МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:
Розробка насосного агрегату на параметри: подача 2000 м^3/год, напір Н=40м

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідро пневмоавтоматика»)

Виконавець роботи _____ Палієнко Артем Андрійович
прізвище, ім'я, по-батькові

15.06.2022
підпис, дата

Науковий керівник

к.т.н.
науковий ступінь, учене звання

Лугова С. О
прізвище, ім'я, по-батькові

15.06.2022
підпис, дата

Суми 2022

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»
Освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки
_____Сотник М.І.
“___”_____20__ р.

ЗАВДАННЯ
до кваліфікаційної роботи бакалавра студенту

Палієнко Артем Андрійович
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. **Тема роботи** - «Розробка насосного агрегату на параметри:подачаQ=2000м3/год, напір H=40м»

затверджена наказом по університету від "15"04 2022 р. № 0266-VI

2. **Термін здачі студентом закінченої роботи** - 31.05.2022 р.

3. **Вихідні дані до проекту:**
   параметри насосу:
   подача насоса $Q_н$ = 2000 м^3/год, напір $H_н$ = 40 м.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):**
   гідравлічні розрахунки, розрахунки з вибору електродвигуна, розрахунок кінцевого ущільнення, розрахунки на міцність, розрахунки з вибору підшипників.

5. **Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):**
   теоретичне креслення робочого колеса (А1), креслення робочого колеса (А1), складальне креслення насосу (А1), монтажне креслення агрегату (А1).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна характеристика насосів ЦНА	до 25.05.2022	
2	Вибір конструктивної схеми насоса		
3	Опис конструкції вибраного насоса		
4	Гідравлічні розрахунки		
5	Теоретичне креслення робочого колеса		
6	Виконання розділу «Охорона праці»		
7	Виконання технологічного розділу		
8	Оформлення звіту з практики		
9	Розрахунки з вибору електродвигуна	до 1.05.2022	
10	Розрахунок кінцевого ущільнення		
11	Розрахунки на міцність		
12	Розрахунки з вибору підшипників		
13	Креслення робочого колеса	до 6.05.2022	
14	3- модель робочого колеса	до 15.05.2022	
15	Складальне креслення насоса		
16	Виконання технологічного розділу		
17	Монтажне креслення насоса	до 22.05.2022	
18	Оформлення РПЗ та графічних матеріалів	до 27.05.2022	
19	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок.	до 1.06.2022	
20	Перевірка роботи на плагіат.	до 10.06.2022	
21	Час для попереднього захисту. Підготовка доповіді до захисту.	до 13.06.2022	
22	Розміщення роботи в репозитарій. Отримання рецензії.	до 14.06.2022	
23	Захист роботи в ЕК (згідно графіка захисту).	21.06.2022	

Дата видачі завдання - 01.02.2022 р.

Студент Палієнко А. А.

підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник Лугова С. О.

підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 60 с., рисунків таблиць 1 додаток, літературних джерел.

Тема роботи «Розробка насосу типу ЦНА 2000-40».

Графічні матеріали: аркуші формату: А2*5 монтажне креслення насосного агрегата. А1: теоретичне креслення, креслення робочого колеса. А2*5 складальне креслення насоса. А4*9: складальне креслення ротору насоса. А3*2 технологічна карта.

Мета роботи – розробка нової проточної частини насосу на змінні параметри на базі насоса-прототипу, призначений для закачування охолоджуючої води з метою відводу тепла від відповідальних споживачів у всіх режимах експлуатації блока, включаючи аварійні.

Відповідно до поставленої мети було

- проведено аналіз літературних джерел і обґрунтовано доцільність розробки змінної проточної частини зі збереженням основних розмірів корпусних деталей
- проведені гідравлічні розрахунки проточної частини насоса – робочого колеса за якими були побудовані теоретичне креслення робочого колеса
- проведені розрахунки на міцність, розрахунки з вибору підшипників та торцевого ущільнення;
- виконані розрахунки для вибору електродвигуна і побудована його пускова-моментна характеристика
- розроблені монтажне креслення насосного агрегату, складальні креслення насосу та основних елементів його конструкції, робочі креслення деталей насоса.

У розділі з охорони праці було розглянуто: основні методи пожежогасіння, вогнегасні речовини та засоби пожежогасіння

Ключові слова: КОНФОРМНА ДІАГРАММА, НАСОС, ВІДВОД, МЕРИДІАННИЙ ПЕРЕРІЗ, ЕЛЕКТРОДВИГУН.

Зміст роботи

ВСТУП……...6

1 ВИБІР КОНСТРУТИВНОЇ СХЕМИ НАСОСА……...7

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ВИБРАНОГО НАСОСА……..10

3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ……....11

3.1 Розрахунок та проектування робочого колеса……....11

3.1.1 Визначення основних геометричних параметрів……..11

3.1.2 Проектування меридіанного перерізу……24

3.1.3 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання лопаті……26

3.1.4 Профілювання лопаті……...28

3.2 Розрахунок та проектування спірального відводу……..…34

3.3 Розрахунок радіальної сили……..39

4 РОЗРАХУНОК ВИБОРУ ПРИВОДА НАСОСА……...40

4.1 Вибір електродвигуна……...40

4.2 Розрахунок пускової-моментної характеристики……..40

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ……..43

5.1 Розрахунок торцевого ущільнення валу…….……43

5.1.1 Вибір типу ущільнення……..……..43

5.2 Розрахунок валу……45

5.2.1 Розрахунок реакцій в опорах……..……45

5.2.2 Наближений розрахунок валу……46

5.2.3 Перевірний розрахунок валу……47

5.3 Розрахунок шпонкового з’єднання……..49

5.3.1 Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з колесом...49

5.4 Вибір підшипників та розрахунок на довговічність……..51

5.4.1 Розрахунок опорних підшипників……...51

5.4.2 Розрахунок втрат потужності в опорних підшипниках……52

6 ОХОРОНА ПРАЦІ……...……55

6.1 Пожежна безпека на підприємстві: правила та організація……...55

6.2 Пожежна безпека та охорона праці: що входить в організаційні заходи?.....55

6.3 На кому відповідальність?.....56

6.4 Що включає в себе режим і інструкції?.....56

6.5 Як підготувати документи з пожежної безпеки до перевірки ДСНС України?.....57

