

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»  
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

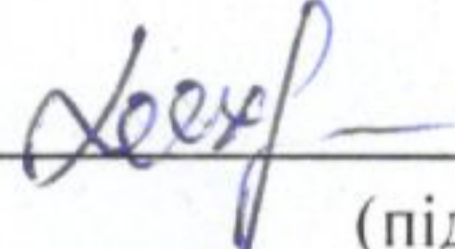
## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра на тему

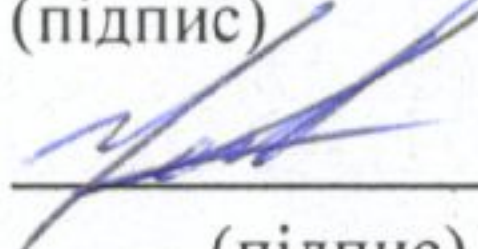
### Вдосконалення стрілового самохідного крану на базі шасі автомобільного типу вантажопідйомністю 100т.

(тема кваліфікаційної роботи)

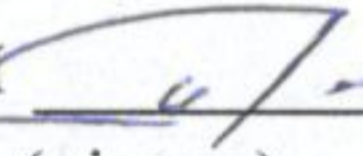
Виконав: студент 2 курсу, групи ДГМ-24мг  
спеціальності: 133 Галузеве машинобудування  
(код і найменування спеціальності)

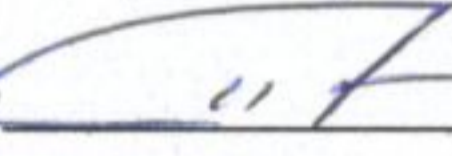
 / Ярослав ХОХЛОВ  
(підпис) (ім'я та прізвище)


Керівник  / Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  / Артем ЧЕРНЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  / Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  / Олег ПОДОЛЯК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  / Валентина СКОРКІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

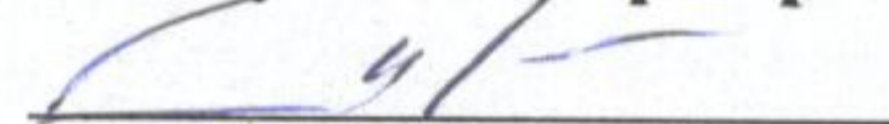
Харків – 2025 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н.**  
**КАРАЗІНА**

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»  
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання  
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
Освітньо-професійна програма Підйомно-транспортні, дорожні, будівельні,  
меліоративні машини і обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

  
(підпис)

к.т.н., доц. Олег ПОДОЛЯК

« 6 » 10 2025р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**

студенту (ці) Ярославу ХОХЛОВУ

(ім'я, прізвище)

1. Тема: **Вдосконалення стрілового самохідного крану на базі шасі  
автомобільного типу вантажопідйомністю 100т.**

затверджена наказом по академії № \_\_\_\_\_ від « 6 » 10 2025р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » грудня 2025р.

Виконати вдосконалення стрілового самохідного крану на базі шасі  
автомобільного типу вантажопідйомністю 100т. (виконати модернізацію  
поворотної рами і стріли )

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, що їх належить розробити):  
Вступ; Призначення й область застосування крана; Розрахунково-  
конструкторська частина; Модернізація стріли; Технологічна частина;  
Розробка заходів з охорони праці для робочого місця; Висновки; Список  
використаних джерел.

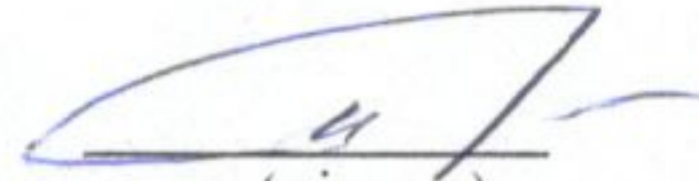
5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):  
Презентація основних результатів виконаних досліджень. Роздатковий  
матеріал

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання «02» вересня 2025р.

Керівник роботи

  
(підпис)

Олег ПОДОЛЯК

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

  
(підпис)

Ярослав ХОХЛОВ

(ім'я, прізвище)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК**  
виконання кваліфікаційної роботи  
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Призначення й область застосування крана	10.09.2025	
2	Розрахунково-конструкторська частина	01.10.2025	
3	Модернізація стріли	15.10.2025	
4	Технологічна частина	01.11.2025	
5	Оформлення і захист дипломного проєкту	10.12.2025	

Студент (ка)

  
(підпис)

Ярослав ХОХЛОВ

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

  
(підпис)

Олег ПОДОЛЯК

(ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка включає 70 стор. основного тексту, 17 рис., 4 табл., 21 джерел.

**Об'єкт дослідження**- гідравлічний кран вантажопідйомністю 100 т. на спеціальному шасі автомобільного типу.

**Мета роботи** – вдосконалення гідравлічного крана вантажопідйомністю 100 т. на спеціальному шасі автомобільного типу.

**Новизна роботи** полягає у вдосконаленні методики проєктування стрілового самохідного крана на базі шасі автомобільного типу.

У даній розрахунково-пояснювальній записці було освітлене питання про призначення й область застосування крана, розраховані і побудовані висотні і вантажні характеристики, розрахований об'ємний гідропривід, вантажна лебідка, модернізовано поворотну раму і стрілу шляхом заміни їх на складальні одиниці власного виготовлення, що відбилося на здешевленні крана. Був зроблений розрахунок стійкості крана.

У технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення ступиці, були приведені схеми технологічних налагоджень на її виготовлення. Розглянуто питання охорони праці при роботі стрілового крана.

**ВАНТАЖ, ЛЕБІДКА, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВОД, РОЗРАХУНКИ, МЕХАНІЗМИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РАМА, СТРИЛА, МІЦНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, СТІЙКІСТЬ**

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Розрахунково-конструкторська частина.....	7
1.1 Призначення та пристрій крана.....	7
1.2 Визначення лінійних та вагових параметрів крана.....	9
1.3 Побудова вантажних та висотних характеристик крана.....	12
1.4 Розрахунок об'ємного гідроприводу.....	15
1.5 Розрахунок вантажної лебідки.....	18
1.5.1 Розрахунок і вибір канату.....	19
1.5.2 Розрахунок барабана.....	20
1.5.3 Вибір гальма.....	22
1.5.4 Навантаження, що діють на опори барабана від натягнення каната.....	23
1.5.5 Розрахунок кріплення каната.....	24
1.5.6 Розрахунок підвіски гака.....	25
1.5.7 Розрахунок діаметру блоку.....	25
1.5.8 Вибір упорного підшипника.....	25
1.6 Модернізація стрілового устаткування крана.....	25
1.7 Розрахунок механізму телескопування стріли.....	28
1.8 Розрахунок стійкості крана.....	31
1.9 Прилади та пристрої безпеки.....	34
1.9.1 Обмежувачі.....	34
1.9.2 Пристрої сигналізації.....	40
2. Технологічна частина.....	43
2.1 Призначення і конструкція.....	43
2.2 Визначення типу виробництва.....	44
2.3 Вибір заготовки.....	46
2.4 Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі.....	50

2.5 Розрахунок між операційних припусків на обробку.....	57
2.6 Розрахунок режимів різання.....	58
2.7 Розрахунок норм часу.....	60
3. Розробка заходів з охорони праці для робочого місця при експлуатації крана стрілового самохідного в/п 100т.....	62
Висновки.....	68
Список джерел.....	69

## ВСТУП

Продовжується курс на підвищення технічної озброєності праці шляхом всесвітнього впровадження комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів, упровадження принципово нової техніки, росту випуску машин великої одиничної потужності і продуктивності, закінчених систем машин. Значно підвищуються економічність і продуктивність машин, що випускаються, їхня надійність і довговічність.

Виробництво вантажно-розвантажувальних і будівельно-монтажних робіт зв'язано з підйомом і переміщенням деталей, конструкцій і блоків високої заводської готовності, що вимагає застосування вантажопідйомних машин.

Поряд з відомими конструкціями вантажопідйомних кранів все велику роль починають грати стрілові самохідні крани. Від їхньої надійності, працездатності і технічній готовності в значній мірі залежать продуктивність праці, загальний темп будівництва і вартість будівельно-монтажних робіт.

Серед великої номенклатури вантажопідйомних машин як найповніше відповідають цим вимогам будівельні стріловидні самохідні крани загального призначення, оснащені широкою номенклатурою робочого обладнання. Тому при виробництві багатьох монтажних, навантажувально-розвантажувальних і інших робіт на будівництві також, ці машини ведучими. Зі всього різноманіття працюючих монтажних кранів при зведенні будівельних споруд, а також для виконання будівельно-монтажних, навантажувально-розвантажувальних, транспортно-складських, аварійно-відновних робіт найбільшою мірою задовольняють умовам роботи стріловидні самохідні крани загального призначення.

Стрілові самохідні крани підрозділяються на автомобільні, пневмоколесні, на спеціальному шасі автомобільного типа, гусеничні, залізничні і тракторні крани.

## 1 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.

### 1.1 Призначення та пристрій крана.

Проектований кран призначений для будівельно-монтажних, вантажно-розвантажувальних, аварійно-відбудовних робіт, зв'язаних з частими перебудуваннями при значних відстанях між об'єктами. Кран може працювати в районах з помірним кліматом в інтервалі температур від  $-40$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Модернізуємий кран (рис.1.1) змонтований на спеціальному шасі автомобільного типу, що забезпечує високу швидкість пересування і маневреність.

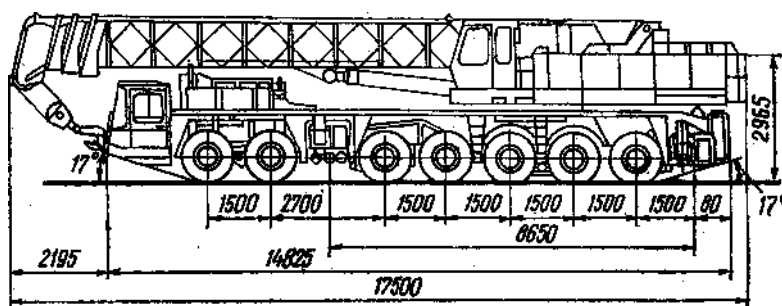


Рисунок 1.1-Модернізуємий кран

Кранові механізми та шасі працюють окремо від двох дизельних двигунів

Кранові механізми, розташовані на поворотній частині, приводяться в дію за допомогою аксіально-поршневих гідромоторів або гідроциліндрів, що одержують харчування від трьох аксіально-поршневих насосів, розташованих на ходовій частині. Насоси працюють від двигуна поворотної частини і розвивають тиск у гідросистемі 16 Мпа. Кожний з насосів харчує свій контур виконаних механізмів.

Застосування гідроприводу кранових механізмів забезпечує широкий діапазон регулювання робочих швидкостей і сполучення операцій.

Кран оснащений стріловим устаткуванням. Стрілове устаткування складається з чотирьохсекційної телескопічної стріли довжиною від 13,7 до

47,7 м і гусачка 20,7 м, який можна встановлювати на стрілі як подовжувач або некерований гусачок.

Телескопічна стріла може висуватися і втягуватися з вантажем на гаку, що значно розширює можливості крана на монтажних роботах.

Відповідно до вантажних характеристик кран може працювати на виносних опорах і без них. Пересуватися по площадці з твердим покриттям з нахилом не більше  $3^\circ$ , та вантажем на гаку при стрілі довжиною 13,7 м, спрямованої уздовж осі крана назад.

Шасі автомобільного типу ПС-1002 шестиосне, перший і другий передні мости керовані, підвішені на балансованих ресорах, підвіска керованих третій, четверта вісь гідромеханічна, п'ята і шоста ведучі некеровані з балансірною підвіскою. Розворот коліс здійснюється за допомогою гідропідсилювачів, що одержують рух від двох незалежних насосів. Шасі постачено двома незалежними гальмовими системами і стоянковим гальмом.

Для аварійного опускання вантажу і робочого устаткування в гідросистемі передбачені вентилі. Для включення механізмів при раптовому обриві трубопроводу служать гідрозамки.

Керування крановими механізмами здійснюється за допомогою гідравлічних пристроїв з кабіни поворотної частини. Кабіна одномісна, металева, із внутрішньою обробкою з пластику, має велику площу застіблення, тепло- і звукоізоляцію, постачена сонцезахисним козирком, склоочисником, обладнана обігрівачем.

Технічна характеристика проектованого крана:

Довжина стріли, м

найменша.....	13,7
найбільша.....	47,7

Вантажопідйомність на виносних опорах, т:	
найменший виліт стріли.....	100
найбільший виліт стріли.....	34
Вантажопідйомність без виносних опор, т:	
найменший виліт стріли.....	20
найбільший виліт стріли.....	0,6
Виліт стріли, м:	
найменший.....	11
найбільший.....	3,5
Швидкість підйому-опускання гака, $10^{-2} M / C$ :	
основного.....	0,25-5
допоміжного.....	0,25-5
Швидкість телескопування стріли, $10^{-2} M / C$ .....	
	6,6
Швидкість пересування крана, км/год:	
робоча.....	1,5
транспортна.....	50
Силова установка.....	
	ЯМЗ-238
Потужність силової установки, кВт:	
поворотної частини.....	177
шасі.....	335
База, м.....	
	7,2
Маса крана в робочому стані, т.....	
	87
Габаритні розміри в транспортному положенні, м.....	
	$17.6 \times 3 \div 3.95$

## 1.2 Визначення лінійних та вагових параметрів крану.

Орієнтовні геометричні і вагові характеристики стрілових самохідних кранів можна визначити по наступним формулам при заданій вантажопідйомності.

Довжина максимальної стріли + гусачок максимальний:

$$(0,95...1,05) \cdot (22\sqrt[3]{Q} - 20) = 1,05 \cdot (22 \cdot \sqrt[3]{100} - 20) = 86(м)$$

Висота підйому при максимальній стрілі:

$$(1,15 \dots 0,85) \cdot (17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} - 15) = 1,15 \cdot (17,5 \cdot \sqrt[3]{100} - 15) = 75,3(m).$$

Вантажопідйомність без виносних опор на мінімальному вильоті:

$$(0,95 \dots 1,05) \cdot 0,45 \cdot Q = 1,05 \cdot 0,45 \cdot 100 = 20(m)$$

Вантажопідйомність на максимальному вильоті основної стріли:

$$0,23 \cdot Q = 0,23 \cdot 100 = 0,7(m)$$

Вантажопідйомність без виносних опор:

$$(0,92 \dots 1,08) \cdot (0,47 \cdot Q + 2) = 1,08 \cdot (0,47 \cdot 100 + 2) = 5,3(m)$$

Максимальний виліт при максимальній стрілі:

$$(0,9 \dots 1,1) \cdot (12 \sqrt[3]{Q} - 12) = 1,1 \cdot (12 \cdot \sqrt[3]{100} - 12) = 11(m)$$

Максимальний виліт:

$$5\sqrt{Q} = 5\sqrt{100} = 50(m)$$

Вагові параметри.

Загальна маса:

$$(0,95 \dots 1,05) \cdot 1,7Q = 87(\tau)$$

Маса погонного метра довжини основної стріли:

$$(0,95 \dots 1,05) \cdot (0,003Q + 0,05) = 0,33(m)$$

Тиск на передню вісь (стріла повернута вперед):

$$(0,95 \dots 1,05) \cdot 0,167Q = 18,86(m)$$

Тиск на задню вісь (стріла повернута вперед):

$$(0,86 \dots 1,14) \cdot (0,58Q + 8) = 56,76(m)$$

Тиск на передню вісь (стріла повернута назад):

$$(0,83 \dots 1,17) \cdot 0,37Q = 30,7(m)$$

Тиск на задню вісь (стріла повернута назад):

$$(0,9 \dots 1,1) \cdot (0,48Q + 6) = 48,6(m)$$

Лінійні параметри.

