

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

Кафедра машин і обладнання технологічних процесів

Допустити до захисту в ДЕК

Зав. кафедри _____ проф. Назаренко І.І.

« ____ » _____ 2022 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)

на тему: «Розробка механізмів підйому мостового крану».

студента: Слюсаренка Віталія Віталійовича
(Прізвище, ім'я, по-батькові)

група: БМО – 42 скор.

факультет: автоматизації і інформаційних технологій

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Керівник проекту: _____ доцент Лесько В.І.

(Посада, прізвище, ініціали)

Київ-2022 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет автоматизації і інформаційних технологій.
Кафедра машин і обладнання технологічних процесів.
Освітньо-кваліфікаційний рівень: спеціаліст
Спеціальність: 133. «Галузеве машинобудування»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Зав. кафедри МОТП

проф., д.т.н. Назаренко І.І.
" _____ " _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ на дипломний проект студента

_____ Слюсаренка Віталія Віталійовича _____

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: «Розробка механізмів підйому мостового крану».
затверджена наказом по університету від 08. 12. 2021 р. № 2224/2

2. Термін здачі студентом закінченого проекту – 30.05.2022 р.

3. Вихідні дані для проекту:

3.1. Робочі креслення мостового крана;

3.2. Каталоги мостових кранів, технологічного обладнання.

3.3. Характеристики: вантажопідйомність 40/8т; група режиму роботи крана №20а-А6 (важкий режим). Режим роботи М5.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці:

4.1. Конструкторська частина із розрахунками та конструкторськими рішеннями мостового крану для ремонтного підприємства (аналіз існуючих конструкцій; напрямки реконструкції крана; розрахунок режиму роботи крана; розрахунок елементів механізму головного підйому; розрахунок елементів механізму допоміжного підйому; конструкторські рішення по встановленню додаткових гальм на механізми головного та допоміжного механізмів підйому; силові та міцнісні розрахунки.

4.2. Експлуатаційна частина (розробка технічних заходів по організації ТО і ремонтів крана; технологія змащування вузлів крана; розробка план-графіків ТО і Р).

4.3. Розділ «Техногенна безпека».

Додатки. Графічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу, представленого на слайдах:

Конструкторська частина. Креслення в Компас: загальний вид мостового крану; складальні креслення механізму підйому; механізму допоміжного підйому; візка, барабана головного підйому 40т, кабельного барабану, деталювання по узгодженню із керівником: вал-шестерня, вал барабану, кронштейни...) – 9...11 слайдів.

6. Консультанти з дипломного проекту із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техногенна безпека	к.т.н., доцент Гаркавенко О.М.		

7. Дата видачі завдання: 10.12.2021 р.

Керівник: доцент Лесько В.І. _____ (підпис)

Завдання до виконання прийняв: Слюсаренко В.В. _____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН:

Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту	Примітка
1. Вступна частина. Обґрунтування проекту. Огляд конструкцій, основні ідеї конструкторських рішень. Аналіз напрямків розвитку реконструкції та розрахунок режимів роботи мостового крана.	28.03.22	15%
2. Розрахунок та креслення елементів механізму головного підйому.	11.04.22.	30%
3. Розрахунок та креслення елементів механізму допоміжного підйому.	18.04.22.	50%
4. Загальний вид, складальні креслення та креслення основних деталей механізмів.	2.05.22	75%
4. Розробка технічних та технологічних заходів по організації технічного обслуговування та ремонту крана. Розробка план-графіків ТО і ремонтів.	9.05.22.	85%
5. Техногенна безпека. Аналіз шкідливих факторів. Розробка інженерних рішень по охороні праці та безпеці в надзвичайних ситуаціях та захисту навколишнього середовища.	23.05.22.	95%
6. Оформлення креслень, пояснювальної записки та супроводжуючої документації.	30.05.2022 р.	100%

Студент дипломник: Слюсаренко В.В. _____ (підпис)

Керівник проекту: доцент Лесько В.І. _____ (підпис)

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Розрахунок і конструювання елементів механізмів підйому крана	9
1.1. Напрямки реконструкції крана	9
1.2. Розрахунок режиму роботи крана	11
1.3. Розрахунок елементів механізму головного підйому	12
1.4. Розрахунок елементів механізму допоміжного підйому	59
2. Організація технічного обслуговування та ремонту крана	89
2.1. Задачі технічного обслуговування та ремонту крана	89
2.2. Спостереження і догляд за складовими частинами крана	92
2.3. Централізоване змащування крана	95
2.4. Організація ремонтів крана	97
3. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	100
3.1. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів, що мають місце у виробничих приміщеннях ремонтних підприємств	100
3.2. Аналіз шкідливих факторів при експлуатації мостового крану	103
3.3. Охорона праці	105
3.4. Загальні рекомендації зі зниження шумів при роботі машини	111
3.5. Протипожежні заходи при роботі із будівельними машинам	111
Література	114
Додатки	117

ВСТУП

У створенні матеріально-технічної бази будь-якого ремонтного виробництва або машинобудівельного заводу значна роль приділяється розробці та впровадженню різних видів підйомно-транспортного обладнання. Перед проектувальниками, конструкторами та технологами поставлена задача широкого упровадження у всіх галузях народного господарства комплексної механізації й автоматизації виробничих процесів, ліквідації ручних вантажно-розвантажувальних робіт і ліквідації важкої ручної праці при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій.

Сучасні потокові технологічні й автоматизовані лінії, міжцеховий і внутрішньоцеховий транспорт, вантажно-розвантажувальні операції на машинобудівельних та ремонтних заводах органічно пов'язані із застосуванням різноманітних вантажопідйомних машин і механізмів, що забезпечують безперервність, інтенсивність виробничих процесів.

Правильний вибір вантажопідйомного устаткування є основним чинником нормальної роботи і високої ефективності ремонтного або машинобудівельного виробництва.

З основних конструктивних тенденцій у підйомно-транспортному машинобудуванні слід зазначити наступне:

- створення якісних нових вантажопідйомних машин і механізмів;
- підвищення вантажопідйомності вантажопідйомних машин при одночасному значному зниженні їхньої маси завдяки застосуванню нових кінематичних схем, більш сучасних методів розрахунку, нових раціональних профілів металу, нових матеріалів;
- збільшення продуктивності різних видів устаткування завдяки запровадженню широкого регулювання швидкостей механізмів, автоматичного, напівавтоматичного і дистанційного керування, спеціальних і інших піднімальних агрегатів, а також створення поліпшених умов праці крановщиків;
- підвищення надійності роботи машини і довговічності їхніх елементів шляхом розробки нових конструктивних рішень, застосування нових уточнених методів розрахунку і матеріалів з поліпшеними фізико-механічними властивостями.

Мостовий кран 40/8т (рис. 1) являє собою міст 8, що переміщується по кранових коліях 11 на ходових колесах 12, які встановлені на кінцевих балках

13. Колії 11 встановлюють на підкранові балки, які спираються на виступи верхніх частин колони цеху. Відстань між осями підкранових колій називають прогоном крана, відстань між осями ходових коліс - основою крана. По верхньому поясу балок моста в поперечному напрямку щодо прогону цеху пересувається крановий візок 5, забезпечена механізмом 4 підйому вантажу.

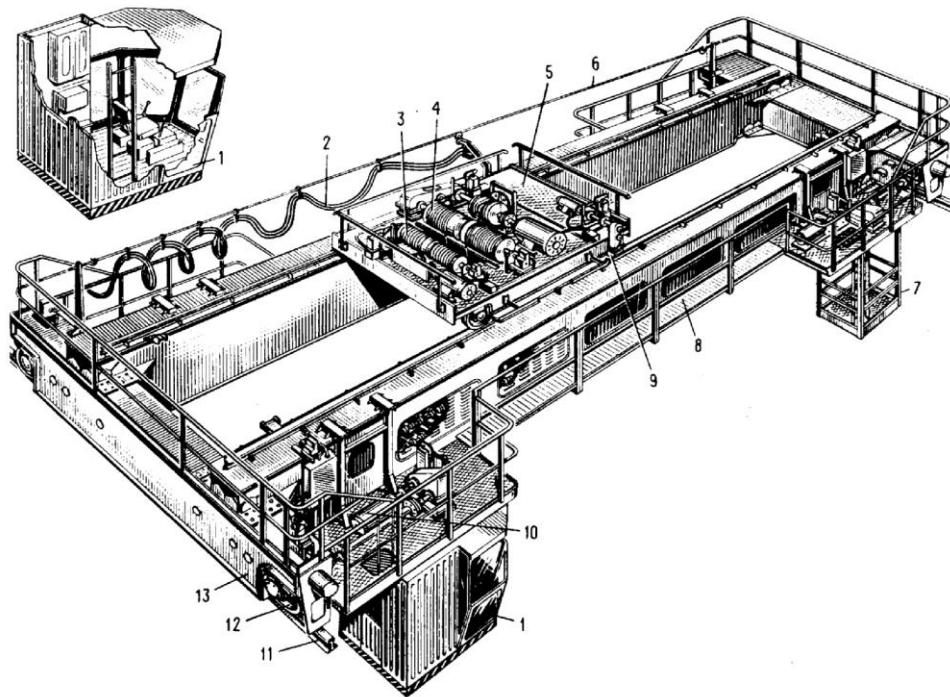


Рис. 1. Мостовий кран 40/8т

В залежності від призначення крана на візку розміщують один або два механізми підйому. При наявності двох механізмів підйому один з них є головним 4, а другий меншої вантажопідйомності - допоміжним 3. Механізм пересування 10 крана встановлений на мосту крана, механізм пересування 9 візка - безпосередньо на візку. Управління всіма механізмами здійснюється з кабіни 1, прикріпленою до моста крана.

Для передачі електроенергії до двигунів, розташованих на візку, використовують тролєї, виготовлені з круглої або кутової сталі, встановлені за допомогою спеціальних стійок на майданчику, розташованому в поздовжньому напрямку щодо головної балки. У сучасних конструкціях мостових кранів електроенергія до візка передається за допомогою гнучкого кабелю 2, підвішується на дріт 6. Завдяки застосуванню гнучкого кабелю простіша стала конструкція крана, підвищується його надійність при експлуатації і знизилась

маса, так як не стало необхідності в наявності стійок і майданчика для їх розміщення і обслуговування.

Мостовий кран 40/8т призначений для підйому і опускання різних вантажів. Складається з мостового прогону або балки, забезпечених кінцевими балками з ходовими візками, які пересуваються по рейках, встановлених на підкранові балки і вантажного візка, що переміщується вздовж будови.

До спеціальних кранів цеху відносяться: магнітні крани, грейферні, ливарні, крани з обертанням гака.

Магнітні крани призначені для підйому і транспортування феромагнітних матеріалів. Ці крани забезпечені вантажними електромагнітами, підвішені на гаковій підвісці або траверсі. *Грейферні крани* призначені для підйому і транспортування сипучих і фракційних матеріалів. Як для вантажозахватного пристрою ці крани мають грейфери різного виду. *Крани з обертанням гака* призначені для кантування вантажу навколо вертикальної осі, за рахунок установки додаткового приводу на гаковій підвісці. *Ливарні крани* призначені для заливки розплавленого металу в форми. На головному підйомі встановлена спеціальна траверса з двома пластинчастими гаками для підйому ковша, допоміжним підйомом кантують ківш для розливання.

Незважаючи на широкий вибір необхідних засобів серед номенклатури вантажо-підйомного обладнання, що випускається промисловістю, певний інтерес представляє модернізація існуючих в цеху кранів, що уже використовуються для певних цілей. В даному дипломному проекті пропонується реконструкція мостового крану загального призначення № 20 вантажопідйомністю 40/8 тон для цеху ремонтного підприємства, що спеціалізується на капітальному ремонті будівельних машин (екскаваторів, бульдозерів та тракторів), а після реконструкції кран переходить з групи кранів загального призначення в групу спеціальних кранів, тому необхідна установка додаткових гальм на головний і допоміжний підйом. Також пропонується установка електромагніту для збору металевого брухту у виробничих приміщеннях.

Для вирішення поставленої проблеми в проекті поставлені такі завдання:

- аналіз можливих шляхів реконструкції;
- підбір відповідних елементів приводу механізмів.
- провести необхідні розрахунки.

В розділі “Розрахунок і конструювання елементів механізму підйому крана” перерахувати і модернізувати:

- головний механізм підйому;
- допоміжний механізм підйому.

В розділі “Організація технічного обслуговування та ремонту крана”:

- перерахувати типові роботи, що виконуються при планових ремонтах обладнання;
- розрахувати періодичність, тривалість і трудомісткість ремонту обладнання;
- розрахувати річну кількість ремонтів;
- розробити заходи по змащуванню устаткування.

В розділі “Техногенна безпека” провести аналіз небезпечних факторів, що мають місце при роботі мостового крана, розробити ряд інженерних заходів щодо покращення стану охорони праці, здійснити підбір необхідних засобів індивідуального захисту.

1. Розрахунок і конструювання елементів механізмів підйому крана

1.1. Напрямки реконструкції крана

Відповідно вимог до гальм Держгірпромнагляду України, механізми підйому вантажу, що транспортує розплавлений метал, повинні бути обладнані двома гальмами, що діють незалежно один від одного.

Головним підйомом буде проводитися підйом ковша з розплавленим металом, а допоміжним підніманням ковша для заливки ливарних форм.

На механізм головного підйому встановимо гальмо зі зворотнього боку редуктора на швидкохідний вал. Для цього необхідно виготовити вал-шестерню (рис.1.1), щоб на ньому була можливість кріплення гальмового шківа. Габарити візка не дозволяють встановити додаткове гальмо, тому необхідно виготовити кронштейн під гальмо (рис. 1.2) і прикріпити його до металоконструкції візка ручним електродувим зварюванням.

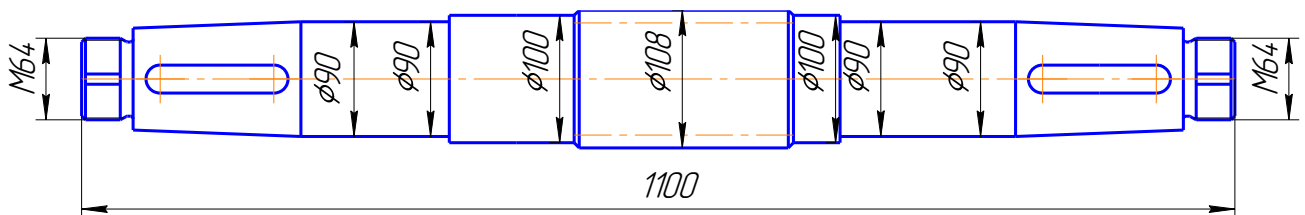


Рис. 1.1. Вал - шестерня

На механізм допоміжного підйому встановимо гальмо також із зворотнього боку редуктора. Аналогічно необхідно виготовити вал - шестерню. Габарити візка дозволяють встановити гальмо без реконструкції металоконструкції.

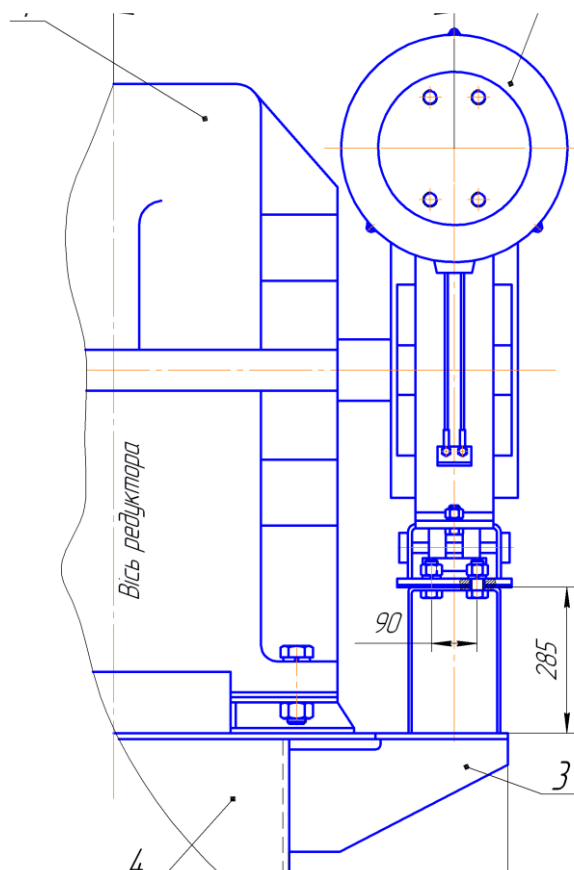


Рис. 1.2. Установка кронштейна під гальмо механізму головного підйому

1 – редуктор; 2 – гальмо; 3 – кронштейн; 4 - металоконструкція візка.

Для встановлення електромагніту необхідно встановити кабельний барабан (рис. 1.3), з якого кабель надходить до електромагніту. Кабельний барабан 8 отримує обертання від барабана механізму головного підйому 1 через ланцюгову передачу. Зірочки 2 і 4 ланцюгової передачі охоплюються ланцюгом, зірочка 2 зафіксована на валу барабана 1 механізму підйому, а зірочка 4 з'єднана із зовнішнім диском фрикційної муфти 10, внутрішні диски якої можуть обертатися щодо вала кабельного барабана 8. Фрикційна муфта використовується для запобігання розриву кабелю при високих навантаженнях. Обертання внутрішніх дисків фрикційної муфти передається на вал кабельного барабана через кулачкову муфту, що складається з двох частин 5 і 6. Рухома частина 5 муфти з'єднана з валом кабельного барабана через напрямні шпонки. Кулачкову муфту включають вручну: при правому положенні рухомої частини 5 муфта відключена і вал кабельного барабана не обертається при підйомі вантажу, при лівому її положенні обертання підйомного барабана передається на вал кабельного барабана 8. При роботі без магніту кабельний барабан відключають, виводячи кулачкову муфту із зачеплення. Кабельний барабан 8 встановлено на одному валу з струмоприймачем 7.

1.2. Розрахунок режиму роботи крана

1.2.1. Розрахунок коефіцієнта розподілу навантаження

Режим навантаження характеризується величиною коефіцієнта розподілу навантаження K_p і визначається за формулою

$$K_p = \sum_{i=1}^n \left[\frac{C_i}{C_T} \cdot \left(\frac{P_i}{P_{\max}} \right)^3 \right], \quad (1.1)$$

де C_i - середня кількість робочих циклів з частковим рівнем маси вантажу P_i :

$$C_1=18 \text{ для } P_1=0,25 \text{ } P_{\text{ном}}=10\text{т}, \quad (1.2)$$

$$C_2=54 \text{ для } P_2=0,5 \text{ } P_{\text{ном}}=20\text{т};$$

$$C_3=54 \text{ для } P_3=0,75 \text{ } P_{\text{ном}}=30\text{т};$$

$$C_4=54 \text{ для } P_4=1 \text{ } P_{\text{ном}}=40\text{т};$$

$$P_{\text{ном}}=40\text{т};$$

C_T – сумарне число робочих циклів з усіма вантажами

$$C_T = \sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 180 \text{циклів}, \quad (1.3)$$

P_i – маса окремих вантажів;

$P_{\text{ном}}$ – маса найбільшого вантажу (номінальний вантаж).

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{18}{180} \left(\frac{0,25 \cdot 40}{40} \right)^3 + \frac{54}{180} \left(\frac{0,5 \cdot 40}{40} \right)^3 + \frac{54}{180} \left(\frac{0,75 \cdot 40}{40} \right)^3 + \frac{54}{180} \left(\frac{1 \cdot 40}{40} \right)^3 = \\ &= 0,1 \cdot 0,016 + 0,3 \cdot 0,125 + 0,3 \cdot 0,422 + 0,3 \cdot 1 = 0,0016 + 0,0375 + 0,1266 + 0,3 = 0,466. \end{aligned}$$

Приймаємо коефіцієнт $K_p=0,5$.

1.2.2. Розрахунок максимального числа робочих циклів

Клас використання визначається числом робочих циклів протягом терміну служби крана

$$U_i = C \cdot t_{\text{дн}} \cdot t_{\text{кр}} , \quad (1.4)$$

де $C = 180$ - число робочих циклів крана № 20а на добу;

$t_{\text{дн}}=260$ - кількість робочих днів у році;

$t_{\text{кр}}=10$ – кількість відпрацьованих років крана.

$$U_i = 180 \cdot 260 \cdot 10 = 4,68 \cdot 10^5 .$$

Приймаєм клас використання $U5$ з числом робочих циклів $5 \cdot 10^5$.

Висновок:

Після реконструкції група режиму роботи крана № 20а - А6 (важкий режим). Режим роботи М5.

1.3. Розрахунок елементів механізму головного підйому

1.3.1. Вибір кінематичної схеми механізму підйому

Для мостового крана 40/8т, механізм підйому якого розташований на візку, найбільш застосовна схема представлена на рис. 1.3. Дана схема забезпечує малі габарити механізму підйому, відсутність нестандартних

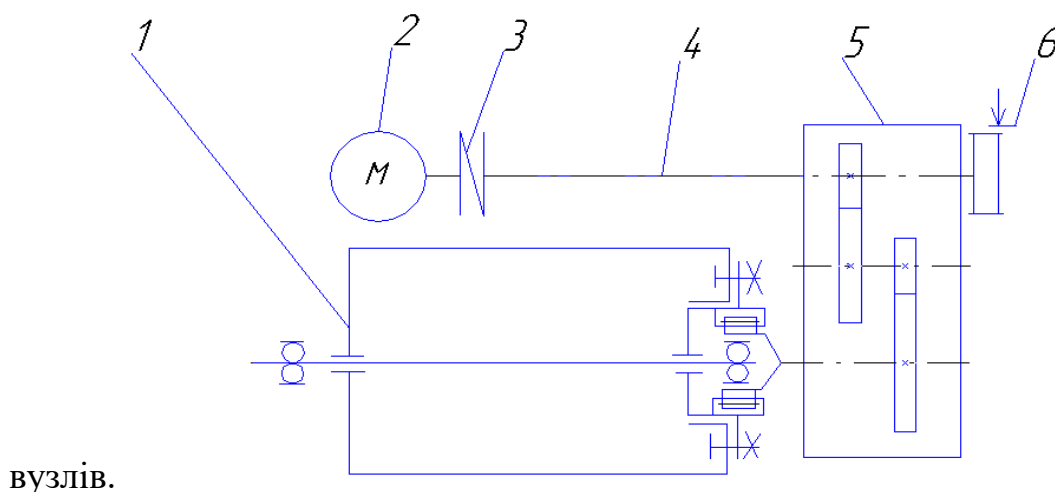


Рис.1.3. Схема механізму підйому

1 - барабан; 2 – електродвигун; 3 – муфта; 4 – вал; 5 – редуктор; 6 – гальмо.

1.3.2. Вибір поліспада та визначення максимального натягу в канатах

За довідковими даними вибираємо здвоєний п'ятикратний поліспад.

Натяг вітки здвоєного поліспада дорівнюватиме

$$S_{\max} = \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot (1 - \eta)}{2(1 \cdot \eta^{U_n})}, \quad (1.5)$$

де Q, Q_{II} - вага вантажу і підвіски для розрахунків:

$$Q_{II} = 0.02 \cdot Q; \quad (1.6)$$

$$Q_{II} = 0.02 \cdot 40000 = 800(\text{кг});$$

$\eta = 0.97 \dots 0.98$ - ККД блоку з урахуванням жорсткості каната, для блоків на підшипниках кочення;

U_n - кратність здвоєного поліспада

$$U_n = \frac{m}{2}; \quad (1.7)$$

$$U_n = \frac{10}{2} = 5$$

m - число гілок поліспада, на яких підвішений вантаж.

$$S_{\max} = \frac{(40000 + 800) \cdot 9.81 \cdot (1 - 0.98)}{2 \cdot (1 - 0.98^5)} = 41692.5(\text{Н})$$

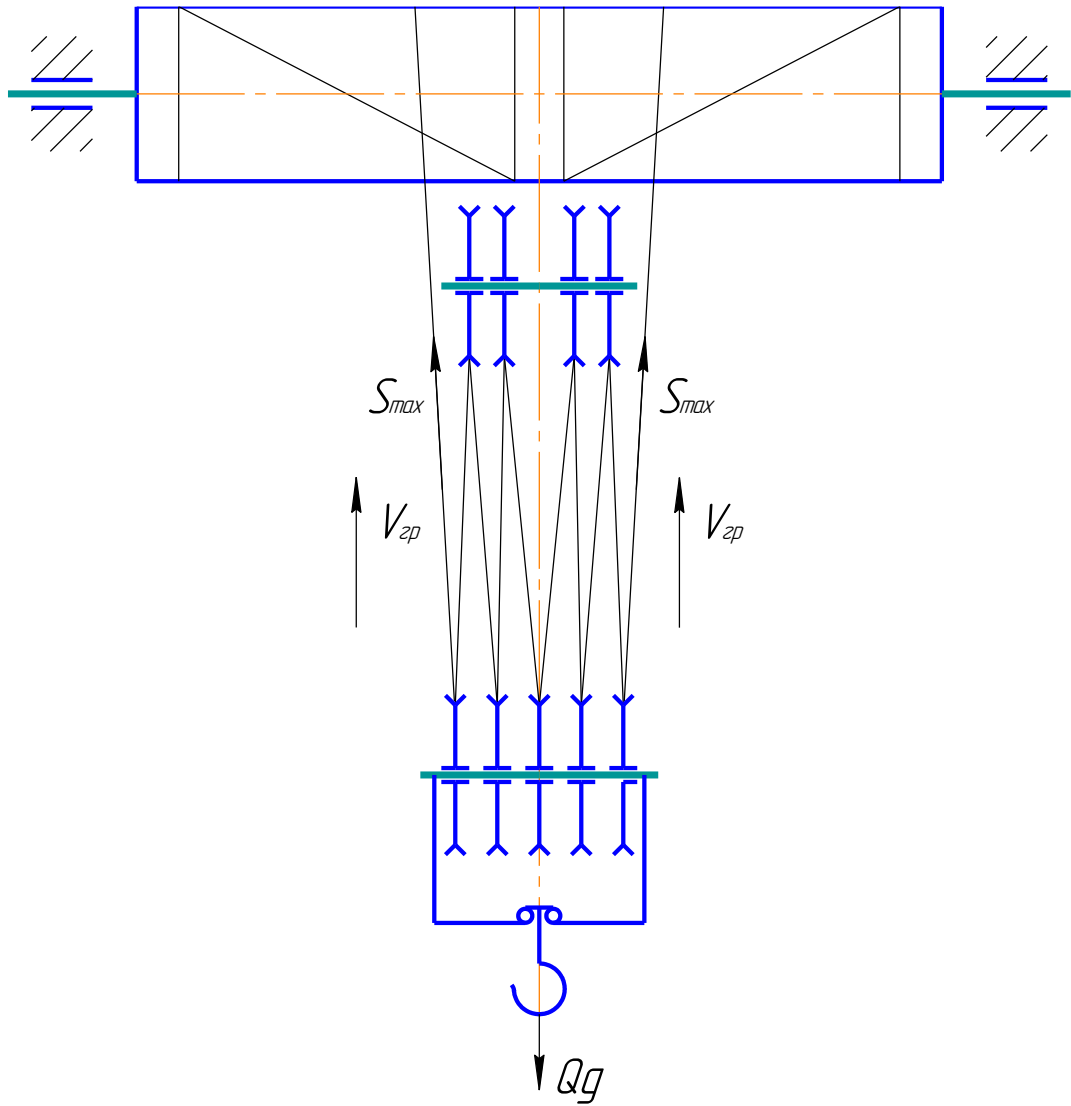


Рис. 1.4. Схема поліспада головного підйому

1.3.3. Вибір і розрахунок сталевих канатів

Розривне зусилля в канаті визначається за формулою:

$$F_0 \geq S_{\max} \cdot Z_P, \quad (1.8)$$

де S_{\max} – максимальний натяг вітки каната;

$Z_P=4,5$ – мінімальний коефіцієнт використання каната.

$$F_0 = 416925 \cdot 5,6 = 233478H$$

Вибираємо канат подвійний звивки ЛК-РО 6x36(1+7+7/7+14)+7+7(1x6)
ГОСТ 7669-20, $d_K=23$ мм.

1.3.4. Вибір гака

У мостових кранах застосовуються ковані однорогі гаки за ГОСТ 6627-74. Вибір гака проводиться за заданою вантажопідйомності і режиму роботи.

При $Q=40000$ кг, М5 вибираємо гак № 23 (рис. 1.5).

Перевірочний розрахунок гака на міцність полягає у визначенні напружень в найбільш небезпечних перерізах.

Напруження на розтяг в різьбі гака

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot (Q_{II} + Q) \cdot g}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (1.9)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розтяг. В залежності від групи режиму роботи підйомного механізму приймаємо 50...75 МПа.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot (40000 + 800) \cdot 9.81}{3.14 \cdot 0.12^2} = 35 \text{ МПа} < 50 \dots 75 \text{ МПа}$$

Висота гайки h визначається з умови зминання вітки різьби

$$h = \frac{4 \cdot p \cdot (Q + Q_{II}) \cdot g}{\pi \cdot (d_H^2 + d_1^2) \cdot [\sigma_{см}]}, \quad (1.10)$$

де p – крок різьби;

$[\sigma_{см}] = 30 \dots 35 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зминання, матеріал гайки - сталь 45.

$$h = \frac{4 \cdot 0.016 \cdot (40000 + 800) \cdot 9.81}{3.14 \cdot (0.120^2 - 0.116^2) \cdot 32.5 \cdot 10^6} = 0,28 \text{ м}$$

Найменший діаметр гайки розраховується за формулою:

$$D = 1.8 \cdot d_H; \quad (1.11)$$

$$D = 1.8 \cdot 0.12 = 0.216 \text{ м}$$

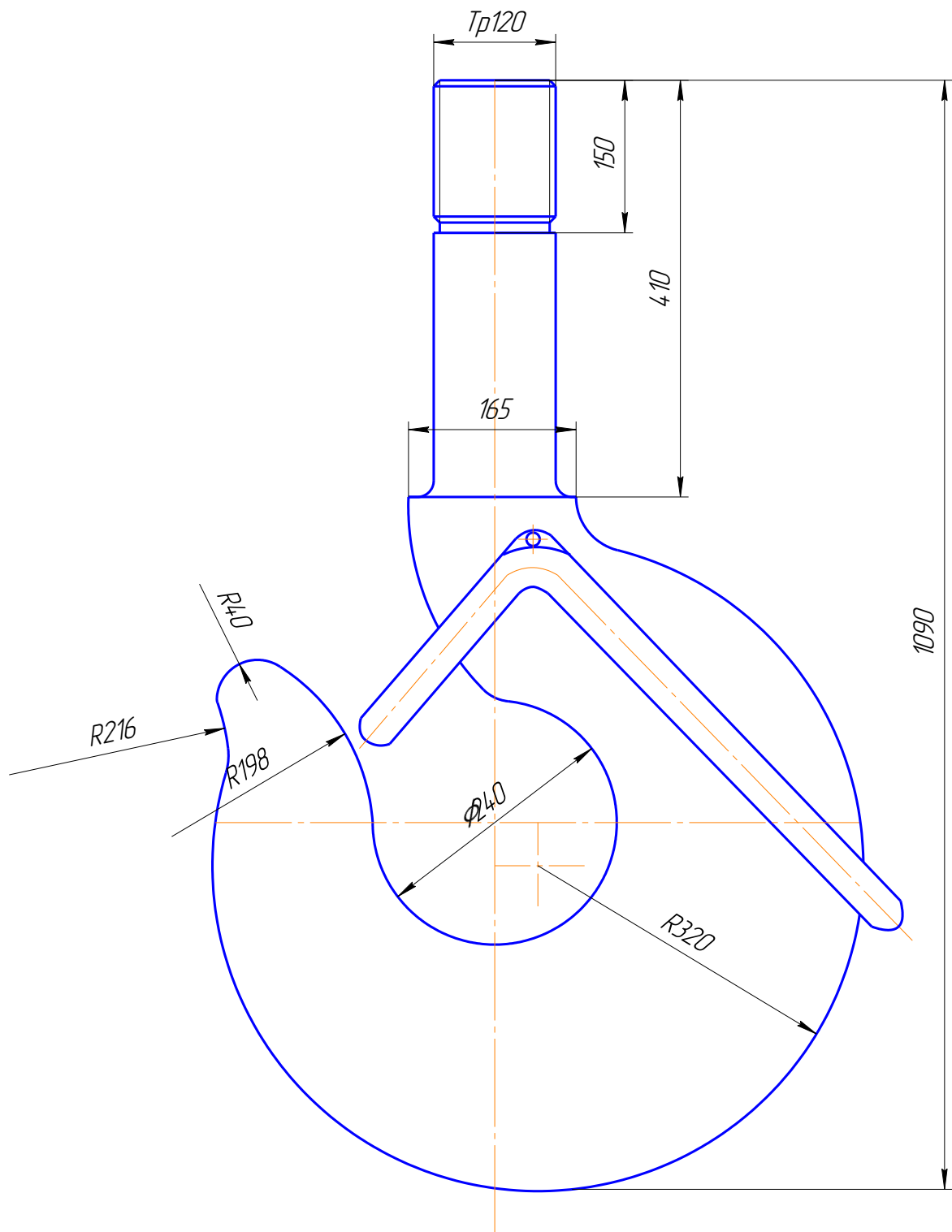


Рис. 1.5. Гак однорогий

1.3.5. Розрахунок опорного підшипника гака

Оскільки обертання гака є встановлюючим, то розрахунок опорного підшипника ведеться по статичній вантажопідйомності.