6.6 Навчання з пожежної безпеки на підприємстві…….59

Література……60

ВСТУП

Насосами називають гідравлічні машини для переміщення рідин шляхом підвищення енергії робочого середовища. Насоси широко застосовуються в різних галузях народного господарства. Відповідальну роль виконують насоси в атомній енергетиці, нафтогазовій галузі та хімічній промисловості.

Перед насособудівниками нашої країни стоять великі задачі по створенню нових машин високо економічних, з відмінними підвищеними параметрами, малою питомою металоємністю та високим ступенем уніфікації. Це зажадає подальший розвиток дослідницьких, технологічних і проектно-конструкторських робіт у області насособудування.

АЦНА 2000-40 призначені для закачування охолоджуючої води з метою відводу тепла від відповідальних споживачів у всіх режимах експлуатації блока, включаючи аварійні. Агрегат не призначений для експлуатації у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях у відповідності з «Правилами пристрою електроустановок». Розшифровка умовного позначення насоса: Насос АЦНА 2000-40, де А- відмітний індекс агрегта; ЦНА – відцентровий насос для АЕС, 2000 – номінальна подача $м^3$/год, 40 – номінальний напір при номінальній подачі.

Насос, який проектується - відцентровий, горизонтальний, однокорпусний, з робочим колесом двостороннього входу.

1 ВИБІР КОНСТРУТИВНОЇ СХЕМИ НАСОСА

Визначаємо коефіцієнт швидкохідності n_s при різних кількостях ступенів i за формулою:

$$n_s = \frac{3{,}65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{0{,}75}} \quad 1.1)$$

де Q – подача насоса, м^3/с;

H – напір насоса, м;

j – кількість потоків робочого колеса;

i – кількість ступенів.

Визначаємо зовнішній діаметр робочого колеса D_2, (м) за формулою:

$$D_2 = 19{,}1 \cdot \frac{\sqrt{2g \cdot H}}{n \cdot \sqrt{i}} \quad 1.2)$$

де H – напір насоса, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2.

Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності:

$$C_{кр} = \frac{5{,}65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\Delta h_{кр}^{0{,}75}} \quad 1.3)$$

де Q – подача насоса, м^3/с;

$\Delta h_{кр}$ – критичний кавітаційний запас, м;

Усі розрахунки зводяться до таблиці 1.1, 1.2 та 1.3

Таблиця 1.1 При 1000 об/хв

i			2, м	кр, м
1	1	171 05	0 535	913
	2	120 95		546
2	1	287 66	0 378	913
	2	203 41		546
3	1	389 9	0 309	913
	2	275 7		546
4	1	483 79	0 268	913
	2	342 09		546
5	1	571 92	0 239	913
	2	404 41		546

Таблиця 1.2 При 1500 об/хв

i			2	кр
1	1	256 59	0 357	1370
	2	181 42		819
2	1	431 49	0 252	1370
	2	305 11		819
3	1	584 85	0 206	1370
	2	413 55		819
4	1	725 68	0 178	1370
	2	513 14		819
5	1	857 89	0 16	1370
	2	606 62		819

Таблиця 1.3 При 3000 об/хв

i			2	кр
1	1	513 14	0 178	2740
	2	362 84		1638
2	1	863	0 126	2740
	2	610 23		1638
3	1	1169 7	0 103	2740
	2	827		1638
4	1	1451 4	0 089	2740
	2	1026 27		1638
5	1	1715 78	0 08	2740
	2	1213 24		1638

Виходячи з попередньої інформації, вважаю, що найбільш оптимальним варіантом конструктивного виконання є одноступеневий насос з робочим колесом двостороннього входу і з частотою обертання $n = 1500$ об/хв. Параметри даного насоса такі

$n_s = 181{,}42, Q = 2000 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, H = 40$ м, $\text{C}_{\text{кр}} = 819$ м.

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ВИБРАНОГО НАСОСА

Агрегати електронасосні типу «ЦНА» складаються з насоса, двигуна, з'єднальної муфти з огорожею. Насос, двигун і огорожа встановлені на загальній плиті.

Насос, який проектується - відцентровий, горизонтальний, однокорпусний, з робочим колесом двостороннього входу.