Хвостовий радіус:

$$(0,95 \dots 1,05) \cdot \sqrt[3]{Q} = 0,95 \cdot \sqrt[3]{100} = 5,15(m).$$

Відстань між виносними опорам:

$$(0,95\dots 1,05) \cdot (1,2\sqrt[3]{Q} + 1) = 1,05 \cdot (1,2 \cdot \sqrt[3]{100} + 1) = 8,5(\text{м})$$

База:

$$(0,93\dots 1,07) \cdot (1,3\sqrt[3]{Q} + 1) = 1,07 \cdot (1,3 \cdot \sqrt[3]{100} + 1) = 7,4(\text{м})$$

Висота від землі до осі п'яти стріли:

$$(0,85\dots 1,15) \cdot (0,13\sqrt[3]{Q} + 0,5) = 1,15 \cdot (0,13 \cdot \sqrt[3]{100} + 0,5) = 2,4(\text{м})$$

Відстань від осі обертання до п'яти стріли:

$$(0,92\dots 1,08) \cdot (0,24\sqrt[3]{Q} + 1,15) = 1,08 \cdot (0,24 \cdot \sqrt[3]{100} + 1,15) = 2,45(\text{м})$$

Коля передніх коліс:

$$(0,85\dots 1,15) \cdot (0,85 \cdot \sqrt[3]{Q}) = 0,85 \cdot (0,85 \cdot \sqrt[3]{100}) = 2,54(\text{м})$$

Коля задніх коліс:

$$(0,82\dots 1,15) \cdot (0,82 \cdot \sqrt[3]{Q}) = 0,82(0,85 \cdot \sqrt[3]{100}) = 2,15(\text{м})$$

Транспортна довжина зі стрілою:

$$(0,9\dots 1,1) \cdot (1,1\sqrt[3]{Q} + 8) = 1,1 \cdot (1,1 \cdot \sqrt[3]{100} + 8) = 17,5(\text{м})$$

Ширина транспортна- 2,4.....2,5(м)

Висота транспортна:

$$(0,95\dots 1,05) \cdot (0,4\sqrt[3]{Q} + 2,5) = 0,95 \cdot (0,4 \cdot \sqrt[3]{100} + 2,5) = 3,95(\text{м})$$

Висота до осі блока портала, чи монтажної стійки:

$$(0,95\dots 1,05) \cdot (0,8\sqrt[3]{Q} + 3) = 0,95 \cdot (0,8 \cdot \sqrt[3]{100} + 3) = 3,95(\text{м})$$

Силіві параметри.

Навантаження на одну вітку поліспасти кН:

$$(9\dots 11) \cdot (1,2\sqrt[3]{Q} - 2) = 11 \cdot (1,2 \cdot \sqrt[3]{100} - 2) = 110(\text{кН})$$

Кратність поліспасти:

$$(0,8\dots 1,2) \cdot 1,2\sqrt[3]{Q} = 1 \cdot 1,2\sqrt[3]{100} = 12$$

### 1.3 Побудова вантажних та висотних характеристик крана.

Вантажопідйомність стрілових кранів перемінна. Великим вильотам відповідають менші значення вантажопідйомності. Постійним приймається вантажний момент при номінальній вантажопідйомності на максимальному вильоті, що відповідає цієї вантажопідйомності.

Вантажні і висотні характеристики будуються з урахуванням забезпечення достатньої стійкості від перекидання крана, обумовленої вимогами [1] і ДСТУ 13994-81.

«Правила» вимагають дотримання умов стійкості для двох робочих (розрахункових) положень при дії:

- 1) тільки статичних навантажень;
- 2) дії статичних інерційних, відцентрових і вітрових навантажень з обліком найбільшого припустимого кута нахилу.

У першому розрахунковому положенні приймається, що кран установлений на горизонтальній площадці, стріла спрямована перпендикулярно до ребра перекидання під дією сил ваги вантажу.

Коефіцієнт статичної вантажної стійкості [9]:

$$K = \frac{M_{кр}}{M_{сп}} \geq 1,4, \quad (1.1)$$

де  $M_{кр}$  – момент сили ваги щодо ребра перекидання;

$M_{сп}$  – момент вантажу щодо того ж ребра, обумовлений з умови, що вантаж масою 1 т важить 10 кН.

В другому робочому положенні можуть дві частки випадку: кран на площадці з максимально припустимим ухилом зі стрілою, спрямований у бік ухилу до ребра перекидання під кутом 90 і 45 градусів.

Коефіцієнт вантажної стійкості [9]:

$$K = \frac{M_{кр} - M_{дон}}{M_{сп}} \geq 1,15, \quad (1.2)$$

де  $M_{дон}$  – момент сил інерції, від центрових сил вітру з урахуванням максимального кута нахилу.

Позначивши [9]:

$$M_{кр} = M_0 - M_c,$$

де  $M_0$  – момент крана, що відновлює, тобто момент сил ваги крана щодо ребра перекидання без обліку дії стрілового устаткування, одержали залежності у виді:

$$K = \frac{M_0 - M_c}{M_{кр}} \geq 1,4, \quad (1.3)$$

$$K' = \frac{M_0 - M_c - M'_{дон}}{M_{кр}} \geq 1,15, \quad (1.4)$$

$$K'' = \frac{M_0 - M_c - M''_{дон}}{M_{кр}} \geq 1,15, \quad (1.5)$$

де  $M'_{дон}, M''_{дон}$  – відповідно моменти додаткових навантажень при розташуванні стріли крана під кутом 90 і 45 градусів до ребра перекидання.

Виходячи зі значення вантажного моменту визначаємо значення поточної вантажопідйомності [9]:

$$Q = \frac{M_{кр}}{A}, \quad (1.6)$$

де  $A$  – виліт гака при відповідному положенні стріли.

Виходячи з довжини основної стріли 13,7 м, максимальної вантажопідйомності  $Q=100$  т, відстаней від осі обертання крана до виносних опор 4,25 м, приймаємо мінімальний виліт гака  $A_{\min} = 3.5$  м.

Визначаємо необхідний момент сил, що відновлює, ваги крана від вантажу і ваги стріли [9]:

$$M_0 = k \cdot M_{кр} + M_c, \quad (1.7)$$

де  $M_{кр}$  – момент, створюваний масою вантажу;

$M_c$  – момент, створюваний вагою стріли;

$K=1,4$  – коефіцієнт статичної вантажної стійкості.

$$M_{кр} = Q \cdot 10 \cdot \left( A_{\min} - \frac{k_1}{2} \right) = 1000 \cdot (5.5 - 4.25) = 1250 \text{ кН}$$

$$M_c = G_c \cdot \left( \frac{A_{\min}}{2} - \frac{k_1}{2} \right) = 5,62 \cdot \left( \frac{3,5 + 1,5}{2} - \frac{8,5}{2} \right) = 0$$

По формулі (1.8), вирішивши відносно  $Q$ , одержимо:

$$Q = \frac{M_0}{K(L_c \cdot \cos \alpha - r_1 - \frac{K_1}{2}) \cdot 10} - \frac{G_c \cdot (\frac{L_c \cdot \cos \alpha}{2} - r_1 - \frac{K_1}{2})}{K(L_c \cdot \cos \alpha - r_1 - \frac{K_1}{2}) \cdot 10}, \quad (1.8)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу стріли;

$r_1$  – відстань від центра обертання поворотної частини крана до кореневого шарніра кріплення стріли;

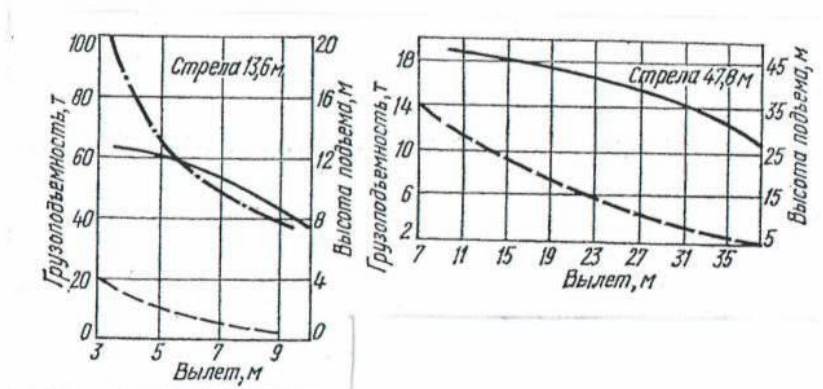
$K_1 = 8.5\text{ м}$  – відстань між виносними опорами.

Приймаючи значення вилиту, кута нахилу стріли. Довжини стріли в утягнутому і витягнутому положеннях, нормативного коефіцієнта статичної вантажної стійкості 1.4 визначаємо величини вантажопідйомності. Дані зводимо в (табл. 1.2).

Таблиця 1.1-Значення вантажопідйомності.

Довжина стріли $L_c, \text{ м}$	Виліт гака, м			Вантажо підйомність $Q, \text{ т}$
	Від осі обертання, $A, \text{ м}$	Від ребра перекидання, $L_c \cos \alpha - r_1 - \frac{K_1}{2}$	$\cos \alpha = \frac{A + r_1}{L_c}$	
13.7	3,5	2,3	0,4	62,0
	7	6,71	0,65	55,0
	10	7,5	0,87	35,0
47.7	10	12,5	0,25	19,0
	24	17,6	0,54	16,0
	39	31,2	0,86	11,0

На (рис.1.2) показані вантажні та висотні характеристики проектованого крана.



Сполошна лінія – вантажопідйомність на виносних опорах;

пунктир - вантажопідйомність без виносних опор;

штрихпунктир – висота під'єму.

Рисунок 1.2- Вантажні та висотні характеристики проектного крана.

#### 1.4 Розрахунок об'ємного гідроприводу

Принципова схема гідроприводу поворотної частини проектного крана приведена на (рис.1.3). Схема складається із силової системи і системи керування.

Силова система крана одержує харчування від трьох аксиально-поршневих нерегульованих насосів 210.25, установлених на шасі крана. Усі насоси одержують обертання від двигуна поворотної частини. Кожен насос забезпечує роботу свого комплекту виконавчих механізмів.

Від першого насоса рідина подається гідромоторові 2 механізми повороту і гідроциліндрам 9 механізму зміни довжини стріли. Другий насос пускає в хід гідромотор 12 лебідки допоміжного підйому і гідроциліндри 14 механізму підйому стріли. Цей насос також підвищує швидкість руху секцій телескопічної стріли і лебідки основного підйому. Третій насос харчує гідромотор 16 лебідки основного підйому.

Робоча рідина від насосів до виконавчих механізмів і назад у гідробак надходить через шарнірне з'єднання 23.

Для керування виконавчими механізмами передбачені три гідророзподільники 17, 24 і 29 із запобіжними і зворотними клапанами. При

установці золотників розподільників у нейтральне положення робоча рідина через проточні канали попадає в зливальну гідролінію і через фільтр 4 — у гідробак, змонтований на шасі крана. Рідина зливається з гідророзподільника 17 через калорифер 18, що обдувається вентилятором, або через вентиль (при відключеному калорифері) і попадає в бак.

Вантажна лебідка основного підйому приводиться в рух від гідромотора 16. Робоча рідина через відводи А1 або Б1 розподільника 17 подається в гідроциліндр 11 через клапан 6 типу ИЛИ, розмикає гальмо лебідки, забезпечуючи підйом або спуск крюкової підвіски (вантаж). Від можливих коливань тиску рідини при пусках і зупинках у режимі опускання вантажу систему захищає запобіжний клапан 13. Гальмовий клапан 10 призначений для одержання рівномірної швидкості опускання. Якщо необхідно опускати вантаж при несправній гідросистемі (аварійний стан), використовують вентиль 8. При подачі рідини через відвід БЗ прискорювальної секції гідророзподільника 24 забезпечується підйом або опускання вантажу з підвищеною швидкістю. Підживлення напірної лінії при опусканні вантажу у випадку перевищення швидкості опускання, забезпечуваної потоком рідини, що надходить через розподільник, здійснюється зворотним клапаном зі зливальної лінії. Вантажна лебідка допоміжного підйому приводиться в рух від гідромотора 12 при подачі рідини через відводи А1 і Б1 розподільника 24.

Схема керування лебідкою допоміжного підйому аналогічна схемі керування лебідкою основного підйому.

Механізм повороту приводиться в рух від гідромотора 2 і керується через гідророзподільник 29. Робоча рідина передається через клапан 6 і напірний клапан 5 гідроциліндрові 1 гальма і розмикає його. Положення золотника гідророзподільника визначає напрямок повороту платформи зі стрілою вправо або вліво. Для захисту від можливого підвищення тиску в пуско-тормозном режимі служать запобіжні клапани.

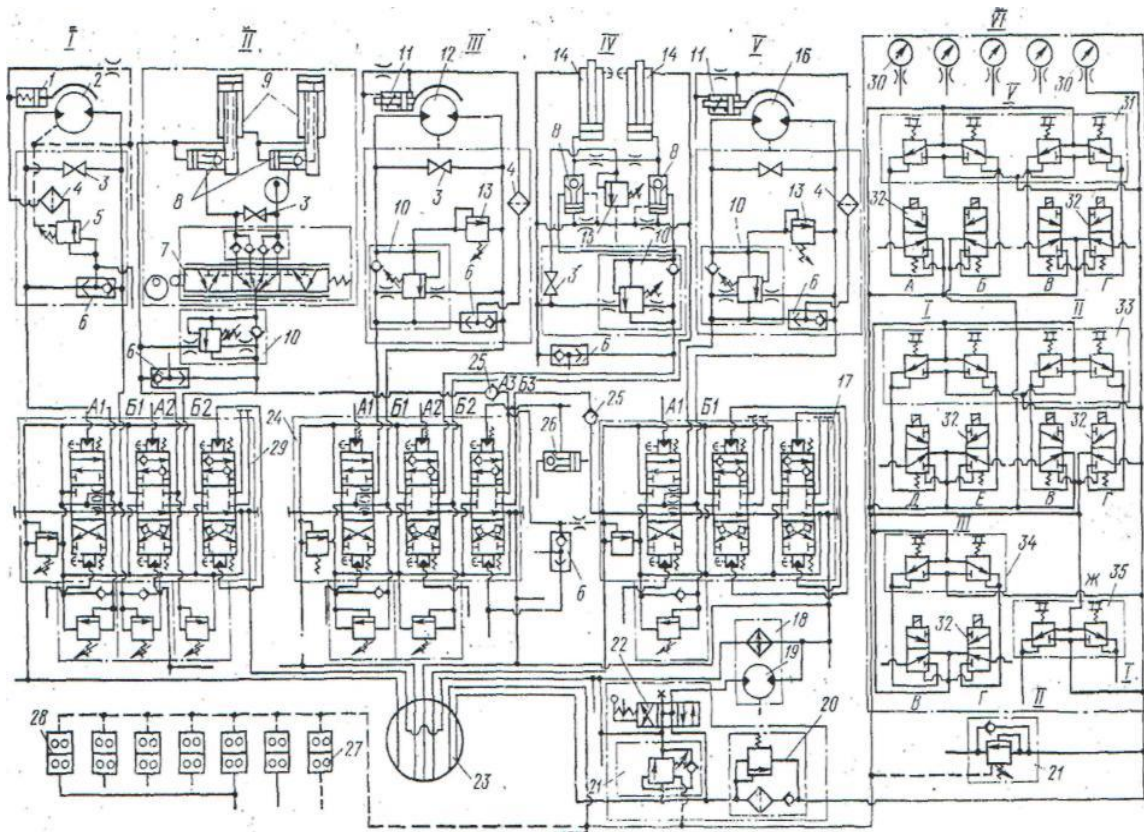


Рисунок 1.3-Принципова схема гідроприводу.

Підживлення гідро лінії при підвищенні частоти обертання гідромотора 2 виробляється клапанами гідророзподільника зі зливної лінії.

Механізм зміни довжини телескопічної стріли містить у собі два гідроциліндри 9. Він приводиться в рух рідиною, що надходить через відводи А2 і Б2 гідророзподільники 29 при підведенні тиску під торці відповідних золотників. Поршневі порожнини гідроциліндрів з'єднані з гідрозамками 8, що перешкоджають мимовільному втягуванню секцій стріли у випадку ушкоджень силової і керуючої ліній. Лінії, підведені до зворотних клапанів, з'єднані також із пристроєм 7 синхронізації висування секцій і далі об'єднані в загальну гідролінію, підведену до гальмового клапана 10. Цей клапан дозволяє одержувати рівномірну швидкість втягування секцій поза залежністю від маси вантажу й елементів стріли. Для прискорення висування секцій рідина подається через відвід А3 гідророзподільника 24.

Механізм підйому стріли приводиться в рух рідиною, подаваної через відводи А2 і Б2 розподільники 24. Поршневі порожнини гідроциліндрів 14 Гідромотор 19 калорифера включається за допомогою розподільника 22. Із

системою керування з'єднані наступні елементи:

реле тиску 28 обмежника вантажопідйомності і кінцевих вимикачів. Сигнал від зазначених елементів через зворотні клапани надходить на гідророзподільники, золотники яких при цьому відкриваються. Система керування з'єднується зі зливальною лінією, а золотники гідророзподільників встановлюються в нейтральне положення. При цьому робочі рухи припиняються.

Реле тиску 27 блокує мимовільний рух робочих елементів крана при неповному вимиканні золотників гідророзподільника 29, а реле 28 розподільника 17.

Тиск у силовій системі і системі керування, а також в основній гідролінії визначають по манометрах 30.

### 1.5 Розрахунок вантажної лебідки.

На стріловидних самохідних кранах застосовують тільки лебідки з машинним приводом.

