НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри
_____Олег ЛЕВЧЕНКО

“___”_____2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: «Модернізація портального крану вантажопідйомністю 25 т»

Виконав: студент 4 курсу, групи МА-03

_Середа Дмитрій Олександрович_____ _____
(прізвище, ім’я, по батькові) (підпис)

Керівник к.т.н., доцент Тітов Андрій В'ячеславович
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант з охорони праці к.т.н., доцент Тітов Андрій В'ячеславович
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант з технології машинобудування к.т.н.,доц. Корєньков В.М. _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 рік

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 Прикладна механіка

Освітньо-професійна програма «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____Олег ЛЕВЧЕНКО
(підпис)

“_____”_____2024 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

Середі Дмитрію Олександровичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема проєкту «Модернізація портального крану вантажопідйомністю 25 т»
керівник проєкту_ Тітов Андрій В'ячеславович, к.т.н, доцент.
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом по університету від “ ___” _____2024 року № _____
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту: вантажність - 25 т; виліт стріли максимальний – 36 м; група класифікації (режим роботи) механізмів крана: підйому – 6М, обертання – 5М; швидкість підйому вантажу – 1,083 м/с, частота обертання крана – 1,5 об/хв, висота підйому вантажу – 25 м
4. Зміст пояснювальної записки: Розділ 1. Огляд технічних рішень. ; Розділ 2. Розрахунок механізму підйому портального крану; Розділ 3. Модернізація портального крану; Розділ 4. Технологія виготовлення деталі портального крану ; Розділ 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо)

1. Кран козловий 25 т – ф. А1
2. Механізм повороту – ф. А1
3. Привід механізму повороту – ф. А1
4. Деталювання

5. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Охорона праці	доц. Тітов А.В.		
2. Технологія машинобудування	доц. Корєньков В.М.		

6. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Пошук та збір необхідної інформації	30.04.2024	
2	Огляд технічних рішень	06.05.2024	
3	Розрахунок механізму підйому портального крану	12.05.2024	
4	Модернізація портального крану	20.05.2024	
5	Технологія виготовлення деталі портального крану крану	26.05.2024	
6	Охорона праці	07.06.2024	

Студент _____ Дмитрій СЕРЕДА
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту _____ Андрій ТІТОВ
(підпис) (Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту

на тему: «Модернізація портального крану вантажопідйомністю 25 т»

Київ – 2024 рік

Анотація

У дипломному проекті розглянуто технічні рішення види та класифікацію портального крану. Проведено розрахунок механізму підйому та підібрано правильні комплектуючі такі як: барабан, редуктор, електродвигун сполучна муфта, гальма. Розглянуті способи модернізації портального крану. Запропонована модернізація шляхом встановлення датчиків. При модернізації було змінено конструкцію гака для всановлення датчика. Розроблено технологія виготовлення деталі «колесо». Розглянуто основні питання охорони праці при експлуатації портальних кранів.

Ключові слова: Портальний кран, модернізація, датчик.

Annotation

The diploma project considered technical solutions, types and classification of portal cranes. The calculation of the lifting mechanism was carried out and the correct components were selected, such as: drum, gearbox, electric motor, coupling, brakes. Considered methods of modernization of the gantry crane. Proposed modernization by installing sensors. During modernization, the design of the hook for installing the sensor was changed. The technology of manufacturing the "wheel" part has been developed. The main issues of labor protection during the operation of gantry cranes are considered.

Keywords: Portal crane, modernization, sensor.

ЗМІСТ

Анотація …….. 5

Annotation …… 6

Зміст …….. 7

Вступ ……. 9

1 Огляд технічних рішень ……... 10

1.1 призначення та опис конструкції портального крану …… 10

1.2 Інновації та вдосконалення у конструкції портальних кранів …….. 11

1.3 Приклади вдосконалених портальних кранів ……. 12

1.3.1 Портальний кран Liebherr LPS 420 …… 12

1.3.2 Портальний кран Konecranes Gottwald …….. 13

2 РОЗРАХУНОК ПІДІЙМАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ …….. 14

2.1 Вибір поліспаста …… 15

2.2 Вибір каната …….. 15

2.3 Вибір барабана і блоків …… 17

2.4 Розрахунок барабана на міцність ……. 19

2.5 Розрахунок вузла кріплення каната до барабана …… 20

2.6 Розрахунок потужності електродвигуна ……. 21

2.7 Вибір редуктора ……... 21

2.8 Перевірка двигуна на пусковий момент …… 23

2.9 Вибір і перевірка гальма ……. 24

2.10 Розрахунок сполучної муфти …… 25

3 Модернізація портального крану …… 26

3.1 Огляд варіантів модифікації ……. 26

3.2 Модернізація за допомогою датчиків …… 26

3.2.1 Короткий опис датчиків ……. 26

3.2.2 Розміщення і підбір датчиків …….. 27
4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КОЗЛОВОГО КРАНУ …. 30
4.1 Завдання на розробку технологічног процесу ……. 30
4.2 Вибір заготовки …….. 31
4.3 Розробка маршрутного технологічного процесу …….. 32
4.4 Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання ……. 33
4.5 Оснащення операцій …….. 39
5 ОХОРОНА ПРАЦІ …… 41
5.1 Навчання та кваліфікація оператора …… 41
5.2 Огляд та підготовка обладнання …… 41
5.3 Експлуатація згідно технічні данних ……... 41
5.4 Пожежна безпека …… 42
ВИСНОВКИ …….. 43
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА …… 45

Вступ

Загальні тенденції та ключові напрями розвитку світового та вітчизняного промислово-господарського секторів економіки націлені на подальше збільшення виробництва високоефективних та якісних засобів механізації, зокрема портальних кранів для оптимізації підіймально-транспортувальних, вантажно-розвантажувальних операцій.

Портальні крани є невід'ємною частиною сучасних вантажно-розвантажувальних робіт в портах, на складах та промислових підприємствах. Вони забезпечують швидке та ефективне переміщення важких вантажів, що сприяє оптимізації логістичних процесів та зниженню витрат. Однак, з розвитком технологій та підвищенням вимог до продуктивності та безпеки, виникає необхідність постійного вдосконалення цих механізмів.

Цей дипломний проект присвячений аналізу та вдосконаленню конструкції портального крану . Завдяки впровадженню запропонованих удосконалень очікується підвищення продуктивності кранів, зменшення витрат на їх обслуговування та ремонт, а також поліпшення умов праці для операторів. Це дозволить не лише знизити експлуатаційні витрати, але й підвищити конкурентоспроможність підприємств, що використовують портальні крани у своїй діяльності.

Мета проєкту: розробка та впровадження інноваційних рішень, які дозволять підвищити ефективність, надійність та безпеку експлуатації портальних кранів.

Задачі проєкту:

1. Розглянути сучасні тенденції та новітні технології в галузі кранобудування
2. Провести аналіз існуючих конструкцій
3. Запропонувати конкретні шляхи їх модернізації.

1. Огляд технічних рішень

1.1 Призначення та опис конструкції портального крану

Портальний кран – це вид підйомно-транспортного обладнання, який використовується для переміщення вантажів на великих територіях, таких як порти, складські комплекси та виробничі майданчики. Основна особливість портального крана полягає у його конструкції, яка дозволяє йому пересуватися по рейках уздовж великих площ, забезпечуючи високу мобільність та ефективність роботи.

Рис1.1 Загальний вигляд портального крану [1]

До основних компонентів портального крану відносяться:

1. Портал – це основна несуча конструкція, що складається з двох вертикальних колон, з'єднаних між собою горизонтальною балкою. Портал забезпечує висоту підйому і можливість пересування крана по рейкових шляхах.

2. Рейковий шлях – встановлюється на землі або іншій основі і служить для переміщення крана вздовж робочої зони.

3.Кабіна оператора– місце, де знаходиться оператор, який керує краном. В сучасних моделях часто використовуються дистанційні системи управління.

.

4. Підйомний механізм – включає в себе лебідку, канати або ланцюги, гак або інший пристрій для захоплення вантажу. Підйомний механізм встановлюється на верхній горизонтальній балці і може пересуватися вздовж неї, забезпечуючи горизонтальне переміщення вантажу.

5. Приводи – електричні або гідравлічні двигуни, які забезпечують рух підйомного механізму та пересування всього крана по рейках.

Портальні крани використовуються в різних галузях, таких як:

-Порти та термінали: для завантаження і розвантаження контейнерів та інших вантажів з кораблів.

-Складські комплекси: для переміщення важких та великогабаритних вантажів.

-Промислові підприємства: для переміщення матеріалів і виробів на великих виробничих майданчиках.

-Будівництво: для підйому і переміщення будівельних матеріалів.

1.2. Інновації та вдосконалення у конструкції портальних кранів

Портальні крани є складними технічними пристроями, які використовуються для переміщення важких вантажів на великих територіях. Основні компоненти портального крану включають портальну раму, механізми підйому та пересування, кабіну оператора і системи управління. Сучасні портальні крани можна класифікувати за різними критеріями, такими як вантажопідйомність, висота підйому, довжина прольоту та тип приводу.

Автоматизація є однією з найважливіших тенденцій у вдосконаленні портальних кранів. Сучасні системи управління дозволяють зменшити участь людини у процесі керування краном, підвищуючи точність та безпеку операцій. Наприклад, портальний кран компанії Kalmar, обладнаний автоматизованою системою управління, може самостійно виконувати завантаження та розвантаження контейнерів, знижуючи ризик людської помилки та підвищуючи ефективність роботи.

Інноваційні матеріали, такі як високоміцні сталі та композитні матеріали, дозволяють зменшити вагу конструкції крана, підвищуючи його вантажопідйомність і знижуючи витрати на енергоспоживання. Наприклад, компанія Liebherr використовує легкі та міцні матеріали у своїх кранах, що дозволяє значно покращити їх експлуатаційні характеристики.

Сучасні портальні крани оснащуються розширеними системами безпеки, що включають датчики, камери та програмне забезпечення для моніторингу стану крана і виявлення потенційних проблем. Наприклад, крани компанії Konecranes оснащені системою RailQ, яка проводить автоматичну діагностику стану рейкового шляху, попереджаючи про можливі проблеми та запобігаючи аваріям.

1.3. Приклади вдосконалених портальних кранів

1.3.1. Портальний кран Liebherr LPS 420

Liebherr LPS 420 – це потужний та ефективний портальний кран, який використовує легкі та міцні матеріали для зменшення ваги конструкції. Завдяки цьому кран може піднімати важчі вантажі при меншому енергоспоживанні. Крім того, LPS 420 оснащений сучасними системами управління та безпеки, що забезпечує високу надійність та довговічність.