Принцип дії

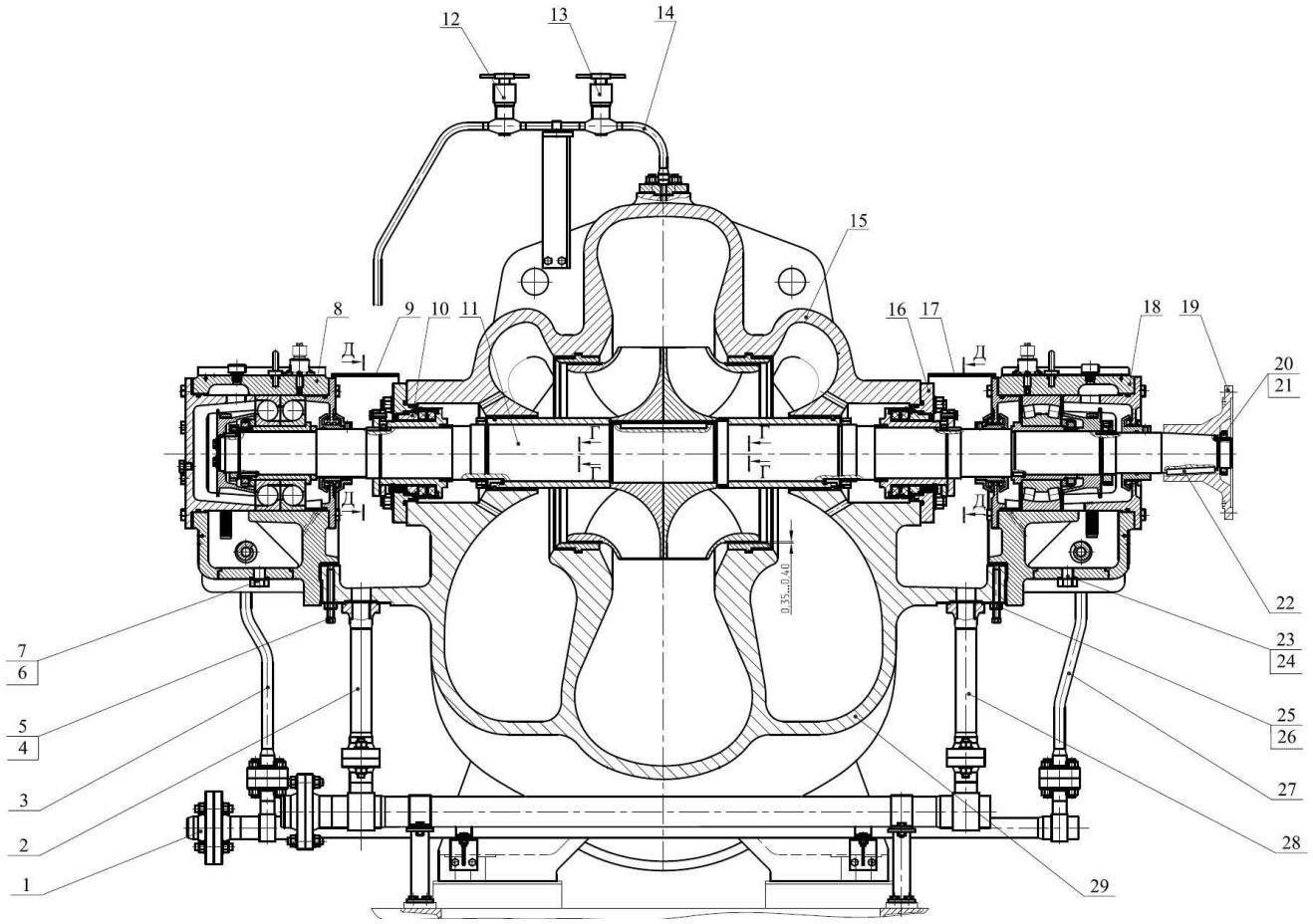


Рисунок 1.1 – Схема насосу

1, 14-колектор; 2, 3, 27, 28-відведення; 4, 25-гвинт; 5, 26-гайка; 6, 23-пробка; 7, 24-шайба; 8-опорний підшипник; 9, 17-огорожа; 10, 16-торцеве ущільнення; 11-ротор; 12, 13-клапан сільфонний; 15-кришка; 18-підшипник опорно-упорний; 19-полумуфта; 20-гайка кругла; 21-шайта стопорна; 22-шпонка; 29-корпус.

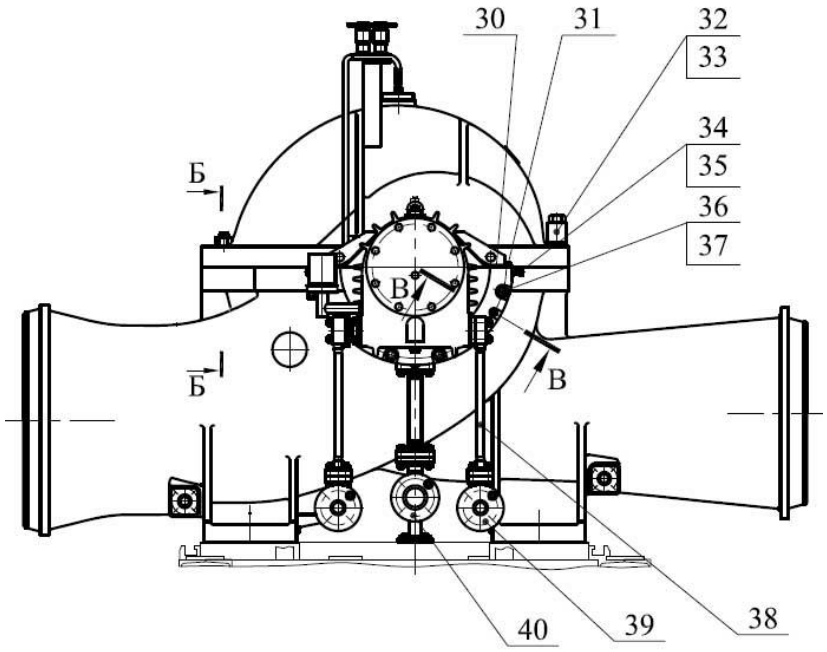


Рисунок 1.2 – Схема насосу

30-прокладка; 31-болт; 32-гайка колпачкова; 33-шайба; 34-гвинт; 35, 36-гайка; 37-шпилька; 38-підведення; 39, 40-колектор.