Вантажні лебідки (рис. 1.4) основного підйому стріловидних кранів призначені для підйому і опускання вантажів, лебідки допоміжного підйому - для підйому менших вантажів на гусаку або грейфері.

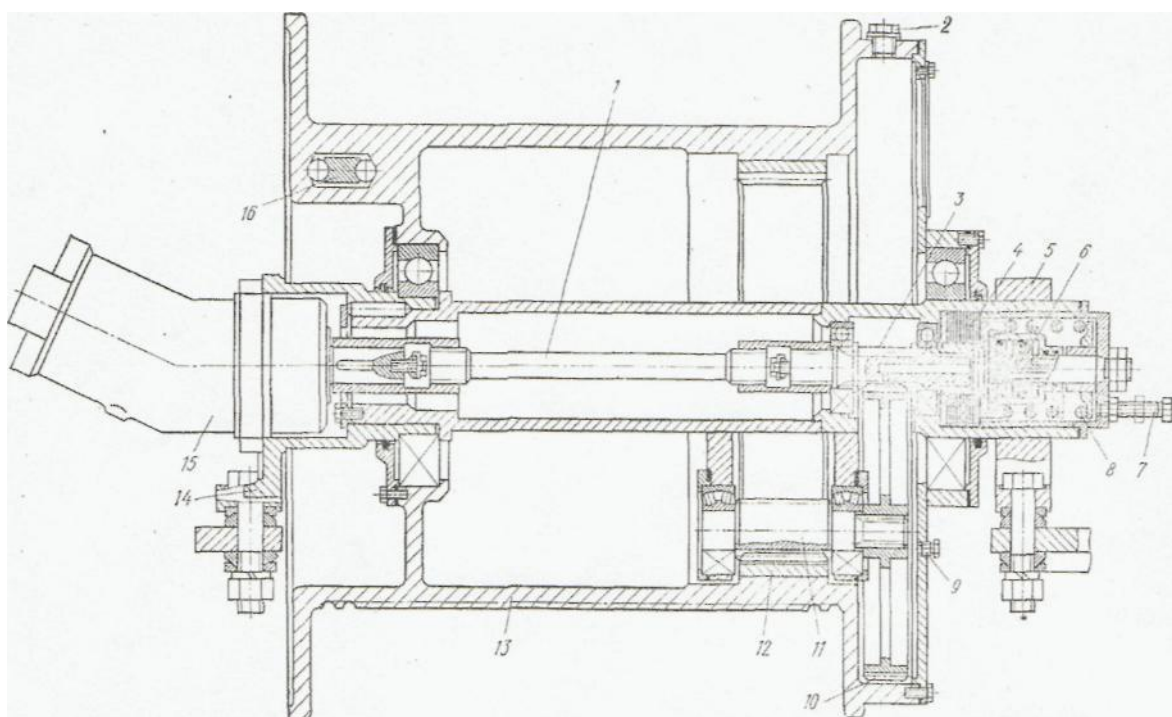


Рисунок 1.4- Вантажна лебідка основного підйому:

1- валу, 2.9 - пробки, 3- вал-шестерня, 4 - гальмо, 5 - кронштейн, 6 - гідроциліндр, 7 - болт, 8 - пружина. 10,11 - шестерня. 12-вінець, 13-барабан,14 - кронштейн. 15 --гідромотор, 16-клапан.

Вантажна лебідка основного підйому обладнана гідравлічним приводом. Лебідка приводиться в дію від гідромотора 210.25 потужністю 60 кВт,

вмонтованого в барабан. Усередині моторредуктора змонтований постійно замкнуте дискове гальмо. Для правильного укладання каната і запобігання сходу головна лебідка забезпечена канатоукладчиком. Навивка каната на барабан чотиришарова.

Початкові дані для розрахунку:

Вага вантажу	$G_{zp} = 1000кН$
Вага обійми крюка з канатом	$G_{кр} = 15кН$
Кратність поліспасти	$a = 12$
Довжина каната	$L_k = 350 м$
Режим роботи	A3

### 1.5.1 Розрахунок і вибір каната.

Найбільше натягнення в канаті:

$$S_{\max} = S_{\max p} = (G_{zp} + G_{но}) \cdot \frac{1 - \eta}{(1 - \eta^a) \cdot \eta_n}, \quad (1.9)$$

$$S_{\max} = (1000 + 15) \cdot \frac{1 - 0.98}{(1 - 0.98^{12}) \cdot 0.985^3} = 101.5кН$$

де  $\eta = 0.98$  – ККД блоку поліспасти на підшипнику кочення;

$\eta_n = 0.985$  – ККД блоку з кутом обхвату  $90^\circ$ ;

$t=3$  - число направляючих блоків.

Необхідне розривне розривне зусилля в канаті визначається з[4] :

$$P_{\max} = k \cdot S_{\max}, \quad (1.10)$$

$$P_{\max} = 5 \cdot 101,5 = 507.5кН$$

где  $k=5$  – коефіцієнт запасу міцності, який приймається в залежності від режиму роботи крана.

По ДСТУ 2688-80 [4] обираємо канат  $d = 31мм$ , с розривним зусиллям

$[P_p] = 515.5 \text{ кН}$ ,  $[\sigma_p] = 1700 \text{ МПа}$ ,  $F = 370 \text{ мм}^2$ ,  $q = 3655 \text{ кг}$ , тип каната ЛК-РО

### 1.5.2 Розрахунок барабану.

Визначений необхідний діаметр барабана з [4]:

$$D_{\sigma} \geq d_k \cdot (l - 1) \quad (1.11)$$

$$D_{\sigma} \geq 31 \cdot (20 - 1) = 589 \text{ мм}$$

де  $d_k = 31 \text{ мм}$  - діаметр прийнятого каната;

$l = 20$  - коефіцієнт, залежний від типу вантажопідйомної машини і режиму її роботи.

Приймаємо діаметр барабана по дну канавки  $D_{\sigma} = 800 \text{ мм}$ . Число шарів навивки  $z = 5$ .

Визначуваний діаметр реборди:

$$D_p = D_{\sigma} + 2 \cdot 4 \cdot d_k + 2 \cdot 2d_k = (1.12)$$

$$D_p = 800 + 2 \cdot 4 \cdot 31 + 2 \cdot 2 \cdot 31 = 1105 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр реборди :  $D_p = 1125 \text{ мм}$

Визначаємо довжину витка каната в першому шарі:

$$C_1 = \pi \cdot (D_{\sigma} + d_k), \quad (1.13)$$

$$C_1 = 3.14 \cdot (0.8 + 0.031) = 2.609 \text{ м}$$

Визначаємо довжину витка каната в другому шарі:

$$C_2 = \pi \cdot (D_{\sigma} + 3d_k), \quad (1.14)$$

$$C_2 = 3.14 \cdot (0.8 + 3 \cdot 0.031) = 2.804 \text{ м}$$

Визначаємо довжину витка каната в третьому шарі:

$$C_3 = \pi \cdot (D_{\sigma} + 5d_k), \quad (1.15)$$

$$C_3 = 3.14 \cdot (0.8 + 5 \cdot 0.031) = 3.0 \text{ м}$$

Визначаємо довжину витка каната в четвертому шарі:

$$C_4 = \pi \cdot (D_{\sigma} + 7d_k), \quad (1.16)$$

$$C_4 = 3.14 \cdot (0.8 + 7 \cdot 0.031) = 3.2 \text{ м}$$

Визначаємо довжину витка каната у п'ятому шарі:

$$C_5 = \pi \cdot (D_{\sigma} + 9d_k), \quad (1.16)$$

$$C_5 = 3.14 \cdot (0.8 + 9 \cdot 0.031) = 3.4 \text{ м}$$

Кількість витків в першому випадку з урахуванням двох запасних  $n_1 = 24$ .

Кількість витків в подальших шарах  $n_5 = n_4 = n_3 = n_2 = 26$ .

Визначаємо довжину каната в першому шарі:

$$l_1 = n_1 \cdot C_1, \quad (1.17)$$

$$l_1 = 24 \cdot 2.609 = 62.6 \text{ м}$$

Визначаємо довжину каната в другому шарі:

$$l_2 = n_2 \cdot C_2, \quad (1.18)$$

$$l_2 = 26 \cdot 2.804 = 72.9 \text{ м}$$

Визначаємо довжину каната в третьому шарі:

$$l_3 = n_3 \cdot C_3, \quad (1.19)$$

$$l_3 = 26 \cdot 3 = 78 \text{ м}$$

Визначаємо довжину каната в четвертому шарі:

$$l_4 = n_4 \cdot C_4, \quad (1.20)$$

$$l_4 = 26 \cdot 3.2 = 83.2 \text{ мм}$$

Визначаємо довжину каната у п'ятому шарі:

$$l_5 = n_5 \cdot C_5, \quad (1.20)$$

$$l_5 = 26 \cdot 3.4 = 88.4 \text{ мм}$$

Визначаємо конструктивну канатоємкість барабана з [4] :

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \quad (1.21)$$

$$L = 62.6 + 72.9 + 78 + 83.2 + 88.4 = 385.1 \text{ м}$$

Швидкість вантажу знаходимо з [4] :

$$V_{zp} = \frac{C_x \cdot n_{\sigma}}{a}, \quad (1.22)$$

де  $n_{\sigma}$  – число обертів барабана при підйомі вантажу

$$n_{\sigma} = \frac{n_{\sigma e}}{u_p} = \frac{1680}{63.16} = 26.60 \text{ об/хв} \quad (1.23)$$

де  $u_p = 63.16$  – передавальне число редуктора.

Визначаємо швидкість вантажу в першому шарі каната

$$V_1 = \frac{2.609 \cdot 26.6}{12 \cdot 60} = 0.088 \text{ м/с}, \quad (1.24)$$

Визначаємо швидкість вантажу в четвертому шарі каната

$$V_5 = \frac{3.4 \cdot 26.6}{12 \cdot 60} = 0.125 \text{ м/с}, \quad (1.25)$$

Визначаємо середню швидкість вантажу

$$V_{cp} = \frac{0.088 + 0.125}{2} = 0.106 \text{ м/с}, \quad (1.26)$$

Необхідна швидкість по ГОСТ 9692-71 на крани стрілові самохідні для кранів вантажопідйомністю 100т складає не менше 0,8 м/с.

Проведемо перевірку стиснення в стінці барабана з [4] :

$$\sigma_{сж} = \frac{\xi \cdot \psi \cdot S_{\max p}}{\delta \cdot t \cdot \left(1 - \frac{\delta}{D_0}\right)}, \quad (1.27)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{2.4 \cdot 0.75 \cdot 101500}{25 \cdot 32 \cdot \left(1 - \frac{25}{800}\right)} = 255.75 \text{ МПа},$$

де  $\xi = 24$  – коефіцієнт, що враховує число шарів навивки з урахуванням ослаблення навитих шарів каната унаслідок його поперечного пружного стиснення;

$\psi = 0.75$  – коефіцієнт, що враховує ослаблене натягнення раніше навитих витків унаслідок стиснення барабана при навиванні подальших витків;

$S_{\max p} = 101500$  – найбільше натягнення в канаті;

$\delta = 25 \text{ мм}$  – товщина стінки барабана;

$t = 32 \text{ мм}$  – крок навивки.

### 1.5.3 Вибір гальма.

Момент на вхідному валу редуктора без урахування ККД в блоках знаходимо з [4]:

$$M_{ex} = \eta_0 \cdot \frac{(G_{cp} + G_{nd}) \cdot (D_0 + 7d_k)}{2a \cdot i_p} \cdot \eta_p \quad (1.28)$$

$$M_{ex} = 0.96 \cdot \frac{(100000 + 1500) \cdot (0.8 + 7 \cdot 0.031)}{2 \cdot 12 \cdot 63.16} \cdot 0.98 = 64.06 \text{ Нм}$$

де  $\eta_0 = 0.98$  – ККД блоків;

$\eta_p = 0,96$  – ККД редуктора;

$i_p = 63.16$  – передавальне число редуктора.

Необхідний гальмовий момент знаходимо:

$$M_T = \kappa \cdot M_{ex} \quad (1.29)$$

$$M_T = 1.5 \cdot 64.06 = 96.09 \text{ Нм},$$

де  $\kappa=1,5$ -коефіцієнт запасу гальмування для механізму підйому при установці одного гальма на вхідному валу.

Встановлено одне гальмо з осьовим стисненням з регулюванням на гальмівний момент  $M_T = 100 \text{ Нм}$ ,

Момент гальмування вибраний із запасом, оскільки фактично наявність зворотного клапана в системі гідромотора може вважатися другим гальмом.

1.5.4 Навантаження що діють на опори барабана від натягнення каната.

Розрахунок вісі барабану(рис. 1.5).

Вісь барабану виготовляють зі сталі 45(ГОСТ1050-74) з преділом міцності  $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$ .

При номінальному вантажу на гаку рівнодіюча від зусиль у вітвях каната знаходиться на відстані 507,5мм від правої опори В.

$$R_A = \frac{S_{\max} \cdot l_B}{l} = \frac{101.5 \cdot 50.75}{101.5} = 50.75 \text{ кН} \quad (1.30)$$

$$R_B = S_{\max} - R_A = 101.5 - 50.75 = 50.75 \text{ кН} \quad (1.31)$$

Зусилля, діючі зі сторони ступиць на вісь:

$$P_D = \frac{S_{\max} (l_C - l_D)}{l_C} = \frac{101.5 \cdot (101.5 - 36.25)}{101.5} = 62.25 \text{ кН} \quad (1.32)$$

$$P_C = S_{\max} - P_D = 101.5 - 62.25 = 39.25 \text{ кН} \quad (1.33)$$

Будуємо епюри вигинаючих моментів і перерізаючих сил:

$$M_C = R_A \cdot a = 50.75 \cdot 0.145 = 7358 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.34)$$

$$M_D = R_D \cdot b = 50.75 \cdot 0.145 = 7358 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (1.35)$$

При відомому згибаючому моменті діаметр вісі приблизно знаходиться по формулі:

$$d = 2.2 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_H}{[\sigma]}} = 2.2 \cdot \sqrt[3]{\frac{7358}{550}} = 56 \text{ мм} \quad (1.36)$$

де  $[\sigma] = 550 \text{ МПа}$  - допускаєме напруження вигину для матеріалу вісі.

Для сталі 45,  $[\sigma] = 550 \text{ МПа}$  приймаємо діаметр 75 мм.

### 1.5.5 Розрахунок кріплення каната.

Прийнята конструкція кріплення канату до барабану притискною планкою, яка має трапецієвидні канавки. Канат тримається від переміщення за допомогою сили тертя, виникаючій від затягнення його між планкою та барабаном болтами.

Натягнення каната перед притискною планкою:

$$S = \frac{S_{\max}}{e^{f \cdot \alpha}} = \frac{101.5}{2.72^{0.15 \cdot 4 \cdot 3.14}} = 13.73 \text{ кН} \quad (1.37)$$

де  $e = 2.72$  - основа натурального логарифму;

$f$  – коефіцієнт тертя між канатом та барабаном ( $f = 0.10 \dots 0.16$ );

$\alpha$  – кут обхвату канатом барабану, приймаємо  $\alpha = 4\pi$

Сумарне зусилля растягнення болтів:

$$P = \frac{2S}{(f + f_1) \cdot (e^{f \cdot \alpha} + 1)} = \frac{2 \cdot 13.73}{(0.15 + 0.233) \cdot (2.72^{0.15 \cdot 4 \cdot 3.14} + 1)} = 8.5 \text{ кН} \quad (1.38)$$

де  $f_1$  – приведений коефіцієнт тертя між планкою і барабаном; при куті клиннця  $2\beta = 80^\circ$

$$f_1 = \frac{f}{\sin \beta} = \frac{0.15}{\sin 40^\circ} = 0.233 \quad (1.39)$$

$\alpha_1$  – кут обхвату барабана канатом при переході від одної канавки планки до іншої.

Сумарне напруження в болті при затяжці кріплення з врахуванням розтягуючи сил і згибаючих зусиль:

$$\sigma_c = \frac{1.3nP}{\pi d_1^2 \cdot \frac{1}{4}} + \frac{nP_u l}{0.1Zd_1^3} = \frac{1.3 \cdot 1.8 \cdot 8.5}{2 \cdot 3.14 \cdot 2.67^2 \cdot \frac{1}{4}} + \frac{1.8 \cdot 1.98 \cdot 2.6}{2 \cdot 0.1 \cdot 2.67^2} = 9.4 \text{ МПа} \quad (1.40)$$

де  $n$  - коефіцієнт запасу надійності кріплення каната до барабану ( $n=1.8$ )

$z=2$  - кількість болтів;

$P_H$  – зусилля згибаюче болти:

$$P_H = P \cdot f_1 = 8.5 \cdot 0.233 = 1.98 \text{ кН} \quad (1.41)$$

$d_1$  – внутрішній діаметр болта М30,40Х ( $\delta_B = 800\text{МПа}$ ;  $\sigma_T = 640\text{МПа}$ .); матеріал гайок – сталь 35ГОСТ1050-80, клас міцності 6 ( $d_1 = 26.7\text{мм}$ ).