Рис.1.2 – Портальний кран Liebherr LPS 420 [2]

1.3.2. Портальний кран Konecranes Gottwald

Konecranes пропонує портальні крани серії Gottwald, які відомі своєю високою продуктивністю та надійністю. Ці крани оснащені системою RailQ, яка здійснює постійний моніторинг стану рейкового шляху, запобігаючи аваріям та забезпечуючи безперебійну роботу. Додатково, використання новітніх матеріалів та технологій дозволяє підвищити ефективність і знизити експлуатаційні витрати.

Рис. 1.3 – Портальний кран Konecranes Gottwald [3]

2. РОЗРАХУНОК ПІДІЙМАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

У даному дипломному проекту розглянемо портальний кран, який неведено на рисунку 2.1

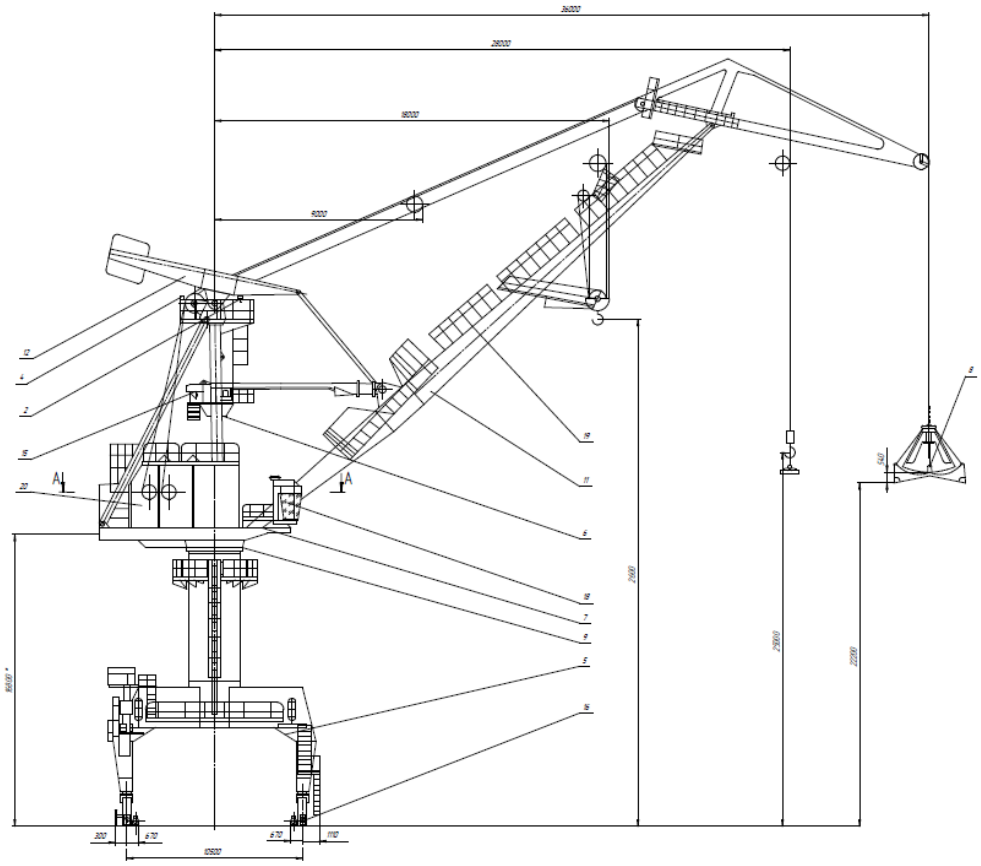


Рис. 2.1 – Портальний кран вантажопідйомністю 25 т

Вихідні данні:

Вантажопідйомність, т (Q)	25
Швидкість підйому вантажа, м/с (v_1)	1,083
Висота підйому вантажу, м (h)	25
Виліт стріли, м ()	36
Група режиму роботи	6М

2.1 Вибір поліспаста

Для коректної роботи крану потрібно підібрати правильні комплектуючі. Для початку підберемо поліспаст.

Для даного крана з рисука 2.2 вибираємо простий поліспаст a=2 кратністю u=4

Характер намотування каната на барабан	Тип поліспаста	Значення *u* при вантажопідйомності, т				
		До 1	2…6	10…15	20…30	40…50
Безпосередньо (наприклад, мостові крани, талі)	Здвоєний	2	2	2; 3	3; 4	4; 5
	Простий	1	2	—	—	—
Через напрямний блок (наприклад, стрілові крани)	Здвоєний	—	2	2; 3	—	—
	Простий	1; 2	2; 3	3; 4	5; 6	—

Рис.2.2 – Кратність поліспаста u для кранів різної вантажності [4]

Для подальших розрахунків знайдемо номінальну вагу вантажа:

$G := Q \cdot 1000 \cdot 9.81 = 245250$ Н

ККД поліспаста у разі збігання каната з рухомого блока, η_n:

ККД блока $\eta_{бл} := 0.97$

$$\eta = \frac{1 - \eta_{бл}{}^{u}}{(1 - \eta_{бл}) * u} = \frac{1 - 0.97^4}{(1 - 0.97) * 4} = 0.956$$

2.2 Вибір каната

Після вибору поліспаста підберемо канат. Для початку знайдемо силу натягу вітки каната, яка намотується на барабан під час підіймання вантажу, позначемо її F_H.

Для того щоб знайти її, спочатку потрібно дізнатися кількість віток каната, на яких висить вантаж : z=a*u=2*4=8

Знайшовши кількість віток, ми знайдемо саму силу:

$$F_H = \frac{G}{z * \eta_n} = \frac{245250}{8 * 0.956} = 32070.788 \text{ Н}$$

Щоб правильно підібрати канат потрібно його обирати за значенням розривної сили. Опираючись на вихідні данні вибираємо коефіцієнт запасу міцності канату n_k з рисунку 2.2[табл. 2.2. ст. 51]: n_k =6 ;

Призначення каната	Тип приводу і режим роботи	$n_к$
Вантажні й стрілові	Ручний	4,0
	Машинний групи:	
	3	5,0
	4	5,5
	5	6,0
	6	6,0
Розтяжка стріли	—	3,5
Канати лебідок, призначених для змінення вильоту стріли без вантажу	—	4,0
Грейферні:		
з роздільним двомоторним приводом (за умови рівномірного розподілення сили на всі канати)	—	6,0
з одномоторним приводом	—	5,0
одноканатні й моторні	—	5,0
Відтяжки опор і башт	—	3,5
Несівні канати кабельних кранів	—	3,5
Тягові канати на кранах	—	4,0
Для кулачкових підтримок і підвіски електродротів кабельних кранів	—	3,0
Для заякорювання несівних канатів поліспастів кабельних кранів	—	6,0
Канати лебідок для підіймання людей	—	9,0
Для монтажу кранів	—	4,0

Рис. 2.3 – Коефіцієнти запасу міцності канатів n_k [4]

Далі розраховуємо розривну силу каната:

$$F_K > F_H * n = 32070.788 * 6 = 192424.729 \text{ Н}$$

За даними додатка І [4] вибираємо сталевий канат подвійного скручування ЛК-3, конструкції 6 х 25(1 + 6; 6 + 12) + 1 о.о.

Вибраний нами канат має такі данні:

Діаметр каната, мм (d_K)	19,5
Площа перерізу всіх дротів, мм^2 (A_K)	137,81
Розрахункова границя міцності, МПа (A_K)	1860
Розривна сила, Н (F_K)	209500

2.3 Вибір барабана і блоків

Рис. 2.4 – Ескіз барабана

Для подальших розрахунків з рисунку 2.4 підберемо коефіцієнт, значення якого залежить від режиму роботи і типу вантажопідіймальної машини. Оскільки портальний кран належить до типу стрілових, то e=25.

Тип машини	Тип приводу механізму	Група режиму роботи	*e*
Підіймальні всіх типів, за винятком стрілових кранів, електроталів і лебідок	Ручний	1	18
	Машинний	3 4 5 6	20 25 30 35
Крани стрілові: механізми підіймання вантажу чи стріли	Ручний	1	16
	Машинний	3 4 5 6	16 18 20 25
механізми для монтажу кранів		—	16
Електричні талі	Те саме	—	20
Грейферні лебідки: підіймальних машин стрілових кранів	—«—	— —	30 20
Блоки грейферів	—«—	—	18
Лебідки: для підіймання вантажів	Ручний	—	12
	Машинний	—	20
для підіймання людей	Ручний	—	16
	Машинний	—	25

Рис. 2.5 – Найменші допустимі значення коефіцієнта e [4]

Для правильного підбору баратана та блоків розрахуєм наступне:

-діаметр блока і барабана (попередньо) по дну канавки робочого профілю, D:

$$D = (e-1) * d_K = (25-1) * 19.5 = 468 \text{ мм}$$

-Діаметр блока і барабана (попередньо) по центру каната, що обгинає барабан:

$$D_б = e * d_K = 25 * 19.5 = 487.5 \text{ мм}$$

-Діаметр зрівняльного блока по дну канавки:

$$D_{зр.бл} = 0{,}6 * D = 0{,}6 * 468 = 280{,}5 \text{ мм}$$

З міркувань уніфікації приймаємо діаметр барабана по дну канавок:

D= 800 мм

Розрахунковий діаметр барабана по центру каната, що обгинає барабан:

$$D_б = D + d_K = 800 + 19.5 = 819.5 \text{ мм}$$

Довжина каната, який намотується на одну половину барабана:

$$L_K = h * u = 25 * 4 = 100 \text{ м}$$

Кількість витків нарізки на одній половині барабана:

$$z_B = \frac{L_K}{\pi * \frac{D_б}{1000}} + 2 = \frac{100}{3.14 * \frac{819.5}{1000}} + 2 = 40.8$$

Де 2 - кількість запасених витків

Довжина нарізки на одній половині барабана, $l_н$:

Крок нарізки барабана $t_н := 20$ [дод. XIV]

$$l_H = z_B * t_H = 40.8 * 20 = 816.839 \text{ мм}$$

Розрахуємо загальну довжину барабана, $L_б$:

Довжина ділянки з кожного боку барабана, яку використовують для закріплення каната:

$$l_3 = d_K + 4 * t_H = 19.5 + 4 * 20 = 99.5 \text{ мм}$$

Відстань між осями канавок крайніх блоків у гаковій підвісці (дод. XI[4]):

b=200 мм

Відстань між осями барабана і блоків при крайньому верхньому положенні гака:

h_{min}=1580 мм

Допустимий кут відхилення від вертикалі вітки каната, яка набігає на барабан:

α =4°

Відстань між правою та лівою нарізками (гладка частина барабана):

$$l_г = 1 + h_{min} * \tan(\alpha) = 1 + 1580 * \tan(4°) = 111.484 \text{ мм}$$

$$L_б = 2 * (l_H + l_з) + l_г = 1944.163 \text{ мм}$$

З міркувань уніфікації приймаємо $L_б$=2000 мм

Для кранів загального призначення оптимальне відношення довжини барабана до його діаметра лежить у межах 2.5...3

$$\frac{L_б}{D} = 2.5$$

2.4 Розрахунок барабана на міцність

Щоб дізнатися, чи витримає навантаження вибраний нами барабан, проведемо розрахунок на міцність.