Корпус насоса – чавунний з полуспіральним підводом та спіральним відводом, з горизонтальним роз'ємом. Вхідний та напірний патрубок насоса розташовані у нижній частині корпусу горизонтально та направлені у протилежні сторони перпендикулярно осі обертання. Роз'єм корпусу ущільнюється паронитовой прокладкою товщиною 2 мм.

У верхніх точках всмоктувальной та напірной спіралей кришки насоса мають три отвори для під'єднання трубопроводів випуску або відсмоктування повітря при заповненні водою.

У корпусі для збору витоків через ущільнення маються корита в котрих передбачені отвори для підведення трубопроводів слива у дренаж.

На кришці корпусу відлита стрілка, котра вказує напрям обертання.

Ротор насоса являє собою самостійну складальну одиницю та складається з валу, робочого колеса, захисних гільз, підшипників та кріпильних деталей. Напрям руху ротора ліве, тобто проти годинникової стрілки, якщо дивитись зі сторони двигуна.

Для пониження проточок між напірним та всмоктуваючими порожнинами служать щільові ущільнення, створювані поясками робочих колес та ущільнюючими кільцями.

Опора ротора насоса служать підшипникові вузли кочення та ковзання з консистентним мастилом. З боку з'єднальної муфти розташовані підшипники ковзання, а з іншого – підшипники кочення. Мастило підшипників – рідке. Для ущільнення валу насоса передбачені торцеві ущільнення з додатковим ущільненням або подвійні торцеві ущільнення з системою замикання.

Відведення перекачується з камери вузла гідравлічної разгрузки здійснюється в порожнину кришки всмоктування через трубопровід розвантаження. У нижній частині кришок всмоктування і нагнітання передбачені зливні отвори з пробками для зливу середовища, що перекачується з внутрішньої порожнини насоса перед ревізією або ремонтом . У кришці підшипника з боку кришки нагнітання змонтовано датчик осьового зсуву ротора для контролю ступеня зносу кілець пристрою розвантаження.

АЦНА 2000-40 призначені для закачування охолоджуючої води з метою відведення тепла від відповідальних споживачів у всіх режимах експлуатації блока, враховуючи аварійні.

Агрегат не призначений для експлуатації у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях у відповідності з «Правилами пристрою електроустановок».

Насос АЦНА 2000-40, де А – відмітний індекс агрегата; ЦНА – відцентровий насос для АЕС, 2000 – номінальна подача м3/год, 40 – номінальний напір при номінальній подачі.

Принципова схема

1 – Насос;

2 – Муфта пружня-пластинчаста;

3 – Електродвигун;

4 – Плита фундаментна

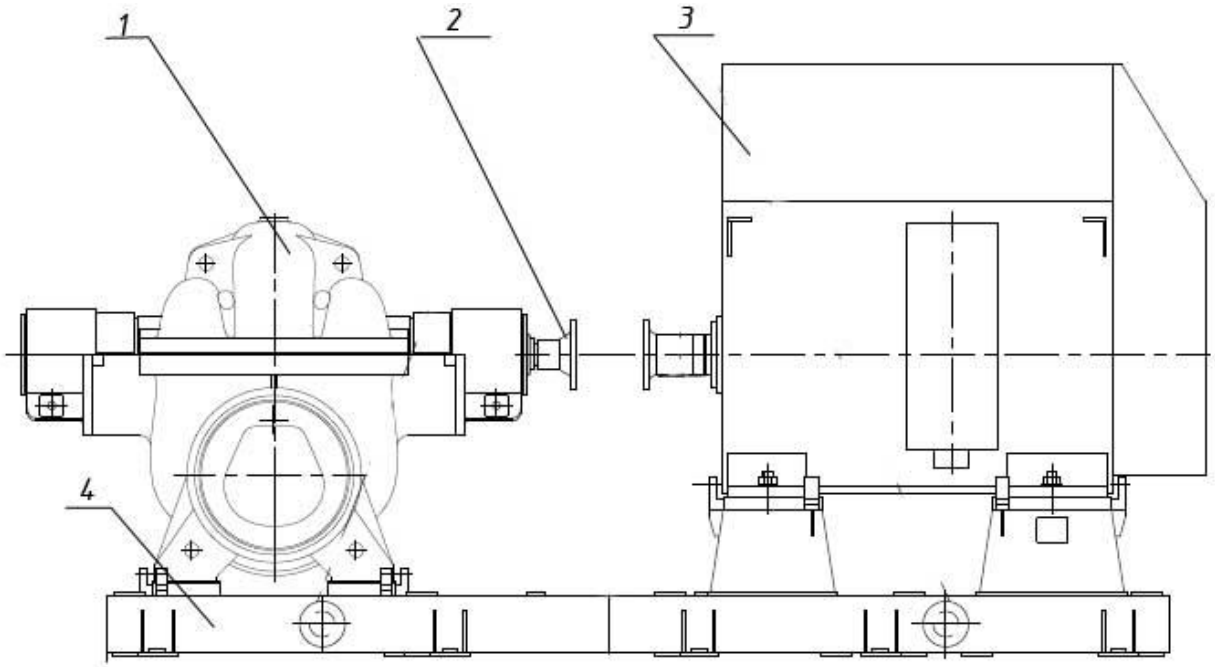


Рисунок 1.3 - Принципова схема

Технічна характеристика виробу

Показники призначення за перекачуваним середовищем наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Показники призначення за перекачуваним середовищем

