Кол-во
				ВНТУ, ГМ-2004		

Климак

Сурин АІ

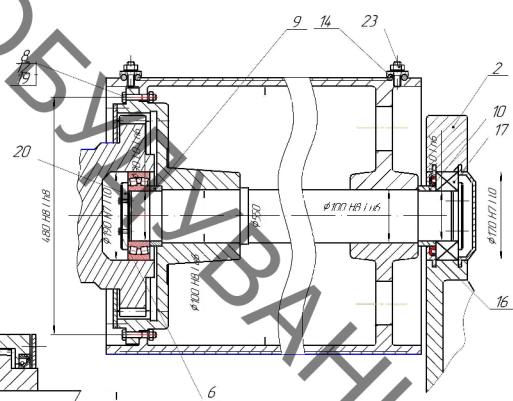
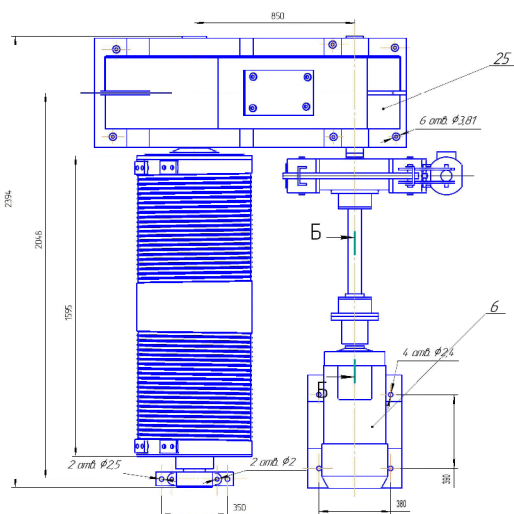
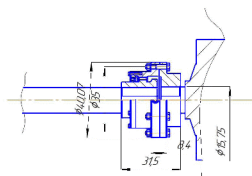
# ВНТУ, ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДІВАННЯ

08-27МКР02.00.002СК



Б-Б

А-А (1:4)



- 1 \* Рівень для підійм.
- 2 Підшипники змащувальні /Литолон-24 по ГОСТ 12343-85
- 3 Імпл. металеві виміру по СТБ 1022-95

08-27МКР02.00.002СК			
№	Дет.	К-сть	Матеріал
1	Механізм підйому	1	ЧД
2	ВНТУ 11М-20М	2	ЧД

Додаток В

**СПЕЦИФІКАЦІЇ**

МОДЕРНІЗАЦІЮ КОНСТРУКЦІЇ КОНТЕЙНЕРНОГО КОЗЛОВОГО КРАНА

Форм	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
A1			08-27.МКР.02.00.002 В3	Креслення загального виду	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-27.МКР.02.01.00.100	Візок вантажний	1	
		2	08-27.МКР.02.01.00.200	Опора	2	
		3	08-27.МКР.02.01.00.300	Опора жорстка	2	
		4	08-27.МКР.02.01.00.400	Механізм переміщення крана	4	
		5	08-27.МКР.02.01.00.500	Міст	1	
		6	08-27.МКР.02.01.00.600	Драбина	1	
		7	08-27.МКР.02.01.00.700	Кабіна	1	
		8	08-27.МКР.02.01.00.800	Захват автоматичний	1	
		9	08-27.МКР.02.01.00.900	Візок балансувальний	1	

*08-27.МКР.02.00.000 В3*

Изм	Лист	№докум	Под п.	Дата
Разраб.		Иванков І.		
Провер.		Поліщук Л.К.		
Т.контр.				
Н.контр.		Поліщук Л.К.		
УТВ.		Поліщук Л.К.		

*Кран козловий  
контейнерний*

Лит.	Лист	Листов
<i>ВНТУ, 1ГМ-20м</i>		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Перв. примен.	A1		08-27.МКР.02.00.100СК	Документация				
				Складальне креслення				
Справ. №				Складальні одиниці				
		1	08-27.МКР.02.02.001	Візок	1			
		2	08-27.МКР.02.02.002	Механізм підйому	1			
		3	08-27.МКР.02.02.003	Блоки ГОСТ 24.161-05	3			
	4	08-27.МКР.02.02.004	Ледідка допоміжного підйому	1				
				Стандартні вироби				
Подп. и дата	Б4	5		Болт М32*2 ГОСТ 7798-70	8			
	Б4	6		Болт М20*15 ГОСТ 7798-70	4			
		7		Болт М22*2 ГОСТ 7798-70	4			
		8		Болт М25*2 ГОСТ 7798-70	2			
		9		Болт М24*15 ГОСТ 7798-70	4			
		10		Гайка М32 ГОСТ 5915-70	8			
		11		Гайка М20 ГОСТ 5915-70	4			
		12		Гайка М24 ГОСТ 5915-70	8			
		13		Гайка М22 ГОСТ 5915-70	8			
				08-27.МКР.02.00.100				
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
	И.№. № посл.	Разраб.	Иванков І.Ю.					
		Пров.	Поліщук ЛК.					
Н.контр.		Поліщук ЛК.						
Утв.		Поліщук ЛК.						
			Візок вантажний			Лит.	Лист	Листов
							1	2
						ВНТУ, 1ГМ-20М		