Барабан литий зі сталі Ст25Л.

Товщина стінки барабана:

$$\delta = 0.02 * D + 10 = 0.02 * 800 + 10 = 26 \text{ мм}$$

Напруга стиску в перетині барабана:

$$\sigma_{cm} = \frac{F_H}{\delta * t_H} = \frac{32070.788}{26*20} = 61.675 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження стиску, $\sigma_{cm.доп}$:

Границя текучості $\sigma_m := 140$ МПа

Коефіцієнт запасу міцності $k := 1.5$ (дод. XV [4])

$$\sigma_{cm.доп} = \frac{\sigma_m}{k} = \frac{140}{1.5} = 93.333 \text{ МПа}$$

Напруга згину тіла барабана, $\sigma_{зг}$:

$D_{зов} := D = 800$ мм - Зовнішній діаметр барабана

$D_{вн} = D - 2 * \delta = 800 - 2 * 26 = 748$ мм - Внутрішній діаметр барабана

$$\sigma_{зг} = \frac{F_H * L_б * D_{зов}}{4 * 0{,}2 * (D_{зов}{}^4 + D_{вн}{}^4)} = \frac{32070.788 * 2000 * 800}{4 * 0{,}2 * (800^4 + 748^4)} = 0{,}089 \text{ МПа}$$

Сумарні нормальні напруги:

$$\sigma_{сум} = \sqrt[2]{\sigma_{см}{}^2 + \sigma_{зг}{}^2} = \sqrt[2]{61{,}675^2 + 0{,}089^2} = 61{,}675 \text{ МПа}$$

2.5 Розрахунок вузла кріплення каната до барабана

Зусилля, що розтягує болти, F:

$f := 0.13$ - Коефіцієнт тертя між канатом і барабаном [ст. 73]

Зведений коефіцієнт тертя між планкою і барабаном при куті заклинювання каната $\beta = 40°$

$$f_1 = \frac{f}{\sin(\beta)} = \frac{0.13}{\sin(40°)} = 0.202$$

$\alpha := 4\ \pi$ - Кут обхвату барабана канатом

$\alpha_1 := 2\ \pi$ - Кут обхвату барабана канатом при переході між канавками

$$F = \frac{2 * F_H}{(f + f_1) * \left(e^{f * \alpha_1} + 1\right) * e^{f * \alpha}} = \frac{2 * 32070.788}{(0.13 + 0.202) * (e^{0.13 * 2\pi} + 1) * e^{0.13 * 4\pi}} = 11549.219 \text{ Н}$$

Напруга в одному болті з урахуванням дії напруги вигину й розтягання, σ;

$z := 4$ - Кількість болтів, що утримують канат на тілі барабана

$d_1 := 18.753$ мм - Внутрішній діаметр болтів М22, що утримують канат

$k = 1.5$ - Коефіцієнт запасу міцності

$\alpha := 1.25$ - Коефіцієнт, що враховує напругу кручення, яка виникає в болтах при затягуванні

$l = d_K + 10 = 19.5 + 10 = 29.5$ мм - Плече згину болта [ст. 73, рис 2.19]

Момент, що згинає болт:

$$M_{зг} = F * f_1 * \frac{l}{1000} = 11549.219 * 0.202 * \frac{29.5}{1000} = 68.905 \text{ Нм}$$

$$\sigma = \left(\frac{\alpha * F * 4 * k}{\pi * \left(\frac{d_1}{1000}\right)^2} + \frac{k * M_{зг}}{0.1 * \left(\frac{d_1}{1000}\right)^3 * z} \right) * 10^{-6} = \left(\frac{1.25 * 11549.219 * 4 * 1.5}{3.14 * \left(\frac{18.753}{1000}\right)^2} + \frac{1.5 * 68.905}{0.1 * \left(\frac{18.753}{1000}\right)^3 * z} \right) * 10^{-6} = 58.781 \text{ МПа}$$

$\sigma_{доп} := 174$ МПа - Допустима напруга для матеріалу болтів, сталь Ст. 4

2.6 Розрахунок потужності електродвигуна

Для правильної та безперебійної роботи крану підберемо підходящий електродвигун.

Почнемо з розрахунку потужності, яка потрібна для підйому навантаженого гаку при сталій швидкості, $P_р$:

$\eta_м := 0.85$ - ККД механізму

$$P_p = \frac{G * v_1}{10^3 * \eta_M} = \frac{245250 * 1.083}{1000 * 0.85} = 312.477 \text{ кВт}$$

З каталогу [дод. XXXII] вибираємо 2 електродвигуна МТН713-10, які мають, окремо, при ТВ=40%, номінальну потужність $P_д := 160$ кВт, синхронну частоту обертання валу $n_{синхр} := 750$ об/хв, номінальну частоту обертання валу $n_н := 586$ об/хв ($\omega := \frac{\pi \cdot n_н}{30} = 61.366$ рад/с), момент інерції ротора $I_p := 15$ кг*м^2, максимальний пусковий момент $M_{п.max} := 7450$ Н, діаметр валу $d_д := 110$ мм, маса двигуна - 1900 кг.

2.7 Вибір редуктора

Після вибору електродвигуна, підберемо редуктор. Для того щоб правильно підібрати редуктор розрахуємо загальне передаточне число механізму, U:

Щоб знайти передаточне число потрібно розрахувати частоту обертання барабана:

$$n_б = \frac{60 * v_1 * u}{\pi * \frac{D}{1000}} = \frac{60 * 1.083 * 4}{3.14 * \frac{800}{1000}} = 103.419 \text{ об/хв}$$

З каталогу [6] вибираємо редуктор ELECON-ET SAN 225, з тихохідним валом у вигляді вінця для зубчастої муфти, передаточне число кожного 6,3 , потужність, що може передавати редуктор P_p=170 кВт, діаметр швидкохідного та тихохідного валів 85 мм і 140 мм.

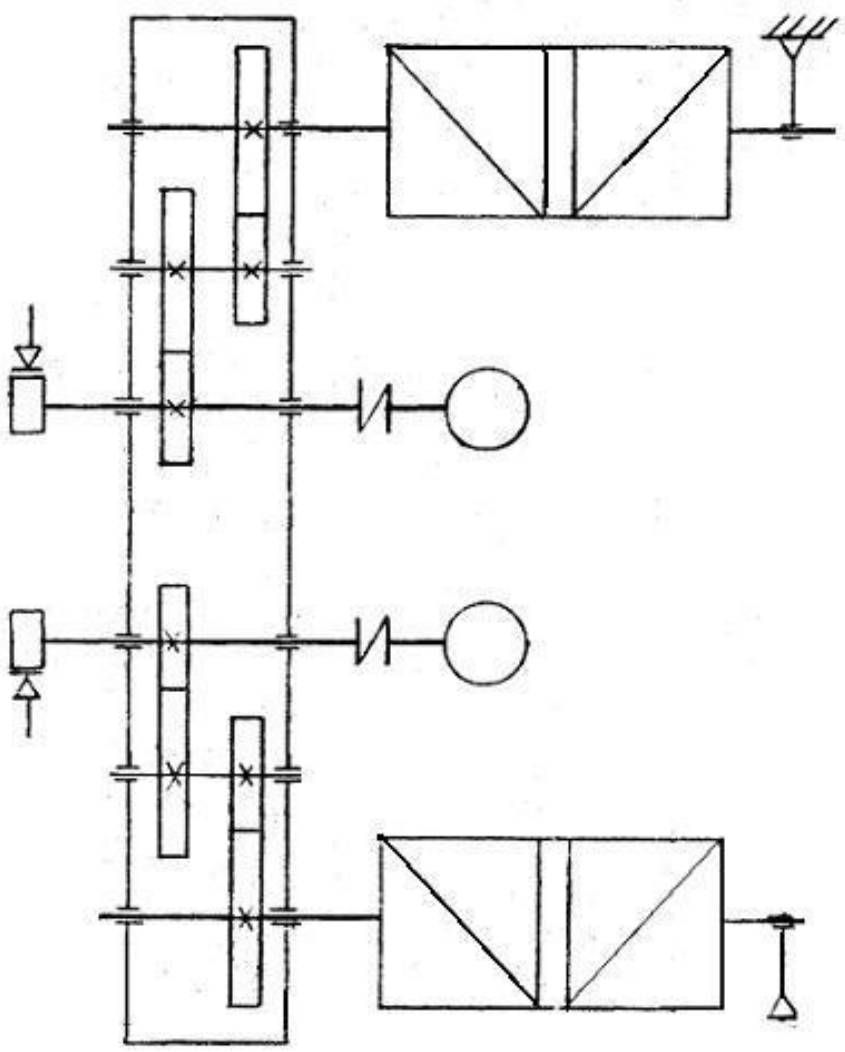


Рис.2.6 –Кінематична схема механізму підйома

Як бачимо з кінематичної схеми механізму вал двигуна з'єднується із вхідним валом редуктора за допомогою двох муфт і проміжного вала. По діаметрах валів, що з'єднуються, приймаємо муфту МЗП 5-К50-К90 [7]. Момент інерції муфти $I_M := 3.5$ кг*м^2, M_{max}=6300 Н*м.