### 1.5.6 Розрахунок підвіски гака.

Ісходячи з вантажопідйомності крана та його режиму роботи вибираємо гак №26, та підвіску гака КП-6 [7].

### 1.5.7 Розрахунок діаметру блоку.

Діаметр блоку, що допускається, огинається канатом:

$$D_{\sigma} \geq d_k \cdot l = 31 \cdot 20 = 620 \text{ мм} \quad (1.59)$$

де  $D_{\sigma}$  – діаметр блоку, змінний по середній лінії навитого каната;

$l=20$ - коефіцієнт, залежний від типу вантажопідйомної машини і режиму її роботи.

Прийнятий блок з внутрішнім діаметром по дну канавки  $D_{\sigma} = 660 \text{ мм}$ .

### 1.5.8 Вибір упорного підшипника.

Визначаємо навантаження на підшипник в робочому стані:

$$P_p = Q_p + Q_{кр} = 100000 + 1500 = 101500 \text{ Н} \quad (1.60)$$

У випробувальному випадку:

$$P_u = Q_u + Q_{кр} = 125000 + 1500 = 126500 \text{ Н} \quad (1.61)$$

Вибираємо упорний підшипник однорядний №8226 ГОСТ 6874-78 із статичним навантаженням, що допускається [ $Q_{cm}$ ] = 126800 Н.

Вісь діаметром  $d=0,24\text{м}$ , виконана із сталі 40Х, що покращується до твердості НВ 230.260 з межею текучості  $\sigma_T = 560\text{МПа}$ .

## 1.6 Модернізація стрілового устаткування крана.

Суть модернізації стрілового устаткування полягає в заміні трьохсекційної стріли польського виробництва на чотирьохсекційну стрілу вітчизняного виробництва, що дало позитивний економічний ефект в здешевленні проєктованого крана.

Довжина телескопічної стріли змінюється від 13,7 до 47,7 метрів.

Телескопічна стріла може висуватися і втягуватися з вантажем на крюку, що значно розширює можливості крана на монтажних роботах.

Розрахунок стріли на міцність була виконана за допомогою комп'ютерної програми, розробленої на кафедрі ПТТ, СНУ ім. В. Даля.

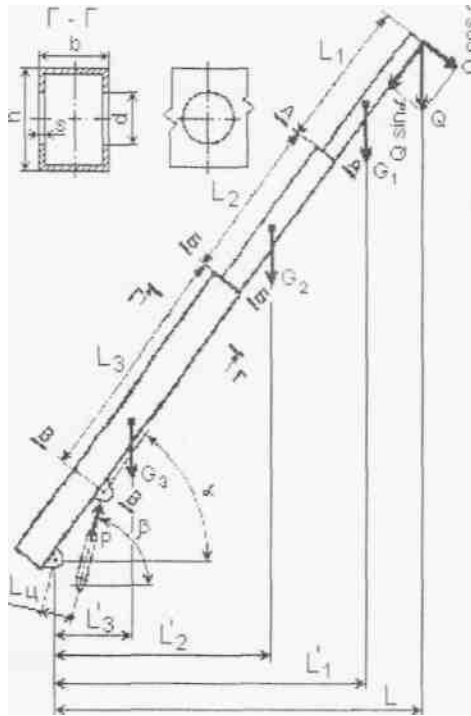


Рисунок 1.6 – Схема до розрахунку телескопічної стріли.

Дані для розрахунку стріли:

Вантажопідйомність	100 т
Загальна довжина стріли	47,7 м
Напруга, що допускається, на вигин	$[\sigma] = 260 \text{ МПа}$
Мінімальний виліт	3,5 м
Матеріал стріли	Сталь 10ХСНД

Таблиця 1.2 – Розміри секцій стріли.

	L, м	h, мм	b, мм	S, мм
1 -а секція	13,7	820	500	15
2-а секція	11,5	780	450	15
3-а секція	11,5	610	400	15
4-а секція	11,5	535	335	10

### Результати розрахунку:

#### 1-а секція:

Найбільший вигинаючий момент  $M = 642868,09 \text{ Нм}$

Найбільша стискаюча сила  $T = 684208,56 \text{ Н}$

Площа поперечного перетину  $F = 26100,00 \text{ мм}^2$

Момент опору вигину  $W = 3017125,00 \text{ мм}^3$

Найбільша сумарна напруга  $\sigma_{\max} = 239.29 \text{ Мпа} \leq [\sigma] = 260 \text{ МПа}$

#### 2-а секція:

Найбільший вигинаючий момент  $M = 1285736,17 \text{ Нм}$

Найбільша стискаюча сила  $T = 684208,56 \text{ Н}$

Площа поперечного перетину  $F = 40400,00 \text{ мм}^2$

Момент опору вигину  $W = 5312666,67 \text{ мм}^3$

Найбільша сумарна напруга  $\sigma_{\max} = 258.95 \text{ Мпа} \leq [\sigma] = 260 \text{ МПа}$

#### 3-а секція:

Найбільший вигинаючий момент  $M = 1928604,26 \text{ Нм}$

Найбільша стискаюча сила  $T = 684208,56 \text{ Н}$

Площа поперечного перетину  $F = 49200,00 \text{ мм}^2$

Момент опору вигину  $W = 8210666,67 \text{ мм}^3$

Найбільша сумарна напруга  $\sigma_{\max} = 248.80 \text{ Мпа} \leq [\sigma] = 260 \text{ МПа}$

#### 4-а секція:

Найбільший вигинаючий момент  $M = 2688357,45 \text{ Нм}$

Найбільша стискаюча сила  $T = 684208,56 \text{ Н}$

Площа поперечного перетину  $F = 52800,00 \text{ мм}^2$

Момент опору вигину  $W = 9389333,33 \text{ мм}^3$

Найбільша сумарна напруга  $\sigma_{\max} = 258.3 \text{ Мпа} \leq [\sigma] = 260 \text{ МПа}$

### 1.7 Розрахунок механізму телескопування стріли.

Стрілове обладнання з жорсткою підвіскою виконують у вигляді телескопічної стріли, яка за допомогою гідравлічних циліндрів і п'яти з'єднується з поворотною платформою.

Телескопічна стріла- зварна коробчаста конструкція з листового чи фасонного прокату, яка складається з основної та двох-чотирьох висувних секцій. Секції висуваються гідроциліндрами при підвішеному на гаку вантажі в межах заданої вантажної характеристики.

До складу трисекційної телескопічної стріли (рис. 1.7) входять секції - основна 4 та висувні 2 і 3. Для їх висування застосовано гідроциліндри, штоки яких закріплені на осях. На основній секції закріплено шток циліндра 5, а на секції 1 - шток циліндра 6.

Гідроциліндри приводяться в дію рідиною, що подається через відводи гідророз-подільника по шлангу, який накручується на барабан. Поршневі порожнини кожного циліндра з'єднані з керованими зворотними клапанами, які запобігають самовтягу-ванню секцій стріли в разі пошкодження гідролінії.

Вантажний канат укладається на блоки 1 стріли та відповідний блок 8, а потім іде на поліспаст і лебідку.

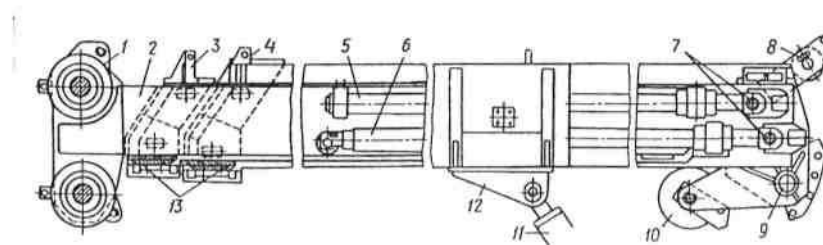


Рисунок 1.7 – Трисекційна телескопічна стріла.

Секції стріли під час висування опираються одна на одну за допомогою опор-повзунів (рис.1.8). Нижні опори-повзуни розміщені в головних частинах основної та висувних секцій, а верхні - у хвостовій частині висувних секцій. За конструкцією опори-повзуни можуть бути нерухомими та рухомими (шарнірними).

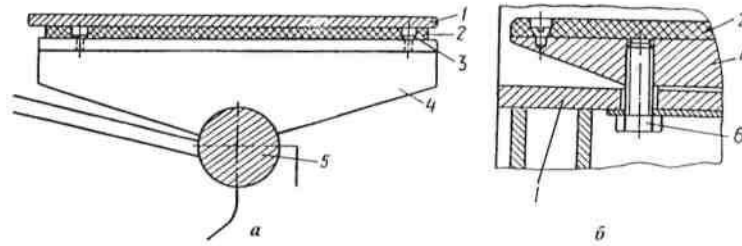


Рисунок 1.8 – Опори повзуни.

а- рухома; б- нерухома; 1- стріла; 2- прокладка; 3- гвинт;

4- корпус; 5- вісь; 6- болт.

Для синхронного переміщення секцій стріли гідроциліндрами застосовують механічні, гідромеханічні та гідравлічні пристрої.

У проектуваному крані використовують гідромеханічний пристрій (рис. 1.9), який працює за таким принципом. Загальний потік рідини від одного насоса паророзподільником синхронізації ділиться на два однакові потоки, спрямовані до гідроциліндрів 5 і 6 висувних секцій 8 і 9 стріли. Робота за такою схемою відбувається при рівномірному висуванні чи втягуванні секцій, що забезпечується незмінною довжиною каната між точкою його закріплення А до секції 9, блоком І, встановлене ним на секції 5, та барабаном-кулачком на секції 7. Барабан-кулачок через ролик утримує золотник гідророзподільника у нейтральному положенні. Завдяки цьому досягається синхронізація рухів. З порушенням синхронізації відстань між точкою А та блоками 1 і 3 може змінюватися внаслідок пересування секцій з різними швидкостями. При цьому канат починає переміщуватися, змотуючись або намотуючись на барабан-кулачок, і повертає його, що викликає відповідне переміщення золотника гідророзподільника від дії барабан-кулачка. Рух золотника супроводжується подачею різного об'єму рідини в гідроциліндри і вирівнюванням ступеня висування секції.

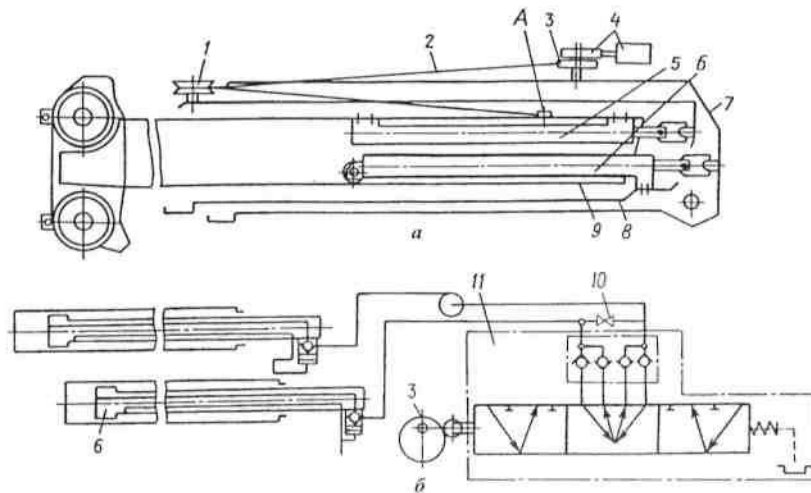


Рисунок 1.9 – Схеми гідромеханічного пристрою синхронізації.

а- загальна; б- кінематична; 1, 3- блоки; 2- канат; 4- барабан-кулачок; 5,6- гідроциліндри; 7...9-секції стріли; 10- вентиль; 11- гідро розподільник.

У гідравлічній системі синхронізації всі три рухомі секції переміщуються трьома гідроциліндрами, потоки рідини до яких надходять від трьох гідронасосів. Вали насосів з'єднані між собою через редуктори. Синхронізація переміщень забезпечується клапанною системою.

Механізм висунення стріли розраховується з [7]. Приймаємо величину вантажу, з яким можливе висунення стріли, рівну мінімальному значенню вантажопідйомності  $Q_{\min} = 9\text{т}$ .

Сила тяжіння висувної секції приймаємо  $G_B = 10\text{кН}$ . Тоді при мінімальному вильоті зусилля висунення:

$$P_B = (Q_{\min} + G_B) \cdot \frac{1}{\cos \alpha_{\min}} = (90 + 10) \cdot \frac{1}{\cos 85^\circ} = 167\text{кН} \quad (1.62)$$

Час висувної частини 20 с. Хід висувної частини  $S=47,7-13,7=30\text{м}$ .

Для висування телескопічної стріли приймаємо гідро циліндр с ходом поршня, равному ходу висувної частини  $S=10\text{м}$  при умові висунення  $P_B = 167\text{кН}$  і часу повного висунення  $t=20\text{с}$ .

Робоча плоскість гідроциліндра безштокова, ущільнення манжетне ( $\eta_m = 0,95, \eta_{об} = 1$ )

Середня швидкість висунення стріли:

$$V = \frac{S}{t} = \frac{10}{20} = 0.5 \text{ м/с.} \quad (1.63)$$

Внутрішній діаметр гідро циліндра:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{P_B}{p \eta_m}} = 1.13 \sqrt{\frac{0,167}{16 \cdot 0,95}} = 0,118 \text{ м} \quad (1.64)$$

Приймаємо [7] гідроциліндр с внутрішнім діаметром 120 мм, тип 1.1-120\*6550,  $P_{\max} = 110 \text{ кН}$ .

Фактичний тиск у робочій площині гідроциліндра:

$$P_p = \frac{4 \cdot P_b}{\pi D^2 \eta_B} = \frac{4 \cdot 0,167}{3,14 \cdot 0,11^2 \cdot 0,95} = 18,5 \text{ МПа.} \quad (1.65)$$

Витрати мастила гідроциліндром:

$$Q_1 = 0.785 \frac{V \cdot D^2}{\eta_{об}} = 0,785 \frac{0,5 \cdot 0,11^2}{1} = 0,005 \text{ м}^3 / \text{с.} \quad (1.66)$$

Потужність, споживана насосом при висуванні секції стріли ( $\Delta P_n = 0,5 \text{ МПа}, \eta_n = 0,9$ ),

$$N_n = \frac{(P_p + \Delta P_n) \cdot Q}{\eta_n} = \frac{(18,5 + 0,5) \cdot 10^3 \cdot 0,05}{0,9} = 105,5 \text{ кВт} \quad (1.67)$$

### 1.8 Розрахунок стійкості крана.

Вільно стоячи кран випробує дію наступних сил: маси крана, маси вантажу, що піднімається, сили вітру, сили інерції, обумовленою величиною маси, що рухається, і швидкістю її руху.

Частина перерахованих сил у першу чергу маса вантажу, що піднімається, прагнуть перекинути кран. Інша частина сил протидіє перекидаючим силам; до таких сил, що відновлюють, відноситься маса крана. Інші сили в залежності від умов роботи крана можуть бути перекидаючими і що відновлюють. Наприклад, вітрове навантаження являє собою перекидаючу, якщо її дія спрямована убік дії вантажу, що піднімається, і, навпаки, що відновлює, якщо напрямок її дії протилежно дії маси вантажу. Аналогічно може бути розглянута дія сили інерції.

Ефект від дії тієї або іншої сили на кран залежить не тільки від її числового значення, але і від крапки додатка. Ніж далі знаходиться сила від ребра

перекидання, тим більше збільшується ефект від дії сили (ребром перекидання називається умовна лінія, що проходить через центр коліс). Величина добутку перекидаючої сили на відстань її від ребра перекидання, тобто на плече, називається перекидаючим моментом, а величина добутку сили, що відновлює, на плече - моментом, що відновлює, (плече являє собою відстань від центра ваги вантажу до ребра перекидання). Звідси випливає, що кут нахилу крана, що впливає на величину переміщення крапки додатка діючої сили, також може збільшувати або зменшувати ефект від дії тієї або іншої сили.

Обов'язковою умовою, що забезпечує стійкість крана, є перевищення суми моментів сил, що відновлюють, на суми моментів перекидаючих сил щодо ребра перекидання.

Відношення суми моментів сил, що відновлюють,  $M_v$  до суми моментів перекидаючих сил  $M_o$  називається коефіцієнтом стійкості:

$$K = \frac{M_v}{M_o} \quad (1.68)$$

У будь-яких несприятливих умовах як у робочому, так і в не робочому стані повинна бути забезпечена стійкість крана. При визначенні стійкості вітрове навантаження й ухил шляху в розрахунках завжди розглядаються як фактори, несприятливі для стійкості крана.