Найменування середовища	Показники середовища	Значення показника
Вода промконтура відповідальних споживачів	Температура на вході в насос, °С, Щільність, кг/м^3 Максимальний розмір твердих частинок, мм Об'ємна концентрація механічних домішок, %, не більше Тиск на вході, МПа (кгс/см^2), не більше Кінематична в'язкість м^2/с при t=40°С	Від 18 до 35 4від 998,5 до 993,9 відсутні відсутні 260 до 312 Від 2* 10^{-6} До 4,5* 10^{-6}

Показники призначення по параметрам у номінальному режимі роботи приведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2–Показники призначення насосу по параметрам

Позначення насоса	Найменування показника						
	Подача, $м^3/с$ ($м^3$/год)	Напір м	Частота обертання, с-1 (об/хв)	Потужність, кВт		Параметри енергоживлення	
				насоса	агрегату	напруга мережі, В	частота струму мережі, Гц
ЦНА	0 556 2000)	40	24 8 1488)	260	280	380 660	50

Показники технічної та енергетичної ефективності в номінальному режимі роботи приведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – показники технічної та енергетичної ефективності насосу

Позначення		*Допустимий кавітаційний запас, м*	*Коефіцієнт корисної дії, %*	
насосу	*агрегату*		*насосу*	*агрегату*
ЦНА 2000-40	*АЦНА 2000-40*	*12*	*84*	*78*

Показники надійності приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4– показники надійності насосу

Найменування показників	Величина показателя
Коэффициент готовности, не менее	0 995
Коэффициент технического использования, не менее	0 95
Средняя наработка на отказ, ч, не менее	50000 [1)]
Средний срок сохраняемости до ввода в эксплуатацию, месяц	60 [2)]
Средний полный срок службы корпусных деталей, лет	50
Среднее время восстановления работоспособного состояния, ч, не более	50 [3)]

[1)] Показатель указан при условии замены подшипников через 25000 ч и торцовых уплотнений через 16500 ч работы насоса.

[2)] Показатель обеспечивается при условии выполнения требований эксплуатационной документации в части транспортирования, хранения и переконсервации оборудования.

[3)] Дополнительно к комплексному показателю.

3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Розрахунок та проектування робочого колеса

3.1.1 Визначення основних геометричних параметрів

Меридіанний переріз відцентрового робочого колеса з основними геометричними параметрами на рис. 3.1

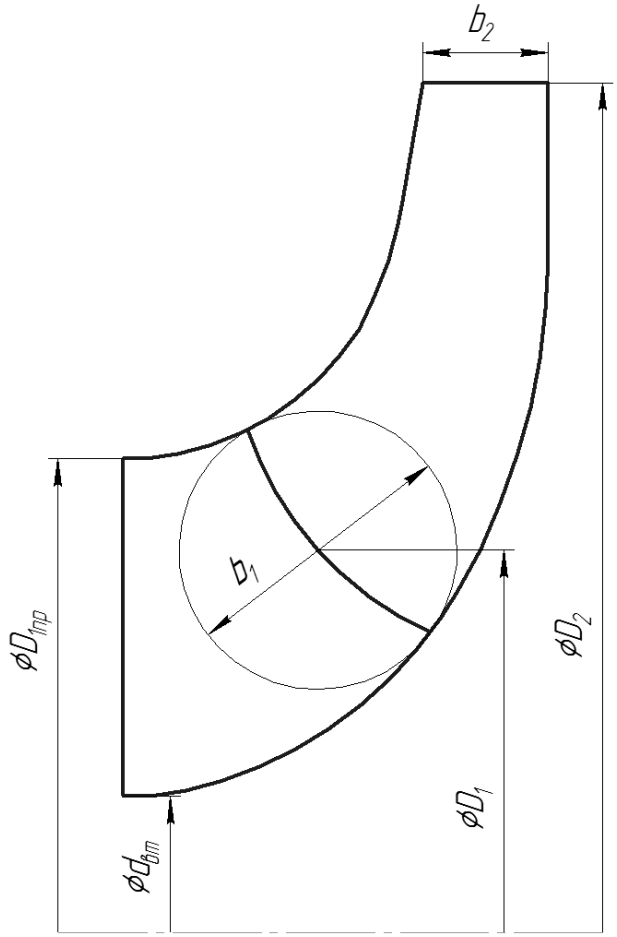


Рисунок 3.1 – Меридіональний переріз

Коефіцієнт швидкохідності визначається за формулою 1

$$n_s = \frac{3{,}65 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q_р}{j \cdot 3600}}}{\left(\frac{H_н}{i}\right)^{0.75}} \qquad 3.1)$$

де i – число ступеней

$$n_s = \frac{3{,}65 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{2000}{2 \cdot 3600}}}{\left(\frac{40}{1}\right)^{0{,}75}} = 181$$

Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності:

$$C_{кр} = \frac{5{,}62 \cdot n \cdot \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\left(\frac{\Delta h_{доп}}{R}\right)^{0.75}} \quad 3.2)$$

де $\Delta h_{доп}$ – допустимий кавітаційний запас, м;
R – коефіцієнт запаса. Приймаємо $R = 1{,}25$.

$$C_{кр} = \frac{5{,}62 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{2000}{2 \cdot 3600}}}{\left(\frac{12}{1{,}25}\right)^{0.75}} = 819$$

Приведений діаметр робочого колеса за формулою Д. Я. Суханова 1

$$D_{1пр} = k_{вх} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_р}{j \cdot 3600 \cdot n}} \quad 3.3)$$

де $k_{вх} = 3{,}5 \div 5{,}0$ – коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса.