Формат Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			Документация		
A1		08-27.МКР.02.00.400СК			
			Складальні одиниці		
Справ. №	1	08-27.МКР.02.04.100	Рама	1	
			Стандартні вироби		
	2		Електродвигун МТК F 211-6	1	
	3		Редуктор 2ЦЗУвк - 250	1	
	4		Гальмо ТКГ 200	1	
	5		Колесна установка К2РП-500	1	
	6		Шків гальмівний	1	
	7		Вал редуктора	1	
	8		Підшипник радіально-упорний	8	
	9		Болт М16-8d x 25.109.30ХГСА ГОСТ 15589-70	4	
	10		Болт М20-8d x 25.109.30ХГСА ГОСТ 15589-70	4	
	11		Гайка М12 x 2-6Н.04 ГОСТ 15522-70	8	
	12		Гайка М16 x 2-6Н.04 ГОСТ 15522-70	4	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	08-27.МКР.02.00.400		
					Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Иванков І.Ю.						1
Пров.	Поліщук ЛК.						
Н.контр.	Поліщук ЛК.						
Утв.	Поліщук ЛК.						

Механізм переміщення

ВНТУ, 1ГМ-20М

Формат Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			Документация		
A1		08-27.МКР.02.02.002СК			
			Складальні одиниці		
Стр. №	1	08-27.МКР.02.02.01.100	Барабан	1	
	2	08-27.МКР.02.02.02.200	Опора підшипника	1	
	3	08-27.МКР.02.02.03.300	Гальмо ТКТГ-400м	1	
			Детали		
	4	08-27.МКР.02.02.04.000	Муфта	1	
	5	08-27.МКР.02.02.05.000	Гальмівний шків	1	
			Стандартні вироби		
Подп. и дата	6		Болт М6-6g*15(s10) ГОСТ 7798-70	4	
И-в. № д-л	7		Болт М10-6g*45(s16) ГОСТ 7798-70	4	
Взам. инв. №	8		Болт М10-6g*55(s16) ГОСТ 7798-70	6	
Подп. и дата	9		Болт М20*2(s16) ГОСТ 7798-70	2	
	10		Втулка	1	
	11		Втулка	1	
			Гайка М8-Н7,5 ГОСТ5915-70	2	
08-27.МКР.02.02.002					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Иванков І.Ю.				
Пров.	Поліщук Л.К.				
И-в. № подл.					
И-в. № подл.					
И-в. № подл.					
Механізм підйому			ВНТУ, 1ГМ-20М		
			Лит.	Лист	Листов
				1	2



Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		12		Гайка М10-Н7,5 ГОСТ5915-70	11	
		13		Гайка М14-Н5 ГОСТ5929-70	1	
		14		Канат ЛК-10 ГОСТ 7669-80	1	
		15		Манжета 1-48*65 ГОСТ 8752-79	1	
		16		Манжета 1-42*58 ГОСТ 8752-79	1	
		17		Підшипник роликовий радіальний сферичний двухрядний ГОСТ 5721-75	2	
		18		Шайба 4,3*9 ГОСТ6402-70	2	
		19		Шайба 6,3*11 ГОСТ6402-70	11	
		20		Шайба 5,3*15 ГОСТ9065-75	2	
				Шайба 5,3*22 ГОСТ9065-75	2	
		21		Шайба штапорна ГОСТ13465-77	1	
		22		Шпилька М8-6g*65(S13) ГОСТ22043-76	2	
		23		Шпилька М10-6g*25(S16) ГОСТ22043-76	1	
				Інші вироби		
		24		Електродвигун МТКФ512-8	1	
		25		Редуктор РМ-850	1	

И-№. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	И-№. № діляк
Подп. и дата	

Формат Зона Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		Документация		
A1	08-27.MKP.02.00.800CK			
		Складальні одиниці		
	1 08-27.MKP.02.02.08.100	Рама	1	
	2 08-27.MKP.02.02.08.200	Візок	1	
	3 08-27.MKP.02.02.08.300	Механізм повороту захвату	1	
	4 08-27.MKP.02.02.08.400	Фіксатори	4	

Подп. и дата	Изм. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
Изм. № подл.	Разраб.	Пров.	Исполн.
	Иванков І.Ю.	Поліщук ЛК.	
	Исполн.	Поліщук ЛК.	
	Утв.		

08-27.MKP.02.00.800

Захват автоматичний

Лит.	Лист	Листов
		1

ВНТУ, 1ГМ-20М