2.8 Перевірка двигуна на пусковий момент

Щоб вибраний нами двигун працював коректно розрахуємо його пусковий момент:

Знайдемо номінальний момент на валу двигуна:

$$M_H = \frac{P_д * 10^3}{\omega} = \frac{160*1000}{61{,}366} = 2607{,}316 \text{ Нм}$$

Також розрахуємо мінімальний пусковий момент на валу двигуна:

$$M_{n.min} = 1{,}1 * M_H = 1{,}1 * 2607{,}316 = 2868{,}048 \text{ Нм}$$

Тепер ми зможемо найти середній пусковий момент на валу двигуна:

$$M_{n.\text{сер}} = \frac{M_{n.max}+M_{n.min}}{2} = \frac{7450+2868{,}048}{2} = 5159{,}024 \text{ Нм}$$

Після цього розрахуємо статичний момент від вантажу і сил тертя:

$$M_{\text{ст}} = \frac{G*\frac{D}{1000}}{2*u_p*u*\eta_M} = \frac{245250*\frac{800}{1000}}{2*6{,}3*5{,}666*0{,}85} = 4{,}85 * 10^3 \text{ Нм}$$

Тепер знайдемо тривалість пуску, t_n:

$\delta := 1.15$ - Коефіцієнт, який враховує моменти інерції мас деталей, що розміщенні на інших валах механізму та обертаються повільніше за вал двигуна.

$$t_n = \frac{n_H*(\frac{1000*Q*\left(\frac{D}{1000}\right)^2}{u_p{}^2*u^2*\eta_M}+\delta*(I_\text{Р}+I_M))}{38{,}2(M_{n.\text{сер}}-M_{\text{ст}})} = \frac{586*(\frac{1000*25*\left(\frac{800}{1000}\right)^2}{6{,}3^2*5{,}666^2*0{,}85}+1{,}15*(2*15+3{,}5))}{38{,}2(2*5159{,}024-4{,}85*10^3)} = 4{,}25\text{с}$$

Розрахуємо момент опору від сил інерції мас вантажу, що рухається поступально:

$$M_{u1} = \frac{1000*Q*\left(\frac{D}{1000}\right)^2*n_H}{38{,}2*t_n*u_p{}^2*u^2*\eta_M} = \frac{1000*25*\left(\frac{800}{1000}\right)^2*586}{38{,}2*1{,}349*6{,}3^2*5{,}666^2*0{,}85} = 337{,}182 \text{ Нм}$$

Розрахуємо момент опору від сил інерції мас приводу, що рухаються обертаючись:

$$M_{u2} = \frac{\delta*I_\text{Р}*n_H}{38{,}2*t_n} = \frac{26*15*586}{38{,}2*1{,}349} = 196{,}225 \text{ Нм}$$

Визначемо необхідний пусковий момент при підйомі вантажу:

$M_{\text{пуск}} = M_{\text{ст}} + M_{u1} + M_{u2} = 4{,}85 * 10^3 + 337{,}182 + 196{,}225 =$ 5113,238 Нм

Так як $M_{\text{пуск}} = 5113{,}238$ Нм $<$ $M_{n.сер} = 5.159 \cdot 10^3$ Нм, то двигун обрано правильно, тобто забезпечуються встановлені норми прискорення.

2.9 Вибір і перевірка гальма

Для того щоб безпечно піднімати та опускати вантаж виберемо правильтні гальма

Для цього розрахуємо гальмівний статичний момент необхідний для утримання вантажу у висячому положенні.

Щоб визначити цей момент спочатку з рисунку 2.6 виберемо коефіцієнт запасу міцності, для групи класифікації 6М, $k_г$=2,5

$k_г := 2.5$ - Коефіцієнт запасу гальмування, для групи класифікації 6М [ст.58, табл. 2.4]

Визначившись з коефіцієнтом згайдемо гальмывний статичний момент, $M_{г.ст.}$:

$$M_{\text{г.ст}} = \frac{G * \frac{D}{1000} * \eta_M}{2 * u_p * u} * k_{\text{г}} = \frac{245250 * \frac{800}{1000} * 0{,}85}{2 * 6{,}3 * 5{,}666} * 2{,}5 = 8272{,}321 \text{ Нм}$$

З каталогу (дод. XLVIII [4]) вибираємо гальмо ТКТГ-800 здатне розвивати гальмівний момент $M_г := 12500$ Нм

Перевіряємо гальмівні колодки на питомий тиск:

$B_ш := 300$ мм - Ширина гальмівного шківа

$\beta := 70$ - Кут обхвату шківа колодкою

$D_ш := 800$ мм - Діаметр гальмівного шківа

$\mu := 0.35$ - Коефіцієнт тертя ковзання колодки

Щоб розрахувати питомий тиск спачатку знайдемо силу притиснення колодок до шківа:

$$N = \frac{M_{\text{г.ст}}}{\mu * \frac{D_{\text{Ш}}}{1000}} = \frac{8272{,}321}{0{,}35 * \frac{800}{1000}} = 29544{,}005 \text{ Н}$$

Тепер розрахуємо питомий тиск:

$$q = \frac{N}{\frac{\pi * D_{\text{Ш}}}{360} * \beta * B_{\text{Ш}}} = \frac{29544{,}005}{\frac{3.14 * 800}{360} * 70 * 300} = 0{,}202 \text{ МПа}$$

Оскільки допустимий питомий тиск для колодкових гальм $q_{доп}$ дорівнює 0,6МПа, то $q < q_{доп}$, то гальма були підібрані правильно.

2.10 Розрахунок сполучної муфти

Щоб весь механізм працював справно підберемо муфту.

Підбір муфти робиться по максимальному моменту, переданому муфтою:

$\eta_б := 0.98$ - ККД барабана

$$M_M = \frac{\frac{F_H}{1000} * \frac{D}{1000}}{2 * \eta_6} = \frac{\frac{32070.788}{1000} * \frac{800}{1000}}{2 * 0.98} = 13.09 \text{ кНм}$$

Розрахунковий крутний момент:

$k_1 := 1.3$ - Коефіцієнт, що враховує відповідальність з'єднання

$k_2 := 1.5$ - Коефіцієнт, що враховує групу класифікації механізму (дод. LII[4])

$$M_p = M_M * k_1 * k_2 = 13.09 * 1{,}3 * 1{,}5 = 22{,}526 \text{ кНм}$$

Необхідна умова придатності вибраної муфти: максимальний короткочасний момент не повинен перевищувати подвоєного значення моменту, на передачу якого розрахована муфта.

3 Модернізація портального крану

3.1 Огляд варіантів модифікації

Портальні крани є критичними компонентами в багатьох галузях, зокрема в морських портах, будівництві, на складах та в промисловості. Вони забезпечують швидке та ефективне переміщення великих і важких вантажів. Модифікація портальних кранів є необхідною для підвищення їх продуктивності, безпеки та адаптації до сучасних вимог.

На даний момент існує безліч варіантів модернізації портальних кранів. Одним із напрямків модернізації є автоматизація управління краном. Це включає інтеграцію системи управління на основі програмованих логічних контролерів (PLC). Така система дозволяє автоматизувати багато процесів, таких як підйом, переміщення та опускання вантажу. Це забезпечує підвищення точності і швидкості операцій, зменшуючи вплив людського фактору і пов’язаних з ним помилок. Ще одним елементом автоматизації є використання системи управління на основі SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Ця система дозволяє централізовано контролювати і управляти всіма аспектами роботи крана, збираючи дані в режимі реального часу. Вона надає можливість моніторингу та управління у реальному часі, аналізу даних і прогнозування поломок, що підвищує загальну ефективність операцій [9]. Прикладом використання цих систем у світі є порт в Нотердамі, Нідерланди. У ньому було впроваджено систему управління на основі PLC та SCADA для централізованого контролю і управління всіма аспектами роботи кранів. Це дозволило підвищити ефективність операцій, зменшити людські помилки і покращити безпеку. [10]

3.2 Модернізація за допомогою датчиків

3.2.1 Короткий опис датчиків

Датчики – це пристрої, які виявляють і реагують на різні фізичні явища, такі як світло, температура, тиск або рух. Вони перетворюють ці явища в

електричні сигнали, що можуть бути виміряні і проаналізовані. Датчики широко застосовуються у різних галузях, від промисловості до медицини, забезпечуючи точність і надійність у вимірюванні параметрів навколишнього середовища або стану обладнання. Вони є ключовими компонентами сучасних систем автоматизації і управління, дозволяючи збирати важливі дані для прийняття обґрунтованих рішень.

Датчики бувають різних видів, залежно від того, які фізичні величини вони вимірюють і для яких завдань використовуються. Ось кілька основних типів:

- Температурні датчики
- Датчики тиску
- Оптичні датчики
- Акустичні датчики
- Магнітні датчики
- Датчики положення і руху
- Хімічні датчики
- Вологості

3.2.2 Розміщення і підбір датчиків

Модернізація портального крану шляхом встановлення різних датчиків може значно підвищити його ефективність, безпеку та точність роботи.

Така модернізація має такі переваги:

- Підвищення безпеки (стає кращий контроль як за самим краном, так і за робочою площадкою, що у свою чергу запобігає зіткнення з іншими об'єктами та знижує ризик аварій та пошкоджень)

- Покращення ефективності (дозволяє краще оптимізувати роботу крана та виявляти дефекти на початкових стадіях)
- Зниження витрат (завдяки вчасному обслуговуванню і запобігання поломкам знижують витрати на ремонт і заміну компонентів)

Датчик навантаження

Безумовно найголовніше серед цього - датчик перевантаження. Ці датчики вимірюють вагу піднятого вантажу і повідомляють, якщо вантаж занадто тяжкий. Завдяки такому датчику можна запобігти непотрібний аварій та поломок самого крану. Думаю краще його встановити на гаку або в точках кріплення тросів. Прикладами таких датчиків є датчик натягу троса (рис. 3.1) та датчик навантаження гака (рис. 3.2). При встановленні датчика на гак потрібно змінити конструкцію самого гаку.

Рис.3.1– Датчик натягу троса

Рис.3.2 – Датчик навантаження гака

Датчики положення

Також для оптимізації роботи крану можна встановитии датчики положення. Завдяки ним оператор крану може контролювати положення всіх елементів крану (гаку, стріли тощо) та координувати рухи свого крану для запобігання зіткнень. Такі датчики можна встановлювати на сам гак для визначеня його вертикального положення та на стрілу для відстеження її нахилу і довчини висуву.

Датчик кута нахилу (інклінометри) та вітру

Одною з проблем портального крану являється перекидання. Для рішення цієї проблеми можна встановити датчик кута нахилу або інклінометр. Такі датчики повідомляють оператора якщо кран або його стріла починає нахилятися на один бік сильніше ніж це допустимо. Також для кращої оцінки ситуації з краном встановимо датчики вітру. Вони своєчасно попередять про проблему. Такі датчики встановлюються на стрілі крану та на самому корпусі.

Датчик швидкості

Також для усунення перекидання встановлюються датчики швидкості. Вони потрібні для відстеження швидкості підйому вантажу, швидкості повороту. Завдяки ним можна забезпечити плавність руху і переміщення вантажу та уникнути аварійних ситуацій. Такі датчики встановимо на стрілі крану.

Датчик температури

Також при довгій експлуатації крана його комплектуючі можуть перегрітись, що може сказитись на часі експлуатації конкретної деталі. Тому для запобігання даної проблеми встановимо датчик температури. Він буде повідомляти про температуру важливих комплектуючих і допоможе збільшити час експлуатації крана без додаткових витрат на заміну на починку комплектуючих. Такі датчики встановимо на двигуни та редуктора.