Приймаємо $k_{вх} = 4{,}7$.

$$D_{1пр} = 4{,}7 \cdot \sqrt[3]{\frac{2000}{2 \cdot 3600 \cdot 1500}} = 0{,}27 \text{ м}$$

Повний ККД насоса:

$$\eta = \eta_о \cdot \eta_г \cdot \eta_{вм} \cdot \eta_{зм} \quad 3.4)$$

де $\eta_о$ – об'ємний ККД;
$\eta_г$ – гідравлічний ККД;
$\eta_{вм}$ – внутрішній механічний ККД;
$\eta_{зм}$ – зовнішній механічний ККД.

$$\eta_о = \frac{1}{1 + 0{,}68 \cdot {n_s}^{2/3}} \quad 3.5)$$

$$\eta_о = \frac{1}{1 + 0{,}68 \cdot 181^{-2/3}} = 0{,}98$$

$$\eta_г = 1 - \frac{0{,}42}{\left[lg(D_{1пр} \cdot 10^3) - 0{,}172\right]^2} \quad 3.6)$$

$$\eta_г = 1 - \frac{0{,}42}{[lg(0{,}27 \cdot 10^3) - 0{,}172]^2} = 0{,}918$$

$$\eta_{\text{вм}} = \frac{1}{1+820\cdot n_s^{-2}} \quad 3.7)$$

$$\eta_{\text{вм}} = \frac{1}{1 + 820 \cdot 181^{-2}} = 0{,}98$$

Тоді $\eta = 0{,}98 \cdot 0{,}918 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}99 = 0{,}873$

Потужність, яка споживається насосом:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot \eta} \quad 3.8)$$

де $\rho = 1000$ кг/м^3 – густина води

$$N = \frac{1000 \cdot 9{,}81 \cdot 2000 \cdot 40}{0{,}873 \cdot 3600} = 249{,}7 \text{ кВт}$$

Теоретичний напір робочого колеса:

$$\text{Н}_\text{т} = \frac{\text{Н}}{\eta_\text{г}} \quad 3.9)$$

$$\text{Н}_\text{т} = \frac{40}{0{,}918} = 43{,}6 \text{ м}$$

Максимальна потужність на валу

$$N_{max} = 1{,}1 \cdot N \quad 3.10)$$

$$N_{max} = 1{,}1 \cdot 249{,}7 = 274{,}67 \text{ кВт}$$

В першому наближенні діаметр валу визначаємо з розрахунку на кручення:

$$d_\text{в} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \text{М}}{\pi \cdot [\tau]}} \quad 3.11)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження на кручення, Па.

Приймаємо $[\tau] = 150 \cdot 10^5$ Па

М – крутний момент на валу насоса, Н·м.

$$\text{М} = \frac{30 \cdot N_{max}}{\pi \cdot n} \quad 3.12)$$

$$\text{М} = \frac{30 \cdot 274670}{3{,}14 \cdot 1500} = 1749{,}5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Тоді:

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1749{,}5}{3{,}14 \cdot 150 \cdot 10^5}} = 0{,}084 \text{ м}$$

Згідно ГОСТ 6636-69 приймаємо розмір валу $d_{\text{в}} = 110$ мм.

Діаметр втулки орієнтовно вибирають за залежністю:

$$d_{\text{вт}} = (1{,}2 \div 1{,}25) \cdot d_{\text{в}} \qquad 3.13)$$

$$d_{\text{вт}} = (1{,}2 \div 1{,}25) \cdot 110 = 132 \div 137{,}5 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d_{\text{вт}} = 130$ мм.

Діаметр вхідної воронки робочого колеса визначають з виразу:

$$D_{1\text{пр}} = \sqrt{D_0^2 - d_{\text{вт}}^2} \qquad 3.14)$$

$$D_0 = \sqrt{D_{1\text{пр}}^2 + d_{\text{вт}}^2} \qquad 3.15)$$

$$D_0 = \sqrt{0{,}27^2 + 0{,}13^2} = 0{,}3 \text{ м}$$

Швидкість на вході у робоче колесо находять з рівняння нерозривності:

$$V_0 = \frac{4 \cdot Q_{\text{р.к.}}}{\pi \cdot D_{1\text{пр}}^2} \qquad 3.16)$$

де $Q_{\text{р.к.}}$ – витрата, що проходить робоче колесо, м^3/с.

$$Q_{\text{р.к.}} = \frac{Q}{j \cdot \eta_{\text{о}}} \qquad 3.17)$$

$$Q_{\text{р.к.}} = \frac{2000}{2 \cdot 0{,}98} = 1020 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Тоді:

$$V_0 = \frac{4 \cdot 1020}{3{,}14 \cdot 0{,}27^2 \cdot 3600} = 9{,}9 \text{ м/с}$$

Це швидкість без урахування стиснення потоку лопатями робочого колеса на вході.