Статична вантажопідйомність опорного підшипника

$$C_0 = K_{\sigma} \cdot Q \cdot g , \quad (1.12)$$

де K_{σ} - коефіцієнт безпеки.

$$C_0 = 1.2 \cdot 40000 \cdot 9.81 = 470880H$$

Вибираємо підшипник середньої серії 8230 ГОСТ 7872-89
 $d=150mm$, $D=215mm$, $C_0=635000H$.

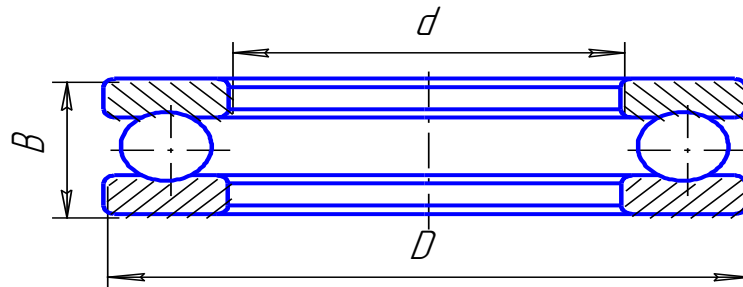


Рис. 1.6. Опорний підшипник гака 8230 за ГОСТ 7872-89

1.3.6. Розрахунок елементів підвіски

Траверса підвіски (рис. 1.7) працює на згин.

Максимальний згинаючий момент у перерізі А-А розраховується за формулою

$$M_{A-A} = \frac{Q \cdot g \cdot l}{4} , \quad (1.13)$$

де $l=354mm$ - розрахунок довжини траверси.

$$M_{A-A} = \frac{40000 \cdot 9.81 \cdot 0.378}{4} = 370818.4H \cdot m$$

Ширину траверси можна прийняти

$$b_{mp} = D_{II} + (10 \dots 15)mm , \quad (1.14)$$

де D_{II} - зовнішній діаметр підшипника гака.

$$b_{mp} = 215 + 12 = 227mm.$$

Максимальний згинаючий момент у перерізі В-В визначається за формулою

$$M_{B-B} = \frac{Q \cdot g}{2} \cdot \left(\frac{l - l_2}{2} \right), \quad (1.15)$$

де $l_2 = 318 \text{ мм}$ – довжина середньої частини траверси.

$$M_{B-B} = \frac{40000 \cdot 9.81}{2} \cdot \left(\frac{0.354 - 0.318}{2} \right) = 5886 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Параметри траверси визначаються розрахунком з умови міцності на згин

$$\sigma = \frac{M}{10^2 \cdot W} \leq [\sigma_{зг}], \quad (1.16)$$

де M – момент діє в розрахунковому перерізі;

W – момент опору розрахункового перерізу;

$[\sigma_{зг}]$ – допустиме напруження на згин.

$$[\sigma_{зг}] = \frac{1.4 \cdot \sigma_{-1}}{K_0 \cdot [n]}, \quad (1.17)$$

де K_0 – коефіцієнт, який враховує конструкцію деталей (для валів, осей і цапф $K_0 = 2.0 \dots 2.8$);

$[n] = 1.6$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності;

$\sigma_{-1} = 250 \dots 260 \text{ МПа}$ – межа витривалості для сталі 45.

$$[\sigma_{зг}] = \frac{1.4 \cdot 255}{2.4 \cdot 1.6} = 92.97 \text{ МПа}$$

Момент опору в перетині А-А:

$$W_{A-A} = \frac{(b_{mp} - d_{mp}) \cdot h^2}{6}; \quad (1.18)$$

де h – висота траверси.

$$\sigma = \frac{M_{A-A} \cdot 6}{10^2 \cdot (b_{mp} - d_{mp}) \cdot h^2} \leq [\sigma_{\sigma}]$$

$$h = \sqrt{\frac{M_{A-A} \cdot 6}{[\sigma_{II}] \cdot (b_{mp} - d_{mp})}} = \sqrt{\frac{1015.4 \cdot 6}{92.97 \cdot 10^6 \cdot (0.227 - 0.150)}} = 0.176 \text{ м}. \quad (1.19)$$

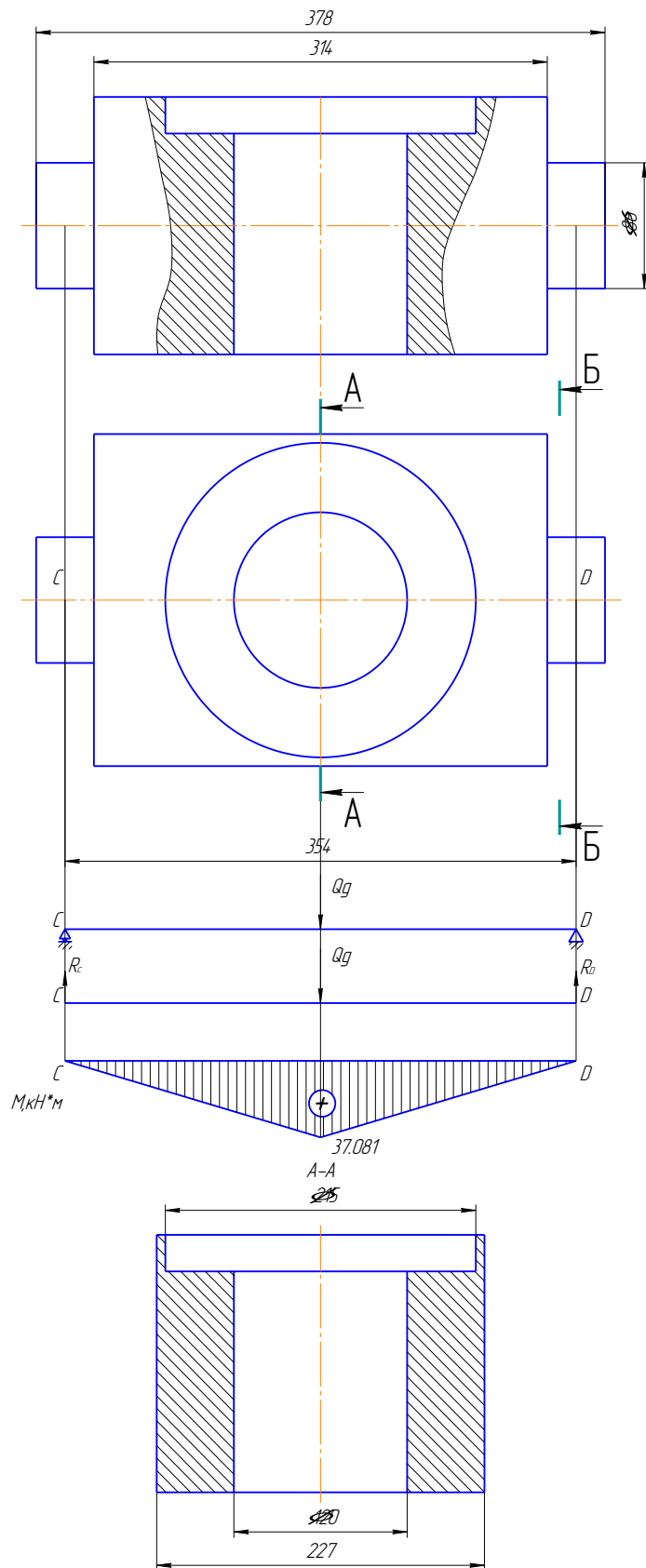


Рис. 1.7. Схема до розрахунку траверси підвіски

Момент опору в перерізі В-В

$$W_{B-B} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 0.1 \cdot d^3 ; \quad (1.20)$$

де d - діаметр осі:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_{B-B}}{10^2 \cdot 0.1 \cdot d^3} \leq [\sigma_\epsilon]; \\ d &= \sqrt[3]{\frac{M_{B-B}}{[\sigma_\epsilon] \cdot 0.1}} = \sqrt[3]{\frac{5866}{92.97 \cdot 10^6 \cdot 0.1}} = 0.086 \text{ м}. \end{aligned} \quad (1.21)$$

У підвісках нормального (будівельного) типу вісь і траверса розраховуються окремо. Навантаження на вісь можна прийняти як силу, прикладену до середини, розраховану з урахуванням того, що на осі встановлено 5 блоків.

$$\begin{aligned} P &= Q \cdot g, \\ P &= 40000 \cdot 9,81 = 392400 \text{ Н}. \end{aligned} \quad (1.22)$$

Максимальний згинаючий момент на осі:

$$M_{32} = \frac{P \cdot l}{2} = \frac{392400 \cdot 0.378}{10} = 1483272 \text{ Н} \cdot \text{м} . \quad (1.23)$$

Діаметр осі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{32}}{[\sigma_\epsilon] \cdot 0,1}} = \sqrt[3]{\frac{1483272}{92.97 \cdot 10^6 \cdot 0.1}} = 0.117 \text{ м} . \quad (1.24)$$

1.3.7. Розрахунок блоків

Розрахунок геометричних параметрів блоків

$$D_2 \geq h_2 \cdot d_k , \quad (1.25)$$

де d_k – діаметр каната;

h_2 – коефіцієнт вибору діаметра блоку.

$$D_2 \geq 20 \cdot 23 = 460 \text{ мм}.$$

Мінімальний діаметр зрівнюючого блоку по середній лінії навитого каната

$$D_3 \geq h_3 \cdot d_k,$$

де h_3 – коефіцієнт вибору діаметра зрівнюючого блоку.

$$D_3 \geq 14 \cdot 23 = 320 \text{ мм}.$$

З метою уніфікації блоків остаточно діаметри блоків приймаємо

$$D_2=500 \text{ мм}; D_3=320 \text{ мм}.$$

Профіль канавок блоків (рис. 1.8) виконується нормативам в залежності від діаметра каната d_k за формулами:

$$R = (0.53 \dots 0.6) \cdot d_k = 0.55 \cdot 23 = 12,65 \text{ мм}; \quad (1.26)$$

$$h = (1.4 \dots 1.9) \cdot d_k = 1.5 \cdot 23 = 34,5 \text{ мм}; \quad (1.27)$$

$$r = 0.2 \cdot d_k = 0.2 \cdot 23 = 4,6 \text{ мм}. \quad (1.28)$$

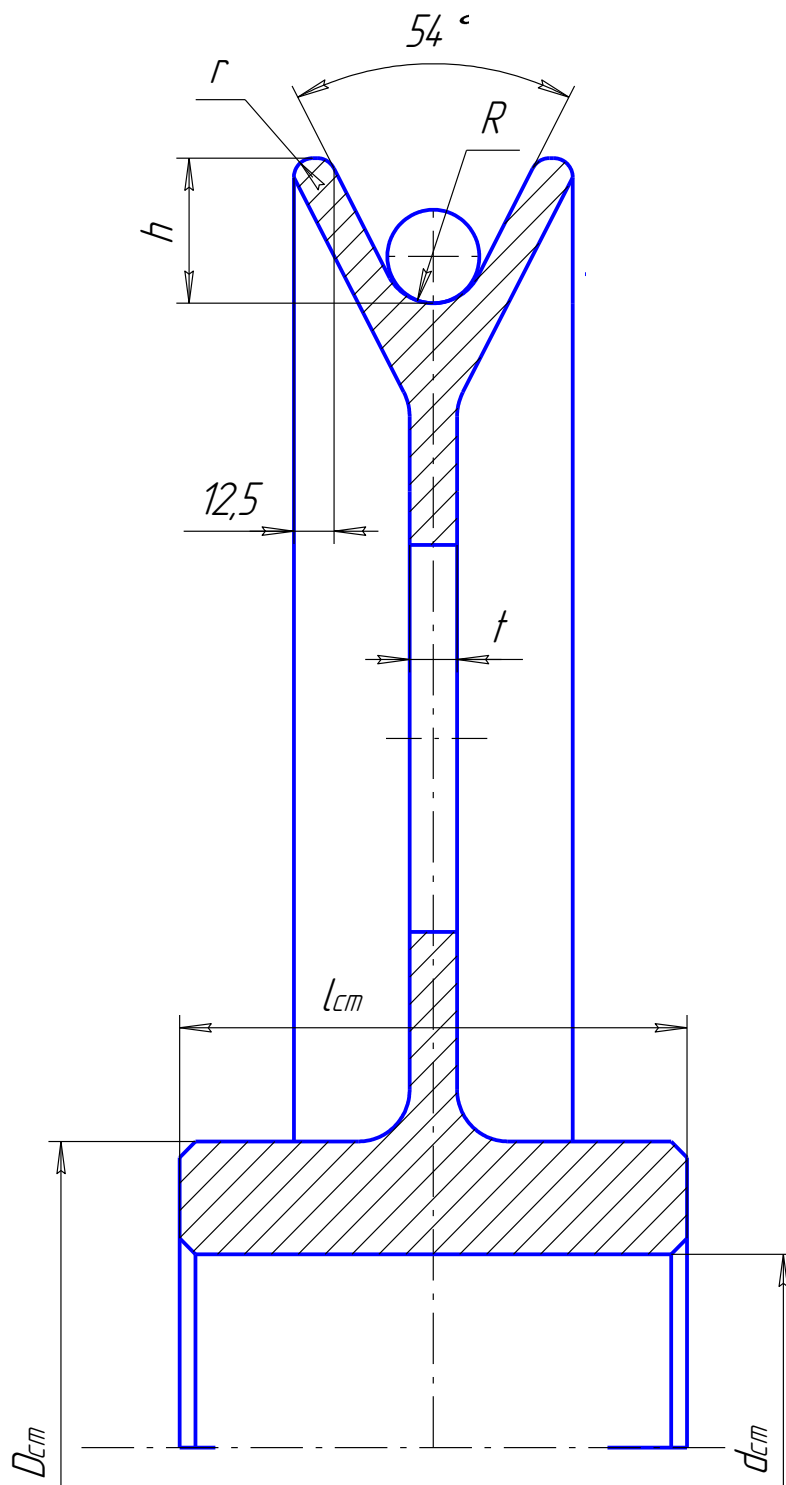


Рис. 1.8. Блок

1.3.8. Розрахунок підшипників блоків

Навантаження на один підшипник при номінальному вантажу

$$P_{\max} = \left(\frac{Q \cdot g}{2 \cdot n_{\text{ол}}} \right) \cdot k_g \cdot k_v, \quad (1.29)$$

де $k_g=1.2$ – динамічний коефіцієнт;

$k_v=1.35$ – коефіцієнт обертання (при обертанні зовнішнього кільця).

$$P_{\max} = \left(\frac{40000 \cdot 9.81}{2 \cdot 5} \right) \cdot 1.2 \cdot 1.35 = 635688H$$

Так як кран працює з різними вантажами, розрахунок слід вести по еквівалентному навантаженні

$$P_{E_{кв}}^{\text{бл}} = P_{\max} \cdot k_{np} , \quad (1.30)$$

де $k_{np}=0.65$ – коефіцієнт приведення.

$$P_{E_{кв}}^{\text{бл}} = 635688 \cdot 0.65 = 41319,72H$$

Необхідна довговічність підшипника L10 (мл. оборотів)

$$L_{10} = \frac{60 \cdot \omega_{\text{бл}} \cdot L_n}{10^6} , \quad (1.31)$$

де $L_n=3500$ – довговічність підшипника для режимів М4 - М6;

$\omega_{\text{бл}}$ - частота обертання блоку

$$\omega_{\text{бл}} = \frac{60 \cdot v_k}{\pi \cdot D_{\text{бл}}} , \quad (1.32)$$

де v_k – швидкість руху каната

$$v_k = U_m \cdot v_2 = 5 \cdot 0.1 = 0.5 \text{ м.с} ; \quad (1.33)$$

$$\omega_{\text{бл}} = \frac{60 \cdot 0.5}{3.14 \cdot 0.500} = 19,1 \text{ с}^{-1} ;$$

$$L_{10} = \frac{60 \cdot 19,1 \cdot 3500}{10^6} = 4 \text{ мл.обертів}$$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність кулькового підшипника

$$C = P_{E_{кв}}^{\text{бл}} \cdot \sqrt[3]{L_{10}} , \quad (1.34)$$

$$C = 41319,72 \cdot \sqrt[3]{4} = 65,5 \text{ кН}$$

За розрахункової динамічної вантажопідйомності і внутрішньому діаметру, вибираємо підшипник № 312 за ГОСТ 8338-75.

$d=60\text{мм}$, $D=130\text{мм}$, $B=31\text{мм}$, $C=81,9\text{кН}$, $C_0=48\text{кН}$.

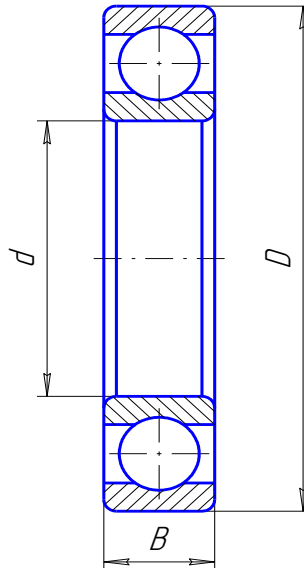


Рис. 1.9. Підшипник № 312 за ГОСТ 8338 – 75

1.3.9. Розрахунок вушка гакової підвіски

$$\sigma_{CM} = \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot p \leq [\sigma]_{зм} , \quad (1.35)$$

де p – тиск на внутрішню поверхню вушка

$$p = \frac{F}{d} \cdot B ; \quad (1.36)$$

де F - зусилля які діють на вушко розраховується за формулою:

$$F = Q \cdot \frac{g}{2} = 40000 \cdot \frac{9.81}{2} = 196200 \text{ Н} ; \quad (1.37)$$

де $d = 86 \text{ мм}$ – діаметр отвору під траверсу;

$B = 20 \text{ мм}$ – розрахункова ширина вушка;

$$p = \frac{196200}{86} \cdot 20 = 100 \text{ (МПа)};$$

де $R_1 = 50 \text{ мм}$ – внутрішній радіус вушка;

$R_2 = 100 \text{ мм}$ – зовнішній радіус вушка;

$[\sigma]_{зм} = 170 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зминання.

$$\sigma_{см} = \frac{100^2 + 50^2}{100^2 - 50^2} \cdot 100 \text{ МПа} = 167 \text{ МПа} \leq 170 \text{ МПа}$$

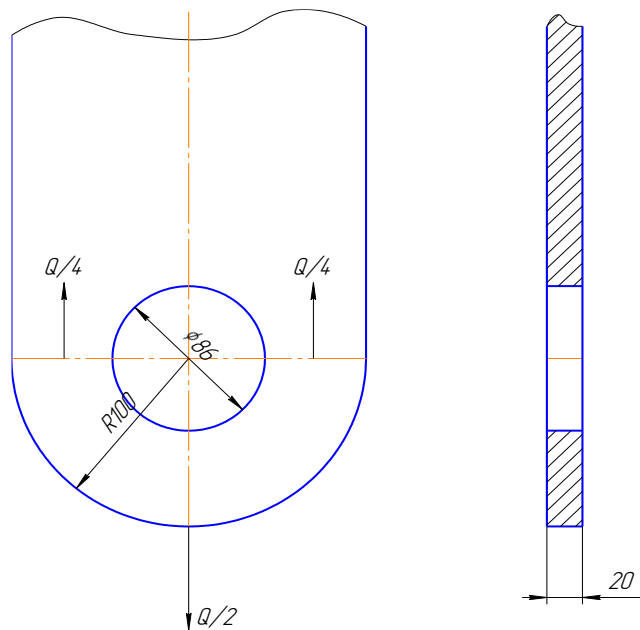


Рис. 1.10. Розрахункова схема вушка

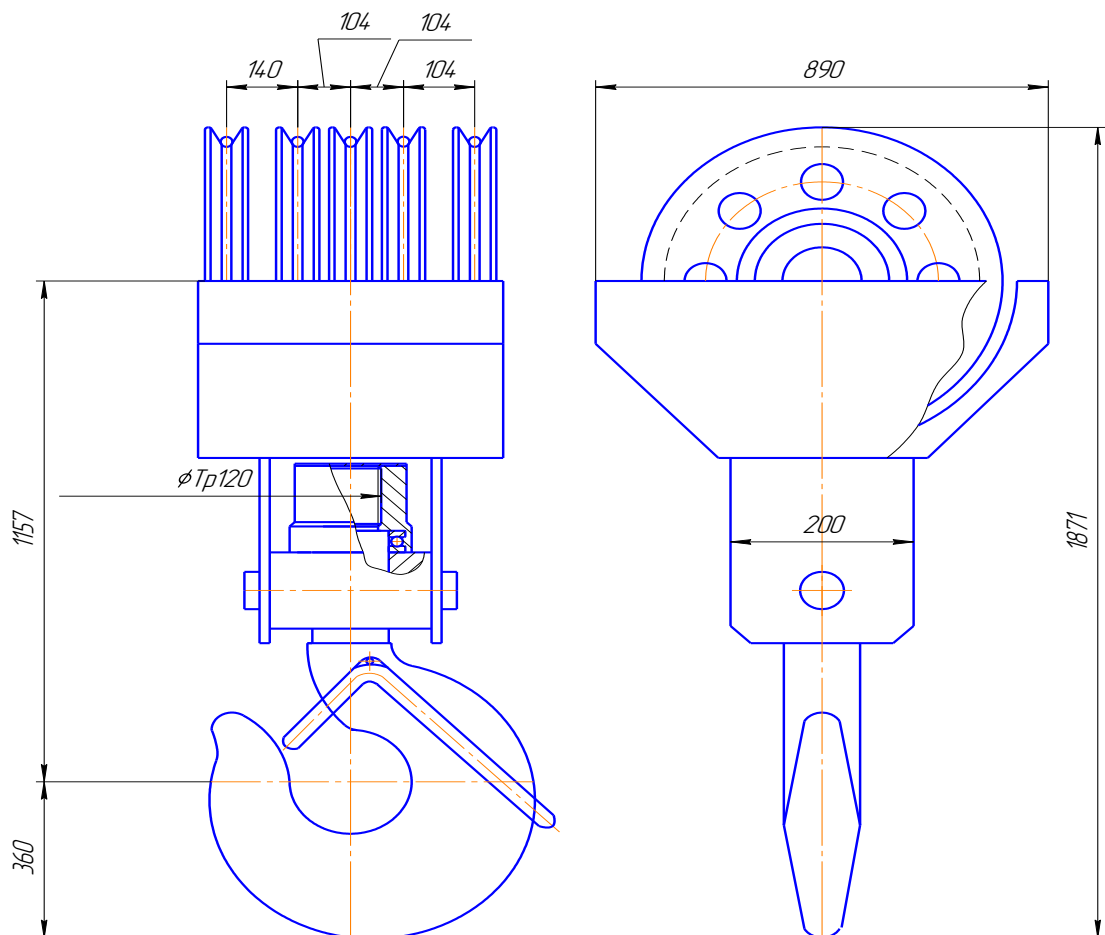


Рис. 1.11. Гакова підвіска

1.3.10. Розрахунок барабана

Мінімальний діаметр барабана вигинається сталевим канатом

$$D_I \geq h_1 \cdot d_k, \quad (1.38)$$

де h_1 – коефіцієнт вибору діаметра барабана

$$D_I \geq 18 \cdot 23 = 414 \text{ мм.}$$

1.3.11. Розрахунок основних параметрів барабана

Профілі і розміри канавок на барабані (рис. 1.12) вибирають з умов забезпечення довговічної і надійної роботи каната:

$$\text{радіус канавки } r_k = (0.6 \dots 0.7) \cdot d_k = 0.65 \cdot 23 = 15 \text{ мм;}$$

$$\text{крок гвинтової лінії } t = d_k + (2 \dots 3 \text{ мм}) = 23 + 2.5 = 23,5 \text{ мм;}$$

глибина канавок $c = (0.25 \dots 0.4) \cdot d_k = 0.35 \cdot 23 = 8 \text{ мм}$.

Кількість витків барабана при здвоєному поліспасти

$$Z_H = \frac{H \cdot U_m}{\pi \cdot D_1} + Z_3 + Z_K, \quad (1.39)$$

де H – висота підйому вантажу;

m – кратність поліспасти;

D_1 – середній діаметр барабана;

$Z_3 = 1.5 \dots 2$ – число запасних витків;

$Z_K = 2.5 \dots 3$ – число витків для кріплення каната.

$$Z_H = \frac{18 \cdot 5}{3.14 \cdot 0.800} + 2 + 3 = 41$$

Довжина барабана при здвоєному поліспасти

$$L_A = 2l_H + l_0 + 2 \cdot l_k, \quad (1.40)$$

де l_H – довжина однієї нарізної частини;

l_0 – довжина середньої частини барабана;

l_k – довжина однієї гладкої кінцевої ділянки;

$$l_H = t(z_p + z_{непр} + z_{кр}); \quad (1.41)$$

$$l_H = 23.5(41 + 1.5 + 4) = 1092.75 \text{ мм};$$

$$l_0 = b - 2h_{\min} \text{tg} \gamma; \quad (1.42)$$

де h_{\min} – відстань між осями барабана і блоків підвіски в крайньому верхньому положенні (600 ... 1000 мм);

b – відстань між осями крайніх блоків гакової підвіски;

$$l_0 = 488 - 2 \cdot 1000 \cdot \text{tg} 6^\circ = 278 \text{ мм};$$

$$l_k = (4 \dots 5) d_k; \quad (1.43)$$

$$l_k = 4,5 \cdot 23 = 104 \text{ мм};$$

$$L_B = 2 \cdot 1092,75 + 278 + 2 \cdot 104 = 2600 \text{ мм}.$$

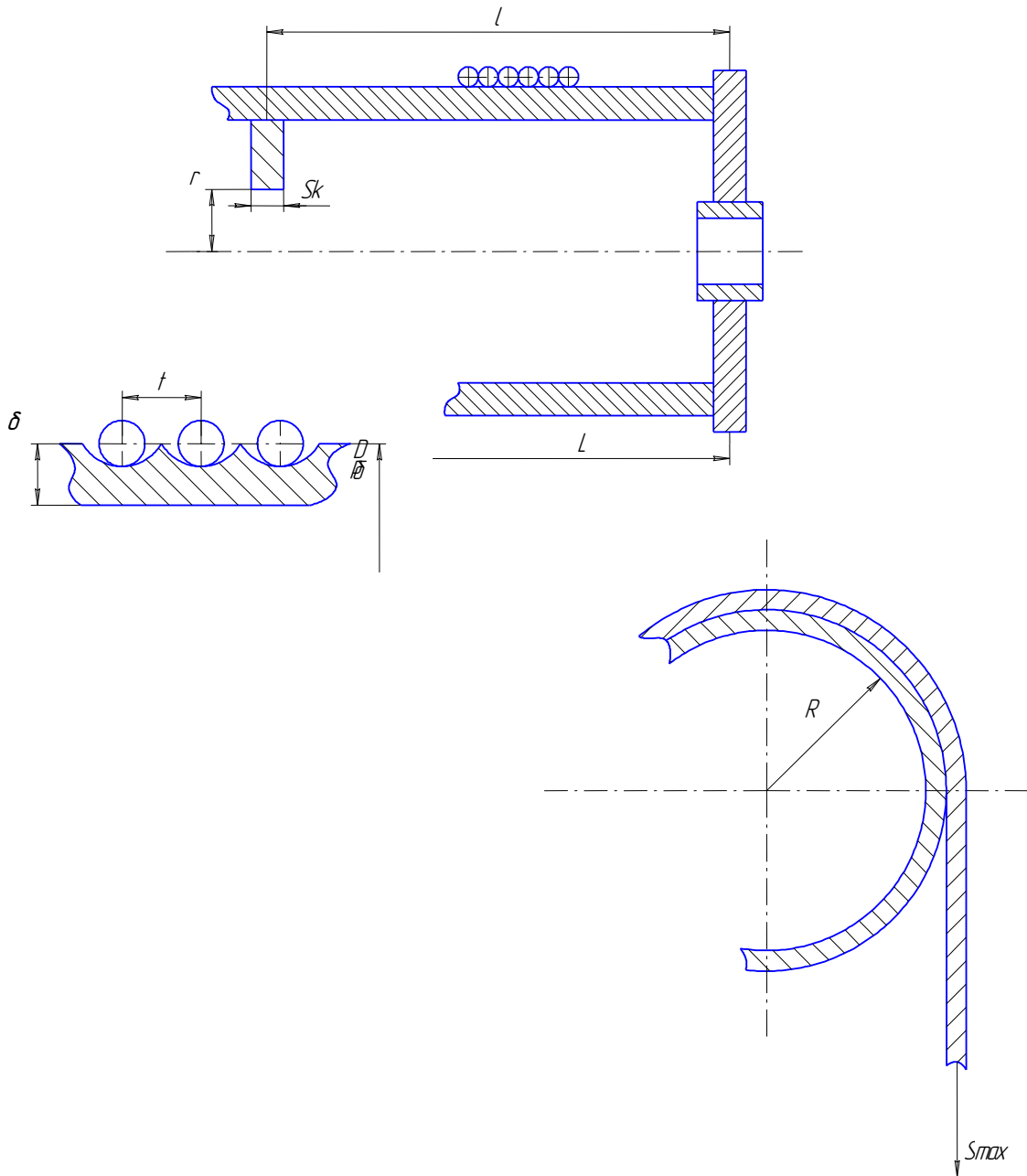


Рис. 1.12. Елементи барабана

1.3.12. Розрахунок барабана на міцність

Товщину стінки барабана визначають з умов стиснення

$$\sigma = \frac{S_{\max}}{t \cdot \delta} \leq [\sigma_{CT}], \quad (1.44)$$

де δ – попередня товщина стінки барабана

$$\delta = 1.2 \cdot d_k = 1.2 \cdot 23 = 27,6 \text{ мм}, \quad (1.45)$$

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження для сталі

$$[\sigma_{CT}] = \frac{\sigma_T}{n}, \quad (1.46)$$

де $n = 1.4 \dots 1.5$ – запас міцності барабана;

$\sigma_m = 250 \text{ МПа}$ – межа текучості для сталі 20;

$$[\sigma_{CT}] = \frac{250}{1.5} = 167 \text{ МПа};$$

$$\sigma = \frac{41692,5}{0,0235 \cdot 0,028} = 63 \text{ МПа} < 167 \text{ МПа}.$$

Крім деформацій стиснення, стінка барабана в загальному випадку відчуває також деформацію згину і скручення. Напруження проводиться при довжині барабана $L_B > (3 \dots 4) \cdot D$.

$$L_B = 4 \cdot 800 = 3200 \text{ мм} > 2600 \text{ мм}.$$

1.3.13. Розрахунок вузла кріплення каната на барабан

$$F_{KP} = \frac{S_{\max}}{e^{f\alpha}}, \quad (1.47)$$

де $f = 0.1 \dots 0.16$ – коефіцієнт тертя між канатом і барабаном;

$\alpha = (3 \dots 4)\pi$ - кут захвату канатом барабана.

$$F_{KP} = \frac{41692,5}{e^{0,13\pi}} = 5596,3 \text{ Н}.$$

Зусилля, яке діє на розтяг болта:

$$P = \frac{2 \cdot F_{KP}}{(f + f_1) \cdot (1 + e^{f \cdot \alpha_1}) \cdot Z_{\sigma}}, \quad (1.48)$$

де $\alpha_1 = 2\pi$ - кут захвату барабана канатом при переході від однієї канавки до іншої;

Z_{σ} – число болтів;

$f_1=0.24$ – наведений коефіцієнт тертя між планкою і канатом.

$$P = \frac{2 \cdot 5891}{(0.1 + 0.24) \cdot (1 + e^{0.1 \cdot 2\pi}) \cdot 2} = 9119.2 \text{ Н}$$

Приймаємо болт (шпилька) М20.