Датчики відеоспостереження

Через те, що оператор крану не має повного огляду на робочу зону можуть траплятися аварії та нещасні випадки. Тому для запобігання цього встановимо датчики відеоспостереження(камери). Вони забезпечать візуальний контроль над робочою зоною крана та процесом підйому та переміщення вантажу. Такі датчики встановимо на стрілі, кабіні оператора та на самому корпусі.

Підсумуючи вище написане можна зробити висновок, що дана модернізація зменшує витрати на обслуговування нв 15 %. Це витрапилося завдяки своєчасному виявленню неполадок. Також зменшились на 60 % нещасні випадки та аварії приексплуатації портального крану.

4 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ КОЗЛОВОГО КРАНУ

4.1 Завдання на розробку технологічног процесу

Назва деталі - «Колесо»
Матеріал - Довгомірний металопрокат круглого поперечного перерізу. Матеріал - Сталь 20, ДСТУ 7809:2015
Замовлення - 50 шт

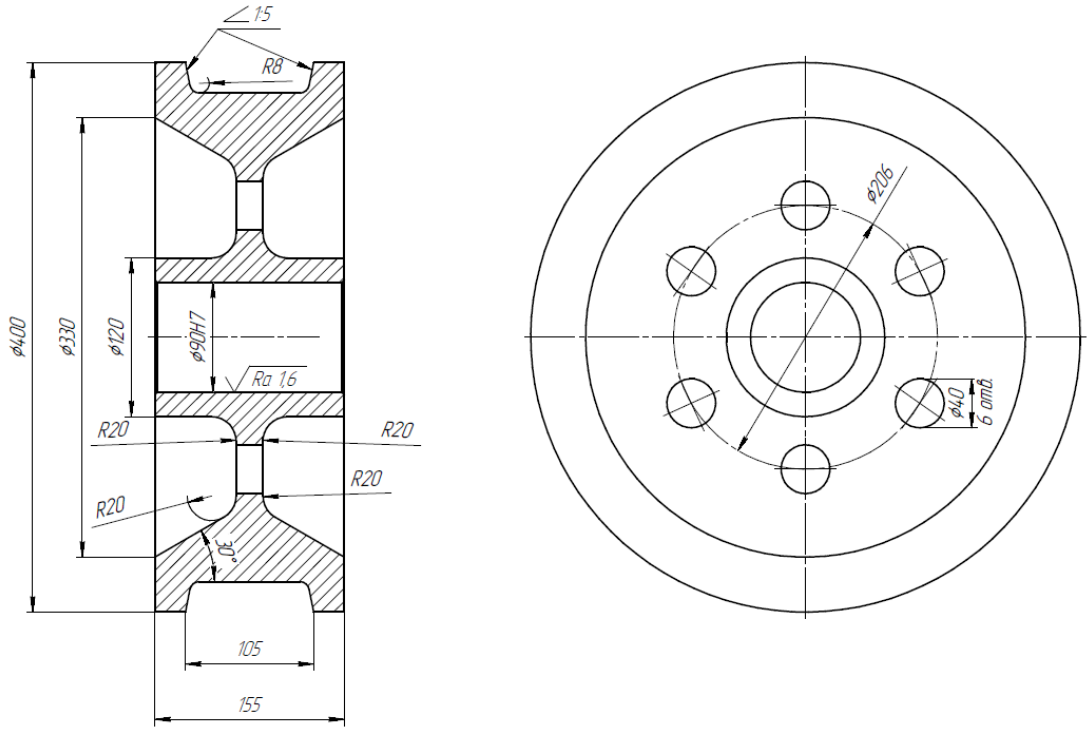


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі «колесо»

При обробці даної деталі необхідно забезпечити циліндричність диску.

Центральна отвір диску повинен мати шорсткість *Ra*1.6 мкм. Всі інші оброблювані поверхні повинні мати шорсткість *Ra*20мкм.

Найточніший розмір даної деталі Ø45H7.

4.2. Вибір заготовки

При виборі методу отримання заготовки в першу чергу враховують матеріал деталі, тип виробництва, якість поверхонь заготовки та її точність, а також можливості наявного обладнання. В нашому випадку найдоцільнішим є закупівля круглого металопрокату.

Замовляємо в компанії ТОВ "МЕТАЛ ХОЛДІНГ ТРЕЙД" металопрокат довжиною 2.3 м, діаметром 200мм, вартістю 11597.10грн/м.

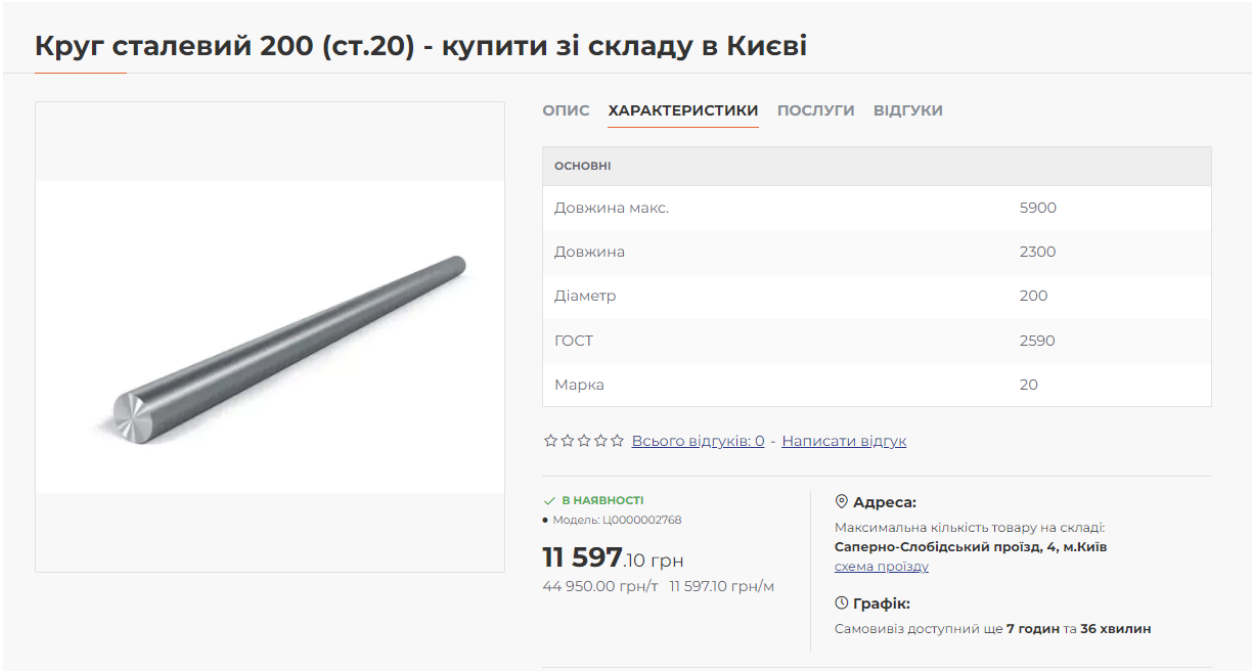


Рис. 4.2 – характеристики круглого металопрокату [11]

Враховуючи довжину нашої деталі, 77.5 мм, з одного прутка виходить 29 заготовок, відповідно для виготовлення партії в 50 шт нам знадобиться 2 прута загальною вартістю 23194,2грн.

4.3. Розробка маршрутного технологічного процесу

Для опису маршруту оброблення деталі необхідно ідентифікувати поверхні

Таблиця 4.1. - Типові технологічні послідовності оброблення поверхонь деталі

Назва поверхні	Характеристики якості поверхонь за кресленником		Типова технологічна послідовність оброблення поверхні	Характеристики якості поверхонь після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості Ra, мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості Ra, мкм
С1	Н7	1.6	Свердління	Н7	1.6
Ф1 Ф2		20	Фрезерування чорнгове Фрезерування чистове		20 20
Ф3 Ф4		20	Фрезерування чорнгове Фрезерування чистове		20 20
Ф5 Ф6		20	Фрезерування чорнгове Фрезерування чистове		20 20
С2		20	Свердління		20

4.4 Етапи обробки заготовки

Наша заготовка пройде такий шлях обробки:

– Заготівельна:

Верстат: стрічкова пилка

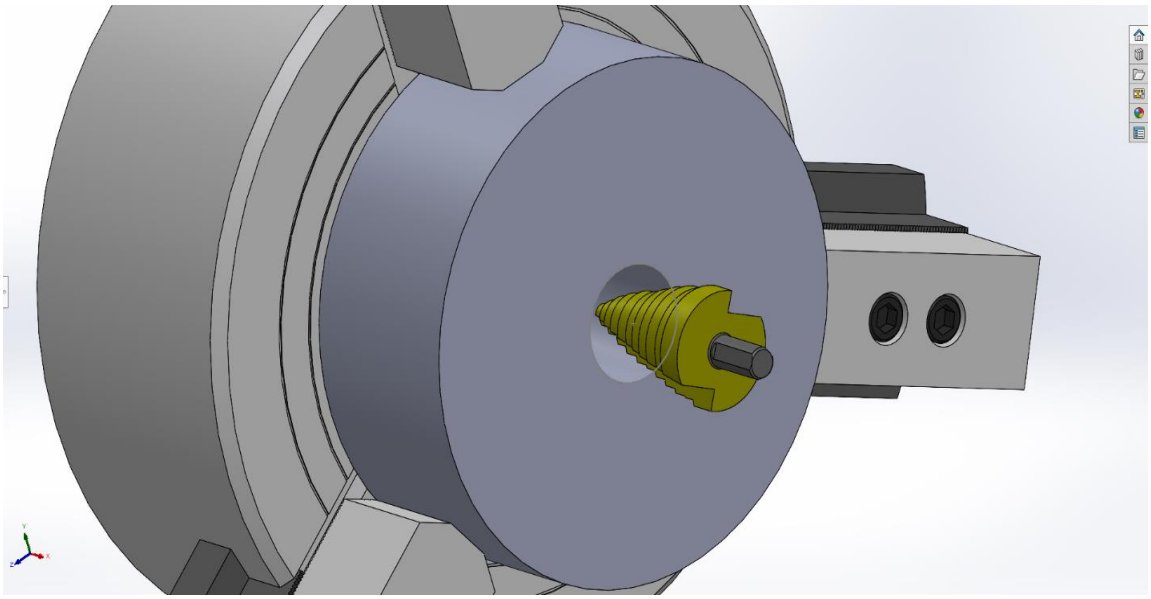
Заготовка: круглий металопрокат діаметром 200мм, довжиною 2300мм