Коефіцієнтом вантажної стійкості крана називається відношення моментом щодо ребра перекидання, створюваного всіма утримуючими від перекидання силами, до моменту, створюваному перекидаючими силами (у тому числі масою вантажу), щодо того ж ребра.

Коефіцієнтом власної стійкості крана називається відношення моменту, створюваного утримуючими силами, до моменту, створюваного перекидаючими силами (у тому числі силою вітру). Вітрове навантаження приймається за ДСТУ 1451-77.

Числові і буквені значення коефіцієнтів вантажної і власної стійкості визначаються згідно «Правилам стійкості і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів».

Користуючись схемою діючих на кран сил і знаючи, які з них є силами

утримуючими, а які перекидаючими, машиніст може самостійно визначити ті умови роботи, що у найбільшій мері сприяють стійкості крана.

Використовую комп'ютерну програму розрахунку стійкості крана УГИК «Краян» м. Одеса, блок-схема якої показана на (рис.1.10), розрахуємо стійкість крана для стріли 47,7 м, гусик 20 м лебідка допоміжного підйому вантажопідйомністю 6,3 т, без опор і дані зведемо в (табл.1.3).

Таблиця 1.3-Розрахунки коефіцієнтів стійкості.

Виліт стріли, м	6,5	9	11	14	17	21
в/п	6	3,5	2,19	1,5	0,699	0,299
вага крана, т	24,448	24,448	24,448	24,448	24,448	24,488
Хк	1,066	0,783	0,579	0,33	0,070	-0,235
Ук	3,918	3,781	3,652	3,452	3,174	2,688
Кут нахилу стріли	67,85	60,606	55,056	47,703	38,937	25,698
Висота оголівка	23,013	21,798	20,659	18,89	16,439	12,145
Реброо прокидування	1,854	1,854	1,854	1,854	1,854	1,854
Швидкість	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Час	3	3	3	3	3	3
Момент восстанов.	71,564	64,616	59,626	53,526	47,153	39,688
Момент інерції	0,085	0,077	0,060	0,051	0,029	0,014
Момент інерції	2,831	2,162	1,833	1,796	1,790	2,714
Момент інерції	2,057	1,569	1,119	0,836	0,397	0,146
w1p1	3,681	2,869	2,232	1,4860,419	0,789	0,184
w2p2	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419	0,419
w3p3	4,132	2,57	2,57	1,141	0,814	0,288
w4p4	0	0	0	0	0	0
Опрокид. момент	27,87	25,007	19,678	16,171	9,411	4,843
Коеф. стійкості	2,002	2,099	2,525	2,709	4,341	7,053
З урахуванням доп. навантажень	2,567	2,563	3,029	3,201	5,010	8,190

## 1.9 Прилади і пристрої безпеки.

Стрілові самохідні крани повинні бути обладнані системою пристроїв і приладів безпеки, що включає обмежувачі, покажчики і пристрої сигналізації. Обмежувачами є пристрої, що автоматично відключають механізми крана в умовах, при яких порушується його безпечна експлуатація. Обмежувачі повинні включатися в ланцюг управління так, щоб була забезпечена можливість руху механізмів у зворотному напрямі для повернення стріловидного устаткування і вантажозахватного органу в безпечне положення.

### 1.9.1 Обмежувачі.

На кранах застосовують наступні обмежувачі: висоти підйому і глибини опускання гака, зміни вильоту, повороту і вантажопідйомності.

Обмежувач висоти підйому гака призначений для автоматичного відключення двигуна вантажної лебідки досягнувши підвіскою крюка крайнього верхнього положення. При цьому повинна бути витримана відстань між підвіскою і стрілою або гуськом 0,2 м. Для кранів з гідравлічним приводом ця відстань не повинна бути менше 0,5 м. [5]

Якщо за умовами експлуатації потрібно опускати крюк нижче за відмітку підстави крана, передбачену паспортом, то обмежувач повинен вимикати лебідку при досягненні крюком нижнього положення, що допускається.

Робота без обмежувача або при несправному обмежувачі може привести до того, що підвіска крюка підніметься до упору в стрілу або гусек і при подальшому русі вантажної лебідки відбудеться обрив каната, деформація конструкції стріли або гуська і перекидання їх і навіть падіння крана.

Обмежувачі висоти підйому крюка в основному виконані в трьох конструктивних рішеннях: важіль, з гнучкою підвіскою важка і кінцевий вимикач типу (обмежувач) шпінделя на вантажній лебідці. [9]

Найбільш поширені обмежувачі типу важеля із гнучкою підвіскою важка.

Обмежувач типу шпінделя складається з кінцевого вимикача, сполученого

шестернею з шестернею валу вантажної лебідки. Кінцевий вимикач обмежувача спрацьовує після повороту валу барабана вантажної лебідки на заздалегідь заданий кут. Такий обмежувач застосовують на крані КС-5363А.

Обмежувач глибини опускання крюка [12] автоматично відключає вантажну лебідку при опусканні крюка на граничну глибину. Обмежувач (рис. 1.11) в крані КС-8471 за допомогою кронштейна кріплять до рами вантажної лебідки; каток 1 за допомогою важеля 2 і пружини тяги б безперервно стикається з вантажним канатом 4, навіваним на барабан 3. При опусканні крюка до моменту, коли на барабані залишається 2...2,5 витка каната, каток під впливом пружини повертається навколо осі, внаслідок чого контакти мікровимикача 5 розмикаються і опускання крюка припиняється.

Обмежувач зміни вильоту [19] (рис. 1.12) призначений для автоматичного відключення двигуна стріловидної лебідки досягши нижнього і верхнього робочих положень стріли. Полягає обмежувач з кінцевих вимикачів 1, закріплених на порталі 4, і лінійки (важеля), що вимикає, 2, жорстко сполученою з підставою 3 стріли. При підході стріли до крайнього положення лінійка стикається з важелем вимикача, відводить важіль і тим самим розмикає електроланцюг стріловидної лебідки. При монтажі і демонтажі крана і зміні стріловидного устаткування для можливості опускання стріли нижче за її робоче положення на крані передбачено шунтування пристрою, що вимикає, при виконанні вказаної операції.

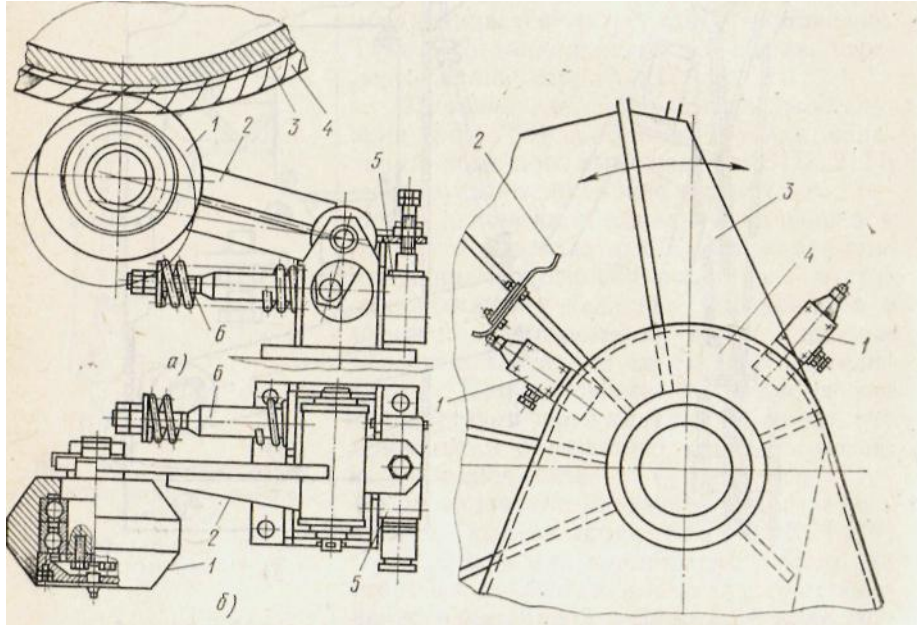


Рисунок 1.11 -Обмежувач глибини  
опускання крюка:

*a*- загальний вигляд. *б* -каток; 1-  
катка, 2- рычаг, 3- барабан, 4- каната, 5-  
кінцевий мікрвимикач, *б*- тяга  
пружиною і регулювальними гайками

Рисунок 1.12-Обмежувач зміни  
вильоту стріли:

1- кінцеві вимикачі, 2- лінійка  
(важіль), що вимикає, 3- підстави

Обмежувачі відзакідання [12] використовують для збереження стійкого положення стрілоподібного устаткування. Вони включаються в дію при роботі стрілоподібних кранів на мінімальних вильотах, коли стріла або гусек під впливом інерційних зусиль і вітру можуть закинутися і впасти на поворотну платформу. Обмежувачі бувають жорсткими (телескопічними) і гнучкими з канатною тягою.

Обмежувач повороту [17] використовують на деяких колісних кранах, де робота без виносних опор вирішується тільки при певному вугіллі повороту. Так, наприклад, в крані КС-6471 цей кут встановлений  $\pm 90^\circ$  від подовжньої осі назад.

Обмежувач повороту (рис. 1.13) складається з кінцевого вимикача 4, який закріплений за допомогою кронштейна на поворотній платформі 3, і двох лінійок, що вимикають, 2, встановлюваних на неповоротній частині 1 крана на певній відстані від поперечної осі.

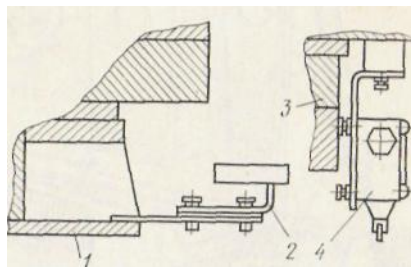


Рисунок 1.13- Обмежувач повороту

1-неповоротная частина, 2-выключающая лінійка, 3- поворотна платформа, 4-конечный вимикач.

Обмежувач вантажопідйомності [19] забезпечує безпеку роботи на крані, попереджаючи його перекидання. Обмежувач автоматично відключає вантажну лебідку при перевищенні вантажопідйомності (вантажного моменту) крана, що допускається. Обмежувачі настроюють на задану вантажну характеристику, відповідну певному виду стріловидного устаткування. При зміні даного устаткування їх настроюють на роботу відповідно до нової характеристики. Обмежувач вантажопідйомності відключає двигун вантажної лебідки при підйомі вантажу, маса якого перевищує номінальну вантажопідйомність крана на даному вильоті більш ніж на 10%. На кранах застосовують електричні, електромеханічні, електрогідравлічні обмежувачі.

Показчики вантажопідйомності і нахилу крана [12]

Показчик вантажопідйомності (рис. 1.14) дозволяє машиністові і стропальникам визначати величину вантажу на даному вильоті. Полягає показчик із стрілки 2, шарнірно підвішеною на осі 1 до стріли 4, і шкали 3. Шкала градуйована по вантажопідйомності. Іноді указують також виліт крюка. Для пневмоколісних кранів вантажопідйомність, що допускається, указують при роботі на виносних опорах і без них.

Завдяки шарнірному з'єднанню стрільця під дією сили тяжіння завжди займає вертикальне положення незалежно від кута нахилу стріли крана.

На кранах із змінними стрілами різної довжини і, отже, різних вантажних характеристик застосовують декілька шкал, кількість яких відповідає

типоразмерам стріл.

Показчик нахилу (кренометр)[12] показує кут нахилу крана до горизонталі. На стріловидних кранах застосовують показчики нахилу рідинного типу і автоматичний показчик-сигналізатор.

Показчиком нахилу рідинного типу (рис. 1.15) є герметичний корпус 3, на скляній кришці 1 якого нанесена шкала 5 у вигляді концентричних кіл. У корпус залито приладове масло, на поверхні якого утворена повітряна бульбашка. При установці на кран показчика його регулюють за допомогою шайб так, щоб повітряна бульбашка розміщувалася в центрі шкали. Показчик встановлюють в кабіні машиніста. Крім того, на пневмоколісних кранах і на кранах на спецшасі автомобільного типу з гідроопорами показчик нахилу вмонтовують також у пульта управління опорами на ходовій частині крана.

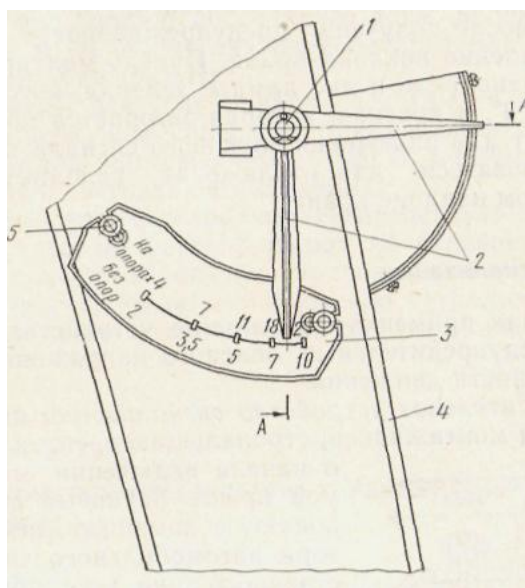


Рисунок 1.14-Показчик вантажопідйомності

1 — кришка, 2 — ампула рівня, 3 — корпус, 4 — приладове масло, 5 — шкала; цифрами 1—6 на шкалі показаний ступінь нахилу крана.

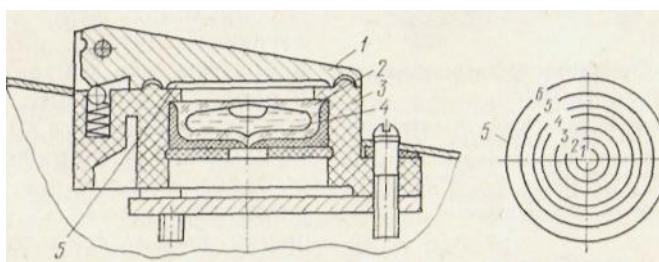


Рисунок 1.15-Показчик нахилу рідинного типу:

Електричний обмежувач вантажопідйомності ОГБ-4 (рис.1.16) застосовують в кранах на спецшасі автомобільного типу з гідроприводом і телескопічними стрілами. Полягає обмежувач з блоку управління 1, перетворювачів зусилля 2, 3, перетворювачів 4, 5, 6 кутового положення стріли, перетворювача 7 довжин стріли і панелі управління 8. Принцип дії обмежувача заснований на порівнянні сигналів фактичного навантаження від маси вантажу, що піднімається, маси стріли, сили вітру і навантаження, що допускається, на кран. Сигнал фактичного навантаження виробляється перетворювачами 2, 3, сигнал навантаження, що допускається, — перетворювачами 4—7. Сигнали від перетворювачів подаються в блок управління і автоматично відключають відповідні виконавчі механізми у разі перевищення фактичних навантажень в порівнянні з тими, що допускаються.

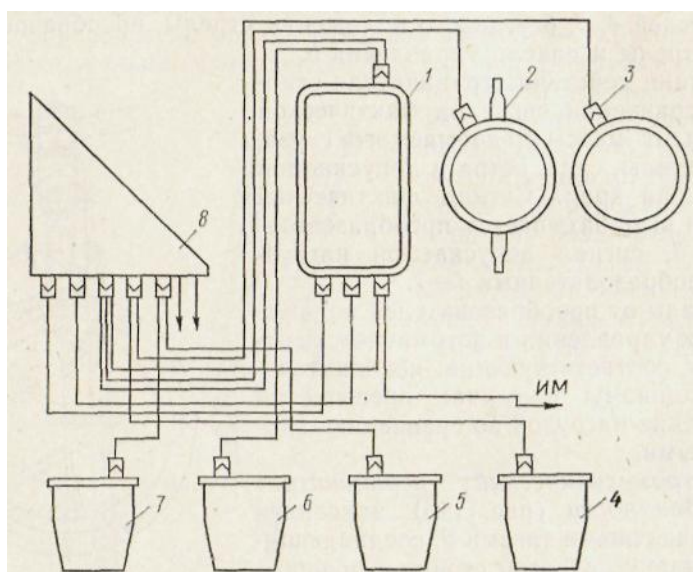


Рисунок 1.16 Обмежувач вантажопідйомності ОГБ-4:

1 — блоку управління, 2, 3 — перетворювачі зусилля, 4—6 — перетворювачі кутового положення стріли, 7 — перетворювача довжини стріли, 8 — панель управління

Автоматичний показчик-сигналізатор *СКМ-3* складається з перетворювача нахилу, що розміщується в герметичному корпусі, і панелі з сигнальними лампами. Перетворювач встановлюють в кабіні. На кришці перетворювача знаходиться круговий рівень, за допомогою якого після отримання застережливого сигналу встановлюють напрям нахилу крана. Панель-

монтують на пульті. На ній поміщено реле і дві лампи: зелена, яка горить при вугіллі нахилу  $3^\circ$ , і червона, яка спалахує при більшому вугіллі. Реле служить для включення звукового сигналу і може одночасно використовуватися для відключення виконавчих механізмів при небезпечному нахилі крана.