Прийнятий болт перевіряємо на розтяг

$$\sigma = \frac{k \cdot k_3 \cdot P \cdot 4}{\pi \cdot d_{\sigma}^2} \leq [\sigma_P], \quad (1.49)$$

де $k=1.3$ – коефіцієнт який враховує згинання болта;

$k_3=1.8$ – коефіцієнт запасу міцності;

d_{σ} – діаметр болта;

$[\sigma_P]$ – допустиме напруження на розтяг (для Ст.3 приймаємо 117МПа).

$$\sigma = \frac{1.3 \cdot 1.8 \cdot 9119.2 \cdot 4}{3.14 \cdot 0.020^2} = 106.2 \text{ МПа} < 117 \text{ МПа}$$

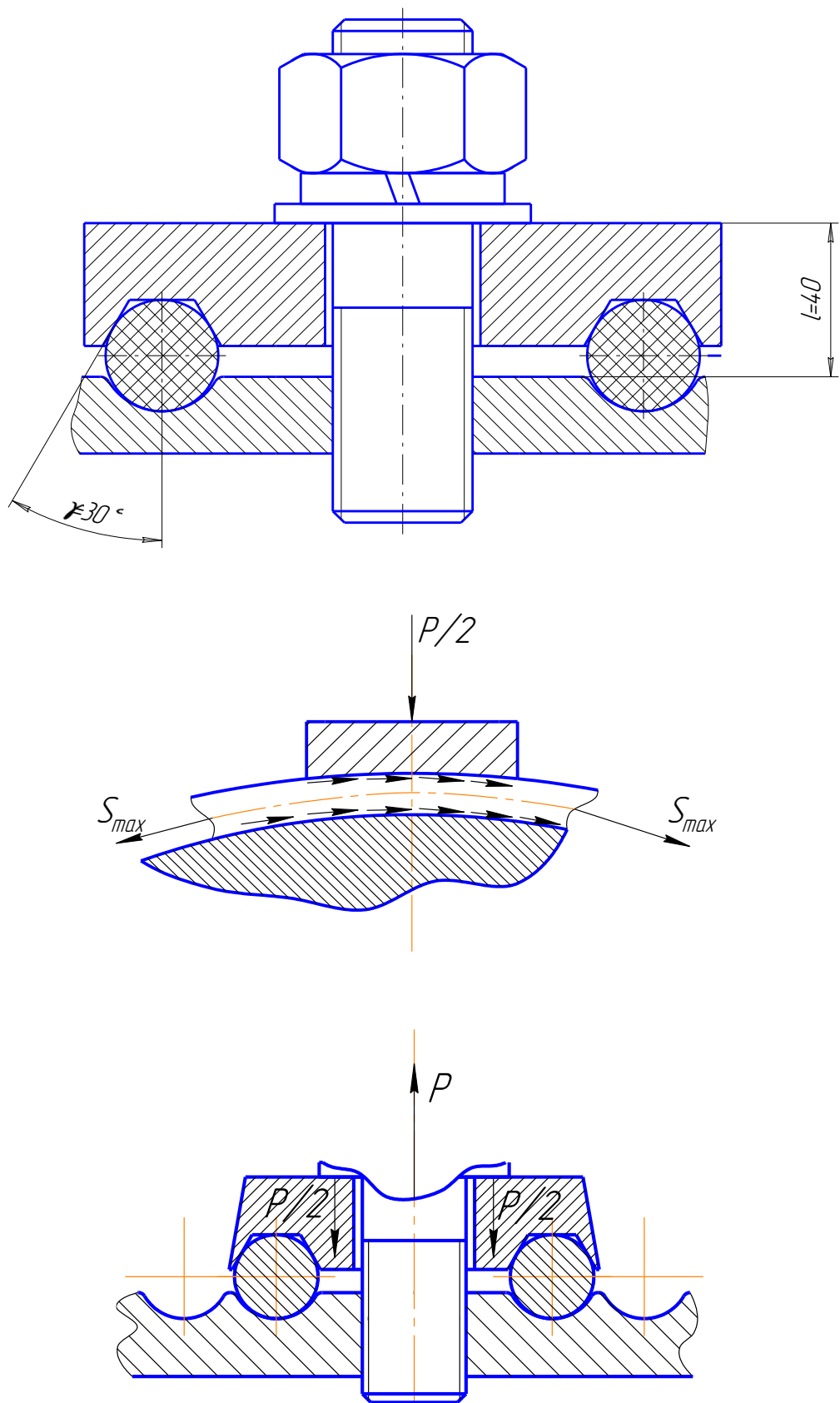


Рис. 1.13. Кріплення каната на барабані

1.3.14. Розрахунок ланцюгової передачі

Крутний момент на ведучій зірочці необхідний для приводу кабельного барабана

$$T_3 = P \cdot \frac{D_{\text{бк}}}{2}, \quad (1.50)$$

де $D_{\text{бк}} = 420\text{мм}$ - діаметр кабельного барабана;

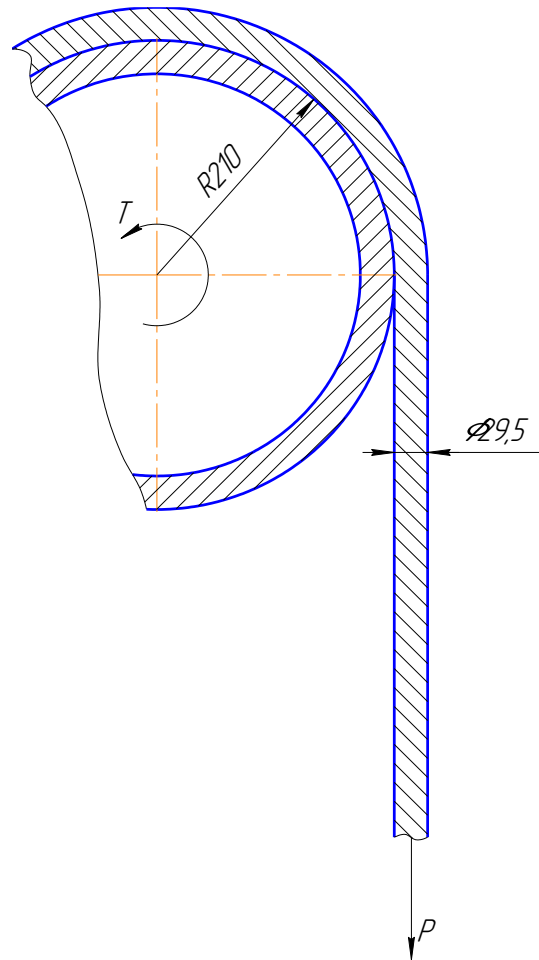


Рис. 1.14. Розрахункова схема кабельного барабана

P - вага кабеля

$$P = m_{1\text{м}} \cdot l \cdot g, \quad (1.51)$$

Вибираємо кабель КГЗ 3·16+1·6

$m_{1\text{м}} = 7\text{кг}$ - маса 1 метра кабеля;

$l = 18\text{м}$ - довжина кабеля;

$$P = 7 \cdot 18 \cdot 9,8 = 1234,8H ,$$

$$T_3 = (1234,8) \cdot \frac{0,420}{2} = 600H \cdot m .$$

Передаточне число $U = 0.5$.

Кількість зубців ведучої зірочки

$$z_3 = 31 - 2 \cdot U = 31 - 2 \cdot 0.5 = 30 , \quad (1.52)$$

$$z_4 = 30 \cdot 0.5 = 15 .$$

Розрахунковий коефіцієнт навантаження

$$K_H = K_D K_A K_H K_P K_M K_n \quad (1.53)$$

де $K_D = 1$ - динамічний коефіцієнт;

$K_A = 1$ - враховує вплив міжосьової відстані;

$K_H = 1$ - враховує вплив кута нахилу лінії центрів;

$K_P = 1,25$ - при періодичному регулюванні натягу ланцюга;

$\hat{e}_i = 1$ - коефіцієнт мастила;

$K_n = 1$ - коефіцієнт періодичності.

$$K_H = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1 = 1,25 .$$

Крок однорядного ланцюга

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_3 \cdot K_H}{z_3 [P]}} , \quad (1.54)$$

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{600 \cdot 1,25}{30 \cdot 46}} = 12mm .$$

Підбираємо ланцюг ПР-12,7-18,2

Швидкість ланцюга

$$V = \frac{z_3 \cdot t \cdot n_3}{60 \cdot 10^3}, \quad (1.55)$$

$$V = \frac{30 \cdot 50.8 \cdot 12}{60 \cdot 10^3} = 0.3 \text{ м/с}.$$

Колова сила

$$F_{\kappa} = \frac{T_3 \cdot \omega_2}{V}, \quad (1.56)$$

$$F_{\kappa} = \frac{600 \cdot 1.26}{0.3} = 2192.5 \text{ Н}.$$

Перевіряємо тиск в шарнірі

$$p = \frac{F \cdot K_{\mu}}{A_{on}}, \quad (1.57)$$

$$p = \frac{2192.5 \cdot 1.25}{39.6} = 49 \text{ МПа}.$$

Уточнюємо допустимий тиск в шарнірі

$$\kappa_z = 1 + 0.01(z_3 - 17) = 1.13, \quad (1.58)$$

$$[p] \cdot \kappa_z = 46 \cdot 1.13 = 52 \text{ МПа}, \quad (1.59)$$

$$[p] \geq p.$$

Визначаємо число ланок ланцюга

$$L_t = 2a_t + 0.5z_{\Sigma} + \frac{\Delta^2}{a_t}, \quad (1.60)$$

$$a_t = \frac{a_y}{t} = \frac{895}{12.7} = 70.4;$$

$$z_{\Sigma} = z_3 + z_4 = 15 + 30 = 45; \quad (1.61)$$

$$\Delta = \frac{z_3 - z_4}{2\pi} = \frac{30 - 15}{6.28} = 2.3; \quad (1.62)$$

$$L_t = 2 \cdot 70,4 + 0,5 \cdot 45 + \frac{2,3}{70,4} = 164.$$

Уточнюємо міжосьову відстань ланцюгової передачі

$$a_{\text{в}} = 0,25t \left[L_t - 0,5z_{\Sigma} + \sqrt{(L_t - 0,5z_{\Sigma})^2 - 8\Delta^2} \right], \quad (1.63)$$

$$a_{\text{в}} = 0,25 \cdot 12,7 \left[164 - 0,5 \cdot 45 + \sqrt{(164 - 0,5 \cdot 45)^2 - 8 \cdot 2,3^2} \right] = 895 \text{ мм.}$$

Визначаємо діаметри ділительного кола зірочок:

$$d_{\text{д3}} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_3}} = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{30}} = 505 \text{ мм}, \quad (1.64)$$

$$d_{\text{д4}} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_4}} = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{15}} = 252 \text{ мм.}$$

Визначаємо діаметри зовнішнього кола зірочок:

$$D_{e3} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_3} + 0,7 \right) - 0,3d_1, \quad (1.65)$$

$$D_{e4} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_4} + 0,7 \right) - 0,3d_1$$

де $d_1 = 8,51 \text{ мм}$ - діаметр ролика ланцюга.

$$D_{e3} = 12,7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{30} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot 8,51 = 520 \text{ мм,}$$

$$D_{e4} = 12,7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{15} + 0,7 \right) - 0,3 \cdot 8,51 = 262 \text{ мм.}$$

Розрахункове навантаження на вал

Відцентрова сила:

$$F_v = q \cdot V^2, \quad (1.66)$$

де $q = 0,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ - маса одного метра ланцюга.

$$F_V = 0,75 \cdot 0,3^2 = 0,873 \text{Н};$$

$$F_B = F_u + 2F_f. \quad (1.67)$$

Сила від провисання ланцюга:

$$F_f = 9.81 \cdot k_f \cdot q \cdot a_{\bar{v}}, \quad (1.68)$$

де $k_f = 6$ - коефіцієнт, що враховує розташування ланцюга.

$$F_f = 9.81 \cdot 6 \cdot 0,75 \cdot 0.895 = 50 \text{Н};$$

$$F_B = 2192,5 + 2 \cdot 50 = 2292,5 \text{Н}.$$

Перевіряємо коефіцієнт запасу міцності ланцюга

$$S = \frac{Q}{F_u \cdot k_d + F_V + F_f}, \quad (1.69)$$

де $Q = 18,2 \text{кН}$ - руйнівне навантаження.

$$S = \frac{18200}{2192,5 \cdot 1 + 0,873 + 50} = 8,6;$$

$$S \geq [S]$$

$$8.6 \geq 7.6.$$

1.3.15. Розрахунок вала барабана

Для попереднього розрахунку довжини вала барабана можна прийняти рівною

$$L = L_{\sigma} + (100 \dots 150 \text{мм}) = 2600 + 100 = 2700 \text{мм}. \quad (1.70)$$

Навантаження на маточину барабана

$$P_1 = 0.55 \cdot 2 \cdot S_{\max} = 0.55 \cdot 2 \cdot 41692,5 = 45,86 \text{кН}; \quad (1.71)$$

$$P_2 = 0.45 \cdot 2 \cdot S_{\max} = 0.45 \cdot 2 \cdot 41692,5 = 38,14 \text{кН}. \quad (1.72)$$

Розрахунок вала барабана зводять до визначення діаметрів цапф і маточини з умови роботи осі на згин в симетричному циклі

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{\epsilon}], \quad (1.73)$$

де M – згинаючий момент в розрахунковому перерізі;

W – момент опору розрахункового перерізу при згині;

$[\sigma_{\epsilon}]$ - допустиме напруження при симетричному циклі

$$[\sigma_{\epsilon}] = \frac{\sigma_{-1}}{K_0 \cdot [n]}, \quad (1.74)$$

де $\sigma_{-1} = 250 \text{ МПа}$ – для сталі 45;

$[n] = 1.6$ – коефіцієнт запасу міцності;

K_0 – коефіцієнт, який враховує конструкцію деталей (для валів, осей і цапф - 2.0 ... 2.8).

$$[\sigma_{\epsilon}] = \frac{250 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 2} = 78.1 \text{ МПа}.$$

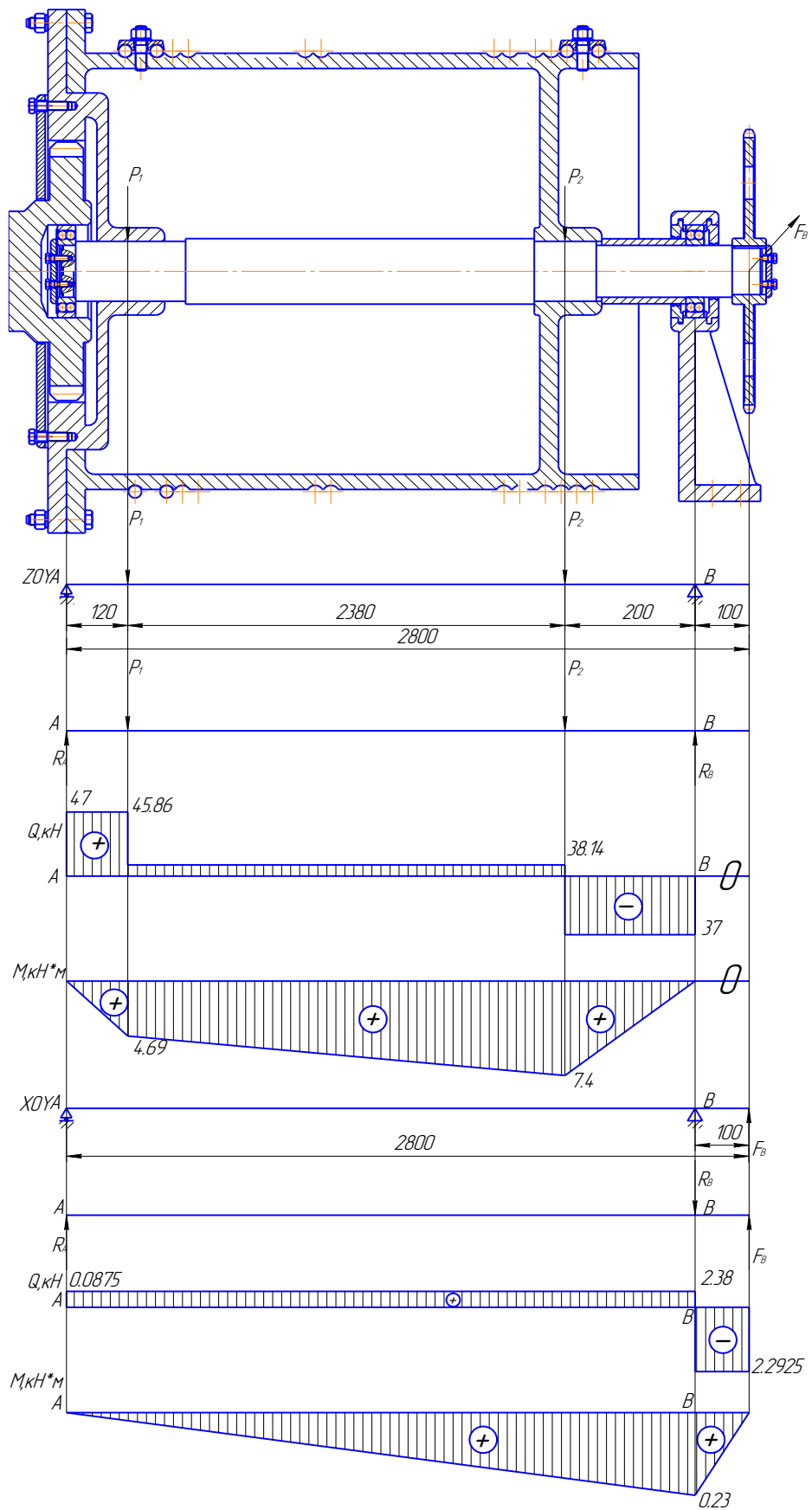


Рис. 1.15. Розрахункова схема на валу барабана

Площина ZOY

Знаходимо реакції опор:

$$\sum M_A = 0;$$

$$-P_1 \cdot 0.12 - P_2 \cdot 2.580 + R_B \cdot 2.700 = 0;$$

$$R_B = \frac{P_1 \cdot 0.12 + P_2 \cdot 2.580}{2.700} = \frac{45.86 \cdot 0.12 + 37.52 \cdot 2.580}{2.700} = 37,9 \text{кН}$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$P_2 \cdot 0.2 + P_1 \cdot 2.580 - R_A \cdot 2.700 = 0;$$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot 2.580 + P_2 \cdot 0.2}{2.700} = \frac{45.86 \cdot 2.580 + 37.52 \cdot 0.2}{2.700} = 47 \text{кН}$$

Перевірка:

$$\sum F_i = 0;$$

$$R_A + R_B - P_1 - P_2 = 47 + 37 - 45,86 - 38,14 = 0$$

Побудуємо епюри згинаючих моментів і поперечних сил (рис. 1.15)

I ділянка:

$$0 \leq z_1 \leq 0,2;$$

$$Q_1 = R_B = 37 \text{кН};$$

$$M'_1 = R_B \cdot z_1;$$

$$M_{1; z=0} = 37 \cdot 0 = 0;$$

$$M_{1; z=0.12} = 37 \cdot 0,2 = 7,4 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

II ділянка:

$$2,58 \geq z_2 \geq 0;$$

$$Q_{2; z=0} = -R_B + P_2 = -37 + 38,14 = 1,14 \text{кН};$$

$$M_2 = R_B(z_2 + 0.200) - P_2 z_2;$$

$$M_{2; z_2=0} = R_B(0 + 0.2) - P_2 \cdot 0 = 37 \cdot 0,2 - 0 = 7,4 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{2; z_2=2,580} = R_B \cdot 2,58 - P_2 \cdot 2,38 = 37 \cdot 2,58 - 38,14 \cdot 2,38 = 4,69 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

III ділянка

$$2,7 \geq z_2 \geq 0;$$

$$Q_{3; z=0} = -R_B + P_2 + P_1 = -37 + 38,14 + 45,86 = 47 \text{кН}.$$

$$M_3 = R_B(z_2 + 2,58) - P_2(z_2 + 2,38) - P_1(z_2);$$

$$M_{3; z_2=0} = R_B(0 + 2,58) - P_2 \cdot 2,38 - P_1 \cdot 0 = 37 \cdot 2,58 - 38,14 \cdot 2,38 = 4,69 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{3; z_2=2,7} = R_B \cdot 2,7 - P_2 \cdot 2,5 - P_1 \cdot 0,12 = 37 \cdot 2,7 - 38,14 \cdot 2,5 - 45,86 \cdot 0,12 = 0 \text{кН} \cdot \text{м}.$$

Площина XOY

Знаходимо реакції опор

$$\sum M_A = 0;$$

$$R_B \cdot 2.6 - F_B \cdot 2.7 = 0;$$

$$R_B = \frac{F_B \cdot 2.7}{2.6} = \frac{2292,5 \cdot 2.7}{2.6} = 2,38 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A \cdot 2.6 - F_B \cdot 0,1 = 0;$$

$$R_A = \frac{F_B \cdot 0,1}{2.6} = \frac{2292,5 \cdot 0,1}{2.6} = 87,5 \text{ Н}.$$

Перевірка:

$$\sum F_i = 0;$$

$$R_A - R_B + F_B = 87,5 - 2380 + 2292,5 = 0.$$

Побудуємо епюри згинаючих моментів і поперечних сил (рис. 1.15)

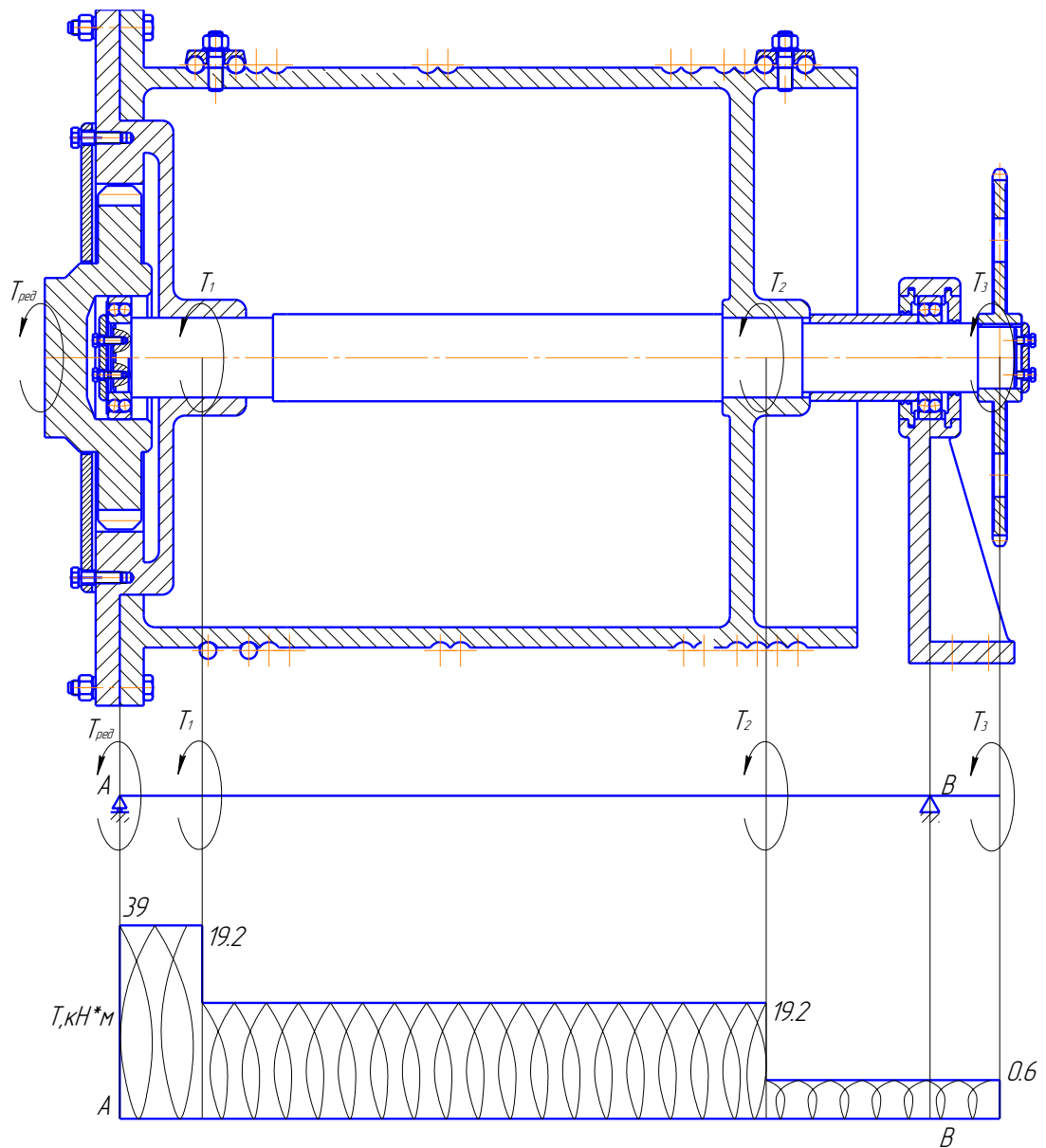


Рис. 1.16. Епюри крутих моментів на валу барабана

I ділянка:

$$0 \leq z_1 \leq 0,1;$$

$$Q_1 = -F_B = -2,2925 \text{ кН.}$$

$$M'_1 = F_B \cdot z_1;$$

$$M_{1; z=0} = 2,2925 \cdot 0 = 0;$$

$$M_{1; z=0,12} = 2,2925 \cdot 0,1 = 0,23 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

II ділянка:

$$2,6 \geq z_2 \geq 0,1;$$

$$Q_{2; z=0} = -F_B + R_B = -2,2925 + 2,38 = 0,0875 \text{ кН.}$$

$$M_2 = F_B(z_2 + 0,1) - R_B z_2;$$

$$M_{2; z_2=0} = F_B(0 + 0,1) - R_B \cdot 0 = 2,2925 \cdot 0,1 - 0 = 0,23 \text{ кН} \cdot \text{м.};$$

$$M'_{2; z_2=2,6} = F_B \cdot 2,7 - R_B \cdot 2,6 = 2,2925 \cdot 2,7 - 2,38 \cdot 2,6 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Побудуємо епюри крутних моментів (рис. 1.16)

Крутний момент необхідний для підйому вантажу і приводу кабельного барабана

$$T_{ред} = \frac{2 \cdot (S_{max} \cdot D_B)}{2 \cdot \eta_B} + T_3;$$

$$T_B = \frac{2 \cdot (41692,5 \cdot 0,8)}{2 \cdot 0,99} = 38,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_{ред} = 38,4 + 0,6 = 39.$$

I ділянка:

$$T_1 = T_{ред} - \frac{T_B}{2} = 39 - 19,2 = 19,8 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = T_1 - \frac{T_B}{2} = 19,8 - 19,2 = 0,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$T_3 = T_2 - T_3 = 0,6 - 0,6 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

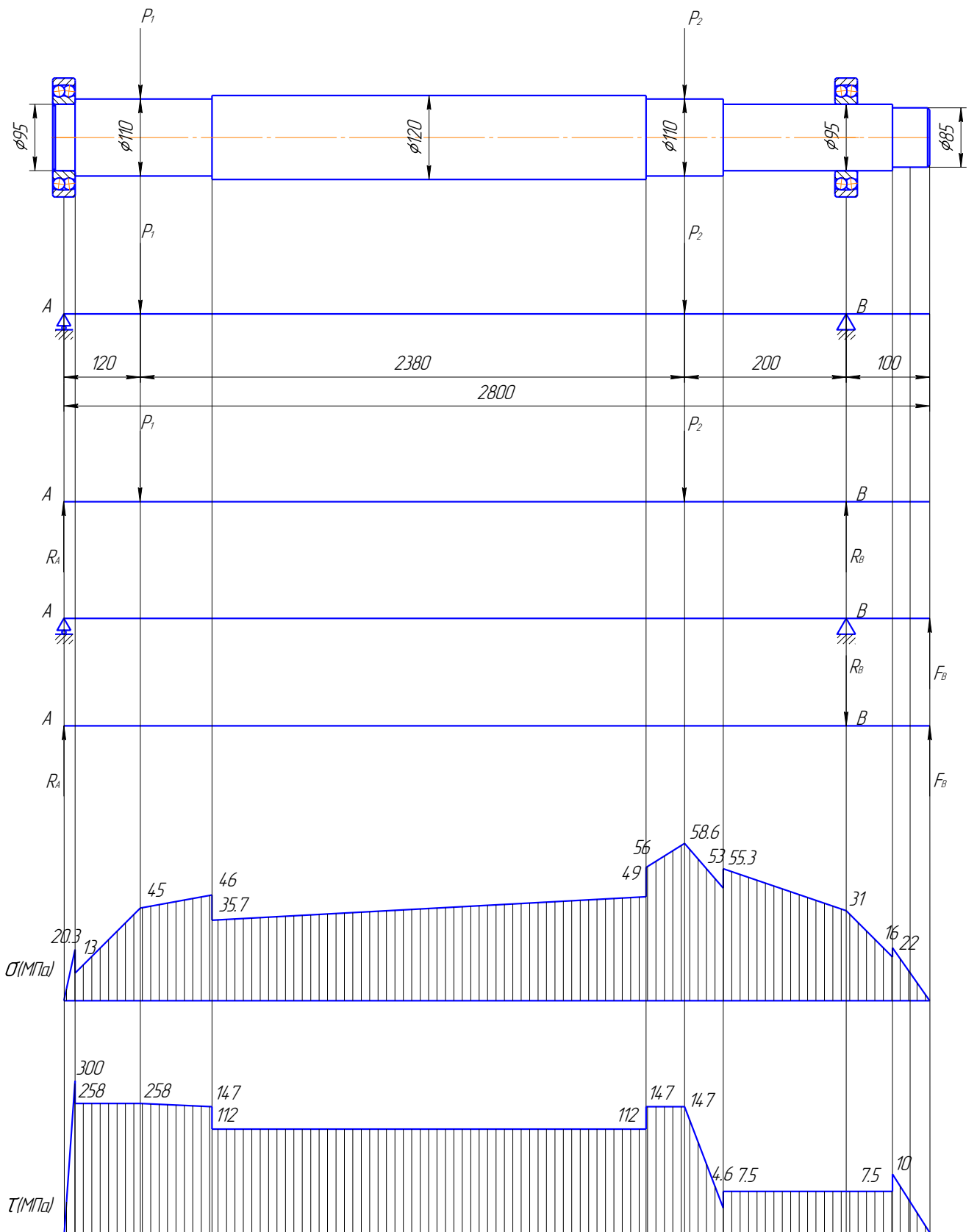


Рис. 1.17. Епюри нормальних і дотичних напружень на валу барабана

Побудуємо епюри нормальних напружень (рис. 1.17)

$$\sigma = \frac{\sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}}{0,1 \cdot d^3}, \quad (1.75)$$

$$\sigma_1 = \frac{1409,8}{0,1 \cdot 0,085^3} = 22 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{1409,8}{0,1 \cdot 0,095^3} = 16 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{2,6}{0,1 \cdot 0,095^3} = 31 \text{ МПа};$$

$$\sigma_4 = \frac{7143}{0,1 \cdot 0,095^3} = 55,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_5 = \frac{7143}{0,1 \cdot 0,11^3} = 53 \text{ МПа};$$

$$\sigma_6 = \frac{7798}{0,1 \cdot 0,11^3} = 58,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_7 = \frac{8529}{0,1 \cdot 0,11^3} = 56 \text{ МПа};$$

$$\sigma_8 = \frac{8529}{0,1 \cdot 0,12^3} = 49 \text{ МПа};$$

$$\sigma_9 = \frac{6171}{0,1 \cdot 0,12^3} = 35,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{10} = \frac{6171}{0,1 \cdot 0,11^3} = 46 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{11} = \frac{6038}{0,1 \cdot 0,11^3} = 45 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{12} = \frac{1742}{0,1 \cdot 0,11^3} = 13 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{13} = \frac{1742}{0,1 \cdot 0,095^3} = 20,3 \text{ МПа}.$$

Побудуємо епюри дотичних напружень (рис. 1.17)

$$\tau = \frac{T}{\left(\frac{\pi \cdot d^3}{32} \right)}, \quad (1.76)$$

$$\tau_1 = \frac{600}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.085^3}{32}\right)} = 10 \text{ МПа};$$

$$\tau_2 = \frac{600}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.095^3}{32}\right)} = 7,5 \text{ МПа};$$

$$\tau_3 = 7,5 \text{ МПа}; \tau_4 = 7,5 \text{ МПа};$$

$$\tau_5 = \frac{600}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.11^3}{32}\right)} = 4,6 \text{ МПа};$$

$$\tau_6 = \frac{19200}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.11^3}{32}\right)} = 147 \text{ МПа};$$

$$\tau_7 = 147 \text{ МПа};$$

$$\tau_8 = \frac{19200}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.12^3}{32}\right)} = 112 \text{ МПа};$$

$$\tau_9 = 112 \text{ МПа};$$

$$\tau_{10} = \frac{19200}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.11^3}{32}\right)} = 147 \text{ МПа};$$

$$\tau_{11} = \frac{39000}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.11^3}{32}\right)} = 258 \text{ МПа};$$

$$\tau_{12} = 147 \text{ МПа};$$

$$\tau_{13} = \frac{39000}{\left(\frac{3.14 \cdot 0.095^3}{32}\right)} = 300 \text{ МПа}.$$

Найбільший згинаючий момент в перерізі під маточиною

$$M_M = M = 7,798 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Момент опору даного перетину на осі

$$W_M = 0.1 \cdot d_M^2 . \quad (1.77)$$

Підставляючи дані значення в умови роботи на згин в симетричному циклі, отримаємо формулу знаходження діаметра осі під маточиною

$$[\sigma_{\zeta\bar{a}}] \geq \frac{M}{W} \Rightarrow [\sigma_{\dot{\epsilon}}] \geq \frac{M_i}{0.1 \cdot d_i^3} , \quad (1.78)$$

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{M_i}{0.1 \cdot [\sigma_{\zeta\bar{a}}]}} = \sqrt[3]{\frac{7798}{0.1 \cdot 78.1 \cdot 10^6}} = 0.10 \text{ м} .$$

Найбільший згинаючий момент правої цапфи дорівнюватиме

$$M_{\zeta\bar{a}} = R_B \cdot \left(l_2 - \frac{l_i}{2} \right) , \quad (1.79)$$

де $l_M = (1.5 \dots 2.0) \cdot d_M$ – довжина маточини.

$$L_M = (1.5 \dots 2.0) \cdot d_M = 2 \cdot 0.10 = 0.2 \text{ м} . \quad (1.80)$$

Момент опору перетину цапфи:

$$W_U = 0.1 \cdot d_U^3 \quad (1.81)$$

Підставляючи дані значення в умову роботи на згин в симетричному циклі, знаходимо діаметр осі під цапфою

$$d_U = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(R_B^X)^2 + (R_B^Y)^2} \cdot \left(l_2 - \frac{l_M}{2} \right)}{0.1 \cdot [\sigma_{\zeta\bar{a}}]}} ;$$

$$d_U = \sqrt[3]{\frac{\sqrt{(37000)^2 + (2380)^2} \cdot \left(0.2 - \frac{0.2}{2} \right)}{0.1 \cdot 78.1 \cdot 10^6}} = 0,078 \text{ м} . \quad (1.82)$$

З метою уніфікації підшипників діаметр лівої цапфи приймаємо рівним діаметру правої цапфи.