n=18

– **Свердрильна:**

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

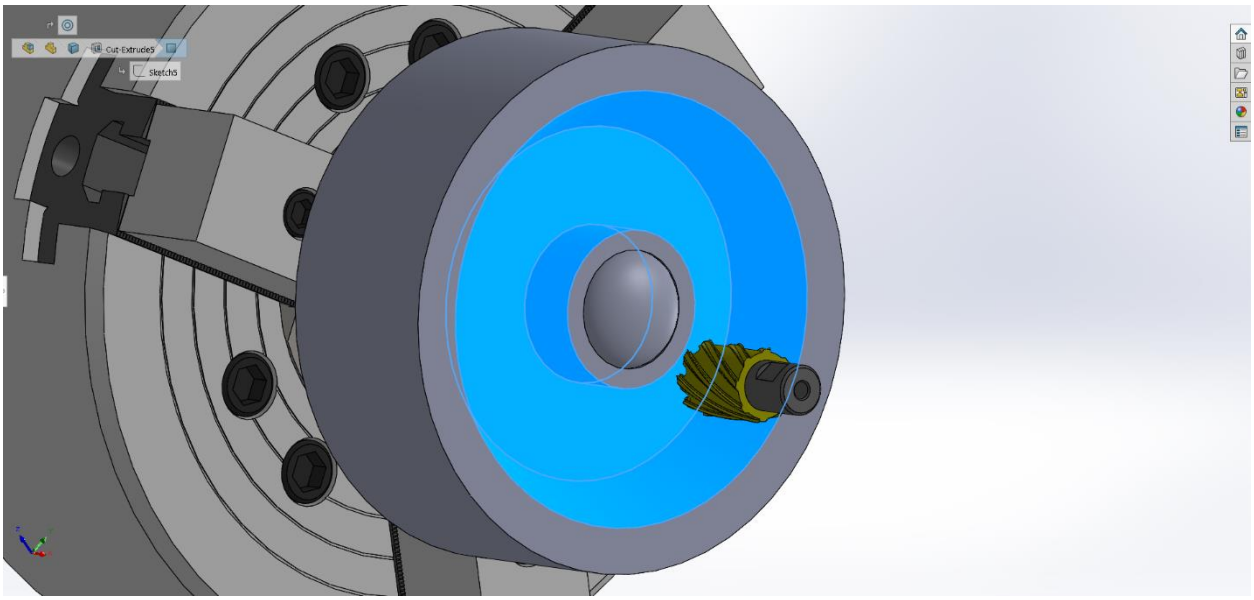
Інструмент: свердро по металу



–Фрезерна (чорнова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

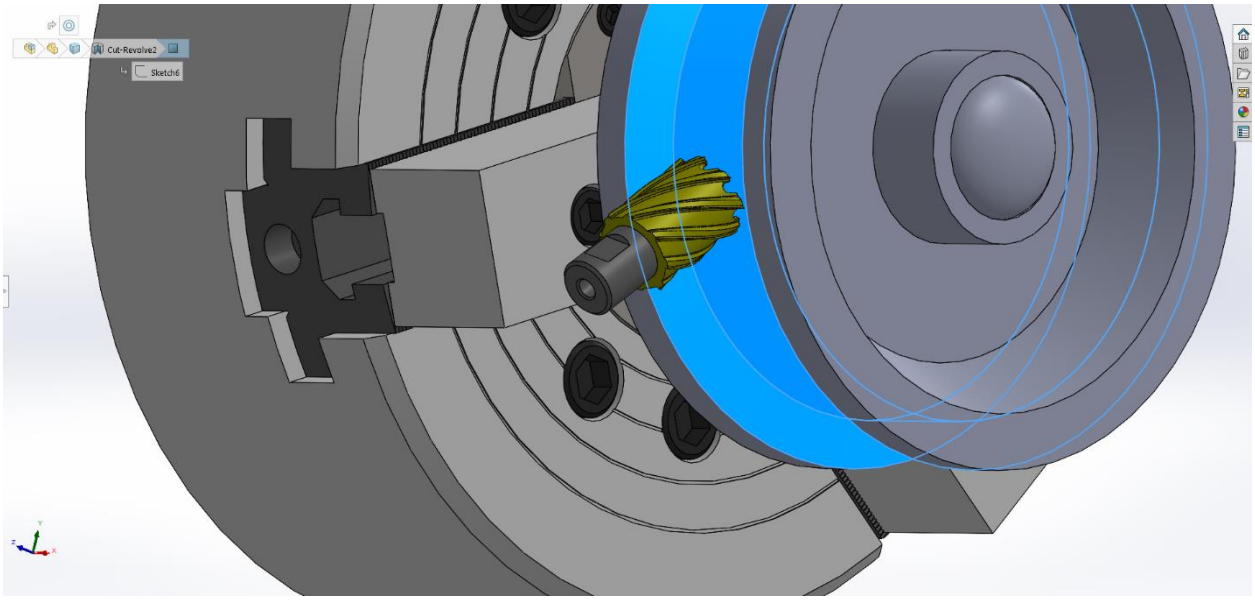
Інструмент: кінцева фреза



– Фрезерна (чорнова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

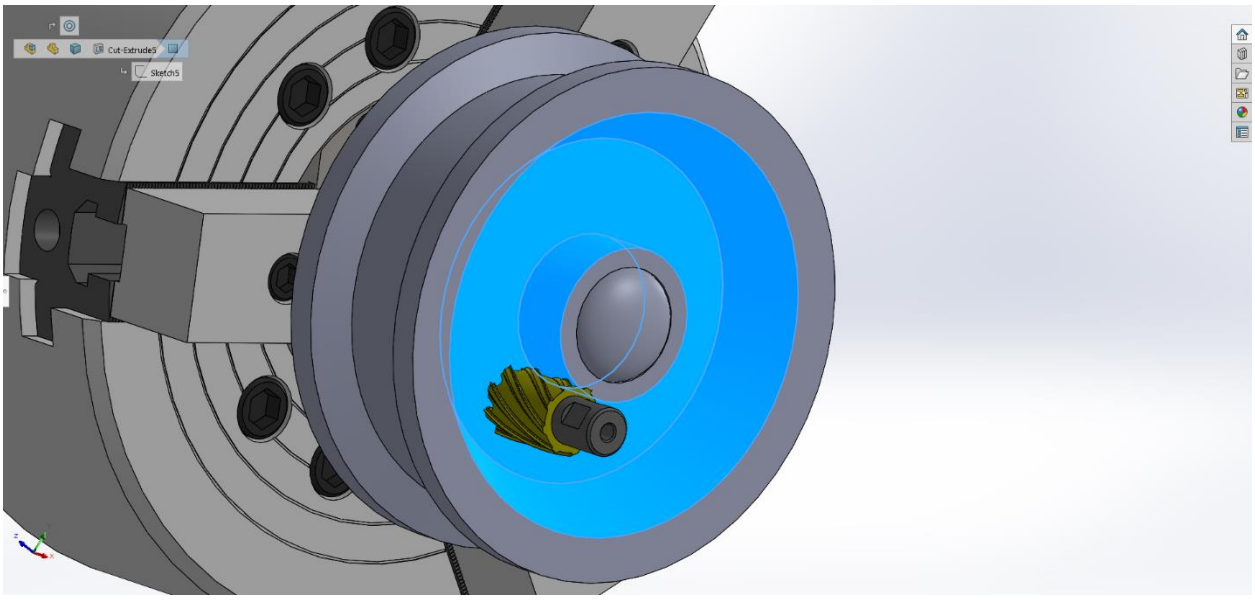
Інструмент: кінцева фреза



–Фрезерна (чорнова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

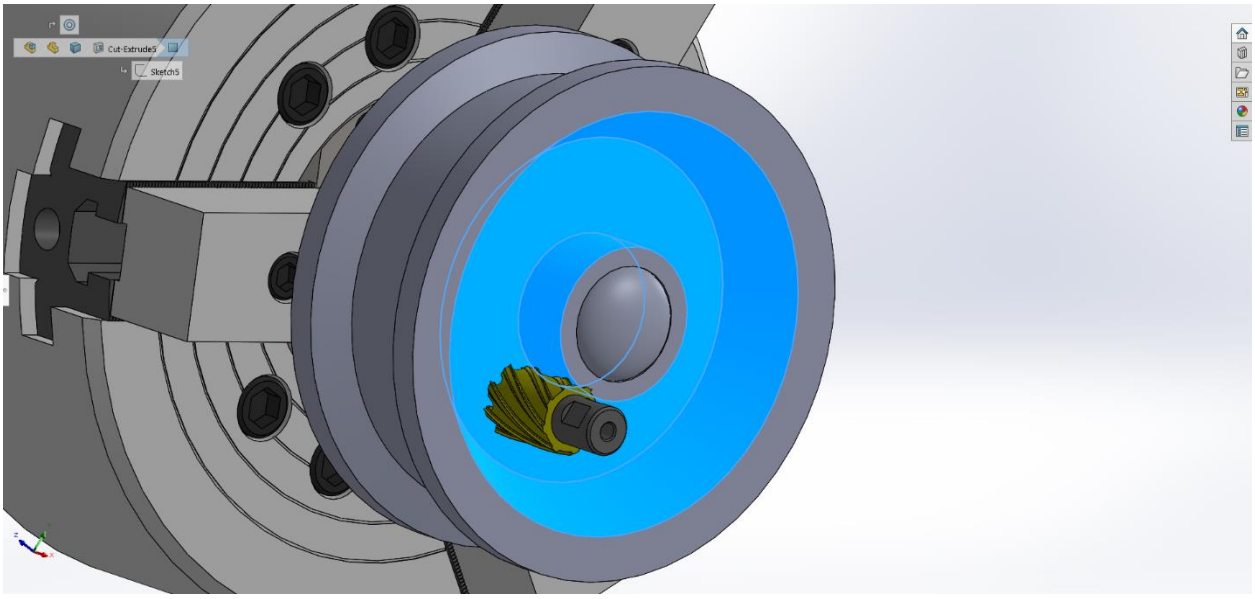
Інструмент: кінцева фреза



–Фрезерна(чистова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

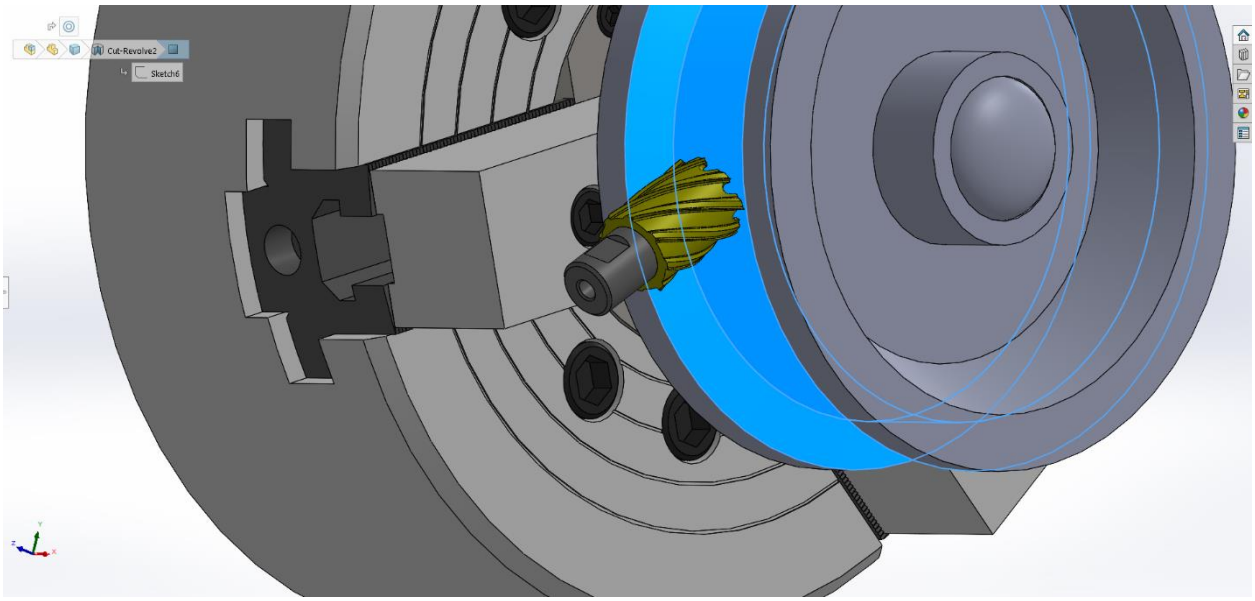
Інструмент: кінцева фреза



–фрезерна (чистова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

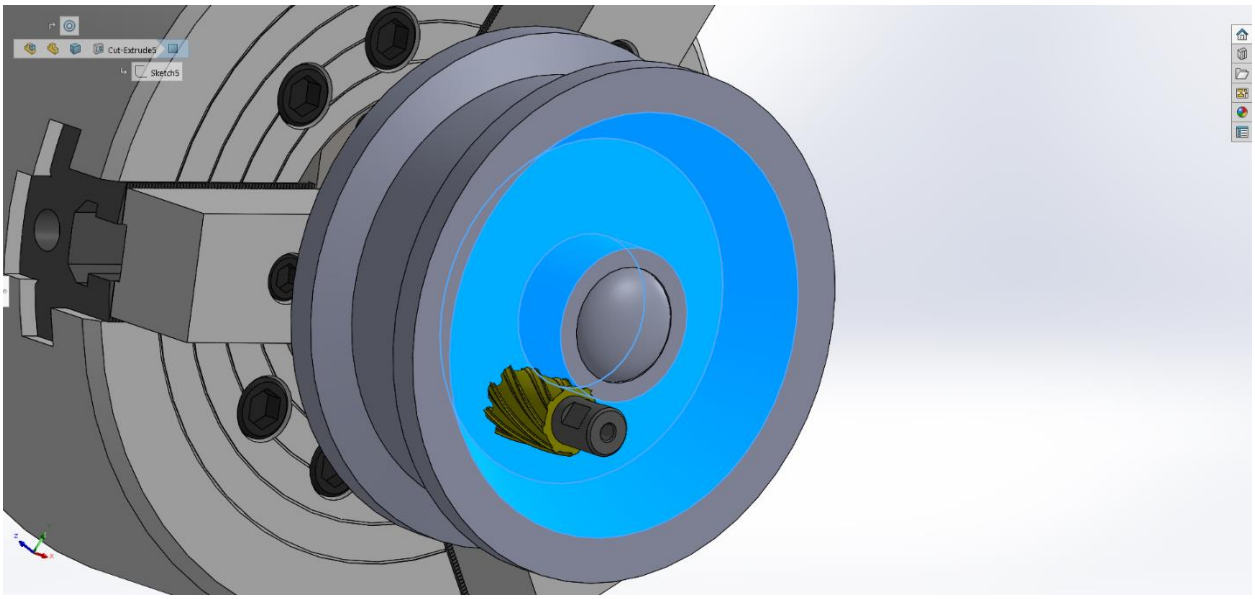
Інструмент: кінцева фреза



– фрезерна (чистова):

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

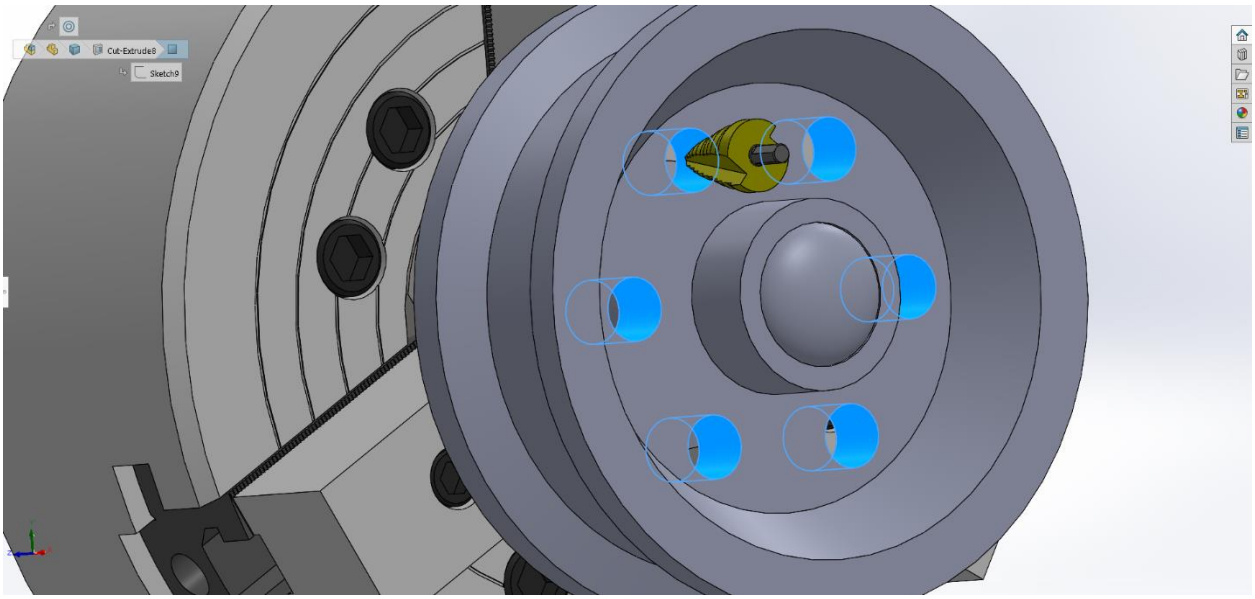
Інструмент: кінцева фреза



–Свердрильна

Верстат: токарно фрезерний верстат HAAS ST-20Y

Інструмент: свердло по металу



4.4. Вибір різального інструменту. Розрахунок режимів різання

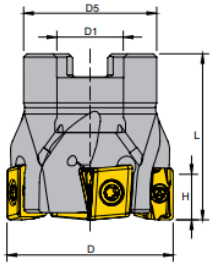
Визначаємо режими різання за каталогами та рекомендаціями наданими виробниками інструментів [8,9,10]:

palbit Tangential shoulder milling cutter 90° TGPLUS 90190

824

- **for milling inserts LNXT 1306..**
- maximum stability thanks to tangentially-arranged indexable inserts
- high feed rates for maximum removal rate
- **internal coolant supply**
- from Ø 80 mm special tightening screw for coolant

D mm	L mm	DS mm	D1 mm	H mm	Z	Tightening torque max. N-m	Designation				art.no.	€