### 1.9.2 Пристрої сигналізації

На стріловидних кранах застосовують різні пристрої сигналізації: звукові попереджувальні, небезпечної напруги, вітрового захисту, безпеки руху.

Звуковий попереджувальний пристрій сигналізації призначений для сповіщення монтажників, стропальників, сигнальника

про початок включення механізмів крана. Звукові сигнали подають за допомогою сигналізатора автомобільного типу постійного струму (рис.1.17). Полягає сигналізатор з електромагніту 7, вібратора з контактами, 2, мембрани 11 і конденсатора 8. Включають сигнал кнопкою 9, розташованою на пульті управління в кабіні. При замиканні ланцюга кнопкою, струм від батареї послідовно проходить через обмотку електромагніту 7, пластину 5 вібратора, його контакти 1 і 2 і дріт 6 до батареї. Магнітне поле сердечника притягає якорь 10 із стрижнем, який впливає на важіль і розмикає контакти. Переміщення якоря супроводжується вигинанням мембрани, з якою він пов'язаний. Розривши ланцюги приводить якорь в первинне положення завдяки пружності мембрани, і контакти знову замикаються [5,9].

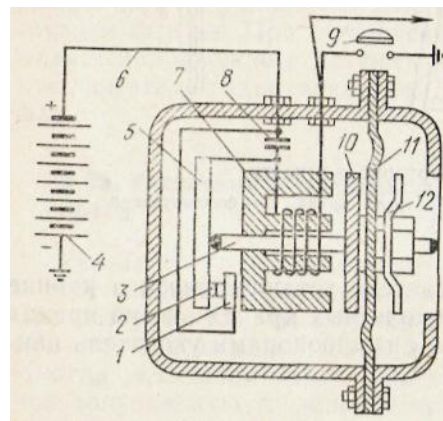


Рисунок 1.17- Сигналізатора автомобільного типу

1, 2— контактів вібратора, 3— стрижня мембрани, 4— акумуляторна батарея, 5— пластики вібратора, 6— дроту до батареї, 7— електромагніту,

8— конденсатора, 9— кнопки сигналу, 10— якоря, 11— мембрани, 12— резонатора.

Після цього процес повторюється, що приводить до коливань частоти якоря разом з мембраною і викликає звуковий сигнал.

Сигналізатором небезпечної напруги є автоматичний прилад, що включає звуковий сигнал при наближенні стріли крана до проводів електричної мережі або лінії електропередачі.

Прилад типу УАС-1 складається з антени, що встановлюється на головці стріли, підсилювально-виконавчого блоку і блоку сигналізації. Прилад постійного струму отримує живлення напругою 12 У від акумуляторної батареї або від мережі через трансформатор і випрямляч.

Принцип дії приладу заснований на наведенні в системі електрорушійної сили при наближенні стріли до лінії, що знаходиться під напругою до 380 В, внаслідок чого включається звукова і світлова сигналізація [5,9].

Пристроєм вітрового захисту є прилад (анемометр), який встановлюють на стріловидних кранах з подовженими стрілами і баштово-стріловидним устаткуванням. Анемометр автоматично включає звукову сигналізацію досягши швидкості вітру, вище за яку робота крана не допускається.

## Висновки по розділу

У розділі розрахунково-конструкторська частина для проектованого крана були розглянуті наступні питання:

- Призначення й область застосування крана.
- Визначення лінійних та вагових параметрів крана.
- Розрахунок і побудова висотних і вантажних характеристик крана.
- Розрахунок об'ємного гідроприводу.
- Розрахунок вантажної лебідки.
- Розрахунок стійкості крана.
- Розрахунок механізму телескопування стріли.

У спецчастині було розглянуто питання модернізації стріли крана. Також були розглянуті прилади та пристрої безпеки на крані, для його безпечної експлуатації.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

### 2.1 Призначення і конструкція.

Ступиці служать для передачі моменту, що крутить, на вали механізмів. Залежно від конкретного призначення конструкція їх різна, але основні елементи залишаються незмінними і визначають собою технологічні завдання виготовлення.

Для установки на валу ступиця має циліндровий або конічний посадочний отвір з пазом шпони. Ступиці приєднують до зубчатих муфт, встановлюють на валах без муфт або сполучають з пальцевими муфтами, для чого в торцевих поверхнях передбачені виточки і декілька отворів, розташованих по колу.

Для процесу гальмування дуже важлива врівноваженість шківів. Тому з метою усунення незбалансованих мас ступиці обробляють повністю, тобто навіть неробочі поверхні (внутрішню поверхню обода, зовнішню поверхню ступиці і перехідну внутрішню торцеву поверхню). Понизити трудомісткість обробки можна за умови різкого підвищення якості лиття.

Зовнішню поверхню ступиці для підвищення терміну служби піддають поверхневому гарту на глибину 3—5 мм до твердості *HRC* 38...52 і шліфують із забезпеченням жорсткості поверхні 1,25 мкм при обробці по 11-у класу. Посадочний отвір виконують по 7-у класу при чистоті поверхні 6-го класу. Повинна бути дотримана співісна зовнішньої поверхні з посадочним отвором (радіальне биття не більше 0,05 мм), торцеве биття ступиці не більше 0,02 мм на 100 мм радіусу [3].

Отвори в ступицях для з'єднання із зубчатими муфтами на чистих болтах обробляють по 7—9-у класам при високій точності розташування;

отвори для з'єднання з пальцевими муфтами обробляють по 11-у квалітету.

Розмірний ряд гальмівних шківів визначається зовнішнім діаметром (200—300—400—500—600 і 800 мм), а також діаметром розташування отворів для з'єднання із зубчатою або пальцевою муфтами [3].

Ступиці виготовляють переважно із сталі 45. литвом в піщану форму, без отвору. Все відливання розміщується в нижній опоці, вниз порожниною, яка утворюється одним кільцевим стрижнем. Площина роз'єму форми співпадає з торцевою площиною шківа. Сталеve відливання має масивний прибуток, і її на ряду заводів видаляють на фрезерному верстаті в заготовчому цеху [2].

## 2.2 Визначення типу виробництва.

Залежно від виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу всі різноманітні виробництва діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове [6].

Одиничне виробництво характеризується широтою номенклатури виробів, що виготовляються або ремонтваних, і малим об'ємом випуску виробів.

Масове виробництво характеризується вузькою номенклатурою і великим об'ємом випуску виробів, що безперервно виготовляються або ремонтваних протягом тривалого часу.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтваних партіями, що періодично повторюються, і порівняно великим об'ємом випуску.

Визначаємо величину такту випуску:

$$t_e = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \quad (2.1)$$

де  $F_d = 1 \cdot 2070$  - однозмінному режимі роботи підприємства;

$N$  - річна програма випуску деталей:

$$N = N_1 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right), \quad (2.2)$$

де  $N_1 = 110 \text{шт.}$  - річна програма випуску виробів;

$m = 1$  - кількість деталей даного найменування на виріб;

$\beta = 20\%$  - кількість деталей, які необхідно виготовити як запасних частин.

Маємо:

$$N = 110 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 132 \text{шт.}$$

$$t_g = \frac{1 \cdot 2070 \cdot 60}{132} = 940 \frac{\text{мин}}{\text{шт}}. \quad (2.3)$$

Визначимо вид виробництва залежно від коефіцієнта серійності:

$$K_c = \frac{t_g}{T_{шт}} = \frac{940}{25,26} = 37,2; \quad (2.4)$$

де  $T_{шт} = T_{маш} \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 21.052 = 25.2624 \text{ мин}$  - штучний час; (2.5)

$$\begin{aligned} T_{маш} &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12} + T_{13} + T_{14} = \\ &= 7.62 + 2.29 + 1.39 + 4.48 + 0.71 + 0.052 + 1.67 + 1.63 + 0,21 + 0,30 + 0,7 = 21.052 \text{ мин}; \end{aligned}$$

де  $T_1 = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 270 \cdot 232 = 7,62 \text{ мин}$ ; (2.6)

$$T_2 = 0,0001 \cdot d \cdot l = 0,0001 \cdot 270 \cdot 232 = 4.48 \text{ мин};$$

$$T_3 = 0,00031 \cdot d \cdot l = 0,00031 \cdot 175 \cdot 70 = 2.29 \text{ мин};$$

$$T_4 = 0,00018 \cdot d \cdot l = 0,00018 \cdot 177 \cdot 70 = 1.39 \text{ мин};$$

$$T_5 = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 51 \cdot 82 = 0,71 \text{ мин};$$

$$T_6 = 0,0004 \cdot l = 0,0004 \cdot 148 = 0,058 \text{ мин};$$

$$T_7 = 0,0004 \cdot d \cdot l = 0,0004 \cdot 82 \cdot 51 = 1.67 \text{ мин};$$

$$T_8 = 0,00017 \cdot d \cdot l = 0,00017 \cdot 120 \cdot 80 = 1.63 \text{ мин};$$

$$T_9 = 0,00063 \cdot (D^2 - d^2) = 0,00063 \cdot (84^2 - 82^2) = 0.21 \text{ мин};$$

$$T_{10} = 0,00063 \cdot (D^2 - d^2) = 0,00063 \cdot (122^2 - 120^2) = 0.30 \text{ мин}.$$

$$T_{11} = 0,00063 \cdot (D^2 - d^2) = 0,00063 \cdot (277^2 - 275^2) = 0.7 \text{ мин}$$

$$T_{12} = 0,00063 \cdot (D^2) \cdot I = 0,00063 \cdot (132^2) \cdot 35 = 0,9 \text{ мин}$$

$$T_{13} = 0,0001 \cdot d \cdot l = 0,0001 \cdot 20 \cdot 25 = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_{14} = 0,0001 \cdot d \cdot l = 0,0001 \cdot 12 \cdot 35 = 0,3 \text{ мин}$$

Таким чином, ми отримали коефіцієнт серійності більше 20, і таким чином визначили вид виробництва – дрібносерійне, або одиничне.

### 2.3 Вибір заготовки.

При виборі заготовки для заданої деталі призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови на виготовлення. У міру ускладнення конфігурації заготовки, зменшення напуску і припусків, підвищення точності розмірів і параметрів розташування поверхонь ускладнюється і дорожчає технологічне оснащення заготовчого цеху і зростає собівартість заготовки, але при цьому знижується трудомісткість і собівартість подальшої механічної обробки заготовки, підвищується коефіцієнт використання матеріалу. Заготовки простій конфігурації дешевші, оскільки не вимагають при виготовленні складного і дорогого технологічного оснащення, проте такі заготовки вимагають подальшої трудомісткої обробки і підвищеної витрати матеріалу [7].

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготовки по калькуляції заготовчого цеху і собівартості її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості по кресленню. Вибір заготовки пов'язаний з конкретним техніко-економічним розрахунком собівартості готової деталі, що виконується для заданого об'єму річного випуску з урахуванням інших умов виробництва. При проектуванні технологічного процесу механічної обробки для конструктивно складних деталей важливо мати дані про конфігурацію і розміри заготовки і, зокрема, — про наявність в заготовці отворів, порожнин, поглиблень, виступів [14].

Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами і розмірами деталі і програмою випуску.

У виробництві, що діє, враховуються можливості заготовчих цехів (наявність відповідного устаткування); роблять вплив планові терміни підготовки виробництва (проектні роботи, виготовлення штампів, моделей, прес-форм).

При виборі технологічних методів і процесів отримання заготовок

враховуються прогресивні тенденції розвитку технології машинобудування. Рішення задачі формоутворення деталей доцільно перенести на заготовчу стадію і тим самим понизити витрату матеріалу, зменшити частку витрат на механічну обробку в собівартості готової деталі.

Для цього необхідно в конструкції заготівки і технології її виготовлення передбачити можливість економії праці і матеріалів шляхом застосування штампованих, штампосварних, штамполитих заготовок, а також застосування автоматизованих технологічних процесів.

Найлегше піддаються автоматизації безперервні процеси виробництва заготовок — литво профілів, прокату, зварка, штампування.

Прогресивними є зварно-литі заготовки. Застосовувати їх найдоцільніше, коли при виготовленні суцільнолитої заготівки спостерігається великий ливарний брак із-за нетехнологічності конструкції, коли лише окремі частини заготовки, що працюють в особливо скрутних умовах, вимагають застосування дорожчих металів або складної обробки. Зварні заготовки слід використовувати при конструкції деталі з виступаючими частинами, коли для її виготовлення потрібні великогабаритна форма, багато формувальних матеріалів і великі витрати робочого часу в ливарному цеху [13].

При великих масах і габаритах для транспортування заготівку ділять на декілька частин.

Особливо важливо правильно вибрати заготівку і призначити оптимальні умови її виготовлення в автоматизованому виробництві, коли обробка ведеться на автоматах, автоматизованих гнучких і автоматичних лініях, керованих ЧПУ, мікропроцесорами і мікро ЕОМ.

Заготовки, що поступають на обробку, повинні відповідати затвердженим технічним умовам. Тому заготовки піддають технічному контролю по відповідній інструкції, що встановлює метод контролю, періодичність, кількість заготовок, що перевіряються, у відсотках до випуску і так далі. Перевірці піддають хімічний склад і механічні властивості матеріалу, структуру, наявність внутрішніх дефектів, розміри, масу заготівки.

У заготовок складної конфігурації з отворами і внутрішніми порожнинами (типу корпусних деталей ) в заготовчому цеху перевіряють розміри і розташування поверхонь. Для цього заготівку встановлюють на верстаті, використовуючи її технологічні бази, імітуючи схему установки, прийняту для першої операції обробки. Відхилення розмірів і форми поверхонь заготівки повинні відповідати вимогам креслення заготівки. Заготовки повинні бути виконані з матеріалу, вказаного на кресленні, володіти відповідними йому механічними властивостями, не повинні мати внутрішніх дефектів (для відливань - рихлість, раковини, сторонні включення: для поковок — пористість і розшарування, тріщини по шлакових включеннях, «шиферний» злам, крупнозернистість, шлакові включення; для зварних конструкцій — непроварення, пористість металу шва, шлакові включення)[6, 20].

Дефекти, що впливають на міцність і товарний вид заготівки, підлягають виправленню. У технічних умовах повинні бути вказані вид дефекту, його кількісна характеристика і способи виправлення (вирубка, заварка, просочення складами, правка).

Поверхні відливань повинні бути чистими і не повинні мати пригарів, спаїв, викривлянь, полон, намивань і механічних пошкоджень. Заготівка повинна бути очищена або обрубана, місця підведення системи літника, затоки, задирки і інші дефекти повинні бути зачищені, видалена окалина. Особливо ретельному очищенню повинні піддаватися порожнини відливань. Необроблювані зовнішні поверхні заготовок при перевірці по лінійці не повинні мати відхилення від прямолінійності більше заданого (не більше 0,5 мм на 1 мм довжини). Заготовки, у яких відхилення від прямолінійності осі (кривизна) впливає на якість і точність роботи машини, підлягають обов'язковому природному або штучному старінню по технологічному процесу, що забезпечує зняття внутрішньої напруги, і правці [7].

Відмічені на кресленні заготівки бази для механічної обробки (рис.2.1) повинні служити початковими базами при виготовленні і перевірці технологічного оснащення (моделей, стрижнів). Вони повинні бути чистими і

гладкими, без задирок, залишків літників, прибутків, випоровши і ливарних і штампувальних ухилів. Бази повинні утворюватися по можливості моделлю і знаходитися в одній опоці, щоб виключити вплив зсуву і перекосу опок і стрижнів. Якщо за базу приймають отвір, що отримується за допомогою стрижня, то повинні бути прийняті додаткові заходи для забезпечення точності розташування осі отвору [9].

Перед відправкою споживачеві відливання ґрунтують з метою захисту їх поверхні від корозії. Тривалість захисної дії ґрунтовки залежить від умов зберігання відливань і коливається від 25—30 днів (зберігання в приміщенні складу) до 5-15 днів (зберігання на відкритих майданчиках). Заготовки повинні мати клеймо ОТК, номер плавки і марку матеріалу[15].

Заготовки відповідальних деталей супроводжуються сертифікатом, що засвідчує відповідність їх якості вимогам стандартів, що діють, а у разі їх відсутності – вимогам технічних умов.

Як початкова заготівка для маточини беремо відливання (литво в піщані форми).(рис. 2.2). По максимальному діаметру деталі вибираємо діаметр відливання. Приймаємо відливання діаметром 277 мм Гост3212-80. Перевіримо правильність вибору діаметру відливання[17].