1.3.16. Перевірочний розрахунок вала

Розрахунок полягає у визначенні коефіцієнта запаса міцності в небезпечному перерізі

$$s = \frac{s_0 s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}}, \quad (1.83)$$

Умова перевірконого розрахунку

$$s \geq [s].$$

Коефіцієнт запаса міцності нормального напруження

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \beta} \sigma_v}, \quad (1.84)$$

де σ_{-1} - межа витривалості сталі при симетричному циклі згину;

$\sigma_B = 570 \text{ МПа}$ - межа міцності для сталі 45;

$$\sigma_{-1} = 0.43 \cdot \sigma_B = 0.43 \cdot 570 = 245 \text{ МПа}; \quad (1.85)$$

$k_\sigma = 1.56$ - ефективний коефіцієнт концентрації нормальних напружень;

$\varepsilon_\sigma = 0.70$ - масштабний фактор для нормальних напружень;

$\beta = 0.94$ - коефіцієнт який враховує вплив шорсткості на поверхню;

$\sigma_v = 58.6 \text{ МПа}$ - амплітуда циклу нормальних напруг, що дорівнює найбільшій напрузі згину в перерізі.

$$s_\sigma = \frac{245}{\frac{1,56}{0,70 \cdot 0,94} \cdot 58,6} = 6,77.$$

Коефіцієнт запаса міцності при дотичних напруженнях

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau \beta} \tau_v}, \quad (1.86)$$

де $\tau_{-1} = 0.58 \sigma_B$ - межа витривалості сталі при скрученні;

$\sigma_B = 570 \text{ МПа}$ - межа міцності для сталі 45;

$$\tau_{-1} = 0.58 \cdot \sigma_B = 0.58 \cdot 570 = 330 \text{ МПа}; \quad (1.87)$$

$k_r = 1.18$ - ефективний коефіцієнт концентрації дотичних напружень;

$\varepsilon_\sigma = 0.59$ - масштабний фактор для дотичних напружень;

$\beta = 0.94$ - коефіцієнт який враховує вплив шорсткості на поверхню;

τ_v - амплітуда коливання дотичних напружень;

$$\tau_v = \frac{T}{W_k}, \quad (1.88)$$

де $T = 19,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$ - періодичність;

W_k - момент опору крученню

$$W_k = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.11^3}{32} = 0.00013 \text{ м}^3; \quad (1.89)$$

$$\tau_v = \frac{19,2}{0,00013} = 147 \text{ МПа};$$

$$s_\tau = \frac{330}{\frac{1,18}{0,59 \cdot 0,94} \cdot 147} = 3,2;$$

$$s = \frac{6,77 \cdot 3,2}{\sqrt{6,77^2 + 3,2^2}} = 3,8,$$

$3,8 \geq 2,5$ - умова виконана.

1.3.17. Розрахунок шпонкового з'єднання

Вибираємо шпонку 16 x 10 x 40.

$$\sigma_{cm} = \frac{2T}{d l_p (h - t_1)} \leq [\sigma_{cm}], \quad (1.90)$$

де $T = 600 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - крутний момент на валу;

$$[\sigma_{cm}] = 100 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 600}{0,085 \cdot 0,04(0,01 - 0,006)} = 89 \text{ МПа},$$

89 МПа < 100 МПа - умова виконується.

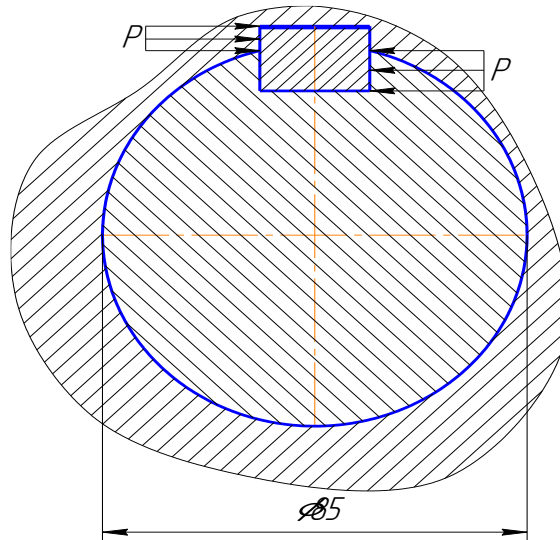


Рис. 1.18. Розрахункова схема шпонкового з'єднання в місці кріплення зірочки

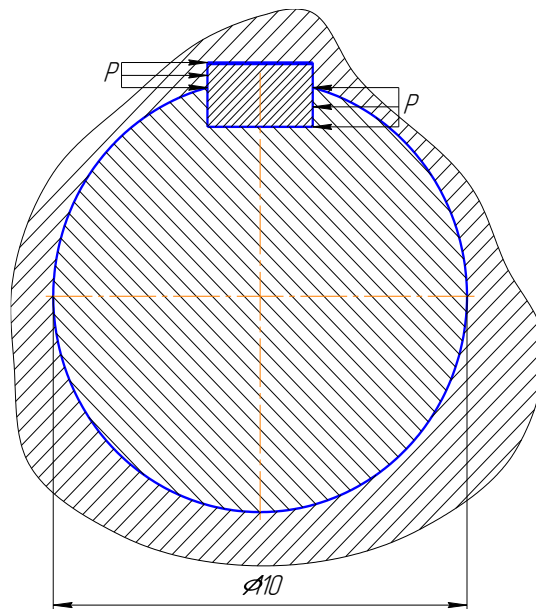


Рис.1.19. Розрахункова схема шпонкового з'єднання в місці кріплення вала з маточиною барабана

Вибираємо шпонку 28 x 16 x 90.

$$\sigma_{cm} = \frac{2T}{dl_p(h-t_1)} \leq [\sigma_{cm}],$$

де $T = 19200 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - крутний момент на валу;

$$[\sigma_{cm}] = 100 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot 19200}{0,11 \cdot 0,09(0,016 - 0,01)} = 77 \text{ МПа},$$

$77 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа}$ - умова виконується.

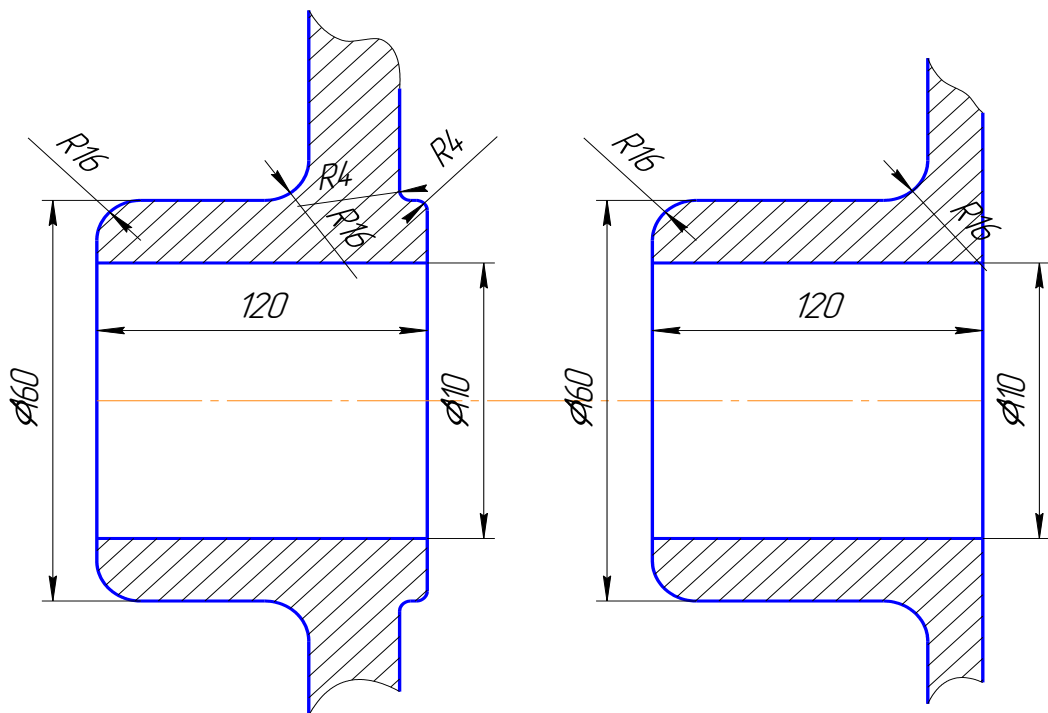


Рис.1.20. Геометричні розміри маточин барабана

1.3.18. Розрахунок підшипників осі барабана

Еквівалентне навантаження на правий підшипник

$$P_{Екв}^{бар} = R_B \cdot k_v \cdot k_g \cdot k_{np}; \quad (1.91)$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^X)^2 + (R_B^Y)^2} = \sqrt{(37000)^2 + (2380)^2} = 38000 \text{ Н}; \quad (1.92)$$

$$R_A = \sqrt{(R_A^X)^2 + (R_A^Y)^2} = \sqrt{(47000)^2 + (88,5)^2} = 47010 \text{ Н};$$

де $k_v=1$ – коефіцієнт обертання (при обертанні внутрішнього кільця);

$k_g = 1.2$ – динамічний коефіцієнт (для механізму підйому);

$k_{np} = 0.65$ – коефіцієнт приведення (для режимів роботи М4 - М6).

$$P_{Екв}^{бар} = 38000 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 0.65 = 30000H$$

Необхідна довговічність підшипника L10 (мл. оборотів)

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n_{бар} \cdot L_n}{10^6}, \quad (1.93)$$

де $L_{10} = 3500$ - довговічність підшипника для режимів М4 - М6;

$n_{бар}$ – частота обертання барабана

$$n_{бар} = \frac{60 \cdot v_e \cdot m}{\pi \cdot D_1}; \quad (1.94)$$

де v_B – швидкість підйому вантажу;

$$n_{бар} = \frac{60 \cdot 0,1 \cdot 5}{3,14 \cdot 0,8} = 11,9 об / хв.;$$

$$L_{10} = \frac{60 \cdot 11,9 \cdot 3500}{10^6} = 2,5 \text{ мл.обертів}$$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність

$$C = P_{Екв}^{бар} \cdot \sqrt[m]{L_{10}}, \quad (1.95)$$

де $m = 3$ - для кулькових підшипників;

$$C = 30 \cdot \sqrt[3]{2,5} = 36кН$$

Оскільки в лівому підшипнику обертаються обидва кільця (підшипник служить тільки опорою), то його можна розрахувати по статичній вантажопідйомності

$$C_0 = R_A \cdot k_{np} \cdot k_g = 47,010 \cdot 0.65 \cdot 1.2 = 36,66кН, \quad (1.96)$$

Вибираємо радіально сферичний дворядний кульковий підшипник 1219 за ГОСТ 28428-90

$d=95\text{мм}$, $D=170\text{мм}$, $B=32\text{мм}$, $C=64\text{кН}$, $C_0=37,5\text{кН}$

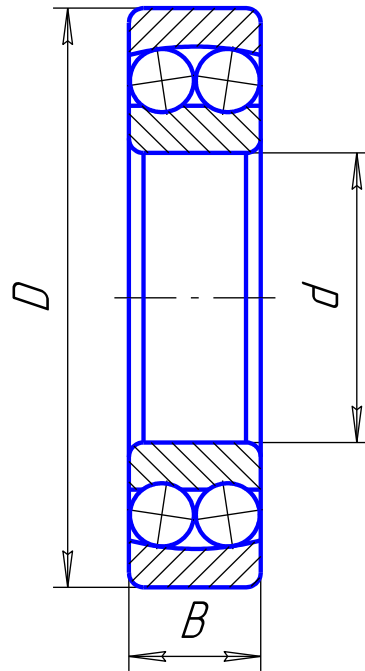


Рис. 1.21. Підшипник за ГОСТ 28428-90

1.3.19. Розрахунок з'єднання обичайки барабана з вінцем-маточиною

З'єднання обичайки барабана з вінцем-маточиною здійснюється прецизійними болтами, які встановлені в отворах без зазору і відчують робоче зусилля зрізу.

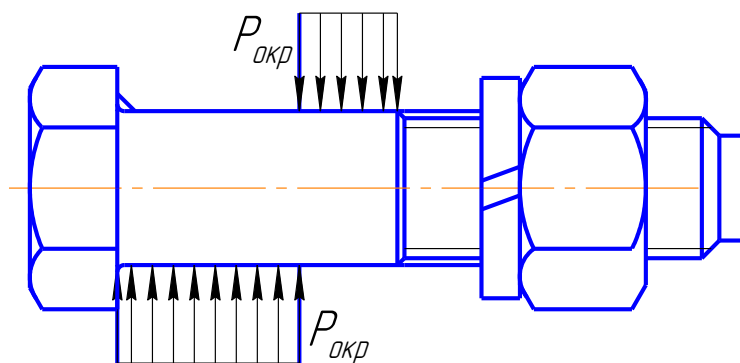


Рис. 1.22. Розрахункова схема болта кріплення обичайки з маточиною.

$$\tau = \frac{P_{306}}{0.75 \cdot Z_{\text{бол}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau], \quad (1.97)$$

де $Z_{\text{бол}}$ – кількість встановлюваних болтів (6 ... 8);

d – діаметр циліндричної частини болта;

P_{κ} – зусилля діючі по колу установки болтів

$$P_{\kappa} = \frac{2 \cdot S_{\text{max}} \cdot D_1}{D_{306}}; \quad (1.98)$$

де D_1 – зовнішній діаметр барабана по центру навитих канатів;

D_{306} – зовнішній діаметр встановлюючих болтів

$$D_{306} = (1.3 \dots 1.4) \cdot D_{\text{зуб}}; \quad (1.99)$$

де $D_{\text{зуб}}$ – зовнішній діаметр зубчастого вінця вала редуктора;

$[\tau]$ – допустиме напруження на зріз

$$[\tau] = 0.6 \cdot [\sigma_p] = 0.6 \cdot \frac{\sigma_T}{k_1 \cdot k_2}; \quad (1.100)$$

де σ_m – межа текучості матеріалу болтів;

$k_1 = 1.3$ – коефіцієнт безпеки (для механізмів підйому кранів, що працюють з гаком);

$k_2 = 1.2$ – коефіцієнт навантаження,

$$[\tau] = 0.6 \cdot 117 = 70.2 \text{ МПа};$$

$$D_{306} = 1.4 \cdot 450 = 630 \text{ мм};$$

По конструктивним причинах приймаємо $D_{\text{він}} = 910 \text{ мм}$.

$$P_{306} = \frac{2 \cdot 41692.5 \cdot 0.8}{0.910} = 73305.5 \text{ Н};$$

$$\tau = \frac{73305.5}{0.75 \cdot 6 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.021^2}{4}} = 50.3 \text{ МПа} < 70.2 \text{ МПа},$$

Приймаємо болт М20 ГОСТ7817-80.

1.3.20. Вибір двигуна

Визначення максимальної статичної потужності.

Максимальна статична потужність $N_{ст}$, яку повинен мати механізм в усталеному русі при підйомі номінального вантажу

$$N_{ст} = \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot v_z}{\eta_n}, \quad (1.101)$$

де $\eta_n = 0.80 \dots 0.85$ – попереднє значення ККД механізму.

$$N_{ст} = \frac{(40000 + 8000) \cdot 9.81 \cdot 0.1}{0.85} = 47 \text{ кВт}$$

В кранових механізмах підйому рекомендується використовувати двигуни постійного струму серії Д, послідовного збудження, тихохідні.

1.3.21. Вибір типу двигуна

В кранах розрахунок двигуна можна вести по еквівалентному навантаженні. У цьому випадку потрібна потужність двигуна визначається за формулою

$$N_{экв} = k_{пр} \cdot N_{ст}, \quad (1.102)$$

де $k_{пр} = 0.7$ – коефіцієнт приведення для режимів М5 - М6

$$N_{экв} = 0.7 \cdot 47 = 32,9 \text{ кВт}$$

Вибираємо електродвигун типу Д812.

Табл. 1.1. Характеристики двигуна

Потужність на валу ПВ = 40%	кВт	47
Частота обертання вала	об/хв.	560
крутний момент	Н·м	6020
сила струму	А	242

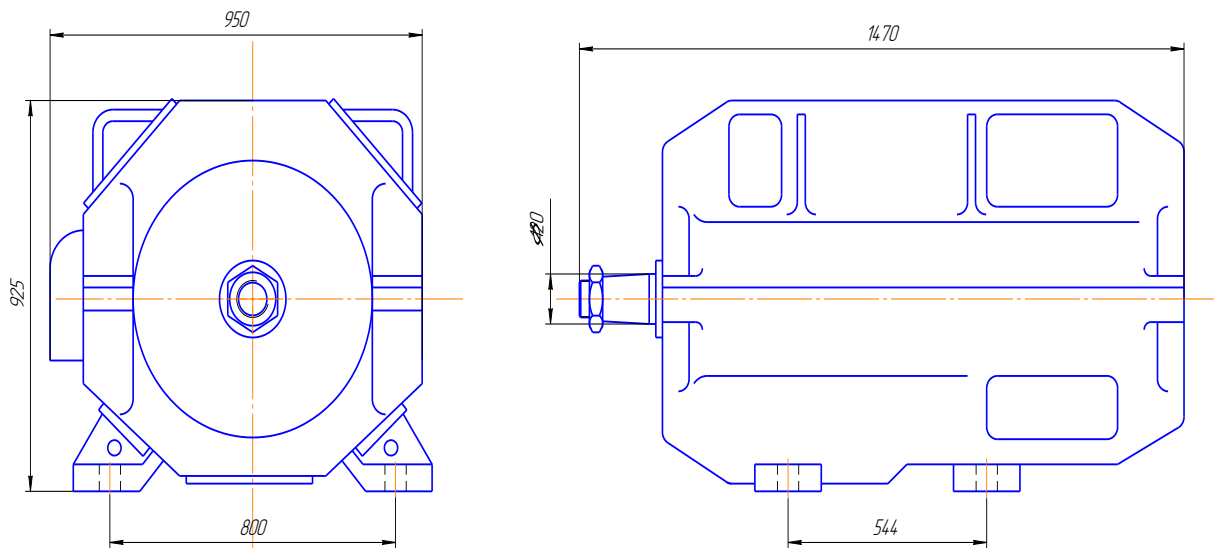


Рис. 1.23. Габаритне креслення двигуна Д812

1.3.22. Вибір редуктора і передачі

Потужність, яка передається редуктором

$$N_P = N_{CT} \cdot k_P, \quad (1.103)$$

де $k_P=1$ – коефіцієнт запасу для редуктора типу Ц2.

$$N_P = 47 \cdot 1 = 47 \text{кВт}$$

Передаточне число редуктора

$$U_{ред} = \frac{n_{дв}}{n_{ред}}, \quad (1.104)$$

де $n_{дв}$ – частота обертання вала двигуна;

$n_{ред}$ – частота обертання тихохідного вала редуктора,

$$U_{ред} = \frac{560}{12} = 46,6.$$

Вибираємо редуктор Ц2-650.

Табл. 1.2. Основні параметри редуктора

Крутний момент на тихохідному валу	кН·м	39
Передаточне число	-	50

пБ	с ⁻¹	12
----	-----------------	----

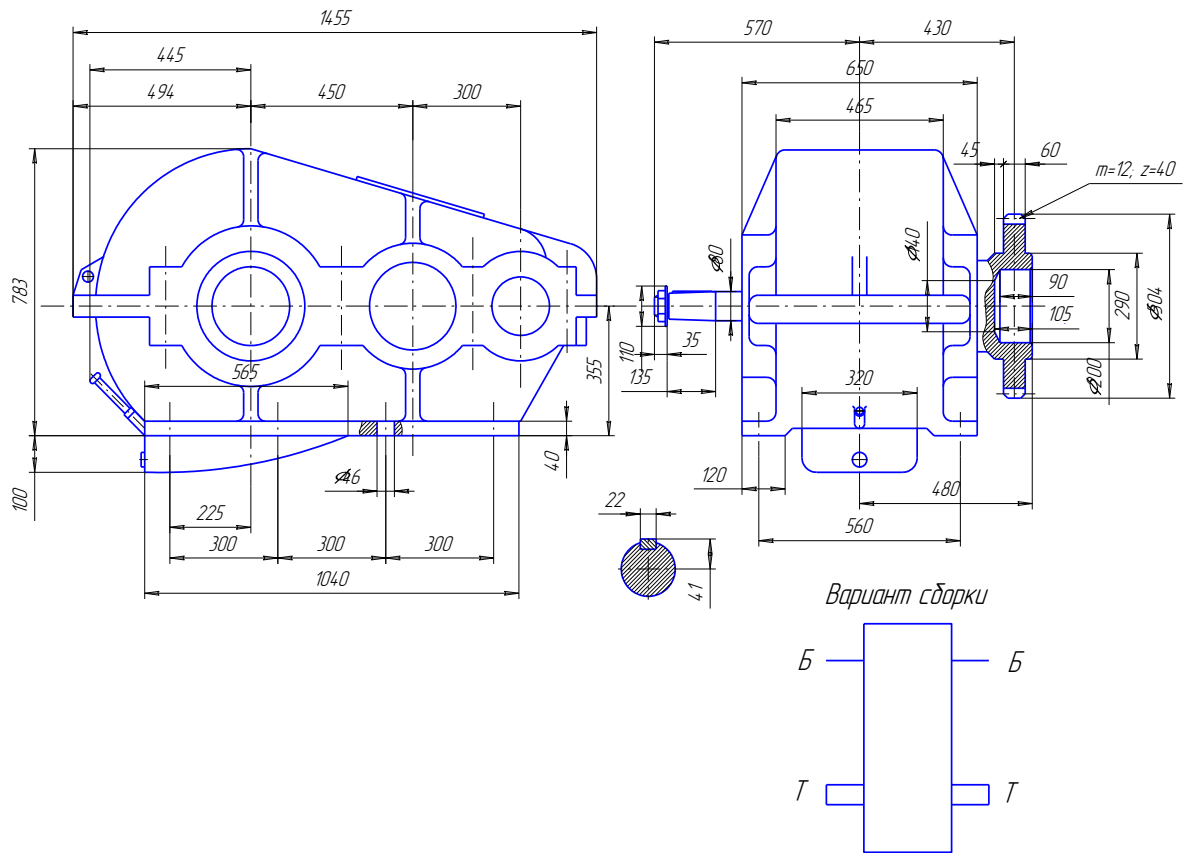


Рис. 1.24. Габаритне креслення редуктора Ц2-650

1.3.23. Вибір гальма

Розрахунковий гальмівний момент визначається за формулою

$$M = k_m \cdot \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot D_1 \cdot \eta_0}{2 \cdot m \cdot U_{ред}} \quad (1.105)$$

де k_m = не менше 1.5 - коефіцієнт запасу гальмування.

$$M = \frac{1.5 \cdot (40000 + 800) \cdot 9.81 \cdot 0.8}{2 \cdot 5 \cdot 50} \cdot 0.85 = 816 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Вибираємо гальмо ТКП-500.

Табл. 1.3. Основні параметри гальма

Номінальний гальмівний момент	Н·м	1780
Діаметр шківів	мм	500
хід якоря	мм	3,5

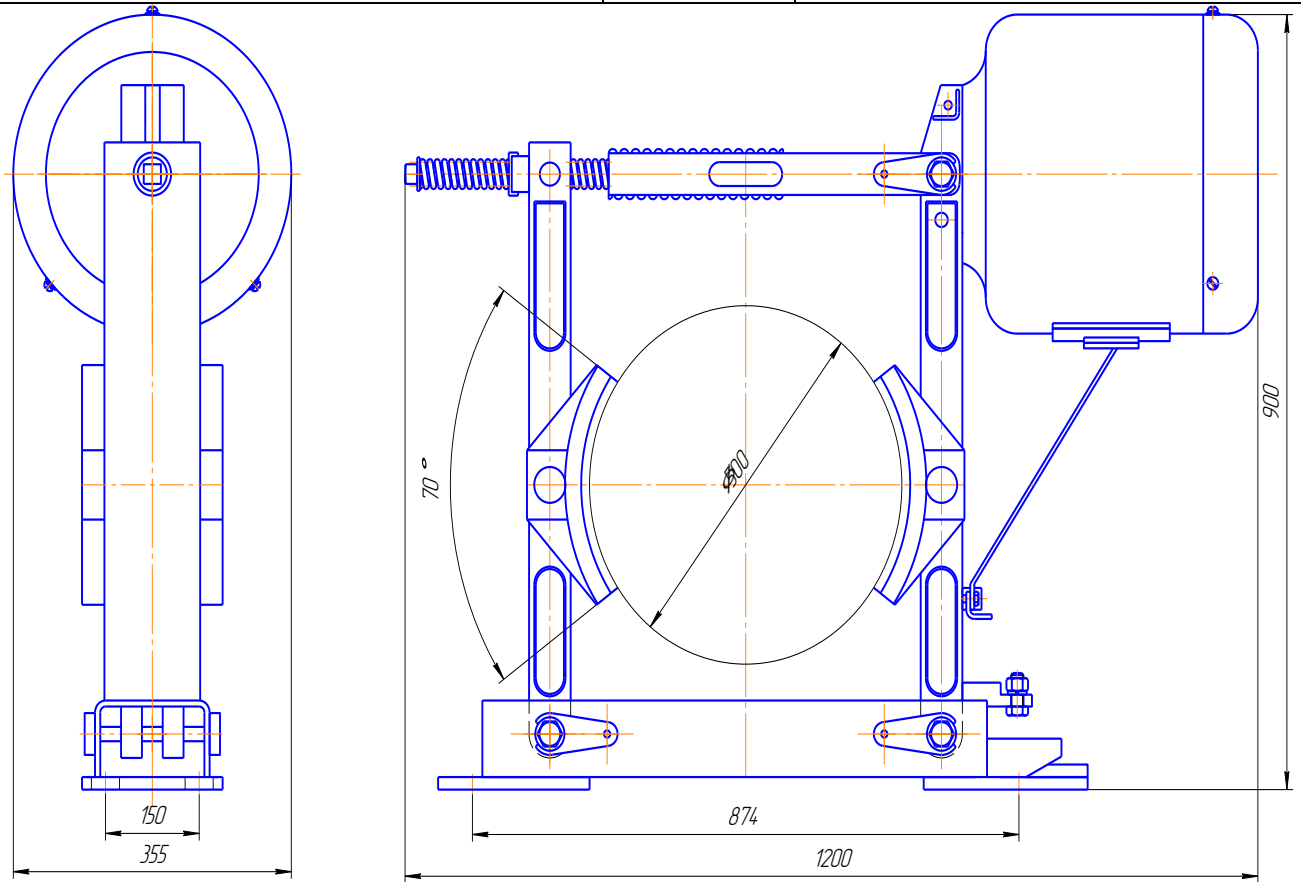


Рис. 1.25. Габаритне креслення гальм ТКП-500

1.3.24. Вибір муфти

Муфту вибираємо по розрахунковому крутному моменту

$$M = \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot D_1 \cdot k_3}{2 \cdot U_{ред} \cdot m \cdot \eta_0}, \quad (1.106)$$

де k_3 – коефіцієнт запасу міцності.

$$k_3 = k_1 \cdot k_2 = 1.3 \cdot 1.2 = 1.56; \quad (1.107)$$

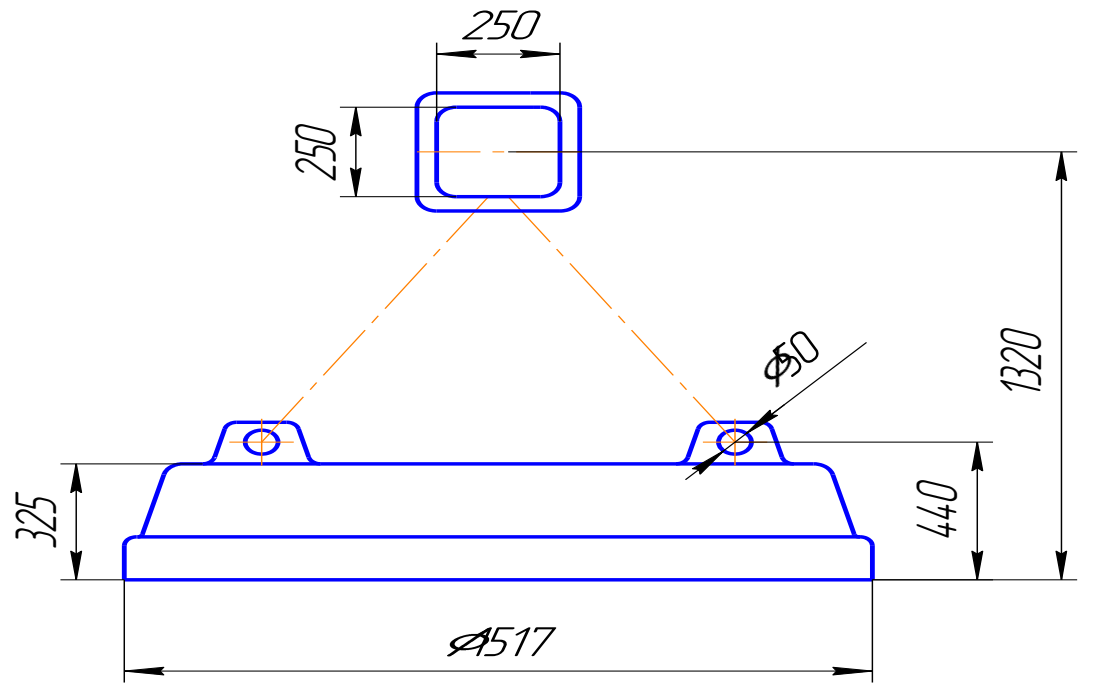


Рис. 1.27. - Електромагніт М-63А

1.4. Розрахунок елементів механізму допоміжного підйому

1.4.1. Вибір кінематичної схеми механізму підйому

Для мостового крана 40/8т, механізм підйому якого розташований на візку, найбільш застосовна схема (див.рис. 1.3). Дана схема забезпечує малі габарити механізму підйому, відсутність нестандартних вузлів.