Визначимо діаметр, на якому розташована вхідна кромка лопаті:

$$D_1 = 0{,}8 \cdot D_0 \qquad 3.18)$$

$$D_1 = 0{,}8 \cdot 0{,}3 = 0{,}24 \text{ м}$$

При вході потоку на лопать меридіанна складова абсолютної швидкості зростає та визначається з виразу:

$$V_{1м} = \Psi_1 \cdot V'_{1м} \qquad 3.19)$$

де $V'_{1м}$ - меридіанна швидкість без урахування стиснення, м/с;

Ψ_1 – коефіцієнт стиснення потоку на вході. $\Psi_1 = 1{,}15 \div 1{,}3$. Приймаємо $\Psi_1 = 1{,}16$.

$$V'_{1м} = V_0 = 9{,}9 \text{ м/с}$$

$$V_{1м} = 1{,}15 \cdot 9{,}9 = 11{,}4 \text{ м/с}$$

В загальному випадку кут потоку на вході розраховуємо з трикутника швидкостей за формулою:

$$\beta_{1n} = arctg \frac{V_{1м}}{U_1 - V_{1u}} \qquad 3.20)$$

де U_1 – переносна швидкість на вході в робоче колесо, м/с;

$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} \qquad 3.21)$$

$$U_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 1500}{60} = 18{,}84 \text{ м/с}$$

V_{1u} – колова складова абсолютної швидкості на вході в робоче колесо.

$V_{1u} = 0$

Тоді:

$$\beta_{1n} = arctg \frac{11{,}4}{18{,}84} = 31{,}4°$$

Кут нахилу лопаті на вході в робоче колесо

$$\beta_1 = \beta_{1n} + \Delta\beta \qquad 3.22)$$

Цей кут повинен знаходитись у границях $15 \div 30°$ 1 .

Кут атаки $\Delta\beta = 3 \div 8°$ вводиться з ціллю зменшення гідравлічних втрат в області робочого колеса та покращення його кавітаційних якостей.

Приймаємо $\Delta\beta = 3°$. Тоді $\beta_1 = 31{,}4 + 5 = 36°$

Визначаємо число лопатей та їх товщину.

Існує рекомендація, що для рідин число лопатей вибирають від 5 до 8 2 .

Товщину лопаті робочого колеса вибирають орієнтовно від 3 до 4 мм. Приймаємо $z = 6$ та $S_1 = 6$ мм.

Після вибору числа лопатей та їх товщини уточнюємо значення Ψ_1' за формулою:

$$\Psi_1' = \frac{t_1}{t_1 - \frac{S_1}{\sin\beta_1}} \qquad 3.23)$$

де t_1 – крок встановлення лопаті.

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D_1}{z} \qquad 3.24)$$

$$t_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}24}{6} = 0{,}126 \text{ м}$$

Тоді:

$$\Psi_1' = \frac{0{,}126}{0{,}126 - \frac{0{,}006}{\sin 36°}} = 1{,}06$$

Повинна бути забезпечена умова:

$$|\Psi_1' - \Psi_1| \leq 0{,}01$$

$$|1{,}09 - 1{,}15| \leq 0{,}01$$

Так як умова не виконується, приймаємо $\Psi_1' = 1{,}09$.

$$V_{1м} = 1{,}09 \cdot 9{,}9 = 10{,}8 \text{ м/с}$$

Тоді:

$$\beta_{1n} = arctg\frac{10{,}8}{18{,}84} = 29{,}7°$$

Тоді:

$$\Psi_1'' = \frac{0{,}126}{0{,}126 - \frac{0{,}006}{\sin 33°}} = 1{,}096$$

Повинна бути забезпечена умова:

$$|\Psi_1'' - \Psi_1'| \leq 0{,}01$$

$$|1{,}096 - 1{,}09| \leq 0{,}01$$

Ширину робочого колеса на вході знаходимо з рівняння нерозривності:

$$b_1 = \frac{Q_{\text{р.к.}}}{\pi \cdot D_1 \cdot V_{1\text{м}}'} \qquad 3.25)$$

$$b_1 = \frac{2041}{3{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 9{,}9 \cdot 3600} = 0{,}076 \text{ м}$$

Визначимо геометричні параметри виходу з робочого колеса.

Значення зовнішнього діаметру робочого колеса у першому наближенні може бути визначено з основного роботи лопатевих насосів Ейлера для $V_{1n} = 0$ та $V_{2n} = 0{,}5 \cdot U_2$.

$$D_2' = m_2 \cdot \frac{\sqrt{2g \cdot H}}{n} \qquad 3.26)$$

де $m_2 = 19{,}1$ при $n_s \leq 100$

$m_2 = 19{,}2 \cdot \left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6}$ при $n_s > 100$.

Так як $n_s = 181$, то

$$m_2 = 19{,}2 \cdot \left(\frac{181}{100}\right)^{\frac{1}{6}} = 21{,}2$$

$$D_2' = 21{,}2 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 9{,}81 \cdot 40}}{1500} = 0{,}396 \text{ м}$$

2 визначаємо з урахуванням поправки на кінцеве число лопатей.

Меридіанна складова швидкості без урахування стиснення на вході з РК:

$$V_{2m}' = (0{,}5 \div 1{,}0) \cdot V_{1m}' \qquad 3.27)$$

Приймаємо $V_{2m}' = 0{,}7 \cdot 9{,}9 = 6{,}93$ м/с.