Діаметр заготівки визначуваний з максимального (чорнове точіння) діаметру маточини.

$$d_3 = d_{\max} + 2Z_0 = 270 + 7 = 277 \text{ мм} \quad (2.7)$$

Висоту заготівки визначаємо з максимальної (чорнове точіння) висоти маточини.

$$h_3 = h_{\max} + 2Z_0 = 225 + 7 = 232 \text{ мм} \quad (2.8)$$

де  $2Z_0 = 7 \text{ мм}$  - загальний припуск на обробку.

Визначаємо масу заготівки:

$$m_3 = 12,9 / 0,8 = 16,12 (\text{кг}), \quad (2.9)$$

де  $m_0 = 12,9 \text{ кг}$  - маса однієї деталі.

Визначуваний коефіцієнт використання металу:

$$K_{и.м.} = \frac{m_d}{m_3} = \frac{12,9}{16,12} = 0,8. \quad (2.10)$$

## 2.4 Маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі.

Розробка технологічних процесів (ТП) входить основним розділом в технологічну підготовку виробництва і виконується на основі принципів «Єдиної системи технологічної підготовки виробництва» (ГОСТ 14.001-73).

ГОСТ 14.301 — 83 цих системи встановлює види і загальні правила розробки технологічних процесів, початкову інформацію і перелік галузевим стандартам, облік прийнятих перспективних розробок. До довідкової інформації відносяться досвід виготовлення аналогічних виробів, методичні матеріали і нормативи, результати наукових досліджень.

Для розробки технологічного процесу обробки деталі потрібно заздалегідь вивчити її конструкцію і функції, що виконуються у вузлі, механізмі, машині, проаналізувати технологічність конструкції і проконтролювати креслення. Робоче креслення деталі повинне мати всі дані, необхідні для вичерпного і однозначного розуміння при виготовленні і контролі деталі, і відповідати стандартам, що діють.

Технологічність конструкції деталі аналізують з урахуванням умов її виробництва, розглядаючи особливості конструкції і вимоги якості як технологічні завдання виготовлення. Виявляють можливі труднощі забезпечення параметрів шорсткості поверхні, розмірів, форм і розташування поверхонь, роблять ув'язку з можливостями методів остаточної обробки, можливостями устаткування і метрологічних засобів. Звертають увагу на конфігурацію і розмірні співвідношення деталі, встановлюють обґрунтованість вимог точності, виявляють можливість тих або інших змін, що не впливають на параметри якості деталі, але що полегшують виготовлення її, відкривають можливості застосування високопродуктивних технологічних методів і режимів обробки[20].

Розміри елементарних поверхонь деталей (ширина канавок і пазів, різьблення, фасок і т. п.) повинні бути уніфіковані. Обмеження при проектуванні можуть виникнути, наприклад, у разі дуже близького

розташування осей отворів у деталі, неможливості крізного проходу інструменту.

Аналізують спеціальні технічні вимоги (балансування, підгонку по масі, термічну обробку, покриття і т. п.), передбачають умови їх виконання в технологічному процесі і місце перевірки. Зміни затверджують в установленому порядку і вносять (відділ головного конструктора) в робочі креслення і технічні вимоги на виготовлення.

Для кількісної оцінки технологічності конструкції застосовують показники, передбачені ГОСТ14.202—73. Показники, що характеризують трудомісткість, матеріаломісткість, уніфікацію конструкцій елементів деталі, вимоги до точності виготовлення, дають конкретні уявлення при порівнянні з аналогічними деталями, прийнятими як базові[9].

Заготівку вибирають виходячи з мінімальної собівартості готової деталі для заданого річного випуску. Чим більше форма і розміри заготівки наближаються до форми і розмірів готової деталі, тим дорожче вона у виготовленні, але тим простіше і дешевше за неї подальша механічна обробка і менше витрата матеріалу. Завдання вирішується на основі мінімізації сумарних витрат засобів на виготовлення заготівки і її подальшу обробку.

При виборі заготівки слід враховувати, що керівним положенням про економію матеріалів, створенні безвідходної і маловідхідної технології і інтенсифікації технологічних процесів в машинобудуванні відповідає тенденція використання точнішої і складнішої заготівки. Для таких заготовок потрібне дорожче технологічне оснащення в заготовчому цеху (складні штампи або комплекти модельного оснащення), витрати на яку можуть виправдати себе лише при достатньо великому об'ємі річного випуску заготовок. Для того, щоб застосувати точні горячештаповані заготовки в серійному виробництві, при технологічній підготовці виробництва передбачають застосування однієї групової (комплексною) заготівки для декількох близьких по конфігурації і розмірам деталей. Таким чином, в результаті підсумовування випуску всіх деталей групи збільшується об'єм

річного випуску заготовок, і стає економічно доцільним застосовувати складні штамповані заготовки замість прокату. Розміри, припуски на обробку і механічні властивості матеріалу заготовок, що поступають на обробку, повинні відповідати величинам, прийнятим при проектуванні і викладеним в затверджених технічних умовах [15].

Стабільність характеристик якості заготовок істотно впливає на протікання технологічних процесів. У автоматизованому виробництві при цьому створюються умови для здійснення статистично керованого технологічного процесу (ГОСТ 15895-77), що забезпечує отримання деталей із заданими параметрами якості при мінімальних витратах часу на регулювання ходу технологічного процесу.

Застосування прогресивних заготовок із стабільними характеристиками якості є важливою умовою організації гнучкого автоматизованого виробництва, що вимагає швидкої переналадки устаткування і оснащення.

При низькій точності розмірів заготівки, збільшених припусках, великих коливаннях твердості матеріалу, поганому стані необроблених баз порушується безвідмовність роботи пристосувань, погіршуються умови роботи інструментів, знижується точність обробки, зростають прості устаткування.

Вибір заготівки після відповідають техніко-економічних обґрунтувань оформляють призначенням класу точності по відповідному ГОСТу на заготовки і вказівкою на кресленні заготівки технологічних баз. Після визначення припусків на обробку на креслення заготівки наносять загальні припуски і позначають отвори, які утворюються в результаті обробки, а в заготівці відсутні.

Маршрутну технологію розробляють, вибираючи технологічні бази і схеми базування для всього технологічного процесу. Вибирають дві системи баз — основні бази і чорні бази, використовувані для базування при обробці основних баз.

Всю механічну обробку розподіляють по операціях і, таким чином,

виявляють послідовність виконання операцій і їх число; для кожної операції вибирають устаткування і визначають конструктивну схему пристосування. У потоковому виробництві на даній стадії проектували тривалість виконання операцій розміряють з раніше розрахованим тактом випуску (синхронізація операцій по такту буде проведена при розробці операційної технології).

На перших одній - двох операціях при базуванні по чорних базах обробляють основні технологічні бази. Потім виконують операції формоутворення деталі до стадії чистової обробки (точність 7 — 9-го

квалитета). Далі здійснюють операції парної обробки на раніше оброблених поверхнях (фрезерують канавки і лиски, нарізують різьблення і зуби, свердлять отвори і т. д.). Потім виконують обробку основних, найбільш відповідальних поверхонь (точність 7-го квалитета); при необхідності за цим слідує додаткова обробка найвідповідальніших поверхонь з точністю 6 — 7-го квалитета і параметром шорсткості поверхні  $Ra = 0,32$  мкм і менш[20].

Побудова маршрутної технології багато в чому залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі і вимог точності, що пред'являються до її основних, найбільш відповідальних поверхонь. Для основних поверхонь з урахуванням точності вибраної заготовки і досяжних коефіцієнтів уточнення при обробці, вибирають методи обробки, призначають число і послідовність виконуваних переходів, визначають зміст операцій. Місце обробки менш відповідальних поверхонь визначається конкретними умовами і не є принципово важливим. Якщо обробку цих поверхонь по розташуванню і видам вживаних інструментів можна вписати в основні операції, то її включають до складу цих операцій як переходи, що виконуються на чорновій і чистовій стадіях обробки.

Ділення всього об'єму обробки на операції, вибір устаткування, формування операцій за змістом залежать також від умов виробництва. У потоковому виробництві штучний час будь-якої операції повинен відповідати такту

випуску, а для цього в деяких випадках потрібно застосовувати спеціальні пристосування, інструментальні наладки і верстати. При обробці на універсальних верстатах прагнуть до повнішого використання їх можливостей. Найбільш точні верстати використовують для чистової і обробної обробки, що виділяється в окремі операції. Щоб уникнути трудомістких переустановлень великогабаритних і важких заготовок, чорнову і чистову обробку таких заготовок виконують за одну операцію. Така ж побудова маршрутної технології характерна для будь-яких деталей в дрібносерійному виробництві. У всіх випадках виконання чоргової і чистової обробки за одну операцію рекомендується спочатку провести чорнову обробку всіх поверхонь, а потім виконати чистову обробку тих поверхонь, для яких вона необхідна.

У маршрутній технології в процесі обробки передбачають контроль з метою технологічного забезпечення заданих параметрів якості оброблюваної деталі. Технолог встановлює об'єкт контролю і його місце, звертаючи увагу на операції, при яких точність забезпечується найважче; призначає методи і засоби контролю, видає завдання на їх конструювання.

У масовому виробництві необхідна якість обробки забезпечується встановленням умов статистичного управління і регулювання технологічного процесу (ГОСТ 15895-77).

При проектуванні нових виробництв в основі технологічних розробок і вибору устаткування повинні знаходитися прогресивний технологічний процес і техніко-економічні обґрунтування, підтверджуючі вигідність застосування нового високопродуктивного устаткування, складних і дорогих засобів технологічного оснащення. На заводах, що діють, необхідно враховувати наявне устаткування, проте це не повинно робити вирішального впливу на технологічний процес, що розробляється, якщо умови виробництва (наприклад, збільшений за рахунок виробничої кооперації річний випуск) забезпечує раціональне використання спеціального устаткування, досягнення високої продуктивності праці, зниження собівартості деталей.

Операційну технологію розробляють з урахуванням місця кожної операції в

маршрутній технології. До моменту проектування кожної операції відомо, які поверхні і з якою точністю були оброблені на попередніх операціях, які поверхні і з якою точністю потрібно обробляти на даній операції.

Проектування операцій пов'язане з розробкою їх структури, з складанням схем наладок, розрахунком настроювальних розмірів і очікуваної точності обробки, з призначенням режимів обробки, визначенням норми часу і зіставленням її з тактом роботи (у потоковому виробництві). При розрахунках точності і перевірці продуктивності може виникнути необхідність в деяких змінах маршрутній технології, вибору устаткування, змісту операції або умов її виконання.

Операційна технологія дозволяє видати завдання на конструювання спеціального устаткування, засобів механізації і автоматизації, на розробку засобів технологічного оснащення і метрологічного забезпечення процесу.

Проектування операції — завдання багатоваріантне; варіанти оцінюють по продуктивності і собівартості, керуючись техніко-економічними принципами проектування, маючи на увазі максимальну економію часу і високу продуктивність[9].

Для даної деталі складаємо технологічний процес:

#### 005 Заготовча операція

Відлити заготовку в піщану форму.

Верстат: фрезерно-відрізний 8Б66.

Пристосування: опока

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-11-0,05 250 ГОСТ4381-75 шаблон для контролю довжини.

#### 010 Токарна

Точити поверхню 1, підрізати торець 2, розточувати 7, свердлити отвір 15.

Верстат: Токарно-гвинторізний горизонтальний моделі 16К20Ф3, потужність N=10 кВт.

Пристосування: патрон токарний центрується трехкулочковий клиновий ГОСТ 24351-80.

Ріжучий інструмент: різець прохідної 25Ч15, матеріал ріжучої частини Т15к6 ГОСТ 18883-73, різець підрізної 40Ч25, матеріал ріжучій частині Т5к10 ГОСТ18869-73, свердло спіральне Гост4381-75.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-111 1600-0,1 ГОСТ-166-80.  
015 Токарна

Розточити поверхню 3,4,5,6,11,12.

Верстат: Токарно-гвинторізний моделі 16К20Ф3, потужність N=10 кВт.

Пристосування: патрон токарний центрується трехкулочковий клиновий ГОСТ 24351-80.

Ріжучий інструмент: різець розточувальної 25Ч15, матеріал ріжучої частини Т15к6 Гост18883-73

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-11-1600-0,1 ГОСТ-166-80.  
020 Токарна

Свердлити поверхню 9.

Верстат: Токарно-гвинторізний моделі 16К20Ф3, потужність N=10 кВт.

Пристосування: патрон токарний центрується трехкулочковий клиновий Гост24351-80.

Ріжучий інструмент: свердло спіральне ГОСТ 9765-73

025 Свердлувальна

Верстат вертикальний свердлувальний напівавтомат.

Пристосування: патрон токарний центрується трехкулочковий клиновий Гост24351-80.

Ріжучий інструмент: свердло спіральне ГОСТ 9765-73

030 Розмічальна.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль 250 Шц-ii-0,05 Гост4381-75

035 Слюсарна.

Зняти задирки, зачистити деталь до металевого блиску.

Інструмент: напилек, наждачний папір.

040 Різьбонарізальна.

Верстат: Токарно-гвинторізний моделі 16К20Ф3, потужність N=10 кВт

Пристосування: чотирьохкулачковий патрон ПКВ-400, що центрується.

045 Шліфувальна

Верстат: круглошлифовальний мод. 3Б161.

Пристосування: патрон повідковий

050 Контрольна

Перевірка всіх розмірів, відхилення кутових мерів, погрішності кінцевих мірів.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦ-11-0,05 250 Гост4381-75, набір інструментальних плиток, радіусомір.

## 2.5 Розрахунок міжопераційних припусків на обробку.

Розрахунок припусків і операційних розмірів покажемо на прикладі ступеню діаметром 175 мм. Результати розрахунків зводимо в (табл.2.1).

Визначення припусків на чорнове точіння по [6].

$$2z_{\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) = 2 \cdot (600 + 600 + \sqrt{765.5^2}) = 3931.1 \text{ мкм} \quad (2.11)$$

$Rz$  - величина жорсткості;

$T$  – величина дефектного поверхневого шару;

$\rho$  – сумарне відхилення розташування поверхонь;

$\varepsilon$  - погрішність установки заготовки.

Оскільки в даному випадку обробка ведеться в центрах, то погрішність установки в радіальному напрямі рівна нулю.

Сумарне значення відхилення розташування поверхні для заготовки даного вигляду (прокат) визначаємо по формулі:

$$\rho = \sqrt{\rho_{Ц}^2 + \rho_{К}^2} = \sqrt{310^2 + 7^2} = 765 \text{ мкм} \quad (2.12)$$

де  $\rho_{К} = \Delta_{К} \cdot D = 1 \cdot 310 = 310 \text{ мкм}$  - погрішність заготовки по зсуву;

$\Delta_{К} = 1$  - кривизна профілю сортового прокату;

$$z_{\min} = \frac{3931.1}{2} = 1965.55 \text{ мкм} \quad (2.13)$$

Визначаємо  $2z_{\max}$  :

$$2z_{\max} = 2z_{\min} + \delta_{i-1} - \delta_i = 4500 \text{ мкм} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.1 - Розрахунок припусків на обробку.

Технологічні переходи при обробці	Елементи припуска, мкм				Допуск мкм	Розрахунковий припуск	Граничні значення припусків, мкм		Розрахункові розміри, мм	Граничні розміри, мм	
	Rz	T	z	e			$2z_{\min}$	$2z_{\max}$		$d_{\min}$	$d_{\max}$
заготівка	600	600	765,5	–	2380	–	–	–	310	307,62	310
Чорнове точіння	60	60	38,25	–	2380	2х 1965,5	2х 1966	2х 2250	305,5	303,12	305,5
Чистове точіння	50	50	38,25	–	660	2х 138,25	2х 138	2х 1000	303,5	302,84	303,5
Чистове шліфування	5	–	–	–	300	2х 68,5	2х69	2х 250	303	302,7	303

### Визначення припусків на чистове точіння.

$$2z_{\min} = 2 \cdot (50 + 50 + 38,25) = 276,5 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max} = 2000 \text{ мкм}$$

### Визначення припусків при обдирному шліфуванні.

$$2z_{\min} = 2 \cdot (32 + 30 + 251) = 626 \text{ мкм}$$

$$2z_{\max} = 626 + 400 - 168 = 858 \text{ мкм}$$

## **2.6 Розрахунок режимів різання.**

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки; тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини; матеріал і стан заготівки, тип і стан устаткування.

У даному проекті розрахунок режиму різання проведемо на наступні операції:

- точіння чорнове;
- свердлення Ш 50мм;
- фрезерування.

Токарна операція. Глибину різання  $t$  при чорновому точінні приймаємо рівною припуску на обробку,  $t=2,25$

Подача  $S$  при чорновому точінні приймаємо залежно від подачі і потужності, устаткування, так по рекомендації [6] для токарно-гвинторізного верстата

2,0мм/об.