1.4.2. Вибір поліспасти та визначення максимального натягу в канатах

За довідковими даними вибираємо здвоєний двократний поліспаст.

Натяг вітки здвоєного поліспасти дорівнюватиме

$$S_{\max} = \frac{(Q + Q_{\Pi}) \cdot g \cdot (1 - \eta)}{2(1 \cdot \eta^{U_n})},$$

де Q, Q_{Π} - вага вантажу і підвіски відповідно. Для даних розрахунків:

$$Q_{\Pi} = 0.02 \cdot Q;$$

$$Q_{\Pi} = 0.02 \cdot 8000 = 160(\text{кг});$$

$\eta = 0.97 \dots 0.98$ - ККД блоку з урахуванням жорсткості каната, для блоків на підшипниках кочення;

U_n - кратність здвоєного поліспасти

$$U_n = \frac{m}{2};$$

$$U_n = \frac{4}{2} = 2.$$

m - число гілок поліспасти, на яких підвішений вантаж.

$$S_{\max} = \frac{(8000+160) \cdot 9.81 \cdot (1-0.98)}{2 \cdot (1-0.98^5)} = 20214.5(H)$$

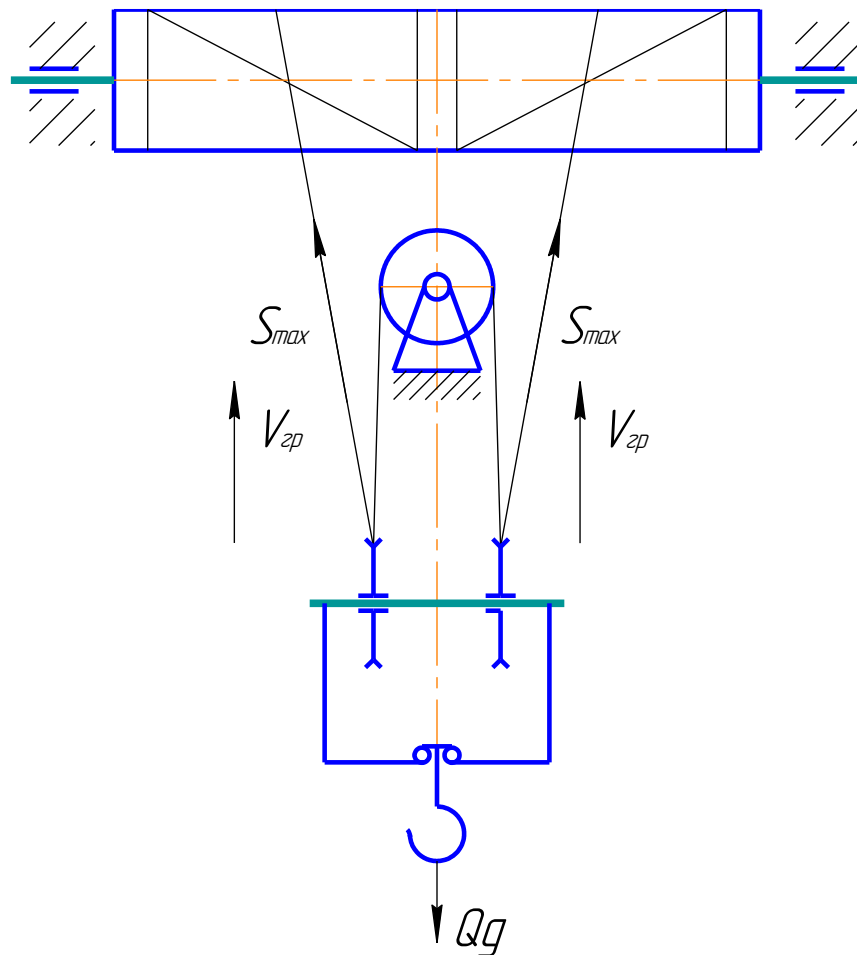


Рис.1.28. Схема поліспасти допоміжного підйому

1.4.3. Вибір і розрахунок сталевих канатів

Розривне зусилля в канаті визначається за формулою:

$$F_0 \geq S_{\max} \cdot Z_p,$$

де S_{\max} – максимальний натяг вітки каната;

$Z_p=4,5$ – мінімальний коефіцієнт використання каната.

$$F_0 = 20214,5 \cdot 5,6 = 113201,2 \text{ Н}.$$

Вибираємо канат подвійний звивки ЛК-Р 6x19(1+6+6/6)+1 ГОСТ 7669-20, $d_k=15\text{мм}$.

1.4.4. Вибір гака

У мостових кранах застосовуються ковані однорогі гаки за ГОСТ 6627-74. Вибір гака проводиться за заданою вантажопідйомності і режиму роботи.

При $Q=8000\text{кг}$, М5 вибираємо гак № 16 (рис. 1.29).

Перевірочний розрахунок гака на міцність полягає у визначенні напружень в найбільш небезпечних перерізах.

Напруження на розтяг в різьбі гака

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot (Q_{II} + Q) \cdot g}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p],$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розтяг. В залежності від групи режиму роботи підйомного механізму приймаємо 50...75 МПа.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot (8000 + 160) \cdot 9,81}{3,14 \cdot 0,052^2} = 32 \text{ МПа} < 50 \dots 75 \text{ МПа}.$$

Висота гайки h визначається з умови зминання вітки різьби

$$h = \frac{4 \cdot p \cdot (Q + Q_{II}) \cdot g}{\pi \cdot (d_H^2 + d_1^2) \cdot [\sigma_{см}]},$$

де p – крок різьби;

$[\sigma_{см}] = 30 \dots 35 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зминання, матеріал гайки - сталь 45.

$$h = \frac{4 \cdot 0.010 \cdot (8000 + 160) \cdot 9.81}{3.14 \cdot (0.056^2 - 0.052^2) \cdot 32.5 \cdot 10^6} = 0,075i \text{ .}$$

Найменший діаметр гайки розраховується за формулою:

$$D = 1.8 \cdot d_f \text{ ;}$$

$$D = 1.8 \cdot 0.056 = 0.1i \text{ .}$$

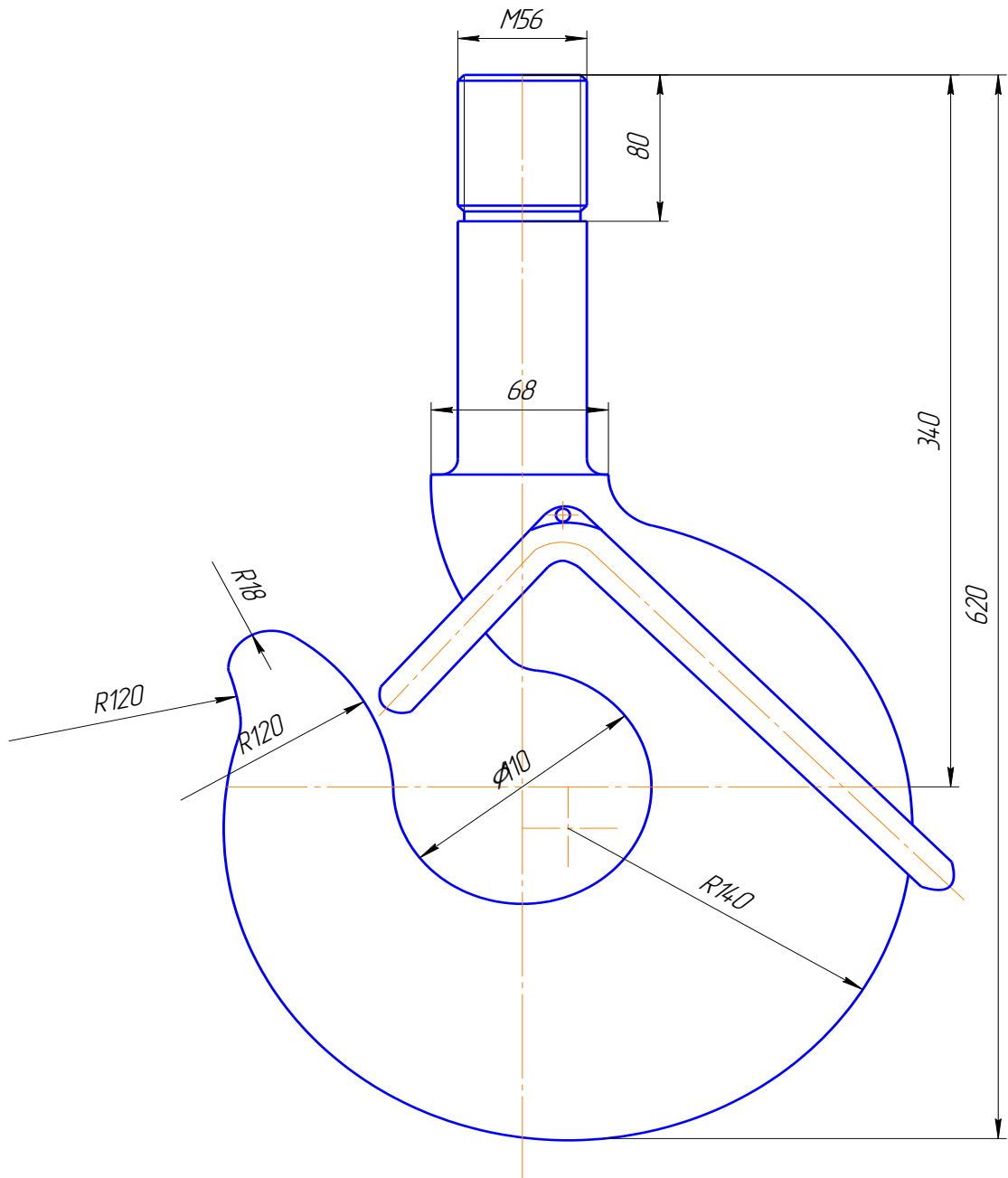


Рис. 1.29. Гак однорогий

1.4.5. Розрахунок опорного підшипника гака

Оскільки обертання гака є встановлюючим, то розрахунок опорного підшипника ведеться по статичній вантажопідйомності.

Статична вантажопідйомність опорного підшипника

$$C_0 = K_{\sigma} \cdot Q \cdot g ,$$

де K_{σ} - коефіцієнт безпеки.

$$C_0 = 1.2 \cdot 8000 \cdot 9.81 = 94176H .$$

Вибираємо підшипник середньої серії 8512 ГОСТ 7872-89
 $d=60мм$, $D=95мм$, $C_0=150000H$.

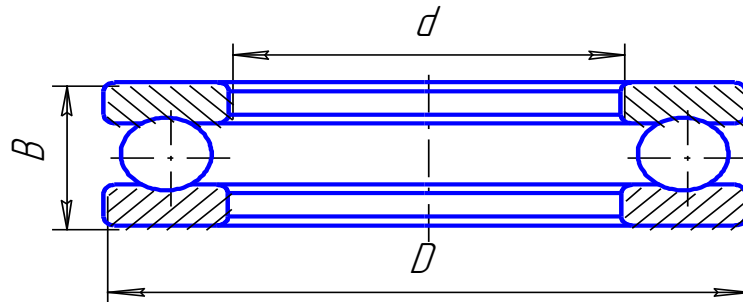


Рис.1.30. Опорний підшипник гака 8512 за ГОСТ 7872-89

1.4.6. Розрахунок елементів підвіски

Траверса підвіски (рис. 1.31) працює на згин.

Максимальний згинаючий момент у перерізі А-А розраховується за формулою

$$M_{A-A} = \frac{Q \cdot g \cdot l}{4} ,$$

де $l=154мм$ - розрахунок довжини траверси.

$$M_{A-A} = \frac{8000 \cdot 9.81 \cdot 0.154}{4} = 3021,48H \cdot м .$$

Ширину траверси можна прийняти

$$b_{mp} = D_{II} + (10 \dots 15) \text{мм} ,$$

де D_{II} – зовнішній діаметр підшипника гака.

$$b_{mp} = 95 + 12 = 107 \text{мм}.$$

Максимальний згинаючий момент у перерізі В-В визначається за формулою

$$M_{B-B} = \frac{Q \cdot g}{2} \cdot \left(\frac{l - l_2}{2} \right) ;$$

де $l_2 = 130 \text{мм}$ – довжина середньої частини траверси.

$$M_{B-B} = \frac{8000 \cdot 9.81}{2} \cdot \left(\frac{0.154 - 0.130}{2} \right) = 470,88 \text{Н} \cdot \text{м} .$$

Параметри траверси визначаються розрахунком з умови міцності на згин

$$\sigma = \frac{M}{10^2 \cdot W} \leq [\sigma_{32}] , \quad (1.16)$$

де M – момент діє в розрахунковому перерізі;

W – момент опору розрахункового перерізу;

$[\sigma_{32}]$ – допустиме напруження на згин.

$$[\sigma_{32}] = \frac{1.4 \cdot \sigma_{-1}}{K_0 \cdot [n]} ,$$

де K_0 – коефіцієнт, який враховує конструкцію деталей (для валів, осей і цапф $K_0 = 2.0 \dots 2.8$);

$[n] = 1.6$ - допустимий коефіцієнт запасу міцності;

$\sigma_{-1} = 250 \dots 260 \text{МПа}$ - межа витривалості для сталі 45.

$$[\sigma_{32}] = \frac{1.4 \cdot 255}{2.4 \cdot 1.6} = 92.97 \text{МПа} .$$

Момент опору в перетині А-А

$$W_{A-A} = \frac{(b_{mp} - d_{mp}) \cdot h^2}{6} ;$$

де h - висота траверси

$$\sigma = \frac{M_{A-A} \cdot 6}{10^2 \cdot (b_{mp} - d_{mp}) \cdot h^2} \leq [\sigma_{32}];$$

$$h = \sqrt{\frac{M_{A-A} \cdot 6}{[\sigma_{32}] \cdot (b_{mp} - d_{mp})}} = \sqrt{\frac{3021,48 \cdot 6}{92,97 \cdot 10^6 \cdot (0,107 - 0,060)}} = 0,063 \text{ м.}$$

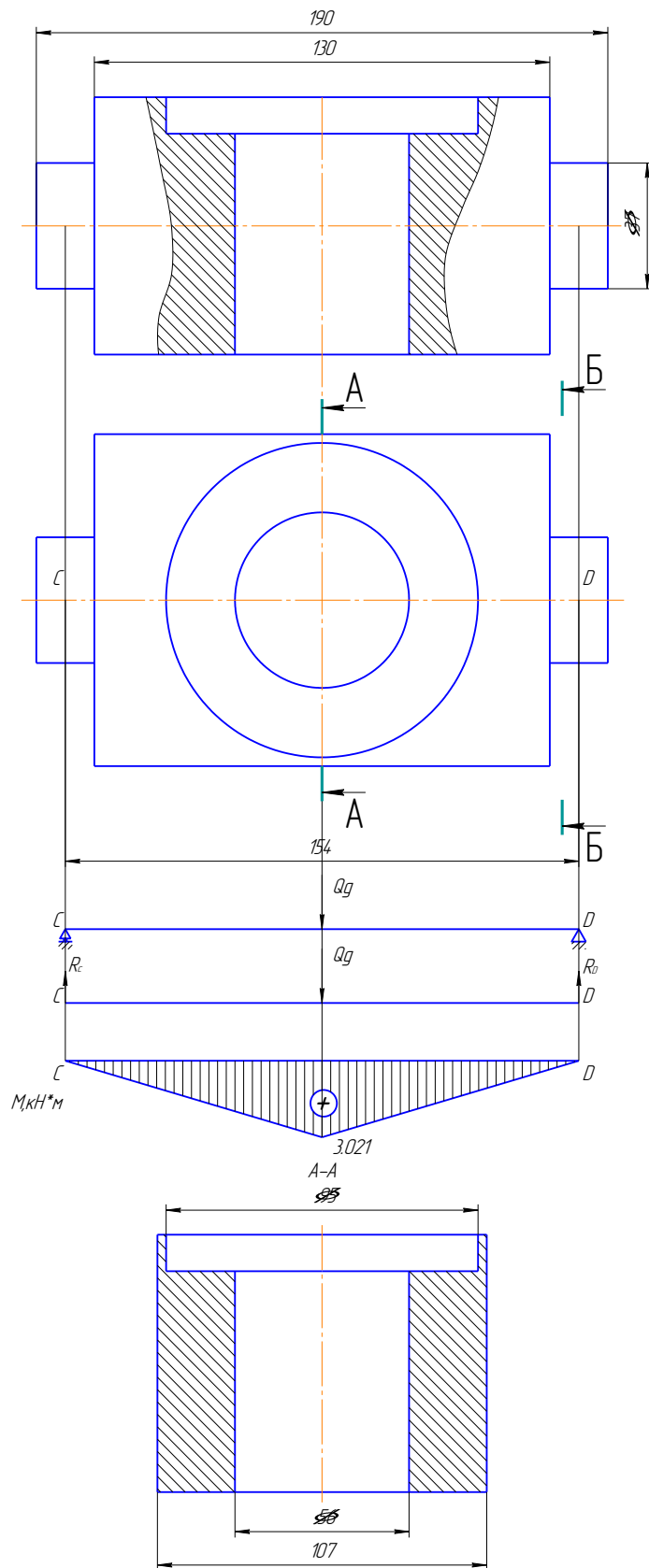


Рис.1.31. Схема до розрахунку траверси підвіски

Момент опору в перерізі В-В

$$W_{B-B} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 0.1 \cdot d^3 ;$$

де d - діаметр осі

$$\sigma = \frac{M_{B-B}}{10^2 \cdot 0.1 \cdot d^3} \leq [\sigma_{32}] ;$$
$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{B-B}}{[\sigma_{32}] \cdot 0.1}} = \sqrt[3]{\frac{470,88}{92.97 \cdot 10^6 \cdot 0.1}} = 0.037 \text{ м.}$$

У підвісках нормального (будівельного) типу вісь і траверса розраховуються окремо. Навантаження на вісь можна прийняти як силу, прикладену до середини, розраховану з урахуванням того, що на осі встановлено 5 блоків.

$$P = Q \cdot g ;$$

$$P = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н.}$$

Максимальний згинаючий момент на осі

$$M_{32} = \frac{P \cdot l}{2} = \frac{78480 \cdot 0.154}{2} = 604296 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Діаметр осі

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{32}}{[\sigma_{32}] \cdot 0,1}} = \sqrt[3]{\frac{604296}{92.97 \cdot 10^6 \cdot 0.1}} = 0,086 \text{ м.}$$

1.4.7. Розрахунок блоків

Розрахунок геометричних параметрів блоків

$$D_2 \geq h_2 \cdot d_k ;$$

де d_k – діаметр каната;

h_2 – коефіцієнт вибору діаметра блоку.

$$D_2 \geq 20 \cdot 15 = 300 \text{ мм.}$$

Мінімальний діаметр зрівнюючого блоку по середній лінії навитого каната

$$D_3 \geq h_3 \cdot d_k,$$

де h_3 – коефіцієнт вибору діаметра зрівнюючого блока.

$$D_3 \geq 14 \cdot 15 = 210 \text{ мм}.$$

З метою уніфікації блоків остаточно діаметри блоків приймаємо

$$D_2=320\text{мм}; D_3=250\text{мм}.$$

Профіль канавок блоків (рис. 1.8) виконується нормативам в залежності від діаметра каната d_k за формулами:

$$R = (0.53 \dots 0.6) \cdot d_k = 0.55 \cdot 15 = 8,25 \text{ мм};$$

$$h = (1.4 \dots 1.9) \cdot d_k = 1.5 \cdot 15 = 22,5 \text{ мм};$$

$$r = 0.2 \cdot d_k = 0.2 \cdot 15 = 3 \text{ мм}.$$

1.4.8. Розрахунок підшипників блоків

Навантаження на один підшипник при номінальному вантажу

$$P_{\max} = \left(\frac{Q \cdot g}{2 \cdot n_{\text{бл}}} \right) \cdot k_g \cdot k_v,$$

де $k_g=1.2$ – динамічний коефіцієнт;

$k_v=1.35$ – коефіцієнт обертання (при обертанні зовнішнього кільця).

$$P_{\max} = \left(\frac{8000 \cdot 9.81}{2 \cdot 2} \right) \cdot 1.2 \cdot 1.35 = 31784,4 \text{ Н}.$$

Так як кран працює з різними вантажами, розрахунок слід вести по еквівалентному навантаженні

$$P_{\text{Екв}}^{\text{бл}} = P_{\max} \cdot k_{\text{пр}},$$

де $k_{\text{пр}}=0.65$ – коефіцієнт приведення.

$$P_{Eкв}^{\text{бл}} = 31784,4 \cdot 0,65 = 20659,86H$$

Необхідна довговічність підшипника L_{10} (млн. оборотів)

$$L_{10} = \frac{60 \cdot \omega_{\text{бл}} \cdot L_n}{10^6},$$

де $L_n = 3500$ – довговічність підшипника для режимів М4 - М6;

$\omega_{\text{бл}}$ - частота обертання блоку

$$\omega_{\text{бл}} = \frac{60 \cdot v_k}{\pi \cdot D_{\text{бл}}};$$

де v_k – швидкість руху каната.

$$v_k = U_m \cdot v_2 = 2 \cdot 0,26 = 0,53 \text{ м.с};$$

$$\omega_{\text{бл}} = \frac{60 \cdot 0,53}{3,14 \cdot 0,320} = 31,64 \text{ хв}^{-1};$$

$$L_{10} = \frac{60 \cdot 31,64 \cdot 3500}{10^6} = 6,64 \text{ млн.обертів}$$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність кулькового підшипника

$$C = P_{Eкв}^{\text{бл}} \cdot \sqrt[3]{L_{10}};$$

$$C = 20659,86 \cdot \sqrt[3]{6,64} = 38 \text{ кН};$$

За розрахункової динамічної вантажопідйомності і внутрішньому діаметру, вибираємо підшипник № 308 за ГОСТ 8338-75 (див.рис.1.9).

$d=40\text{мм}$, $D=90\text{мм}$, $B=23\text{мм}$, $C=41\text{кН}$, $C_0=22,4\text{кН}$.

1.4.9. Розрахунок вушка гакової підвіски

$$\sigma_{CM} = \frac{R_1^2 + R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \cdot p \leq [\sigma]_{CM},$$

де p – тиск на внутрішню поверхню вушка

$$p = \frac{F}{d} \cdot B ;$$

де F - зусилля які діють на вушко розраховується за формулою:

$$F = Q \cdot \frac{g}{2} = 8000 \cdot \frac{9.81}{2} = 39240H;$$

де $d = 37 \text{ мм}$ – діаметр отвору під траверсу;

$B = 8 \text{ мм}$ – розрахункова ширина вушка;

$$p = \frac{39240}{37} \cdot 8 = 132(\text{МПа})$$

де $R_1 = 19 \text{ мм}$ – внутрішній радіус вушка;

$R_2 = 50 \text{ мм}$ – зовнішній радіус вушка;

$[\sigma]_{зм} = 170 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зминання.

$$\sigma_{зм} = \frac{50^2 + 19^2}{50^2 - 19^2} 132 = 153 \text{ МПа} \leq 170 \text{ МПа} .$$

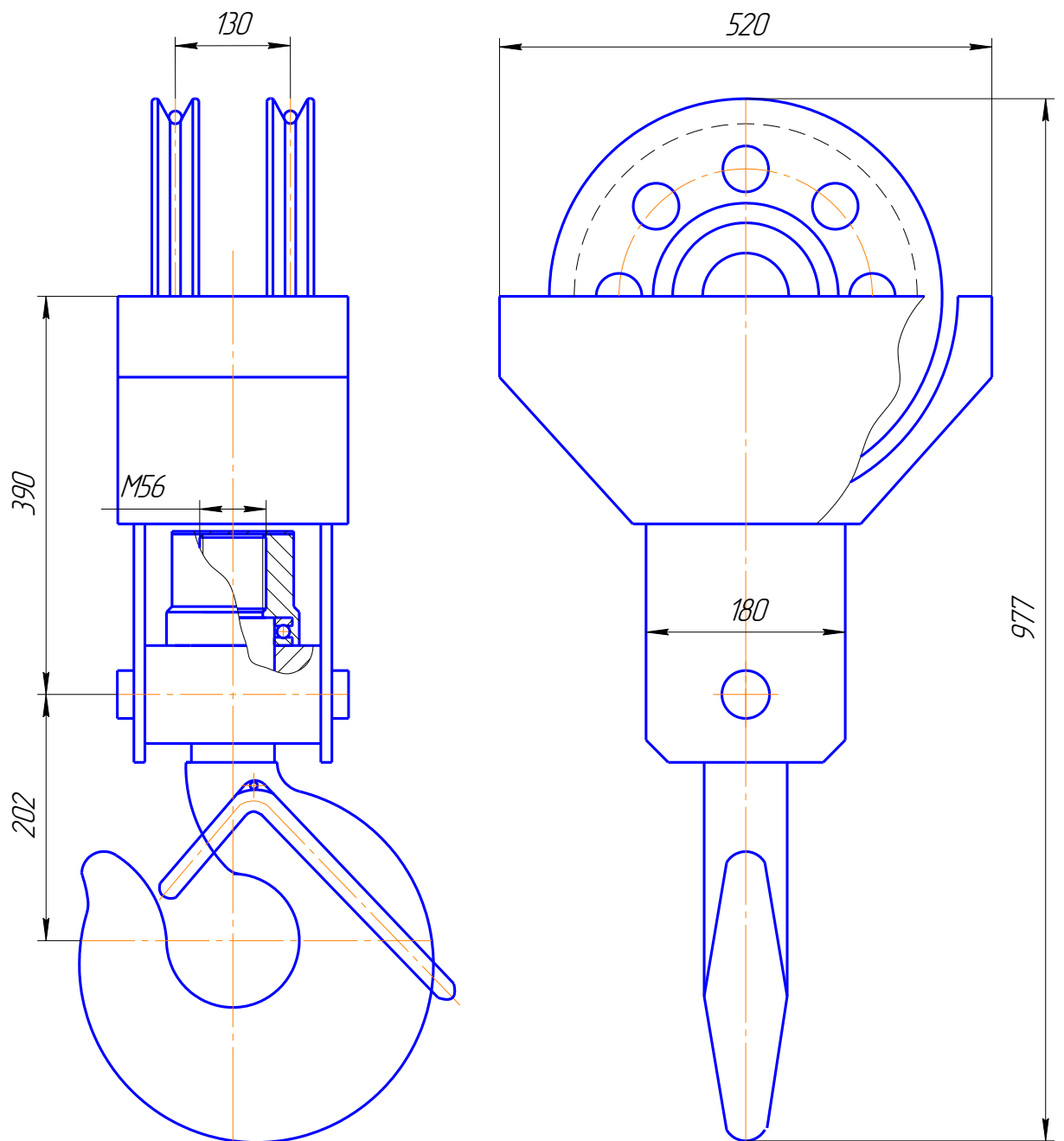


Рис.1.32 Гакова підвіска

1.4.10. Розрахунок барабана

Мінімальний діаметр барабана вигинається сталевим канатом

$$D_l \geq h_1 \cdot d_k ,$$

де h_1 – коефіцієнт вибору діаметра барабана;

$$D_1 \geq 18 \cdot 15 = 270 \text{ мм.}$$

1.4.11. Розрахунок основних параметрів барабана

Профілі і розміри канавок на барабані (рис. 1.12) вибирають з умов забезпечення довговічної і надійної роботи каната:

$$\text{радіус канавки } r_k = (0.6 \dots 0.7) \cdot d_k = 0.65 \cdot 15 = 9,75 \text{ мм};$$

$$\text{крок гвинтової лінії } t = d_k + (2 \dots 3 \text{ мм}) = 15 + 2.5 = 17,5 \text{ мм};$$

$$\text{глибина канавок } c = (0.25 \dots 0.4) \cdot d_k = 0.35 \cdot 15 = 5,25 \text{ мм.}$$

Кількість витків барабана при здвоєному поліспасті

$$Z_H = \frac{H \cdot U_m}{\pi \cdot D_1} + Z_3 + Z_K ,$$

де H – висота підйому вантажу;

m – кратність поліспаста;

D_1 – середній діаметр барабана;

$Z_3 = 1.5 \dots 2$ – число запасних витків;

$Z_K = 2.5 \dots 3$ – число витків для кріплення каната.

$$Z_H = \frac{20 \cdot 2}{3.14 \cdot 0.500} + 2 + 3 = 38.$$

Довжина барабана при здвоєному поліспасті

$$L_A = 2l_H + l_0 + 2 \cdot l_k ,$$

де l_H - довжина однієї нарізної частини;

l_0 - довжина середньої частини барабана;

l_k - довжина однієї гладкої кінцевої ділянки;

$$l_H = t(z_p + z_{неп} + z_{кр}) ;$$

$$l_H = 17.5(38 + 1.5 + 4) = 761.25 \text{ мм.},$$

$$l_0 = b - 2h_{\min} \text{ tg } \gamma ;$$

де h_{\min} - відстань між осями барабана і блоків підвіски в крайньому верхньому положенні (600 ... 1000 мм);

b – відстань між осями крайніх блоків гакової підвіски;

$$l_0 = 62 - 2 \cdot 1000 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ = 148 \text{ мм};$$

$$l_k = (4 \dots 5) d_k;$$

$$l_k = 4,5 \cdot 15 = 67,5 \text{ мм};$$

$$L_B = 2 \cdot 761,25 + 148 + 2 \cdot 67,5 = 1800 \text{ мм}.$$

1.4.12. Розрахунок барабана на міцність

Товщину стінки барабана визначають з умов стиснення

$$\sigma = \frac{S_{\max}}{t \cdot \delta} \leq [\sigma_{CT}],$$

де δ – попередня товщина стінки барабана

$$\delta = 1,2 \cdot d_k = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ мм},$$

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження для сталі

$$[\sigma_{N\delta}] = \frac{\sigma_{\delta}}{n},$$

де $n = 1,4 \dots 1,5$ – запас міцності барабана;

$\sigma_m = 250 \text{ МПа}$ – межа текучості для сталі 20;

$$[\sigma_{CT}] = \frac{250}{1,5} = 167 \text{ МПа};$$

$$\sigma = \frac{20214,5}{0,0175 \cdot 0,018} = 64 \text{ МПа} < 167 \text{ МПа}.$$

Крім деформацій стиснення, стінка барабана в загальному випадку відчуває також деформацію згину і скручення. Напруження проводиться при довжині барабана $L_B > (3 \dots 4) \cdot D$.

$$L_B = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ мм} > 1800 \text{ мм}.$$

1.4.13. Розрахунок вузла кріплення каната на барабан

$$F_{KP} = \frac{S_{\max}}{e^{f\alpha}},$$

де $f=0.1\dots 0.16$ – коефіцієнт тертя між канатом і барабаном;

$\alpha = (3\dots 4)\pi$ - кут захвату канатом барабана.

$$F_{KP} = \frac{20214,5}{e^{0.13\pi}} = 2713,35H.$$

Зусилля яке діє на розтяг болта:

$$P = \frac{2 \cdot F_{KP}}{(f + f_1) \cdot (1 + e^{f \cdot \alpha_1}) \cdot Z_{\delta}},$$

де $\alpha_1 = 2\pi$ - кут захвату барабана канатом при переході від однієї канавки до іншої;

Z_{δ} – число болтів;

$f_1=0.24$ – наведений коефіцієнт тертя між планкою і канатом.

$$P = \frac{2 \cdot 2713,35}{(0.1 + 0.24) \cdot (1 + e^{0.1 \cdot 2\pi}) \cdot 2} = 4206,7H.$$

Приймаємо болт (шпилька) М16.