40	40	32	16	11	4	3.0	040A90190-04-04-016040	A1		C1	260247 0040	355,–
40	40	32	16	11	5	3.0	040A90190-05-04-016040	A1		C1	260247 0041	395,–
50	40	42	22	11	5	3.0	050A90190-05-04-022040	A1		C1	260247 0050	490,–
50	40	42	22	11	6	3.0	050A90190-06-04-022040	A1		C1	260247 0051	539,–
63	40	52	22	11	6	3.0	063A90190-06-04-022040	A1		C1	260247 0063	539,–
63	40	52	22	11	8	3.0	063A90190-08-04-022040	A1		C1	260247 0064	639,–
80	50	60	27	11	7	3.0	080A90190-07-04-027050	A1	B1	C1	260247 0080	639,–
80	50	60	27	11	10	3.0	080A90190-10-04-027050	A1	B1	C1	260247 0081	749,–
100	50	80	32	11	9	3.0	100A90190-09-04-032050	A1	B2	C1	260247 0100	809,–
100	50	80	32	11	13	3.0	100A90190-13-04-032050	A1	B2	C1	260247 0101	1.079,–
125	63	90	40	11	11	3.0	125A90190-11-04-040063	A1	B3	C1	260247 0125	1.119,–
125	63	90	40	11	11	3.0	125A90190-16-04-040063	A1	B3	C1	260247 0126	1.419,–



ISO	PH5320	PH7740	PHP920	PHS740
ISO P steel		Vc = 110 - 170	Vc = 140 - 250	Vc = 110 - 170
ISO K cast iron	Vc = 100 - 270		Vc = 90 - 300	
Vc = [m/min] fz = [mm/Z] ap = [mm]	fz = 0.1 - 0.25	fz = 0.1 - 0.2 ap = 11	fz = 0.1 - 0.35	

Для зручності, всі дані заносимо у звітну таблицю.

Таблиця 4.2. Режими різання рекомендовані виробниками інструментів.

Інструмент	Глибина різання	Подача	Швидкість різання	Ціна
	h [мм]	F	V [м/хв]	грн
Фреза кінцева D=8мм, z=4 254111 0080	8	0.26mm/z	160	1514,75
Свердло східчасте Dnipro-M P6M5 45мм	100	0.07mm/rev	500 об/хв	528
Свердло східчасте Dnipro-M P6M5 20 мм	75	0.07mm/rev	500 об/хв	459

4.5. Оснащення операцій

Для реалізації технологічно процесу було обрано за каталогами інструментальні, верстатні та вимірювальні пристрої [8,9,10].