Визначення швидкості різання при зовнішньому точінні по формулі:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} = \frac{340 \cdot 2,91}{45^{0,2} \cdot 2,275^{0,15} \cdot 2^{0,2}} = 118 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}, \quad (2.16)$$

де  $T=45$  – середнє значення стійкості;

$x=0,15$ ;

$y=0,45$

$m=0.2$ ;

$C_v = 340$ .

$$K_v = K_M \cdot K_{II} \cdot K_{II} \cdot K_{TC} \cdot K_{TH} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r = 1,36 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,91 \text{ -поправочний коефіцієнт}$$

де  $K_M = 1.36$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$K_{II} = 0,8$ - коефіцієнт, що враховує стани поверхні;

$K_{II} = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує матеріалу інструменту;

$K_{TC} = 1,0$  - коефіцієнт;

$K_{TH} = 1,0$  - коефіцієнт;

$K_{\varphi} = 1,0$  - коефіцієнт, залежний від кутів в плані різця;

$K_r = 1,0$  - коефіцієнт, залежний від радіусу при вершині різця.

Сила різання при зовнішньому точінні.

$$P_z = P \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 3030,54, \quad (2.17)$$

де  $K_p$  - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання;\_

$$K_p = K_{\mu\rho} \cdot K_{\varphi\rho} \cdot K_{\gamma\rho} \cdot K_{\lambda\rho} \cdot K_{r\rho} = 0,95 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,93, \quad (2.18)$$

де  $K_{\varphi\rho} = 0,89$ ,

$K_{\gamma\rho} = 1,1$ ,

$K_{\lambda\rho} = 1,0$ ,

$K_{r\rho} = 1.0$  коефіцієнти, що враховують фактичні умови різання.

Потужність різання розраховують по формулі:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60} = \frac{3030 \cdot 54 \cdot 118}{1020 \cdot 60} = 6.25 \text{ кВт} \quad (2.19)$$

Потужність електродвигуна токарно-гвинторізного верстата  $N_q = 10 \text{кВт}$ .

Подальші операції розраховуються аналогічно.

### 5.7 Розрахунок норм часу

Під технічно обгрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого об'єму робіт (операцій) за певних умов і найефективнішого використання засобів виробництва[20].

Для неавтоматизованого виробництва штучний час полягає:

$$T_0 = l_{p.x} / n \cdot S \quad (5.10)$$

де  $l_{p.x}$  - довжина робочого ходу;

$n$  – число оборотів;

$S$  – подача.

Також необхідно освітити формулу знаходження штучного часу:

$$t_{um} = t_0 + t_e + t_m + t_{opz} + t_n$$

де  $t_0$  - основний час;

$t_e$  - допоміжний час;

$t_{opz}$  - організаційний час;

$t_n$  - час на перерву.

Для токарної операції (обробка зовнішнього діаметру)

$$t_0 = 1920 / 0,6 \cdot 1000 = 3,4 \text{ мкм},$$

де  $l_p = 1920 \text{мм}$ ,  $n = 1000$ ;  $t^e = 0,5 + 0,06 = 0,56$ ;

$t = 0,06$  – час на підведення і відведення різця.

$t = 0,5$  – час на установку і зняття заготовки;

$$t^{um} = 1,95 \text{ хв.}$$

Зенкує отвору.

$$t_0 = 90 \cdot 1 / 1,3 \cdot 363 = 0,22 \text{ хв};$$

$$t^e = 0,5 + 0,05 + 0,5 = 1,05 \text{ хв};$$

$$t^{um} = 1,14 \text{ мін. Норми часу для прорізання канавки.}$$

$$t_0 = 3 \cdot 151 / 1,3 \cdot 110 = 3,8 \text{ хв};$$

$$t^e = 0,47 \cdot 0,10 \cdot 0,47 = 1,12 \text{ хв};$$

$$t^{um}=4,46 \text{ хв.}$$

#### Висновки по розділу.

У даному розділі був розроблений технологічний процес механічної обробки деталі, а саме ступиці. Приведені основні етапи технологічного процесу: визначення типу виробництва, вибір заготовки, проектування маршрутного технологічного процесу обробки, розрахунок припусків на механічну обробку, розрахунок режимів різання, нормування технологічних процесів.

### **3 Розробка заходів з охорони праці для робочого місця при експлуатації крана стрілового самохідного в/п 100т**

При роботі на крані КС-8471, де встановлено два дизельні двигуни, кранівник піддається дії шкідливих чинників умов праці. У зв'язку з цим необхідно організувати безпеку, збереження здоров'я і працездатності кранівника на робочому місці, а зокрема забезпечити від впливу шуму, вібрації і можливості виникнення пожежі.

#### **3.1 Основні вимоги і положення охорони праці.**

Відповідно до закону України «О охороні праці», кодексом закону України про працю і інших нормативних актів, а також відповідно до міжнародних договорів і угод вводяться різні державні і галузеві нормативні акти по охороні праці, правила, стандарти, положення і інші документи, які є обов'язковими при проектуванні і експлуатації виробничого устаткування і транспортних засобів[9].

Для здійснення контролю за виконанням чинного законодавства існують різні інспекції.

Нагляд за забезпеченням безпечної експлуатації і безаварійної роботи кранів здійснює інспекція Держнаглядохоронпраці. Для здійснення контролю в області санітарії служить Державна санітарна інспекція.

Для організації і забезпечення роботи по охороні праці виділяється головний інженер після техніка безпеки, який підкоряється керівникові підприємства.

#### **3.2 Аналіз шкідливих чинників роботи на крані.**

При аналізі шкідливих і небезпечних чинників на крані необхідно враховувати всі можливі чинники, які можуть негативно впливати на обслуговуючий персонал. До них відносять варіація температури повітря освітлення робочого місця, шум від роботи двигуна, вібрації при роботі устаткування, вібрації при переміщенні автомобіля, можливість виникнення пожежі[9].



Початкові дані.

Вага підлоги  $P_n = 200 \text{ кг} .$

Вага кранівника  $P_k = 75 \text{ кг} .$

Вага сидіння  $P_c = 40 \text{ кг} .$

Матеріал амортизатора натуральний каучук.

1. Сумарна маса навантаження на амортизатори [12]:

$$P_o = P_n + P_k + P_c = 200 + 75 + 40 = 315 \text{ кг}$$

2. Виходячи з таблиці 8.2 [12] для амортизатора з натурального каучуку вибираємо:

Твердість по Шору 55, модуль пружності, робоча напруга, що допускається  $[\sigma] = 4 \text{ кг} / \text{см}^2 .$

3. Сумарна площа гумових амортизаторів

$$S_0 = \frac{P_o}{[\sigma]} = \frac{315}{4} = 78.75 \text{ см}^2$$

4. Приймаємо форму гумового амортизатора розміром  $8 \times 5 \times 5 \text{ см}$  і визначаємо площу одного амортизатора:

$$S_1 = 8 \cdot 5 = 40 \text{ см}^2$$

5. Визначуваній колличество гумових амортизаторів:

$$n = \frac{S_0}{S_1} = \frac{78.75}{40} = 2.1$$

Приймаємо число амортизаторів рівне 4.

6. Визначаємо частоту власних коливань:

$$f_{oz} = \sqrt[5]{\frac{E_g}{n \cdot [\sigma]}} = \sqrt[5]{\frac{30}{4 \cdot 4}} = 23 \text{ Гц}$$

7. Ефективність гумових амортизаторів на оборотній частоті:

$$\Delta L = 40 \lg \frac{f}{f_{oz}} = 40 \lg \frac{25}{23} = 1.43 \text{ дБ}$$

де  $f$  - частота основної динамічної сили.

8. Знаходимо частоту основної динамічної сили:

$$f = \frac{n_{об}}{60} = \frac{1500}{60} = 25 \text{ Гц}$$

де  $n_{об} = 1500 \text{ об / мин}$  - частота обертання вихідного валу двигуна.

Розрахунки довели ефективність гумових амортизаторів.

### 3.4 Засоби пожежогасіння.

**Гасіння водою.** Вода володіє великою теплоємністю, що додає їй сильні властивості, що охолоджують; вода, перетворюючись на пару, в 1700 разів об'єм води, що перевищує, різко знижує вміст горючих газів і пари в зоні горіння; невелика в'язкість води сприяє змочуванню довколишніх матеріалів, що згорають, і конструкцій, чим перешкоджає розповсюдженню вогню. Воду можна застосовувати для гасіння газоподібних, рідких і твердих горючих речовин, за винятком речовин, вступаючих в реакцію з водою, наприклад металів калія і натрію, які навіть при низькій температурі вступають з нею в реакцію з виділенням водню. Водень, що виділяється, з повітрям утворює суміш, яка займається з вибухом. Взаємодія води з карбідом кальцію приводить до утворення ацетилену, що дає вибухонебезпечні концентрації і бурхливо розвиває пожежу. Вода, вживана для гасіння, електропровідна, тому неприпустимо її застосування для ліквідації горіння в зонах електричних установок без дотримання певних правил. Відносно велика щільність води обмежує її застосування для гасіння загорівшихся легкозаймистих і горючих рідин, що не розчиняються у воді. Такі рідини спливають на поверхню води і продовжують горіти.

**Гасіння хімічними огнегасительними речовинами.** Хімічні засоби огнетушення застосовуються при гасінні будь-якої речовини, що горить. Але

особливого значення вони набувають в тих випадках, коли речовину, що горить, гасити водою неприпустимо або недоцільно (електроустаткування, легкозаймисті рідини і т. п.). У цих випадках хімічні засоби огнетушення є єдино застосовними, такими, що дають позитивний ефект.

Огнетушительніе хімічні речовини повинні задовольняти наступним вимогам: бути простими по своєму складу, володіти стійкістю в сенсі збереження огнетушительних властивостей; не надавати шкідливої дії на гасимі предмети, тобто бути нейтральними; не руйнувати судини і апарати, в яких вони застосовуються або зберігаються; бути нешкідливими для людей; не володіти гігроскопічністю, якщо по техніці гасіння це шкідливо; не залишати в процесі їх застосування складових частин, що не увійшли до хімічної сполуки; не викликати вибухів або високого тиску усередині судин і апаратів, за допомогою яких вони застосовуються. Застосовується дуже багато різноманітних огнетушительних хімічних засобів. Найбільш поширеними засобами хімічного огнетушення є піна,  $\text{CO}_2$  хімічні рідини і суха хімічна пороша.

**Гасіння вуглекислим газом.** Вуглекислота для огнетушення застосовується в рідкому вигляді, що згущує, і міститься в сталевих балонах. Звільняючись з балонів, як низькокипляча рідина, вона миттєво перетворюється на газ, що займає об'єм в 400—500 разів більший, ніж рідина.  $\text{CO}_2$  не підтримує ні дихання, ні горіння. Вживана в туманообразном і сніжному вигляді вуглекислота, швидко випаровуючись на поверхнях предметів, що горять, декілька охолоджує їх, але основна огнетушительна властивість вуглілі кислого газу — це його негорючість.  $\text{CO}_2$  введений в зону горіння, розбавляє атмосферу і знижує процентний зміст кисню повітря.

Вуглекислота, вживана як огнетушительное засіб, не має шкідливого впливу на тих, що приходять в зіткнення з нею предмети, не залишає

після себе ніяких слідів, є поганим провідником електрики. Апаратура вуглекислого гасіння, що зустрічається в сучасній практиці, вельми

різноманітна по свого конструктивного виконання: від ручного вогнегасника (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) до стаціонарних і автоматичних установок.

**Гасіння сухими хімічними порошками.** Головним компонентом, що діє, у складі сухих вогнегасних порошоків є двовуглекисла сода, яка змішується з сухим дрібним піском, тальком, землею інфузора, азбестовим пилом. Вогнегасна дія сухого хімічного порошку полягає в тому, що поверхня предметів, що горять, ізолюється від навколишнього повітря. При розкладанні двувугленатрієва сіль виділяє вуглекислий газ, який обволікає вогнище вогню. Крім того, при застосуванні потужного струменя порошку збивається полум'я. Слід зазначити, що гасіння сухим порошком — один з найстаріших методів. Він примітний тим, що вогнегасні речовини зручні для транспортування, зберігання і зарядки, дешеві і нешкідливі для людей і предметів, не електропровідні, не замерзають і можуть застосовуватися в сипкому стані при низьких температурах[9].

На практиці можна зустрітися також із застосуванням інших вогнегасних речовин, наприклад топкового газу, сірчистого газу, масляної піни і так далі. Застосовуються порошкові вогнегасники типу ОП-1, ОП-2, ОП-5, ОП-10, якими можна гасити лужні і лужно-земельні метали і їх карбіди.

## ВИСНОВОК

У магістерській кваліфікаційній роботі було виконано вдосконалення стрілового самохідного крану на базі шасі автомобільного типу вантажопідйомністю 100т.

Було освітлене питання про призначення й область застосування крана, розраховані і побудовані висотні і вантажні характеристики, розрахований об'ємний гідропривід, вантажна лебідка, модернізували поворотну раму, стрілу і шасі шляхом заміни їх на складальні одиниці власного виготовлення, що відбилося на здешевленні крана. Був зроблений розрахунок стійкості крана.

У розділі технологічна частина розроблено технологічний процес виготовлення ступиці, були приведені схеми технологічний налагоджень на її виготовлення.

Також у кваліфікаційній роботі були розглянуті питання охорони праці при роботі зі стріловим самохідним краном.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Проектування транспоруючих машин. Навчальний посібник / В. Ф. Рідний [та ін.]. Харків : Міськдрук, 2015. 415 с.
2. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. Навчальний посібник / В. О. Малащенко [та ін.]. Рівне : НУВГП, 2017. 346 с.
3. Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби. Підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. 678 с.
4. Будівельна механіка металевих конструкцій дорожно-будівельних, підйомних і транспортних машин: Підручник / В.Д.Шевченко, В.Г.Піскунов, Ю.М.Федорченко та інш. За ред.. В.Г.Піскунова, В.Д.Шевченко.-К.: Вища шк.,2004.-438с.
5. Бондарєв В.С. Підйомно-транспортні машини / В.С.Бондарєв, О.І.Дубинець, М.П.Колісник, С.В.Бондарєв, Ю.П.Горбатенко, В.Я. Баранов.-К.:Вища шк.,2009.-734с.
6. Козуб Ю. Г., Маслійов С. В. Підйомно-транспортні машини. Підручник. – Старобільськ, 2018. 277 с.
7. Григоров О.В. Вантажопідйомні машини /О.В.Григоров, Н.О.Петренко.-Харків: НТУ «ХП», 2006.- 300с.
8. Розрахунки механізмів кранів мостового типу / С.В.Ракша, В.В.Мелашевич, М.П.Колесник.-Днепропетровськ: Пороги. 2006.-147с.
9. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомальних кранів: ДНАОП 0.00-1.03-02.-Х.:Форт,2002.-416с.
12. Колісник М.П. Крани будівельні. Технічні характеристики /М.П.Колісник, А.Ф.Шевченко, В.В.Мелашеч, С.В. Ракша // Довідник.-Дніпропетровськ: Пороги, 2006.- 188с.
13. Григоров О.В. Раціональні приводи підйомно-транспортних, дорожніх машин та логістичних комплексів / О.В.Григоров, В.В.Стрижак, Н.О.Петренко та інш. // Монографія.-Харків: ХНАДУ, 2016.-352с.
14. Назаренко І. І., Німко Ф. О. Вантажопідйомальна техніка (конструкції, ефективне використання, сервіс): Навчальний посібник. –К.:

Видавничий дім «Слово», 2010. 400 с.

15. Полянський С. К., Білякович М. О. Технічна експлуатація будівельнодорожніх машин і спеціальних автомобілів. Навчальний посібник. Частина 2. Заправлення та мащення. Управління технічним станом машин. – К.: «Слово» – 2011. 448 с..

16. Туршин В.О. Машини промислового транспорту безперервної дії. /В.О.Туршин, В.В.Федорченко // Навчальний посібник.- Луганськ: Вид-во СНУ ім.Даля, 2009 – 134с.

17. Крани спеціальні: навч. посібник / Л. М. Мартовицький, В. І. Глушко. – Запоріжжя : Національний університет "Запорізька політехніка", 2023. – 396 с.

19. Розрахунок механізмів вантажопідіймальних машин: навч. посіб. /В.О. Волянюк, Є.В. Горбатюк. – Київ: КНУБА, 2021. – 136 с

20. Правила пристрою і безпечної експлуатації вантажопідійомних машин. Видавництво Харків, 1994. 267 с.

21. Бондарєв В.С. і інш. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки піднімальних і транспортних машин. К.:Вища школа, -2009. 736с.