Прийнятий болт перевіряємо на розтяг

$$\sigma = \frac{k \cdot k_3 \cdot P \cdot 4}{\pi \cdot d_{\delta}^2} \leq [\sigma_P], \quad (1.49)$$

де $k=1.3$ – коефіцієнт який враховує згинання болта;

$k_3=1.8$ – коефіцієнт запасу міцності;

d_{δ} – діаметр болта;

$[\sigma_P]$ – допустиме напруження на розтяг (для Ст.3 приймаємо 117МПа).

$$\sigma = \frac{1.3 \cdot 1.8 \cdot 4206,7 \cdot 4}{3.14 \cdot 0.016^2} = 92,3МПа < 117МПа.$$

Кріплення каната на барабані (див.рис.1.13).

1.4.14. Розрахунок вала барабана

Для попереднього розрахунку довжини вала барабана можна прийняти рівною

$$L=L_6+(100\dots150\text{мм})=1800+100=1900\text{мм}.$$

Навантаження на маточину барабана

$$P_1=0.55\cdot 2\cdot S_{\text{max}}=0.55\cdot 2\cdot 20214,5=22,24\text{кН};$$

$$P_2=0.45\cdot 2\cdot S_{\text{max}}=0.45\cdot 2\cdot 20214,5=18,11\text{кН}.$$

Розрахунок вала барабана зводять до визначення діаметрів цапф і маточини з умови роботи осі на згин в симетричному циклі

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma_a],$$

де M – згинаючий момент в розрахунковому перерізі;

W – момент опору розрахункового перерізу при згині;

$[\sigma_a]$ - допустиме напруження при симетричному циклі

$$[\sigma_a] = \frac{\sigma_{-1}}{K_0 \cdot [n]},$$

де $\sigma_{-1}=250\text{МПа}$ – для сталі 45;

$[n]=1.6$ – коефіцієнт запасу міцності;

K_0 – коефіцієнт, який враховує конструкцію деталей (для валів, осей і цапф - 2.0 ... 2.8).

$$[\sigma_a] = \frac{250 \cdot 10^6}{1.6 \cdot 2} = 78.1\text{МПа}.$$

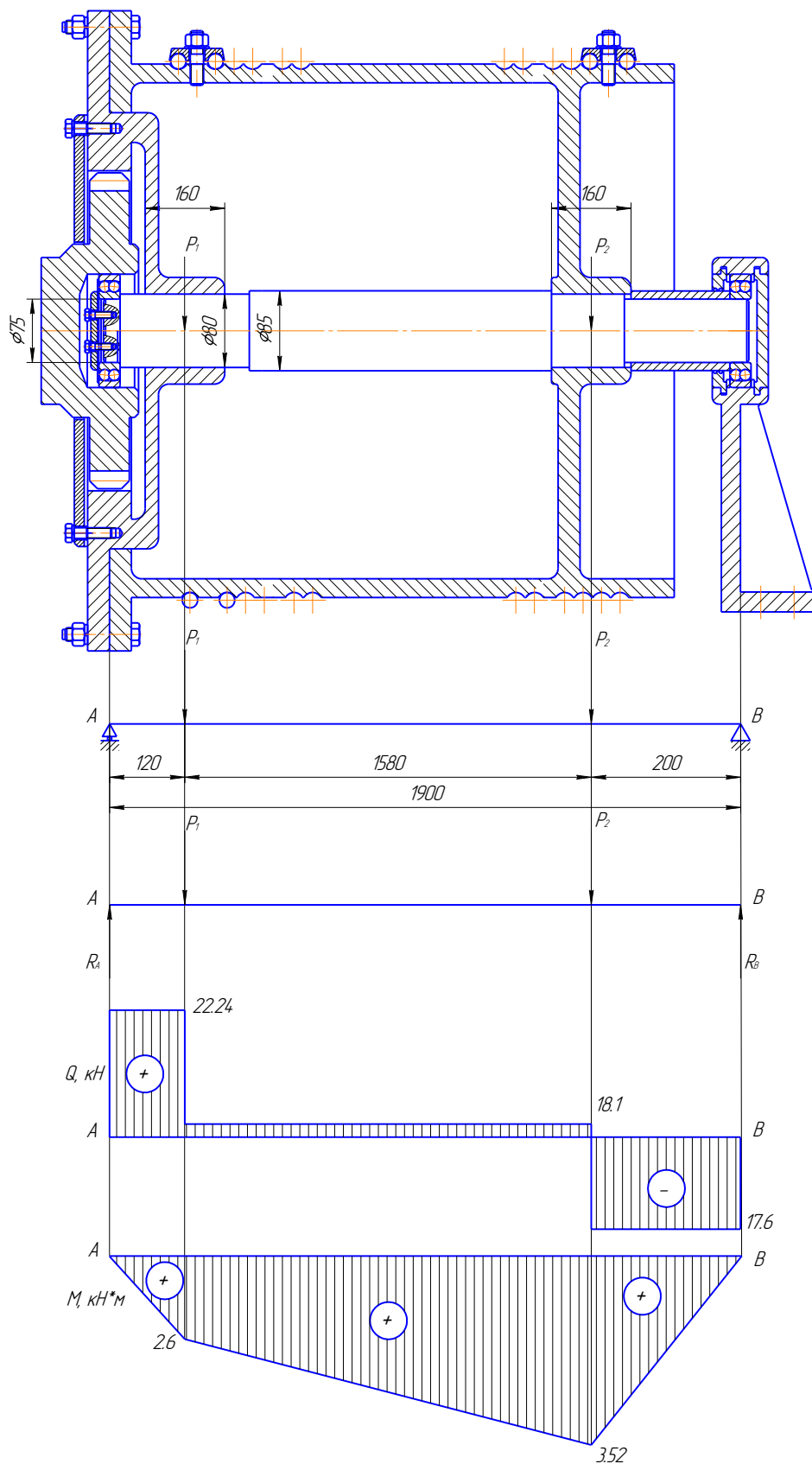


Рис. 1.33. Розрахункова схема на валу барабана

Знаходимо реакції опор:

$$\sum M_A = 0;$$

$$-P_1 \cdot 0.12 - P_2 \cdot 1.78 + R_B \cdot 1.900 = 0;$$

$$R_B = \frac{P_1 \cdot 0.12 + P_2 \cdot 2.580}{1.900} = \frac{22.24 \cdot 0.12 + 18.11 \cdot 1.7}{1.900} = 17.6 \text{ кН}.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$P_2 \cdot 0.2 + P_1 \cdot 1.78 - R_A \cdot 1.9 = 0;$$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot 1.78 + P_2 \cdot 0.2}{1.9} = \frac{22.24 \cdot 1.78 + 18.11 \cdot 0.2}{1.9} = 22.75 \text{ кН}.$$

Перевірка:

$$\sum F_i = 0;$$

$$R_A + R_B - P_1 - P_2 = 22.75 + 17.6 - 22.24 - 18.11 = 0.$$

$$\sum M_A = 0;$$

Побудуємо епюри згинаючих моментів і поперечних сил (рис. 1.33)

I ділянка:

$$0 \leq z_1 \leq 0.2;$$

$$Q_1 = -R_B = -17.6 \text{ кН}.$$

$$M'_1 = R_B \cdot z_1;$$

$$M_{1; z=0} = 17.6 \cdot 0 = 0;$$

$$M_{1; z=0.12} = 17.6 \cdot 0.2 = 3.52 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

II ділянка:

$$1.78 \geq z_2 \geq 0;$$

$$Q_{2; z=0} = -R_B + P_2 = -17.6 + 18.11 = 0.5 \text{ кН}.$$

$$M_2 = R_B(z_2 + 0.200) - P_2 z_2;$$

$$M_{2; z=0} = R_B(0 + 0.2) - P_2 \cdot 0 = 17.6 \cdot 0.2 - 0 = 3.52 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{2; z=1.78} = R_B \cdot 1.78 - P_2 \cdot 1.58 = 17.6 \cdot 1.78 - 18.11 \cdot 1.58 = 2.6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

III ділянка

$$1.9 \geq z_2 \geq 0;$$

$$Q_{3; z=0} = -R_B + P_2 + P_1 = -17.6 + 18.11 + 22.24 = 22.83 \text{ кН}.$$

$$M_3 = R_B(z_2 + 1.78) - P_2(z_2 + 1.58) - P_1(z_2);$$

$$M_{3; z=0} = R_B(0 + 1.78) - P_2 \cdot 1.58 - P_1 \cdot 0 = 17.6 \cdot 1.78 - 18.11 \cdot 1.58 = 2.6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M'_{3; z=1.9} = R_B \cdot 1.9 - P_2 \cdot 1.7 - P_1 \cdot 0.12 = 17.6 \cdot 1.9 - 18.11 \cdot 1.7 - 22.24 \cdot 0.12 = 0 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

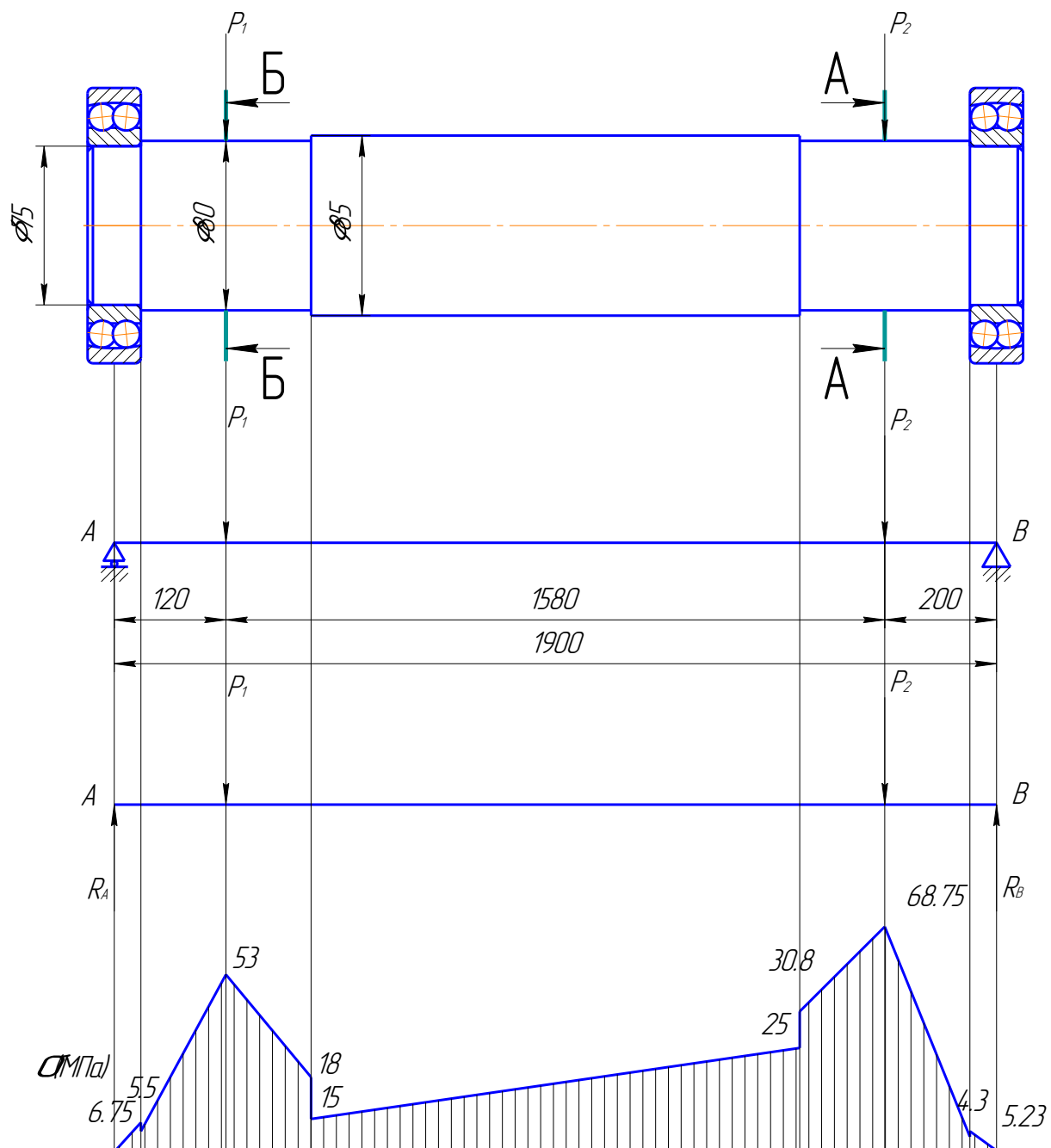


Рис. 1.34. Епюри нормальних напружень на валу барабана

Побудуємо епюри нормальних напружень (рис. 1.34).

$$\sigma_1 = \frac{220}{0,1 \cdot 0,075^3} = 5,23 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = \frac{220}{0,1 \cdot 0,08^3} = 4,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_3 = \frac{3520}{0,1 \cdot 0,08^3} = 68,75 \text{ МПа};$$

$$\sigma_4 = \frac{1579,2}{0,1 \cdot 0,08^3} = 30,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_5 = \frac{1579,2}{0,1 \cdot 0,085^3} = 25 \text{ МПа};$$

$$\sigma_6 = \frac{944}{0,1 \cdot 0,085^3} = 15 \text{ МПа};$$

$$\sigma_7 = \frac{944}{0,1 \cdot 0,08^3} = 18 \text{ МПа};$$

$$\sigma_8 = \frac{2600}{0,1 \cdot 0,08^3} = 53 \text{ МПа};$$

$$\sigma_9 = \frac{284,5}{0,1 \cdot 0,08^3} = 5,5 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{10} = \frac{284,5}{0,1 \cdot 0,075^3} = 6,75 \text{ МПа}.$$

Найбільший згинаючий момент в перерізі під маточиною

$$M_{cm} = M_2 = 3,52 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Момент опору даного перетину на осі

$$W_m = 0,1 \cdot d_m^2.$$

Підставляючи дані значення в умови роботи на згин в симетричному циклі, отримаємо формулу знаходження діаметра осі під маточиною.

$$[\sigma_{32}] \geq \frac{M}{W} \Rightarrow [\sigma_{32}] \geq \frac{M_m}{0,1 \cdot d_m^3};$$

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{M_{CT}}{0,1 \cdot [\sigma_{32}]}} = \sqrt[3]{\frac{3520}{0,1 \cdot 78,1 \cdot 10^6}} = 0,08 \text{ м}.$$

Найбільший згинаючий момент правої цапфи дорівнюватиме

$$M_{32} = R_B \cdot \left(l_2 - \frac{l_m}{2} \right),$$

де $l_m = (1,5 \dots 2,0) \cdot d_m$ – довжина маточини.

$$L_m = 2 \cdot 0,08 = 0,16 \text{ м}.$$

Зовнішній діаметр маточини

$$D_{cm} = 1,5 \cdot d_{cm} + 10 \text{ мм};$$

$$D_{cm} = 1,5 \cdot 80 + 10 = 0,13 \text{ м}.$$

Момент опору перетину цапфи

$$W_y = 0,1 \cdot d^3$$

Підставляючи дані значення в умову роботи на згин в симетричному циклі, знаходимо діаметр осі під цапфою

$$d_{ц} = \sqrt[3]{\frac{R_B \cdot \left(l_2 - \frac{l_M}{2} \right)}{0,1 \cdot [\sigma_{32}]}},$$
$$d_{ц} = \sqrt[3]{\frac{17600 \cdot \left(0,2 - \frac{0,16}{2} \right)}{0,1 \cdot 78,1 \cdot 10^6}} = 0,065 \text{ м}.$$

З метою уніфікації підшипників діаметр лівої цапфи приймаємо рівним діаметру правої цапфи.

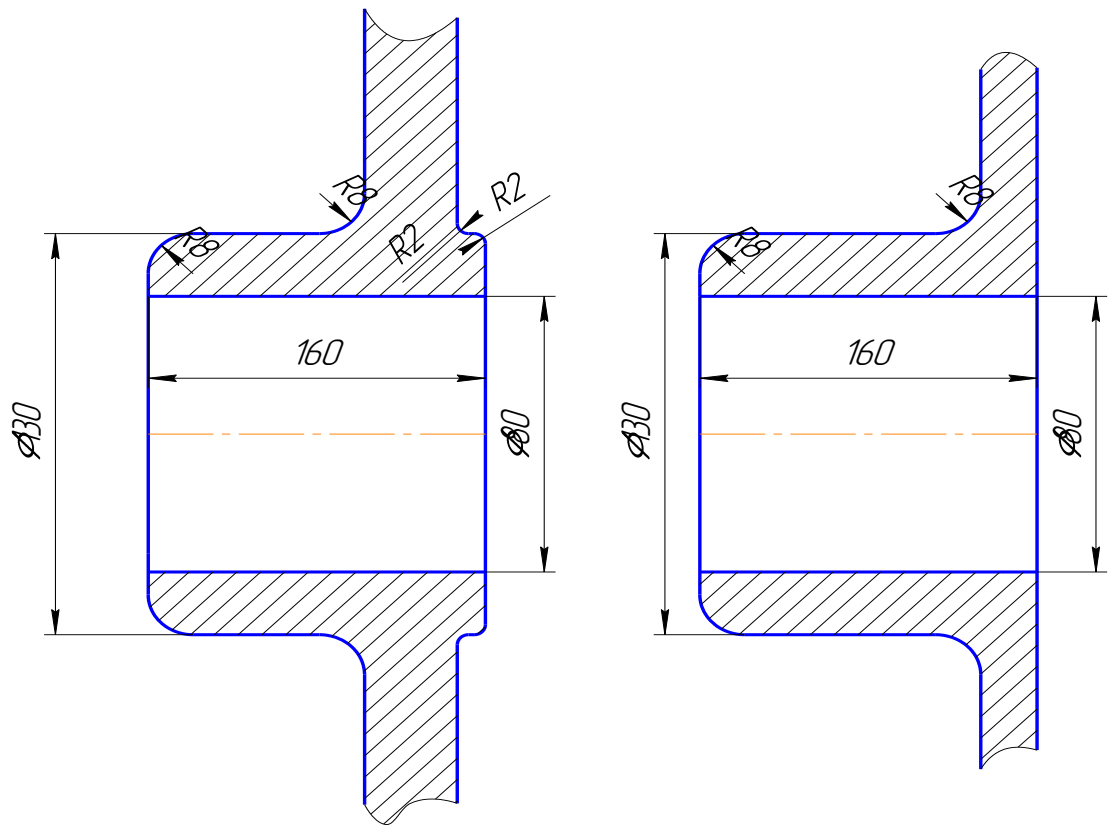


Рис.1.35. Геометричні розміри маточин барабана

1.4.15. Розрахунок підшипників осі барабана

Еквівалентне навантаження на правий підшипник

$$P_{Екв}^{бар} = R_B \cdot k_v \cdot k_g \cdot k_{np} ;$$

де $k_v=1$ – коефіцієнт обертання (при обертанні внутрішнього кільця);

$k_g=1.2$ – динамічний коефіцієнт (для механізму підйому);

$k_{np}=0.65$ – коефіцієнт приведення (для режиму роботи М4 – М6).

$$P_{Екв}^{бар} = 17600 \cdot 1 \cdot 1.2 \cdot 0.65 = 13728H .$$

Необхідна довговічність підшипника L10 (млн. оборотів)

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n_{бар} \cdot L_n}{10^6} ;$$

де $L_{10}=3500$ - довговічність підшипника для режимів М4 - М6;

$n_{\text{бар}}$ – частота обертання барабана

$$n_{\text{бар}} = \frac{60 \cdot v_{\text{в}} \cdot m}{\pi \cdot D_1} ;$$

де $v_{\text{в}}$ – швидкість підйому вантажу;

$$n_{\text{бар}} = \frac{60 \cdot 0,26 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,8} = 12,6 \text{ об/хв} ;$$

$$L_{10} = \frac{60 \cdot 12,6 \cdot 3500}{10^6} = 2,65 \text{ міл.обертів.}$$

Розрахункова динамічна вантажопідйомність

$$C = P_{\text{Екв}}^{\text{бар}} \cdot \sqrt[m]{L_{10}} ;$$

де $m=3$ - для кулькових підшипників;

$$C = 13,728 \cdot \sqrt[3]{2,65} = 19 \text{ кН} .$$

Оскільки в лівому підшипнику обертаються обидва кільця (підшипник служить тільки опорою), то його можна розрахувати по статичній вантажопідйомності

$$C_0 = R_A \cdot k_{np} \cdot k_g = 22,75 \cdot 0,65 \cdot 1,2 = 17,745 \text{ кН} .$$

Вибираємо радіально сферичний дворядний кульковий підшипник 1215 за ГОСТ 28428-90 (рис.1.21).

$d=75\text{мм}$, $D=130\text{мм}$, $B=25\text{мм}$, $C=39\text{кН}$, $C_0=21,6\text{кН}$

1.4.16. Розрахунок з'єднання обичайки барабана з вінцем-маточиною

З'єднання обичайки барабана з вінцем-маточиною здійснюється прецизійними болтами, які встановлені в отворах без зазору і відчують робоче зусилля зрізу.

Розрахункова схема болта кріплення обичайки з маточиною див рис.1.22.

$$\tau = \frac{P_{\text{зов}}}{0,75 \cdot Z_{\text{бі}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq [\tau] ;$$

де $Z_{бол}$ – кількість встановлюючих болтів (6 ... 8);

d – діаметр циліндричної частини болта;

P_k – зусилля діючі по колу установки болтів

$$P_k = \frac{2 \cdot S_{\max} \cdot D_1}{D_{зоб}} ;$$

де D_1 – зовнішній діаметр барабана по центру навитих канатів;

$D_{зоб}$ – зовнішній діаметр встановлюючих болтів

$$D_{зоб} = (1.3 \dots 1.4) \cdot D_{зуб} ;$$

де $D_{зуб}$ – зовнішній діаметр зубчастого вінця вала редуктора;

$[\tau]$ - допустиме напруження на зріз

$$[\tau] = 0.6 \cdot [\sigma_p] = 0.6 \cdot \frac{\sigma_T}{k_1 \cdot k_2} ;$$

де σ_m - межа текучості матеріалу болтів;

$k_1 = 1.3$ – коефіцієнт безпеки (для механізмів підйому крана, що працює з гаком);

$k_2 = 1.2$ – коефіцієнт навантаження,

$$[\tau] = 0.6 \cdot 117 = 70.2 \text{ МПа} ;$$

$$D_{зоб} = 1.3 \cdot 336 = 436.8 \text{ мм} ;$$

$$P_{окр} = \frac{2 \cdot 20214.5 \cdot 0.5}{0.4368} = 46278.6 \text{ Н} ;$$

$$\tau = \frac{46278.6}{0.75 \cdot 6 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.017^2}{4}} = 20.3 \text{ МПа} < 70.2 \text{ МПа} .$$

Приймаємо болт М16 ГОСТ7817-80.

1.4.17. Вибір двигуна

Визначення максимальної статичної потужності.

Максимальна статична потужність $N_{ст}$, яку повинен мати механізм в усталеному русі при підйомі номінального вантажу

$$N_{ст} = \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot v_z}{\eta_n},$$

де $\eta_n = 0.80 \dots 0.85$ – попереднє значення ККД механізму.

$$N_{ст} = \frac{(8000 + 160) \cdot 9.81 \cdot 0.26}{0.85} = 24,5 \text{ кВт.}$$

В кранових механізмах підйому рекомендується використовувати двигуни постійного струму серії Д, послідовного збудження, тихохідні.

1.4.18. Вибір типу двигуна

В кранах розрахунок двигуна можна проводити за еквівалентним навантаженням. У цьому випадку потрібна потужність двигуна визначається за формулою:

$$N_{Экв} = k_{пр} \cdot N_{ст};$$

де $k_{пр} = 0.7$ – коефіцієнт приведення для режимів М5 - М6

$$N_{Экв} = 0.7 \cdot 24,5 = 17,15 \text{ кВт.}$$

Вибираємо електродвигун типу Д808.

Табл. 1.5. Характеристики двигуна

Потужність на валу ПВ=40%	кВт	24
Частота обертання вала	об/хв	615
Крутний момент	Н·м	2650
Сила струму	А	125

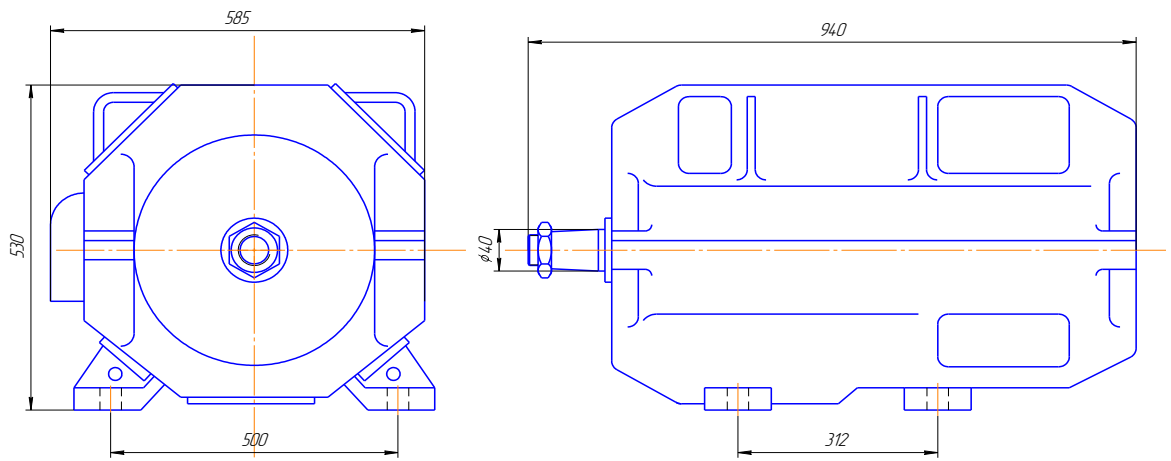


Рис. 1.36. Габаритне креслення двигуна Д808

1.4.19. Вибір редуктора і передачі

Потужність, яка передається редуктором

$$N_p = N_{CT} \cdot k_p;$$

де $k_p=1$ – коефіцієнт запасу для редуктора типу Ц2.

$$N_p = 24,5 \cdot 1 = 24,5 \text{ кВт}$$

Передаточне число редуктора

$$U_{ред} = \frac{n_{дв}}{n_{ред}};$$

де $n_{дв}$ – частота обертання вала двигуна;

$n_{ред}$ – частота обертання тихохідного вала редуктора,

$$U_{ред} = \frac{615}{12,6} = 49.$$

Вибираємо редуктор Ц2-400.

Табл. 1.6. Основні параметри редуктора

Крутний момент на тихохідному валу	кН·м	9
Передаточне число	-	50

пБ	с ⁻¹	16
----	-----------------	----

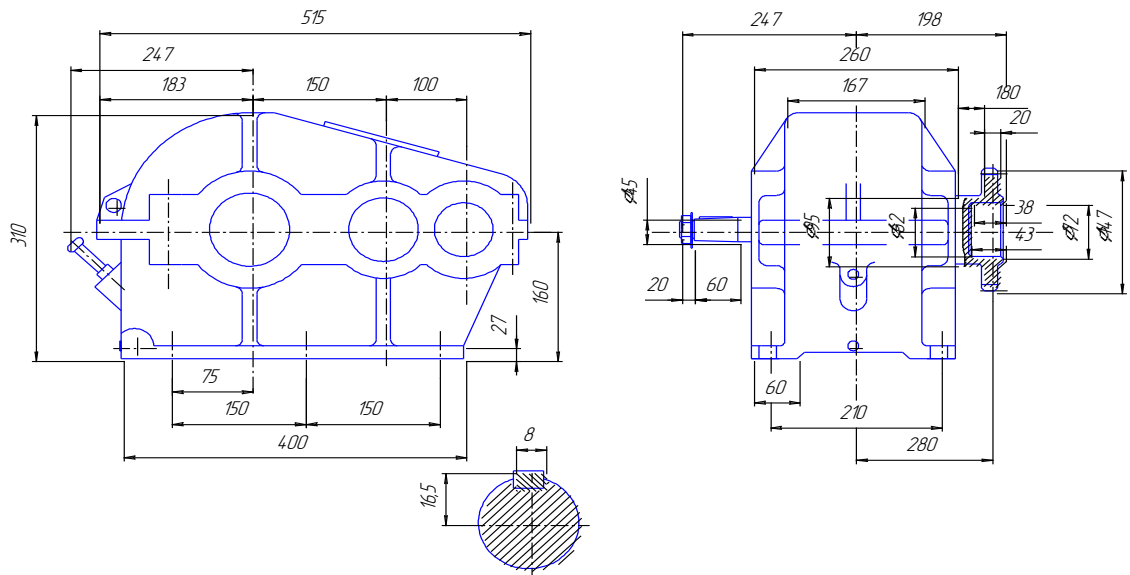


Рис. 1.37. Габаритне креслення редуктора Ц2-400

1.4.20. Вибір гальм

Розрахунковий гальмівний момент визначається за формулою:

$$M = k_m \cdot \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot D_1 \cdot \eta_0}{2 \cdot m \cdot U_{ред}} ;$$

де k_m = не менше 1.5 - коефіцієнт запасу гальмування.

$$M = \frac{1.5 \cdot (8000 + 160) \cdot 9.81 \cdot 0.5}{2 \cdot 2 \cdot 50} \cdot 0.85 = 255 \text{ Н} \cdot \text{м} .$$

Вибираємо гальмо ТКП-400.