Патрон та центр для токарного верстату

SARTORIUS Werkzeuge

Universal lathe chuck

- **Chuck body made from cast iron or steel**
- Suitable for lathes as well as all types of milling and drilling devices
- Straight or with direct mounting
- Guides and wear surfaces ground
- Flat spiral ring made from high-quality alloy steel, die-forged and hardened
- **Supplied with:**
  Includes chuck key and attachment screws
  1 set of boring jaws (stepped outward)
  1 set of turning jaws (stepped inward)

Three-jaw chuck, cast design

- **DIN 6350** with straight centre mount

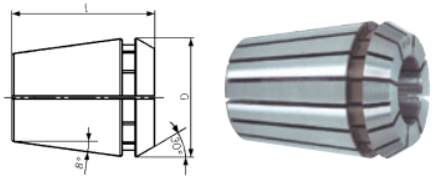
External Ø mm	Centring diameter	Chuck height (without jaws)	Clearance hole mm	Rotational speed max. r/min	Weight kg	3 jaw chucks art.no.	€	4 jaw chucks art.no.	€
100	70 x 3 mm	50	20	3500	2.8	405101 0100	269,–	405102 0100	292,–
125	95 x 4 mm	56	32	3200	5	405101 0125	285,–	405102 0125	320,–
160	125 x 4 mm	64	42	3000	10	405101 0160	318,–	405102 0160	380,–
200	160 x 4 mm	75	55	2500	17.5	405101 0200	395,–	405102 0200	450,–
250	200 x 5 mm	85	76	2000	29	405101 0250	539,–	405102 0250	659,–
315	260 x 5 mm	94	103	1500	50	405101 0315	839,–	405102 0315	929,–

Цанги для фрез та свердл

SARA ER collets, 10 µm

DIN 6499-B

- Collapse of 1 mm (for ER11; 0.5 mm for clamping diameters of 1 to 2 mm)
- True running accuracy 10 µm



Individual

- d1 corresponds to the clamping diameter

d1 mm	ER11 4008E D = 11,5 mm L = 18 mm art.no.	€	ER16 426E D = 17 mm L = 27,5 mm art.no.	€	ER25 430E D = 26 mm L = 34 mm art.no.	€	ER32 470E D = 33 mm L = 40 mm art.no.	€	ER40 472E D = 41 mm L = 46 mm art.no.	€
1	433210 0010	20,30	433211 0010	19,40						
1.5	433210 0015	20,30								
2	433210 0020	20,30	433211 0020	19,40	433213 0020	20,50				
2.5	433210 0025	20,30								
3	433210 0030	20,30	433211 0030	19,40	433213 0030	20,50	433214 0030	21,90	433215 0030	26,70
3.5	433210 0035	20,30								
4	433210 0040	20,30	433211 0040	19,40	433213 0040	20,50	433214 0040	21,90	433215 0040	26,70
4.5	433210 0045	20,30								
5	433210 0050	20,30	433211 0050	19,40	433213 0050	20,50	433214 0050	21,90	433215 0050	26,70
5.5	433210 0055	20,30								
6	433210 0060	20,30	433211 0060	19,40	433213 0060	20,50	433214 0060	21,90	433215 0060	26,70
6.5	433210 0065	20,30								
7	433210 0070	20,30	433211 0070	19,40	433213 0070	20,50	433214 0070	21,90	433215 0070	26,70
8			433211 0080	19,40	433213 0080	20,50	433214 0080	21,90	433215 0080	26,70

Вимірювальні пристрої

Рис. 4.3 – штангенциркуль електронний Topex 31C628

Підрахувавши усі витрати вийшло наступне:

– витрати на матеріал: 23194,2грн
– витрати на інструмент: 2501,75 грн
– витрати на оснастку: 24506,28 грн
– витрати на вимірювальний інструмент: 1052,10 грн

Опираючись на вище написане загальна сума витрат становить 51254,33 грн

5. Охорона праці

Згідно Закону України «Про охорону праці»[21], Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Він має на меті забезпечити безпеку працівників та попередити нещасні випадки. Оскільки порталіні крани використовуються для переміщення важких вантаців, то дотримання правил безпеки є критично важливим.

5.1 Навчання та кваліфікація оператора

Оскільки портальний кран є специфічною технікою, то для роботи на ній оператор повинен мати відповідну класифікацію. Він повинен мати відповідні теоретичні знання, знати про будову та функціонування крана та практичні навички. Також оператор повинен проходити періодичну атестацію для підтвердження своєі кваліфікації та знань з охорони праці.

5.2 Огляд та підготовка обладнання

Не менш важливим перед початком експлуатації портального крану повинне бути перевірка обладнання. Потрібно перевірити всі важливі елементи конструкції та механізми, щоб вони працювали належним чином. Особливу увагу слід приділити в якому стані знаходяться троси. Це потрібно зробити для усунення непотрібних аварій те нежасних випадків.

5.3 Експлуатація згідно технічні данних

Кожен кран має свої технічні данні. У них вказано висоту підйому вантажа швидкість переміщення, вантажопідйомність тощо. Якщо експлуатувати кран, незважаючи на технічні данні, це може призвести до аварій та надзвичайних ситуацій на робоцій зоні

5.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека є важливим аспектом загальної охорони праці, оскільки крани використовуються в різних умовах і на різних об'єктах, де існує ризик виникнення пожежі.

Усі працівники, які працюють з портальними кранами повинні проходити обов’язкові інструктажі з пожежної безпеки. До них входять теоретичні знання про запобігання пожежі та практичні навички з використання протипожежних засобів. Також повинні проходити регулярні тренінги з пожежної безпеки. Вони допомагатимуть підтримувати навички працівників та оновлювати їх знання відповідно до нових вимог та технологій.

Також повинна бути підготовлене робоче місце. Навколо крана повинна бути створена зона безпеки, вільна від легкозаймистих матеріалів та потенційних джерел займання. Всі легкозаймисті матеріали повинні зберігатися в спеціально відведених місцях, які відповідають вимогам пожежної безпеки.

Робоча зона повинна бути обладнана системами пожежної сигналізації, які сповіщають про виникнення пожежі на ранніх стадіях. Також по робочій зоні крана та в самій кабіні оператора повинні бути розміщенні вогнегасники, відповідні за типом до можливих джерел займання. Працівники повинні знати їх розташування та вміти ними користуватися.

Також пожежне обладнання та засоби пожежогасіння повинні регулярно перевірятися на справність. Особливу увагу слід приділяти справності електричних систем крана, які можуть стати джерелом займання.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проєкту було наведено спосіб модернізації портального крану вантажопідйомністю 25 тонн.

Проаналізованор види та специфікації портальних кранів та коротко розглянуто методи модифікації,які вже використовуються у світі

Для механізму підйома було розрахована та підібрано підходящі комплектуючі, а саме: барабан, електродвигун, редуктор, троси, гальма, сполучні муфти.

Було запропоновано модернізацію шляхом встановлення датчиків на різних місцях крану для більшого контролю за ситуацією та своєчасного виявлення та усунення неполадок. Завдяки запропонованій модернізації знизились на 15 % витрати на обслуговування. Це витрапилося завдяки своєчасному виявленню неполадок. Зменшились на 60 % нещасні випадки та аварії приексплуатації портального крану.

У технічному розділі було розроблено технологію виготовлення деталі «колесо». Було підібрано підходящі верстати та інструменти для механічної обробки. Розраховано вартість донного виготовлення.

У розділі охорони праці описані рекомендації для безпечної експлуатації портального крану. Розписано правила поведінки та заходи для уникнення аварій. Зазначені основи пожежної безаеки.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. https://aimixcrane.com/portal-crane/
2. https://www.liebherr.com/
3. https://www.konecranes.com/press/releases/2023/italys-campostano-anchor-updates-its-fleet-with-eco-efficient-konecranes-gottwald-generation-6-mobile
4. Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин: Підручник /В.С. Бондарєв, О. І. Дубінець, М. П. Колісник та ін. – К.: Вища школа, 2009. – 734 с.
5. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів підіймальних пристроїв і відповідного обладнання: НПАОП 0.00-1.80-18. – К.: Основа, 2018. - 240 с.
6. Каталог редукторів ELECON ET-SERIES. https://www.desminunited.com/images/elecon/etseries.pdf
7. Каталог зубчастих муфт типу МЗП. https://xn--80aqy.com.ua/dlya-krana/mufta-zub-mz/mzp/
8. Розрахунки будівельних стрілових кранів: Навчальний посібник. / М.П. Колісник, А.Ф. Шевченко, С.В. Ракша, В.В. Мелашич. – Дніпропетровськ: Пороги, 2015. – 816 с.
9. https://indusoft.com.ua/blog/2019/10/29/scada-systema-chto-jeto-takoe/
10. https://www.offshore-energy.biz/
11. https://metal-holding.ua/ua/cernyj-metall/krug-st/krug-200-st20-2
12. Мартовицкий Л.М., Глушко В.І. Курсове проектування металоконструкцій: Навч. посібник / Л.М. Мартовицкий, В.І. Глушко, Запоріжжя: Кругозір, 2016. – 418 с.
13. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю. В. Технологія машинобудування. Підручник.: Житомир, ЖДТУ – 2005. − 835 с.
14. Якимов О.В., Марчук В.І., Якимов О.О., Ларшин В.П. Технологія машино- та приладобудування. Підручник: Луцьк, ЛДТУ – 2005.-710с.
15. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування: навчально-методичний посібник/О.У. Захаркін.– Суми: Вид-во СумДУ, 2004. − 98 с.

16. Основи технології машинобудування / І. Назаренко, А.Т.Свідерський, Р.І. Рибалко, О.П.Дєдов / Навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2010. − 165 с.
17. Технологія обробки на верстатах з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. машинобуд. спец. вищ. техн. навч. закл. / Гевко Б. М. [та ін.] ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, Каф. технології машинобуд. та автомобілів. - Т. : Крок, 2014. - 131 с. : табл., рис. - Бібліогр.: с. 126-128. - 300 прим. - ISBN 978-617-692-168-4
18. Системи автоматизованого програмування верстатів з ЧПК [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Л. Міранцов [и др.] ; Донбаська державна машинобудівна академія (Краматорськ). - Краматорськ : ДДМА, 2012. - 151 с. - Бібліогр.: с. 125. - ISBN 978-966-379-549-2
19. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми і оснащення [Текст] : навч. посіб. для студентів ВНЗ напрямів підгот. 050502- "Інженерна механіка" та 050503 - "Машинобудування" / Ю. М. Кузнєцов [та ін.]. - Київ ; Кременчук ; Севастополь : Точка, 2014. - 499 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 487-492. - ISBN 978-617-669-149-5
20. https://media.witglobal.net/bkmedia/sartorius/1511/en/GB/SWKatalog2023-2024/#page_1 – оснастка/інструмент
21. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text