Табл. 1.6. Основні параметри гальм

Номінальний гальмівний момент	Н·м	1100
Діаметр шківів	мм	400
хід якоря	мм	3

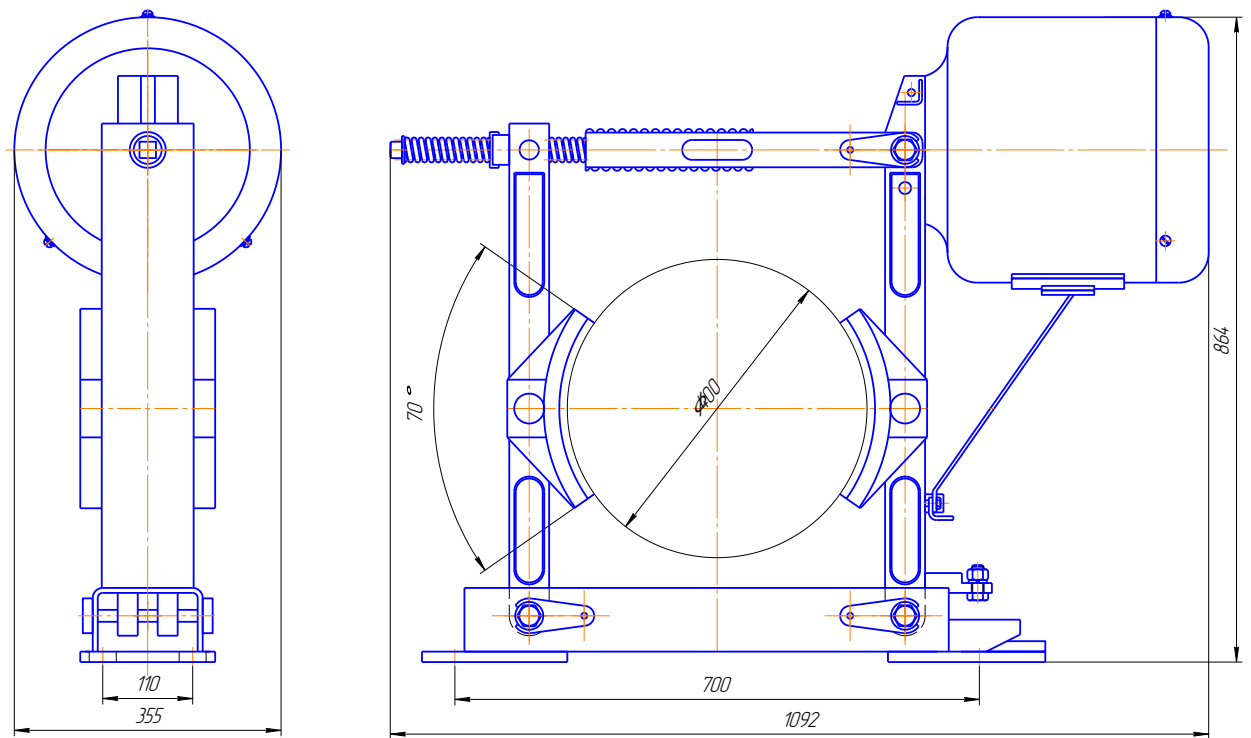


Рис. 1.38. Габаритне креслення гальм ТКП-400

1.3.21. Вибір муфти

Муфту вибираємо по розрахунковому крутному моменту

$$M = \frac{(Q + Q_{II}) \cdot g \cdot D_1}{2 \cdot U_{ред} \cdot m \cdot \eta_0} \cdot k_3;$$

де k_3 – коефіцієнт запасу міцності;

$$k_3 = k_1 \cdot k_2 = 1.3 \cdot 1.2 = 1.56;$$

$$M = \frac{(8000 + 160) \cdot 9.81 \cdot 0.5}{2 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 0.85} \cdot 1.56 = 367 (H \cdot m).$$

Вибираємо муфту втулично-пальцеву з гальмівним шківом $D_T = 400$ мм.

Табл. 1.7. Основні параметри муфти

Номінальний обертовий момент	Н·м	2000
гальмівний момент	Н·м	1500
Момент інерції муфти	кг·м ²	4,8
маса муфти	кг	92

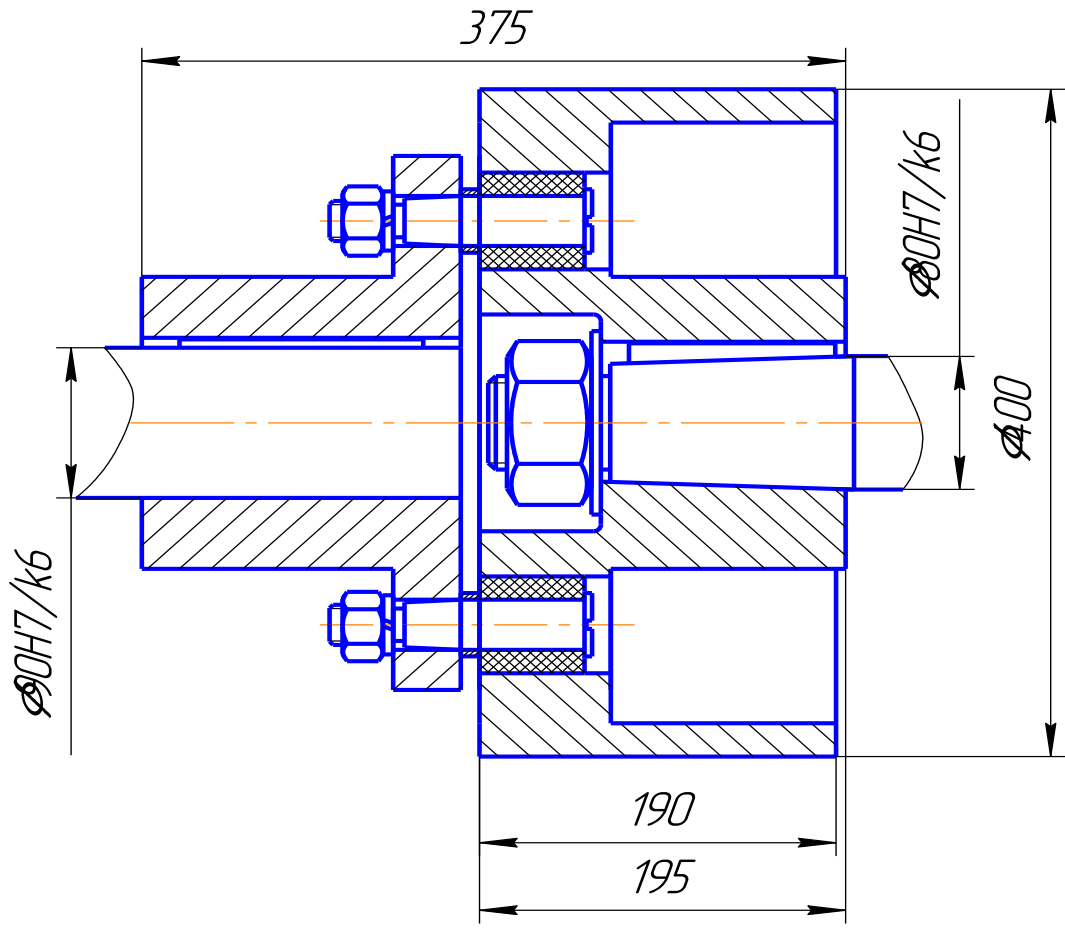


Рис. 1.39. Габаритне креслення пружинної втулочно-пальцевої муфти

2. Організація технічного обслуговування та ремонту крана

2.1. Задачі технічного обслуговування та ремонту крана

В процесі експлуатації машини, відбувається втрата її працездатності внаслідок зношування і руйнування окремих елементів її деталей. Відновлення роботи здійснюють шляхом ремонту, при якому замінюють або ремонтують зношені деталі і регулюють механізми.

Технічне обслуговування – це комплекс операцій чи операція з підтримання працездатності або справності обладнання при використанні його за призначенням.

Технічне обслуговування крана включає:

- щоденне технічне обслуговування (ЩО);
- періодичне технічне обслуговування (ТО -1 і ТО -2);
- сезонний догляд;
- спостереження за виконанням правил експлуатації обладнання;
- своєчасне та оперативне виявлення та усунення відмов;
- реєстрацію відмов і несправностей в журналі або формулярі;
- регулювання механізмів.

Щоденне технічне обслуговування (ЩО) виконується регулярно перед початком роботи і в процесі роботи. До змісту ЩО входять наступні роботи:

- огляд крана перед початком роботи;
- регулювання і змащення механізмів;
- чищення та миття після роботи;
- на ЩО повинні відводитися 0,5 - 0,75 г в день.

До складу технічного обслуговування № 1 (ТО -1) входять наступні роботи:

- ЩО;
- перевірка кріплення болтових з'єднань редукторів, кришок, підшипників, електродвигунів, муфт;
- перевірка наявності мастила у вузлах і агрегатах, при необхідності - мастило вузлів і деталей згідно карти змащення до даної конструкції;
- перевірка стану вантажопідйомного механізму, місць кріплення основних і несучих металоконструкцій між собою і до опорних вузлів;
- контроль за станом вантажних канатів: правильністю укладання на барабан, надійністю кріплення, ступенем зносу і пошкодження, наявність мастила, мастила вантажних канатів і барабанів;
- перевірка стану електричних пристроїв, а також ізоляції електропроводки;
- регулювання гальм основних механізмів;
- перевірка стану обмежувачів висоти підйому;
- перевірка стану контролерів (легкість ходу, чіткість фіксації положення), зачистка або заміна контактів пускачів і контакторів, змащування тертьових поверхонь деталей;
- перевірка наявності та справності огорожень робочих майданчиків і майданчиків обслуговування.

Періодичність ТО -1 необхідно проводити через 100 годин роботи.

При ТО -2 проводяться роботи, передбачені ТО -1, та додатково наступні:

- перевірка стану зубчастих муфт, ущільнень, болтових і шпонкових з'єднань механізмів;
- регулювання гальм згідно інструкції заводу-виготовлювача з заміною фрикційних накладок на величину гальмівних шляхів, зазначених у паспорті. Гальмівний шлях перевіряють шляхом заміру його після розгону механізму до максимальної швидкості і подальшого відключення аварійним вимикачем;
- перевірка стану зубчастих передач редукторів механізмів пересування крана і вантажного візка, перевірка кріплення щіткотримачів електродвигунів;
- перевірка правильності прилягання контактів контролерів і плавність їх рухомих частин;
- перевірка механічного захисту вузлів електрообладнання;
- складання відомості дефектів та переліку деталей, що підлягають заміні або ремонту.

Періодичність ТО -2 через 300 годин.

Сезонний догляд для кранів, що працюють на відкритому повітрі, здійснюється з метою підготовки крана до експлуатації в наступаючих весняно-літньому і осінньо-зимовому періодах.

При сезонному догляді проводяться наступні роботи:

- очищення крана і механізмів від пилу і бруду;
- заміна мастила в редукторах і рідини в електрогідравлічних штовхачах;
- нівелювання й рихтування підкранових колій;
- відновлення ущільнення кабіни машиніста.

Сезонний догляд проводиться два рази на рік, рекомендується поєднувати його з ТО -1 або ТО -2.

Тривалість сезонного догляду становить 1 день.

В процесі експлуатації кранів слід виконувати такі основні вказівки:

- перевіряти дію блокувальних вимикачів і кінцевих вимикачів візка перед початком кожної зміни;
- періодично перевіряти стан ізоляції електроустановки в межах діючих норм;
- періодично оглядати стан і перевіряти опір заземлень на крані;

Безаварійна робота багато в чому залежить від правильної експлуатації, систематичного догляду та своєчасного ремонту. При ретельних оглядах крана виявляються зношені та пошкоджені деталі, проводиться їх ремонт або заміна, а також перевіряється стан і надійність кріплення найбільш відповідальних вузлів і деталей.

Крани й кранове обладнання обслуговуються крановою бригадою, до якої входять робітники-профілактори, що обслуговують кран за графіком і часом. На всі крани є свій графік технічного обслуговування із зазначенням часу, обсягу робіт, трудомісткості (чол / год).

2.2. Спостереження і догляд за складовими частинами крана

Нормальна та безаварійна робота крана в значній мірі залежить від правильної його експлуатації, систематичного догляду та своєчасного якісного ремонту.

Тому для забезпечення нормальної роботи крана необхідно не рідше одного разу на тиждень проводити детальний огляд і перевірку всіх вузлів крана.

При оглядах виявляються зношені та пошкоджені деталі, і проводиться їх ремонт або зміна, а також перевіряється стан і надійність всіх кріплень.

2.2.1. Канати

Канат сплетений безпосередньо з дротиків, називають канатом одинарного сплітання (однопасовим). Якщо дротики сплетені в пасма, а потім пасма в канат навколо осердя, то такий канат називають канатом подвійного сплітання.

При наявності помітного поверхневого зношення дротин гранична кількість обривів дротів, при якому канат повинен бути знятий з експлуатації, відповідно знижується.

При зносі або корозії, що досягають 40% і більше від початкового діаметра дроту, канат повинен бути забракований. При виявленні в канаті обірваної пасми, канат до подальшої роботи не допускається. При періодичному огляді необхідно уважно перевіряти і підтягувати кріплення кінців каната на барабані, грейфері та інших місцях.

Для попередження прискореного зносу каната необхідно систематично змащувати його спеціальним мастилом раз в 10 - 15 діб. мазь наносять на канат в розігрітому (до 60 град.) стані, щоб вона заповнила пори між пасмами і дротами, попередньо слід видалити бруд і стару змазку дротяною щіткою і промити канат гасом.

2.2.2. Підшипники

При огляді підшипників кочення слід перевірити надійність кріплення корпусів до металоконструкції моста або рами візка, щільність прилягання кришок, стан ущільнень і достатню кількість мастила в підшипнику.

Для змащення підшипників кочення застосовується як рідкі, так і консистентні масла, причому, останні рекомендуються для змащування підшипників кранів, що працюють в запилених цехах.

При заміні мастила корпус підшипника обов'язково повинен бути промитий гасом.

Температура підшипника при нормальній роботі не повинна перевищувати 60-70 град. Сильне нагрівання підшипника може бути викликане його забрудненням, недостатньою кількістю мастила, неправильною установкою або пошкодженням його елементів. Скрип в підшипнику вказує на відсутність або нестачу мастила.

2.2.3. Гальма

Гальма механізмів підйому повинні перевірятися кожен раз змінюючи, а механізм пересування - не рідше одного разу на 2-3 дня. При огляді на гальма особливу увагу необхідно звертати на чіткий рух усіх елементів гальмівної системи, відсутність заїдання в шарнірах, правильне прилягання колодок до гальмівного шківів, на стан колодок і на рівномірність відходу їх при розмиканні гальма. При виявленні нечіткої роботи гальм, їм необхідно провести регулювання, згідно інструкції з експлуатації гальм.

2.2.4. Ходові колеса

На ходових колесах не повинно бути тріщин і спрацьованих реборд. Поверхня коліс не повинна мати вм'ятин, вибоїн і слідів сильного зносу. При наявності подібних дефектів глибиною більше 3 мм ходові колеса необхідно переточити з допуском (для коліс, розташованих на одній осі) в 0,0005 від діаметра колеса.

2.2.5. Електродвигун

Електродвигуни кранових механізмів вимагають особливо ретельного і систематичного догляду для забезпечення нормальної роботи крана.

Колектор електродвигуна постійного струму слід систематично «прорізати» - ізоляція між мідними пластинами повинна бути поглиблена, на 1,5-2,0 мм. щодо робочої поверхні колектора.

Раз на тиждень колектор слід очищати від нагару. не рідше одного разу на тиждень необхідно видаляти пил з електродвигуна продувкою стисненим повітрям.

Раз на місяць необхідно перевіряти надійність кріплення полюсних котушок.

2.2.6. Тролеї

Робоча поверхня тролей повинна бути гладкою і чистою, ізолятори цілими, без тріщин, надійно укріплені на кронштейнах, струмоприймачі щільно притиснуті до тролей. Іскріння на струмоприймачах свідчить про поганий контакт їх внаслідок нещільного прилягання або забруднення тролей і струмоприймачів.

2.2.7. Електропровід.

Догляд за електропроводкою полягає, в основному, в перевірці справності контактів в місцях приєднання проводів до апаратури, і в регулярному чищенні контактів від пилу і бруду. Ці роботи проводяться обов'язково при вимкненому головному рубильнику.

2.2.8. Електроапаратура

Контролери, контактори, кінцеві вимикачі

Догляд за електроапаратами полягає в регулярному очищенні їх при кожному огляді від пилу і бруду та перевірку надійності приєднань проводки, в

очищенні контактів і кулачків від бруду, нагару і оплавлення і в заміні сильно пошкоджених деталей новими.

Шарніри, підшипники, підп'ятники, храповики та інші тертьові механічні деталі електроапаратури змащуються вазеліном 1 - 2 рази на місяць.

2.2.9. Опір

Опір оглядається 1 - 2 рази на тиждень причому, перевіряється відсутність ушкоджень секцій і надійність контактів, одночасно проводиться очищення їх від пилу продувкою стисненим повітрям.

2.3. Централізоване змащування крана

Централізоване мастило дозволяє з одного робочого місця обслуговувати одночасно кілька точок змащення і забезпечує автоматичне дозування масла при подачі її до кожного вузла підшипника.

Система централізованого мастила складається з наступних основних частин: ручної станції густого мастила (СРГ-8), фільтрів (ФСГ-1), дозувальних живильників (ПД), магістральних і живлять трубопроводів, штуцерів і муфт.

При нагнітанні, рух змазки відбувається за такою схемою: ручна станція густого мастила → фільтр → магістральний напірний трубопровід → дозуючий живильник → живильний трубопровід → змащувальні вузли.

Мастило, що нагнітається ручним насосом, надходить перемінно то в один, то в інший магістральний напірний трубопровід і подається до дозуючих живильників, що представляє собою розподільні клапани подвійної дії. Останні що живлять трубопроводи здійснюють подачу мастила безпосередньо до місця змащування.

Мастильна система заповнюється мастилом ЦИАТИМ-201 ГОСТ 6267-59 або мастилом морозостійкої НК-30 кальцієво-натрієвої.

Раціональна організація мастила кранових механізмів, своєчасне поповнення запасу і заміна мастила, застосування найбільш рекомендованих для конкретних умов роботи мастильних та утримання в порядку і чистоті мастильних апаратів і резервуарів, є одним з основних умов, які забезпечують нормальну і безаварійну роботу крана і його довговічність.

У табл. 2.2 дані рекомендації по застосуванню різних мастильних матеріалів і режиму мастила.

Табл. 2.2. Рекомендований асортимент мастильних матеріалів

Місця змащування		Рекомендований сорт мастильних матеріалів	режим змащення
№	Найменування		
1	Підшипники кочення	при температурах -5 ... +60 С - солідол УС-1, УС-2 (ГОСТ 1033-51). при температурах -50 ...+1000 С УТМ (ГОСТ 2931-51)	Заміна 1 раз на місяць заповнювати 1/2-2/3 корпусу
2	Закрита зубчаста передача	При температурах 0 ... +50 С - масло МЦ (ГОСТ 1841-51), автотракторне АК -10 (ГОСТ 1862-57), індустр. масло 4Б (ГОСТ 1707-51), при температурі нижче 0С - індустрі. масло 45 і 50 (ГОСТ 1707-51)	Додавання 1 раз на місяць, заміна (з промиванням) один раз на 2 - 3 місяці
3	Сталевий вантажний канат	Індустріальна канатна мазь ІК (ГОСТ 5570-50)	Наносити на канат підігрітою до 60 С один раз в 15 днів
4	шарніри гальма та механізмів управління	Мастило універсальне УС (ГОСТ 1033-51)	Мастило ручне один раз на місяць
5	електрогідравлічний штовхач	При температурі +20 ... -50 С - масло АМПІ (ГОСТ 6794-53),+50..-10С трансформаторне масло (ГОСТ 982-53), +10 ... +80 С - масло індустріальне 50 (ГОСТ 1707-51)	Заміна з промиванням 1 раз на рік
6	зубчасті муфти	При температурі від 0 ... +60 С - масло циліндричне 24 (ГОСТ841-51), нігрол Л (ГОСТ 542-50, при температурах нижче 0 С - нігрол зимовий (ГОСТ 542-50)	Додавання 1 раз на місяць, заміна (з промиванням) один раз в 2-3 місяці
7	Відкриті зубчасті передачі	При температурі 0 ... +35 С - мастило УБА (ГОСТ 3333-55), полугідрол масляний (ГОСТ 4105-48). При температурі нижче 0 С - осьове мастило (ГОСТ 810-48)	1-2 рази на місяць

2.4. Організація ремонтів крана

Для діючого підприємства річна кількість ремонтів механічного обладнання визначається в залежності від: дати проведення останнього капітального ремонту та кількості мото-годин або календарного часу, відпрацьованого обладнання після проведення останнього капітального ремонту на початок року. Річна кількість ремонтів визначається розрахунково-аналітичним методом, індивідуально для кожної інвентарної машини, щодо положень для даних:

$$N_{\kappa} = \frac{A_0 + A_{\Pi}^{\Gamma}}{T_{\kappa}}; \quad (2.1)$$

$$N_{T2} = \frac{A_{0T2} + A_{\Pi}^{\Gamma}}{T_{T2}} - N_{\kappa}; \quad (2.2)$$

$$N_{T1} = \frac{A_{0T1} + A_{\Pi}^{\Gamma}}{T_{T1}} - (N_{\kappa} + N_{T2}); \quad (2.3)$$

$$A_0 = (n_{\Gamma} \cdot 365 + n_{\text{М}} \cdot 30 + n_{\text{ДН}}) \cdot T_{\text{P}}^{\text{CVT}}; \quad (2.4)$$

$$A_{\Pi}^{\Gamma} = T_{\text{P}}^{\text{CVT}} \cdot 365; \quad (2.5)$$

$$A_{0Ti} = A_0 - n_{Ti} \cdot T_{Ti}; \quad (2.6)$$

де ! A_0 – час, відпрацьований машиною з початку експлуатації або відновлення її після проведення останнього ремонту на початок запланованого року, мото-годин;

A_{Π}^{Γ} - річний запланований час роботи машини, мото-години;

$N_{\kappa}, N_{T2}, N_{T1}$ - кількість ремонтів;

$N_{\text{P}}, n_{\text{М}}, n_{\text{ДН}}$ – кількість повністю відпрацьованих років, місяців і днів.

Всі дані зведемо в табл. 2.3.

Табл. 2.3. Час роботи машини

Найменування обладнання	n_{Γ}	$n_{\text{М}}$	$n_{\text{ДН}}$	A_0	A_{Π}^{Γ}	N_{κ}	A_0/T_{T2}	N_{T2}	A_0/T_{T1}	N_{T1}	A_{0T2}	A_{0T1}

Мостовий кран	18	11	6	31561,6	4088	0	13	1	82	3	3964,8	201,6
----------------------	----	----	---	---------	------	---	----	---	----	---	--------	-------

Розробка річного графіку ППР

Річний і місячні план-графіки ППР визначаються конкретною кількістю планових технічних обслуговувань і ремонтів по кожній інвентарній машині. Річний і місячні план-графіки ППР розробляються за формами, які відповідають вимогам положень ТО і Р і ППР.

Визначення порядкового номера місяця і дати початку ремонту:

$$N_M = \frac{(T_i - A_{0i}) \cdot 12}{A_{\Pi}^{\Gamma}} + 1; \quad (2.7)$$

$$D_M = \frac{T_i - A_{\Phi}}{T_P^{CVT}}; \quad (2.8)$$

$$A_{\Phi} = A_{0i} + (N_M - 1)A_n^M; \quad (2.9)$$

$$A_n^M = T_P^{CVT} \cdot 30; \quad (2.10)$$

де A_{Φ} – кількість мото-годин роботи машини на початок даного місяця. Зведемо всі дані в табл. 2.4

Табл. 2.4. Визначення початку ремонту

Найменування устаткування	A_n^M	A_{Φ}	N_M	D_M	T_1^K	T_2^K
Мостовий кран	336	5308	5	30	-	42

Річний графік ремонтів устаткування наведено у табл. 2.5

Табл. 2.5. Річний графік планових ремонтів обладнання

Найменування обладнання	1 квартал			2 квартал		
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень

	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Мостовий кран																		
<i>Найменування обладнання</i>	3 квартал									4 квартал								
	Липень			Серпень			Вересень			Жовтень			Листопад			Грудень		
	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П	Н	В	П
1	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	3	3	3	3	3	37
Мостовий кран																		

Позначення: Н - дата початку ремонту; К - вид ремонту; Т - тривалість ремонту.

3. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів, що мають місце у виробничих приміщеннях ремонтних підприємств.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України «Техногенна безпека» — це відсутність ризику виникнення аварій та/або катастроф на потенційно небезпечних об'єктах, а також у суб'єктів господарювання, що можуть створити реальну загрозу їх виникнення. Техногенна безпека характеризує стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Діяльність із забезпечення техногенної безпеки є складовою виробничої, експлуатаційної та іншої діяльності відповідних посадових осіб і працівників підприємств, установ та організацій. Тому забезпечення техногенної безпеки доцільно розглядати як сукупність дій органів влади, суб'єктів господарювання, керівників (власників) та відповідальних осіб об'єктів, спрямованих на попередження аварій, аварійних та надзвичайних ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах та територіях.

Небезпечні об'єкти — об'єкти, які мають у своєму складі джерело (джерела) небезпеки. При цьому джерелом небезпеки може бути технологічний апарат (устаткування, агрегат або їх сукупність), під час експлуатації, роботи якого за певних обставин (таких як аварія, порушення технологічного регламенту тощо) може виникнути надзвичайна ситуація не нижче об'єктового рівня. До небезпечних об'єктів відносяться також будівельні машини і устаткування для проведення технічного обслуговування та ремонту машин, експлуатуючі підприємства, управління механізації, ремонтно-механічні майстерні, бази технічного сервісу будівельних машин, ремонтні заводи, станції технічного обслуговування машин та інші виробничі об'єкти, які займаються експлуатацією, ремонтом, обслуговуванням та діагностуванням будівельної техніки.

Цілком безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Головна задача охорони праці - звести до мінімальної імовірності поразки або захворювання працюючого, а також виявлення і вивчення шкідливих факторів, їхній вплив на людину і навколишнє середовище. Виробниче середовище - це середовище, у якій людина забруднює навколишнє середовище. Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив котрого на працюючого у визначених умовах приведе до травми або до іншому раптовому, різкому погіршенню здоров'я. Робота механізмів машин, на жаль, досить небезпечно

впливає на людину, тому що часто супроводжується сукупністю шкідливих впливів.

Шкідливим виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив котрого на працюючого у визначених умовах приведе до захворювання або зниження працездатності. Прикладами небезпечних факторів можуть служити відкриті струмоведучі частини устаткування, електричне устаткування із несправним або відсутнім заземленням, недостатня пожежна безпека, тощо. Прикладами шкідливих факторів являються шкідливі домішки в повітрі, несприятливі метеорологічні умови, шум, вібрації, недостатнє освітлення, запиленість. Функціональні порушення, пов'язані з дією цих факторів на машиніста, полягають у можливості втрати життя від ураження електричним струмом, а також погіршенні зору, збільшеній втомлюваності, зміні реакції вестибулярного апарату, головний біль та запаморочення.

Дослідження показали, що, наприклад, вплив шуму на організм людини збільшує його енергетичні затрати в результаті чого виникає рання втомлюваність організму, зниження продуктивності праці.

Рівень безпеки є результатом взаємодії людини і того середовища, системи безпеки, що діє на виробництві. До факторів, які впливають на виконання виробничого процесу відносять також мікроклімат приміщення

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з певними станами об'єктів виробництва таких як експлуатація, виготовлення, ремонт, зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Потенційні шкідливі та небезпечні фактори, які мають місце у виробничому корпусі ремонтно-експлуатаційних баз.

Фактор впливу	Джерело	Кількісна оцінка	Нормативний документ
1	2	3	4
Освітленість робочих місць	Слабкість природнього чи штучного освітлення Електричні лампи накаливання, віконні пройоми.	Не менше 150 лк.	ДБН В.2.5-28-2006 СНіП П-4-79, природнє та штучне освітлення.
Простудні захворювання	Протяги, переохолодження холодним повітрям	Швидкість руху повітря не більше 1-2 м/с, t°повітря=16°C	СНіП П-93-74, норми проектування підприємств по обслуговуванню автомобілів. ГОСТ 12.1005-76.

Ураження електричним струмом 220:380В до 1000В.	Привід стендів, прилади, устаткування.	Заземлення, Не більше 100м. 0,6...1,5А 50 Гц	ПУЕ-76. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила ТБ при експлуатації електроустановок ГОСТ12.1004-76. ДСТУ Б.В.2.6-2-95
Загоряння парів паливних матеріалів, олив, консистентних мастил.	Пари ПММ, витоки і інше		ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги СН-305-77.
Ураження блискавкою	Блискавка	50-100 Ом.	Інструкція по проектуванню й конструкції блискавко-захищених будівель та споруд.
Травмування вантажем	Кран-балка		Правила улаштування й безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів.
Шум	Робота гальмівного тягового стендів, компресор та інше устаткування	Не більше 80 дБ	ДСТУ 2325-93 ГОСТ 121.003-76. ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки.
Запиленість повітря	Робота стендів	Не більше 0,15 мг/м ³	ГОСТ 121.003-76. Повітря робочої зони. Загальні сан. технічні вимоги.
Загазованість	Робота ДВЗ будівельних машин і автомобілів.	Не більше 0,1 мг/ м ³	ДСН 3.3.6.042-99 ГОСТ 121.003-76. Повітря робочої зони. Загальні сан. технічні вимоги.

Механічне травмування працюючих	Високообертові ріжучі деревообробні інструменти	Відсутність огорожень не виконання вимог ГОСТу	
Перевищення допустимої віброшвидкості в активних смугах відносно санітарних норм	Збиральна ділянка роботи з різними машинами	$t_{\Sigma} > 60$ за зміну t_{Σ} -сумарний час роботи з ручною машиною	ГОСТ 12.04-84
Опіки від розбризкування гарячого металу	Газо- або електрозварювання корпусу		ДБН В.1.2-9-2008

3.2. Аналіз шкідливих факторів при експлуатації мостового крану.

Модернізований кран експлуатується в закритому приміщенні. Проаналізуємо екологічні фактори, що негативно впливають на обслуговуючий персонал під час експлуатації крана. При експлуатації крану можуть виникати наступні небезпечні і шкідливі чинники:

- крихкі руйнування металоконструкції; дефекти, допущені при виготовленні, монтажі і ремонті; обрив канатів; неправильна стропування вантажу; попадання людей в небезпечну зону.

Для забезпечення безпеки крани повинні виготовлятися відповідно до вимог дійсного стандарту «Правилами пристрою і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів» і «Правилами пристрою електроустановок»:

- Кран повинен бути забезпечений гаком, виготовленим по ГОСТ 6627-74 із запобіжним замком.
- Сталевий канат відповідає технічним вимогам по ГОСТ 3069-80.
- Опір ізоляції дротів електричних ланцюгів відносно корпусу крану має бути не менше 0,5МОм.
- Опір ланцюгів заземлення будь-якої точки крану відповідно до ГОСТ 22584- 88 не повинно бути більше 40Ом.

За ДСТУ 12.2.003-83 мостові крани мають бути забезпечені гальмами. Обмежувач висоти підйому вантажу повинен вимикати електродвигун механізму підйому при знаходженні вантажу в крайньому верхньому положенні.

За ДСТУ 12.2.003-83 після зупинки вантажозахватного органу при підйому при підйомі без вантажу проміжок між вантажозахватним органом і упором (вантажного барабана) має бути не менше 50 мм.

Відповідно до ДСТУ 12.3.009-83 не допускається знаходження людей і пересування транспортних засобів в зоні можливого падіння вантажів при вантаженні і розвантажуванні з рухомого складу, а також при переміщенні вантажів підйомно-транспортним устаткуванням.

При експлуатації мостового крану виникає багато шкідливих і небезпечних чинників:

1) Один з шкідливих небезпечних чинників це мікроклімат.($t=23...25^{\circ}\text{C}$.)

2) «Шкідливі речовини». Необхідно визначити допуск шкідливих речовин в повітрі, в самій кабіні, які не повинні перевищувати норму, що встановлюється ДСТУ 12.1.005-88.

3) «Шум». Необхідно визначити допустимий рівень шуму на робочому місці машиніста, який повинен відповідати ДСТУ 12.1.003-93.

4) «Вібрація». Машиніст, який знаходиться в кабіні має бути захищений від вібрацій, для цього робиться віброізоляція кабіни машиніста і сидіння на якому він сидить, і в цілому самої кабіни. Рівень вібрації в кабіні вимірюють відповідно до ГОСТу 12.1.012-78. Виміри роблять на сидінні крісла машиніста, на підлозі кабіни і на руків'ї управління.

Вібрацію вимірюють в горизонтальному і вертикальному напрямі, і на руків'ї - у напрямі дії коливання на руки і на машиніста в місцях контакту. Допустимі рівні загальної та локальної вібрації в кабіні та важелях керування краном приведені в таблицях 20 і 21.

Таблиця 20. Допустимі рівні загальної вібрації в кабіні керування краном.

Середньгеометричні частоти	2	4	8	16	31,5	63
	3,5	1,3	0,63	0,56	0,56	0,56
Середньоквадратичне значення у віброшвидкості м/с						
Рівні віброшвидкості ДБ.	117	108	108	101	101	101

Таблиця 21. Допустимі рівні локальної вібрації на важелях керування краном.

Середньгеометричні частоти	8	16	31,5	53	125	250	500	1000
Середньоквадратичне значення швидкості м/с.	5,0	5,0	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9	0,65

Рівні віброшвидкості ДБ.	120	120	117	114	111	108	105	102
--------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- 5) «Вентиляція». В кабіні машиніста, як правило, немає місцевої вентиляції. Вентиляцію необхідно передбачити в самому цеху, щоб забезпечити гранично допустимі норми ДСТУ. Але також використовується і вентиляцію самої кабіни. Для цього передбачають вікна, кватирки зручно і що безпечно відкриваються зсередини.
- 6) «Електробезпека». Електроустаткування має бути за ізольоване, не повинно бути небезпечних для життя людини чинників (оголених дротів, замикання, зламані перемикачі, погано за ізольованих електроприладів і так далі). На підлозі має бути діелектричний килимок.
- 7) «Освітлення». Освітленість кабіни повинна відповідати вимогам БНіП 23 - 05-95 за проведеними розрахунками. Скляні елементи в підлозі кабіни мають бути захищені ґратами. Норматив 100Лк.
- 8) Кабіна і сходи до неї мають бути обладнана перилами.
- 9) Керування робочим органом повинне знаходитися в кабіні машиніста.
- 10) Необхідно забезпечити теплоізоляцію в кабіні.
- 11) Розташування на конструкції має бути так, щоб машиніст міг спостерігати і виконувати усі потрібні операції по роботі.
- 12) У кабіні має бути звуковий прилад. Для сповіщення людей про роботу.
- 13) Гальма і храпові зупинники, обмежувачі висоти, кінцеві вимикачі.
- 14) Підйом і переміщення вантажу: неправильна строповка вантажу, знаходження людей в зоні роботи крану, монтаж і ремонт що відбувається на великій висоті, дефекти металоконструкції, обрив каналів, тріщини в крані.

3.3. Охорона праці.

3.3.1. Загальні відомості

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Повністю безпечних та нешкідливих виробничих процесів не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімальної імовірності ураження або захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Велике значення в охороні праці має техніка безпеки, що представляє собою систему організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають вплив на працюючих з небезпечними виробничими чинниками, а також виробничо-санітарні система організаційних заходів і тих засобів, що запобігають шкідливі виробничі фактори.

Охорона праці також тісно пов'язана з охороною навколишнього середовища - атмосфери, водоймищ і ґрунту. З метою охорони здоров'я працівників у нашій країні застосовується соціальне страхування-система матеріального забезпечення в старості, у випадках хвороби і втрати працездатності. Вона здійснюється за рахунок страхових внесків підприємств (установ, організацій) і дотацій з державного бюджету.

Охорона природи - це система заходів, спрямовані на підтримку раціональної взаємодії між діяльністю людини і навколишнім природним середовищем, що забезпечує збереження і відновлення природних багатств, раціональне використання природних ресурсів попереджуючі пряме і непряме шкідливий вплив результатів діяльності суспільства на природу і здоров'я людини. Дуже важливу роль відіграє мікроклімат виробничих приміщень, який характеризується чинним на організм людини поєднання температури, електромагнітними випромінюваннями, з вмістом у повітрі шкідливих речовин і наявністю певного рівня шуму і вібрацій. Санітарних норм і вимог до навколишнього середовища на промислових підприємствах викладені в санітарних нормах проектування промислових підприємств.

3.3.2. Держнагляд з охорони праці

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» державний нагляд за дотриманням законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці здійснюють служби охорони праці (додаток 1), державні органи з нагляду за охороною праці, з питань радіаційної безпеки, з питань пожежної безпеки, з питань гігієни праці.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, громадських об'єднань, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій та органів місцевого самоврядування.

Посадові особи спеціально уповноважених державних органів з нагляду за охороною праці мають право:

- безперешкодно відвідувати підконтрольні підприємства, фізичних осіб, які використовують найману працю, та здійснювати в присутності роботодавця або його представника перевірку дотримання закону;
- видавати роботодавцям обов'язкові для виконання приписи про усунення порушень і недоліків щодо охорони праці;
- забороняти експлуатацію підприємств, окремих робочих місць до усунення порушень, які створюють загрозу життю працюючих;
- притягати до адміністративної відповідальності працівників, які порушили законодавчі та інші нормативно-правові акти з охорони праці.

Роботодавець зобов'язаний безплатно створювати необхідні умови для роботи посадових осіб державних органів з нагляду за охороною праці.

3.3.3. Функції Держнаглядохоронпраці

Держнаглядохоронпраці відповідно до покладених на нього завдань:

1) розробляє за участю міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади і профспілок національну програму поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і контролює її виконання;

2) здійснює управління Державним фондом, охорони праці;

3) координує роботу міністерств, інших центральних органів державної виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій та об'єднань підприємств у галузі безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

4) організує і здійснює державний нагляд за: додержанням у процесі трудової діяльності вимог законодавчих міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів щодо охорони праці; відповідністю вимогам нормативних актів про охорону праці діючих технологій, технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів і приладів, а також придбаних за кордоном; безпекою і технічним станом будов, споруд, обладнання, інших засобів виробництва; своєчасним забезпеченням працівників спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту і утриманням їх відповідно до чинних нормативних актів; виготовленням, монтажем, ремонтом, реконструкцією, налагодженням і експлуатацією машин, механізмів, устаткування, транспортних та інших засобів виробництва згідно з вимогами нормативних актів про охорону праці; відповідністю вимогам правил і норм з охорони праці об'єктів виробничого, соціально-культурного та побутового призначення, а також тих, що будуються і реконструюються; виготовленням, транспортуванням, зберіганням, використанням та обліком вибухових матеріалів і виробів на їх основі; повнотою вивчення родовищ корисних копалин і умов їх розробки, умов будівництва та експлуатації підземних споруд, захоронення шкідливих речовин, відходів виробництва, а також правильністю і своєчасністю передачі родовищ корисних копалин для промислового освоєння; додержанням вимог щодо охорони надр при веденні робіт по їх вивченню, встановленні кондицій на мінеральну сировину, розробці родовищ твердих, рідких і газоподібних корисних копалин і використанні надр для цілей, не пов'язаних з видобуванням корисних копалин; забезпеченням раціонального використання мінеральних ресурсів при їх переробці, найбільш повним і комплексним вилученням наявних корисних компонентів; проведенням комплексу маркшейдерських і геологічних робіт; роботою служб внутрівідомчого контролю за станом охорони праці, служб охорони праці та інших структурних підрозділів підприємств щодо створення безпечних і нешкідливих умов праці; готовністю воєнізованих та інших професійних аварійно-рятувальних формувань, аварійно-диспетчерських служб до локалізації й ліквідації аварій.

Держнаглядохоронпраці здійснює в межах своєї компетенції державний нагляд на підприємствах, в установах й організаціях незалежно від форм власності, а також за виробничою діяльністю окремих підприємств. Порядок

здійснення нагляду та перелік таких, що контролюються, об'єктів Міноборони, МВС, Служби безпеки. Прикордонних військ. Національної гвардії та інших військових формувань, де працюють особи за трудовими договорами, визначаються угодами між Держнаглядохоронпраці та за-значеними міністерствами і відомствами. Періодичність обстеження підприємств та об'єктів встановлюється Комітетом залежно від стану умов праці та потенційної небезпеки виробництва;

5) реєструє об'єкти газового комплексу, котельні установки і посудини, що працюють під тиском, трубопроводи для пари і гарячої води, підйомні споруди, склади вибухових матеріалів та інші об'єкти, що потребують реєстрації відповідно до чинних нормативних актів;

6) проводить: експертизу проектів будівництва (реконструкції, технічного переоснащення) підприємств і виробничих об'єктів, розробок нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих на відповідність їх нормативним актам про охорону праці. Бере участь у прийнятті в експлуатацію виробничих об'єктів; вибіркову перевірку наявності і виконання проектів ведення робіт по геологічному вивченню надр, розробки родовищ корисних копалин і будівництва підземних споруд, заходів щодо запобігання і усунення шкідливого впливу гірничих робіт на будинки та споруди, а також установленого порядку обліку, стану і руху запасів корисних копалин, перероблюваної сировини та їх втрат; технічний огляд і випробування об'єктів котлонагляду, газового комплексу, підйомних споруд та інших об'єктів на їх відповідність встановленим вимогам, контролює своєчасність проведення такого нагляду і випробувань підприємствами, установами та організаціями;

7) видає: дозволи на введення нових і реконструйованих об'єктів виробничого та соціально-культурного призначення, а також на початок роботи створених підприємств, виготовлення і передачу у виробництво зразків нових машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, на впровадження нових технологій; виготовлення, випробування, монтаж, ремонт, реконструкцію, налагодження та експлуатацію парових і водогрійних котлів і посудин, що працюють під тиском, трубопроводів для пари й гарячої води, підйомних споруд, устаткування і технологічних об'єктів газового комплексу; гірничі відводи на всі види користування надрами (крім видобування корисних копалин місцевого значення; свідоцтва на право придбання промислових вибухових матеріалів підприємствами й організаціями, дозволи на проведення підривних робіт і виготовлення найпростіших вибухових речовин на місцях робіт;

8) розробляє із залученням міністерств і відомств та затверджує нові, переглядає, скасовує, припиняє чинність державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці, а також інші нормативні акти відповідно до своїх повноважень;

9) погоджує: стандарти, технічні умови та інші нормативно-технічні документи на засоби виробництва і технологічні процеси, що містять вимоги з охорони праці, а також правила та інструкції стосовно робіт по вивченню,

використанню і охороні надр, переробці мінеральної сировини; норми відбору і втрат корисних копалин на підприємствах, що займаються видобуванням твердих, газоподібних корисних копалин і гідромінеральних ресурсів; питання забудови родовищ корисних копалин і списання їх запасів з балансу підприємств (крім корисних копалин місцевого значення; заходи щодо захисту здоров'я та життя працівників і населення у разі надходження на підприємство нових небезпечних речовин або перевищення допустимих об'ємів їх зберігання;

10) організує разом з Держстандартом проведення сертифікації машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів, технологічних процесів і робіт, стандарти на які містять вимоги щодо забезпечення безпеки праці, життя і здоров'я людей;

11) приймає нормативні акти-про навчання з питань охорони праці;

12) здійснює облік та аналіз аварій і нещасних випадків на виробництві, розробляє на цій основі пропозиції про профілактику аварійності й виробничого травматизму;

13) забезпечує проведення дослідницької роботи з питань охорони праці й підвищення ефективності державного нагляду, координує і погоджує тематичні плани науково-дослідних робіт; здійснює контроль за реалізацією науково-технічних програм з питань, що входять до його компетенції;

14) веде інформаційно-роз'яснювальну роботу через пресу, телебачення, радіо та інші засоби масової інформації щодо вимог Закону України «Про охорону праці», про стан аварійності й травматизму в суспільному виробництві;

15) видає технічну, інформаційно-довідкову (в тому числі інформаційний бюлетень) та іншу літературу з безпеки праці, охорони надр, наглядової діяльності;

16) розглядає пропозиції і запити з питань, що входять до компетенції Комітету;

17) бере участь в міжнародному співробітництві в галузі охорони праці та використання надр, вивчає, узагальнює і поширює світовий досвід, організує виконання міжнародних договорів і угод з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

18) розробляє пропозиції про матеріальне і соціально-побутове забезпечення працівників Комітету, підприємств, установ і організацій, що входять до його сфери управління, та вносить їх на розгляд відповідних органів;

19) здійснює управління майном, що є у загальнодержавній власності підприємств, установ та організацій, що входять до сфери управління Комітету: приймає рішення про створення, реорганізацію, ліквідацію підприємств, установ та організацій, заснованих на загальнодержавній власності, затверджує їх статuti (положення), контролює їх дотримання та приймає рішення у зв'язку з порушенням статутів (положень); укладає і розриває контракти з керівниками підприємств, установ та організацій; здійснює контроль за ефективністю

використання і збереженням закріпленого за підприємствами, установами й організаціями державного майна.

3.3.4. Дисциплінарна, адміністративна, матеріальна і кримінальна відповідальність за порушення охорони праці

За порушення нормативно-правових актів з охорони праці, створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці винні особи притягаються до відповідальності згідно законів. Робітники, у разі невиконання ними вимог безпеки, викладених в інструкціях з безпечних методів робіт за професіями, залежно від характеру порушень, несуть відповідальність у дисциплінарному, адміністративному або кримінальному порядку. Дисциплінарна відповідальність регулюється Кодексом законів про працю і передбачає такі види покарання, як догана та звільнення.

Адміністративна відповідальність регулюється Кодексом про адміністративні правопорушення і передбачає накладення на службових осіб, громадян-власників штрафів у розмірі від 2 до 14 неоподаткованих мінімумів доходів громадян. Матеріальною відповідальністю передбачено відшкодування збитків, завданих підприємствами працівникам (або членам їх сімей), які постраждали від нещасного випадку або профзахворювання.

Посадові особи підприємств або громадяни — суб'єкти підприємницької діяльності, винні у порушенні вимог законодавства про охорону праці, якщо це порушення заподіяло шкоду здоров'ю потерпілого, притягаються до кримінальної відповідальності: штрафом до 50 неоподаткованих мінімумів доходів громадян або виправними роботами на термін до 2-х років. А якщо ці порушення спричинили загибель людей, то посадові особи можуть бути позбавлені волі на термін до 7-ми років.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» державний нагляд за дотриманням законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці здійснюють служби охорони праці (додаток 1), державні органи з нагляду за охороною праці, з питань радіаційної безпеки, з питань пожежної безпеки, з питань гігієни праці.

3.4. Загальні рекомендації зі зниження шумів при роботі машини

Проаналізувавши особливості шкідливих факторів, наводимо рекомендації зі зниження шумів при роботі машини, а також очікуваний ефект від їх запровадження в умовах виробництва.

3.2. Перелік деяких заходів по зниженню шумів.

Рекомендації	Очікуваний ефект
Конструкторські заходи	
Застосування акустичних фільтрів у вигляді неметалевих кілець, встановлених на корпусі підшипників або у вигляді неметалевих корпусів	Зниження рівня звукового тиску на високих та середніх частотах на 17 дБ
Герметизація внутрішніх порожнин	Те ж на 10 дБ
Заміна шарикопідшипників з конусних на шарикопідшипники з латунним кільцем	Те ж на 5 дБ
Технологічні заходи	
Робота на нижній границі жорсткості бетонної суміші	Зниження рівня звукового тиску
Застосування звукоізолюючих кожухів, що герметизують пустотні утворення	Те ж на 20...25 дБ
Відділення формувального поста в звукоізольоване приміщення	Усунення джерела шуму
Експлуатаційні заходи	
Своєчасне змащення, підтягування болтових з'єднань, заміна підшипників	Стримування збільшення шуму в процесі експлуатації

3.5. Протипожежні заходи при роботі із будівельними машинами.

Пожежна профілактика полягає у чіткому виконанні встановленого протипожежного режиму, який гарантує безпечну експлуатацію промислових підприємств, окремих будівель, споруд, виробничих установок, машин, приладів та апаратів. Цей режим ґрунтується на заздалегідь розроблених правилах та інструкціях, які відповідають умовам роботи виробничого устаткування і технологічному процесу підприємства. Тому всім, хто працює на даному підприємстві, необхідно добре знати, насамперед, технологічний процес виробництва і причини відхилення від нормальних умов роботи устаткування.

Начальники цехів, опоряджувальних діляниць (майстерень, складів тощо) або особи, відповідальні за пожежну безпеку, перш ніж допустити до роботи новоприйнятого працівника, зобов'язані впевнитись у тому, що він пройшов первинний протипожежний інструктаж.

Крім проведених протипожежних інструктажів слід організувати і проводити пожежно-технічні мінімуми.

Необхідно звернути їх увагу на першопричину пожежі. До причин відносяться:

1. Несправність електропроводки. Найбільшу небезпеку представляють іскри, які можуть виникнути при поганій ізоляції або короткому замиканні. При попаданні на поверхню із залишками технічних рідин вони можуть призвести до займання.

2. Аварія, в результаті якої порушується цілісність проводки і герметичність різних трубопроводів або ємкостей транспорту внаслідок чого технічні рідини або пальне можуть потрапити на відкриті проводи, вихлопний колектор або розпечені деталі кузова.

3. Куріння водіїв під час заправки транспорту або за кермом.

4. Незакріплений акумулятор. На нерівній дорозі або у разі перекидання будівельної машини або транспорту він може замкнути на кузов і привести до займання.

5. Використання горючих рідин для видалення бруду із деталей машини. У цьому випадку бензинові або спиртові плями можуть спалахнути при нагріванні кузова або попаданні сигаретного бичка.

6. Використання відкритого вогню (паяльної лампи) для прогрівання двигуна взимку.

7. При роботі машин пожежі у більшості випадків виникають через перевантаження електродвигунів, електропроводів і електромереж, в результаті чого дроти нагріваються вище допустимих норм чи іскрять.

Машини чи приміщення, в яких знаходяться електричні пристрої, забезпечуватися вуглекислотними вогнегасниками, у яких вогнегасна речовина не є електропровідною. Крім того, в приміщеннях, де розташовані машини, необхідно мати протипожежне водопостачання.

При виникненні пожежі слід негайно повідомити в пожежну охорону. Якщо передбачена електрична пожежна сигналізація, необхідно нею скористатися. До прибуття пожежної охорони тушити пожежу слід первинними засобами. Перш за все треба закрити вікна і двері в приміщеннях, оскільки при протягах посилюється надходження свіжого повітря і вогнище пожежі поширюється.

Одночасно з гасінням пожежі надають допомогу людям для виходу назовні. Пересуватися в запиленому приміщенні слід вздовж стіни і зігнувшись, оскільки знизу вздовж стіни і зігнувшись, оскільки знизу диму менше. Для полегшення дихання рот і ніс прикривають хусткою, що змочена водою. Одежу, що загорілася, на людині необхідно тушити, накриваючи її одежею чи тканиною, яка збиває полум'я і перекриває доступ повітря.

Виникаюче полум'я гасять засобами пожежогасіння з врахуванням властивостей палаючих матеріалів. При горінні електропроводів чи електроустаткування перш за все їх слід знеструмити і тушити вуглекислотним вогнегасником чи піском. Електропроводку можна гасити водою лише при умові, якщо вода подається не компактним струменем, а бризками. В цьому випадку людина не опиняється під напругою струму. Гарячі стіни поливають водою зверху, щоб стікаюча вода охолоджувала всю поверхню стіни.

Керівник гасіння пожежі спочатку організовує розвідку вогнищ пожежі, шляхи евакуації людей і матеріальних цінностей, шляхи поширення вогню. В залежності від отриманих свідчень приймають рішення по прокламуванню рукавних ліній від найближчих джерел води, вибору по н її стволів і застосуванню інших видів пожежної техніки.

Щоб попередити враження електричним струмом при гасінні електроустаткування, людям, що працюють зі стволами, слід надівати на рукавиці електротехнічні рукавиці з латунної сітки. Останні поєднують проводом, який проходить під спецодягом, з підошвами з латуні і міді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иванченко Ф. К., Бондарев В.С., та ін. “Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин.”- К.Вища шк. Головное изд-во, 1978-574с.
2. Гайдамака В.Ф. “Грузоподъемные машины”. - К.Вища шк. Головное изд-во, 1989-328с.
3. Вайсон А.А. “Подъемно-транспортные машины строительной промышленности” Атлас конструкций. М-:Машиностроение, 1976-152с.
4. Правила будови та безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів.- Х.:Форт,2002-416с.
5. Александров М.П. “Подъемно-транспортные машины.”-М.: Высшая шк.,1985-519с.
6. Е. М. Певзнер. Справочник по электротехнике. М.: Высш. шк. 1985.
7. Закон України “Про охорону праці”(ст.1).
8. ДСТУ 12.0.003-74 ССБТ “Небезпечні та шкідливі виробничі фактори”.
9. ДСТУ 12.1.005-88 ССБТ “Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони”.
10. СНиП 11-4.79 Природне та штучне освітлення норми проектування М. Стройиздат. 1980-110с.
11. ДСТУ 12.1.003-90 ССБТ “Шум. Загальні вимоги безпеки”.
12. ДСТУ 12.1.012-82 ССБТ “Вібрація. Загальні вимоги безпеки”.
13. ДСТУ 12.1.030-81 ССБТ “Електробезпека, захист заземлення, занулення”.
14. ПУЭ-82. Правила будови електричних установок. Електричне обладнання спеціальних установок.
15. ДСТУ 12.1.004-91 ССБТ “Пожежна безпека, загальні вимоги”.
16. Довідник по кранам. Під загальною редакцією докт. техн. наук М.М. Гохберга-М.Машинобудування, 1988 Т1-536с, Т2-559с.
17. Закон України від 21.11.2002р №229-IV “Про внесення змін в закон України” “Про охорону праці”.
18. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация Ввд. 01.01.75.
19. ГОСТ 12.0.007-88 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. Введ.01.01.77.
20. ГОСТ 12.0.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.-Введ.01.01.89.
21. СНиП 11.04.05-92. Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.-М.: Стройиздат,1993г.

22. СНиП 11.04-79. Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.-М.: Стройиздат,1980г.
23. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрация. Общих требования безопасности.- Введ.01.01.91.
24. ГОСТ 12.01.03.003-83 ССБТ. Общие требования безопасности.- Введ.01.07.84.
25. ДНАОП 0.00-01.03.02. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів – К.,2002.
26. ГОСТ 12.03.002-75* ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности. – Введ.01.01.76. Изменен 1991.
27. ГОСТ 12.0.030-31. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Введ.01.01.82.
29. Довідник по кранах: В 2т. Т. 1. Характеристики матеріалів і навантажень. Основи розрахунку кранів, їх приводів і металевих конструкцій. Під заг. ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машинобудування. Ленінгр. від, 1988. - 536с.
30. А.Б. Дарницький, А.П. Шабатів. Мостові крани загального призначення. М., 1968.
31. А.Г. Мехлер. Електроустаткування підйомно-транспортних машин. М., 1965.
32. Іванченко Ф.К. та ін. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин. — Київ. Видавниче об'єднання «Вища школа», Головне видавництво, 1978, 576 с.
33. П. Г. Гузенков. Короткий довідник до розрахунків деталей машин. М., 1967.
34. В. І. Анурьев. Довідник конструктора-машинобудівника Том I.М., 1967.
35. Соловйов В. Д., Фатеев В. І. Курсове проектування деталей машин : НАВЧ. посібник. - Тула: Вид-во ТулГУ, 2002. - 338 с.
36. Козак С. А., Дусье В. Е., Кузнецов Е.С. та ін. Курсове проектування вантажопідйомних машин : Навчалн., посібник для студентів маш. спец. ВНЗ. - М.: Вища пік., 1989. - 319с.
37. Атлас конструкцій вузлів і деталей машин : НАВЧАНЬ. Посібник / Б.А. Байков, А.В. Клипін, И.К. Ганулич та ін.; Під ред. О.А. Ряховского.-м.: Вид-во МГТУ ім. Н.З. Баумана, 2005.-384с.: мул.
38. Желтонога А.И., Кучерін Н.В., Ковальчук А.И. Крани і підйомники. Атлас конструкцій. Навчальний посібник для проектування по курсу «ПТМ». Мінськ, Вышэйш. школа, 1974. - 116с.
39. Довідник по кранах під ред. Дукельского. Том 1. Л., 1971.

40. Александров М. П., Решетов Д.Н. та ін. підйомно-транспортні машини: Атлас конструкцій - 2-е видавництво, перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1987. - 122с.
41. Александров М. П. підйомно-транспортні машини. Видавництво 4-е. Підручник для внз. М.: Вища школа, 1972.
42. Гамрат - Курек Л.И. Економіка інженерних рішень в машинобудуванні. - М.: Машинобудування, 1986.
43. Ковалев А.П. Забезпечення економічності виробів машинобудування, що розробляються. - М.: Машинобудування, 1986.
44. Нормування праці фахівців НДІ і КБ/Міжгалузеві методичні рекомендації. -М.: Економіка, 1990.
45. Іпатов М. І., Туровец О. Г. Економіка, організація і планування технічної підготовки виробництва. - М. Вища школа, 1987.
46. Розрахунки економічної ефективності нової техніки: Довідник/Під редакцією К.М.Веліканова. - Л.: Машинобудування, 1990.
47. Папаєв С. Т. Охорона праці. - М.: ППК Видавництво стандартів, 2003. - 400с
48. Долін П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках: навч. посібник для внз. - 2-е видавництво, перероб. і доп. - М.: Енергоатомвидаг, 1984 - 448 с.
49. Вайнсон А.А. Підйомно-транспортні машини: Підручник для ВНЗ, - М.: Машинобудування, 1989. - 512 с.
50. Невзоров Л.А. Крани вежі і автомобільні: Навчань, посібник для навч. проф. уч / Л.А. Невзоров, М. Д. Полосін. - М.: Видавничий центр «Академія», 2005. - 416 с.
51. Правила пристрою і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів. Держміськтехнагляд України, 2000.
52. Ряхін В. А. Металеві конструкції будівельних і дорожніх машин. - М.: Машинобудування, 1972 р. - 309 с.
53. Соколов С. А. Металеві конструкції підйомно-транспортних машин : Навчальний посібник. - СПб.: Політехніка, 2005. - 423 с.
54. Довідник по кранах: В 2 т. Т. 1. Характеристики матеріалів і навантажень. Основи розрахунку кранів, їх приводів і металевих конструкцій (В. І. Брауде, М. М. Гохберг, И.Е. Звягін та ін.; Під заг. ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машинобудування. Ленінгр. відділення, 1988. - 536 с.

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
				<i>Документація</i>		
A1			7.05050308.12.18364.03.СК	Складальне креслення	1	
				<i>Складальні одиниці</i>		
A1	1		7.05050308.12.18364.06.СК	Барабан підйому	1	
A1	2		7.05050308.12.18364.07.СК	Кабельний барабан	1	
	3			Рама двигуна	1	
	4			Рама редуктора	1	
	5			Рама гальм	1	
A1	6		7.05050308.12.18364.08.02	Рама гальм	1	
	7			Рама барабана підйому	1	
	8			Рама кабельного барабана	2	
				<i>Деталі</i>		
	9		7.05050308.12.18364.08.01	Вал-шестерня Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
				<i>Стандартні вироби</i>		
	10			Двигун Д812	1	
	11			Гальма ТКП-500	2	
	12			Редуктор Ц2-650	1	
	13			Муфта пружна	2	
КНУБА			Дипломний проект			
Розробив	Слюсаренко			Механізм головного підйому	Лист	Листів
Керівник	Лесько				1	2
Н.контр.				Складальне креслення	ФАІТ зр. БМО-42	
Зав. каф.	Назаренко					

Формат	Зона	Лист	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
					<i>Документація</i>		
A1				7.05050308.12.18364.05.СК	Складальне креслення		
					<i>Складальні одиниці</i>		
A1	1			7.05050308.12.18364.06.СК	Барабан головного підйому	1	
	2				Барабан допоміжного підйому	1	
A1	3			7.05050308.12.18364.07.СК	Кабельний барабан	1	
	4				Металоконструкція візка	1	
	5				Підвіска головного підйому Q=40т	1	
	6				Підвіска допоміжного підйому Q=8т	1	
					<i>Стандартні вироби</i>		
	7				Двигун Д812	1	
	8				Двигун Д808	1	
	9				Двигун Д31	1	
	10				Гальма ТКП-500	2	
	11				Гальма ТКП-400	2	
	12				Гальма ТК-200	1	
	13				Редуктор Ц2-750	1	
	14				Редуктор Ц2-400	1	
	15				Редуктор ВК-550	1	
	16				Електромагніт М-63А	1	
КНУБА				Дипломний проект			
Розробив	Слюсаренко			Візок	Лист	Лист	Листів
Керівник	Лесько				1	1	
Нкантр.					ФАІТ гр.БМО-42с.		
Заб. каф.	Назаренко			Складальне креслення			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			7.05050308.12.18364.04.СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Барабан підйому	1	
		2		Рама двигуна	1	
		3		Рама редуктора	1	
		4		Рама гальм	2	
		5		Рама барабана	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Двигун Д808	1	
		7		Гальма ТКП-400	1	
		8		Редуктор Ц2-400	1	
		9		Пружна муфта	2	
		10		Гальмівний шків	2	
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		
		11		Болт М30 ГОСТ 7789-70	4	
		12		Болт М27 ГОСТ 7789-70	6	
		13		Болт М22 ГОСТ 7789-70	8	
		14		Болт М10 ГОСТ 7789-70	4	
		15		Гайка М30 ГОСТ 5915-70	4	
		16		Гайка М27 ГОСТ 5915-70	6	
		16		Гайка М27 ГОСТ 5915-70	16	
		16		Гайка М27 ГОСТ 5915-70	16	
КНУБА			Дипломний проект			
Розробив	Слюсаренко		Механізм допоміжного підйому Q=8т Складальне креслення	Лит.	Лист	Листів
Керівник	Лесько				1	2
Ніконтр.				ФАІТ гр. БМО-42с.		
Зав. каф.	Назаренко					

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
				<i>Документація</i>		
A1			7.05050308.12.18364.07.СК	Складальне креслення		
				<i>Деталі</i>		
		1		Обличайка барабана Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		2		Маточина Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		3		Корпус підшипникової опори СЧ-15 ГОСТ 14.12-85	2	
		4		Кришка підшипникової опори СЧ-15 ГОСТ 14.12-85	2	
		5		Вісь барабана Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		6		Втулка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		7		Втулка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		8		Втулка Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		9		Кришка підшипника наскрізна СЧ-15 ГОСТ 14.12-85	2	
		10	7.05050308.12.18364.09.03	Кришка підшипника наскрізна СЧ-15 ГОСТ 14.12-85	1	
		11	7.05050308.12.18364.09.02	Кришка підшипника глуха СЧ-15 ГОСТ 14.12-85	1	
		12		Комплект прокладок Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1	
		13		Торцьова шайба Сталь 20 ГОСТ 1050-88	2	
			КНУБА	Дипломний проект		
Розробив	Слюсаренко			Встановлення кабельного барабана	Лит.	Лист
Керівник	Лесько					1
Н.контр.				Складальне креслення	Листів	
Зав. каф.	Назаренко				1	
					ФАІТ зр. БМО-42с.	

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-сть	Прим.
				<i>Документація</i>		
A1			7.05050308.12.18364.06.СК	Складальне креслення	1	
				<i>Деталі</i>		
		1		Обичайка барабана Сталь 45 ГОСТ1050-88	1	
		2		Маточина Сталь 45 ГОСТ1050-88	1	
		3		Кришка Ст3ГОСТ 380-94	1	
		4		Притискна планка	6	
		5		Корпус підшипникової опори СЧ-15 ГОСТ14.12-85	1	
		6		Кришка підшипникової опори СЧ-15 ГОСТ1050-88	1	
		7	7.05050308.12.18364.09.01	Вал барабана Сталь 45 ГОСТ1050-88	1	
		8		Втулка Сталь 45 ГОСТ1050-88	1	
		9		Кришка підшипника наскрізна СЧ-15 ГОСТ14.12-85	1	
		10		Кришка підшипника наскрізна СЧ 15 ГОСТ14.12-85	1	
		11		Комплект прокладок Сталь 45 ГОСТ1050-88	1	
		12		Торцева шайба Сталь 20 ГОСТ 1050-88	2	
			КНУБА	Дипломний проект		
Розробив	Слюсаренко			Встановлення барабана головного підйому Складальне креслення	Лист	Листів
Керівник	Лесько				1	2
Н.контр.					ФАІТ гр. БМО-42ск	
Зав. каф.	Назаренко					