Коефіцієнт стиснення потоку лопатями на виході з РК приймаємо $\Psi_2 = 1{,}05$ ($\Psi_2 = 1{,}05 \div 1{,}1$).

$$V_{2m} = \Psi_2 \cdot V'_{2m} \qquad 3.28)$$

$$V_{2m} = 1{,}05 \cdot 6{,}93 = 7{,}28 \text{ м/с}$$

Кут на виході з РК β_2 залежить від степені дифузорності

$$\beta_2 = arcsin\left[\left(\frac{W_1}{W_2}\right) \cdot \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \cdot \frac{V_{2m}}{V_{1m}} \cdot \sin\beta_1\right] \qquad 3.29)$$

де $\left(\frac{W_1}{W_2}\right)_{\text{опт}} = 5{,}68 \cdot 10^{-5} \cdot n_s^2 - 18{,}23 \cdot 10^{-3} \cdot n_s + 2{,}65$ 3.30)

$$\left(\frac{W_1}{W_2}\right)_{\text{опт}} = 5{,}68 \cdot 10^{-5} \cdot 181^2 - 18{,}23 \cdot 10^{-3} \cdot 181 + 2{,}65 = 1{,}21$$

$$\beta_2 = arcsin\left[1{,}21 \cdot \frac{1{,}05}{1{,}09} \cdot \frac{7{,}28}{10{,}8} \cdot \sin 36°\right] = 25°$$

Проведемо уточнення зовнішнього діаметра РК з урахуванням кінцевого числа лопатей.

Даний розрахунок виконують, використовуючи перетворене основне рівняння Ейлера (вирішуючи його відносно швидкості U_2), після ряду підстановок у вигляді:

$$U_2 = \frac{V_{2m}}{2tg\beta_2} + \sqrt{\left(\frac{V_{2m}}{2tg\beta_2}\right)^2 + g \cdot H_{T\infty}} \qquad 3.31)$$

де $H_{T\infty}$ - теоретичний напір робочого колеса з безкінечним числом тонких лопатей.

$$H_{T\infty} = \frac{H}{\eta_г \cdot k_z} \qquad 3.32)$$

де k_z – поправка на кінцеве число лопатей.

За формулою Пфлейдерера:

$$k_z = \frac{1}{1+p} \qquad 3.33)$$

де

$$p = 2 \cdot \frac{\Psi}{z} \cdot \frac{1}{1-\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2} \qquad 3.34)$$

Коефіцієнт Ψ визначається в залежності від n_s. При $n_s < 150$ ($n_s = 181$)

$$\Psi = 1{,}6 \cdot \left[\sin\beta_2 + \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \cdot \sin\beta_1\right] \quad 3.35)$$

$$\Psi = 1{,}6 \cdot \left[\sin 25° + \left(\frac{0{,}24}{0{,}396}\right)^2 \cdot \sin 33°\right] = 0{,}994$$

$$p = 2 \cdot \frac{0{,}973}{6} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0{,}24}{0{,}396}\right)^2} = 0{,}524$$

$$k_z = \frac{1}{1 + 0{,}524} = 0{,}66$$

$$H_{T\infty} = \frac{40}{0{,}918 \cdot 0{,}66} = 66 \text{ м}$$

$$U_2 = \frac{7{,}28}{2 \cdot tg25°} + \sqrt{\left(\frac{7{,}28}{2 \cdot tg25°}\right)^2 + 9{,}81 \cdot 66} = 34{,}34 \text{ м/с}$$

Діаметр робочого колеса:

$$D_2 = \frac{60 \cdot U_2}{\pi \cdot n} \quad 3.36)$$

$$D_2 = \frac{60 \cdot 34{,}34}{3{,}14 \cdot 1500} = 0{,}437 \text{ м}$$

Уточнений коефіцієнт стиснення:

$$\Psi_2' = \frac{1}{1 - \frac{z \cdot S}{2 \cdot \pi \cdot D_2 \cdot \sin\beta_2}} \quad 3.37)$$

$$\Psi_2' = \frac{1}{1 - \frac{6 \cdot 0{,}006}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}437 \cdot \sin 25°}} = 1{,}04$$

$$|\Psi_2' - \Psi_2| \leq 0{,}01$$

$1{,}04 - 1{,}05 = 0{,}01$ – умова виконується.

З конструктивних міркувань приймаємо $D_2 = 0{,}395$ м.

Ширину робочого колеса на вході знаходимо з рівняння нерозривності:

$$b_2 = \frac{Q_{\text{р.к.}}}{\pi \cdot D_2 \cdot V_{2m}} \quad 3.38)$$

$$b_2 = \frac{2041}{3{,}41 \cdot 0{,}395 \cdot 7{,}28 \cdot 3600} = 0{,}063 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $b_2 = 0{,}0725$ м

3.1.2 Проектування меридіанного перерізу

Будують меридіанний переріз за допомогою метода послідовних наближень 1 .

а) Намічають спочатку контури крайніх ліній струму. Рекомендується при цьому орієнтуватись на існуючі робочі колеса подібних n .

б) Наносять середню лінію каналу, яка представляє собою геометричне місце центрів вписаних кіл, зазвичай від входу до виходу робочого колеса тонкими лініями вписується 8-10 кіл. У зоні повороту потоку кіл зазвичай розміщують густіше. Центри вписаних кіл нумерують цифрами 1, 2, 3, ...

в)Вираховуємо площі нормальних перерізів за формулами:

- на вході

$$F_{\text{вх}} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_{\text{вт}}^2) \qquad 3.39)$$

- на виході

$$F_{\text{вих}} = \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \qquad 3.40)$$

- на проміжна

$$F_i = 2\pi r_i b_i \qquad 3.41)$$

де r_i – відстань від осі РК до центра вписаного кола;

b_i – діаметр вписаного кола.

Таблиця 3.1 – Розрахунок площі проміжних нормальних перерізів

№ точки	F_i, мм^2	b_i, мм	r_i, мм	l_i, мм	Δl_i,мм
1	57383 5	85	107 5	0	0
2	58139 1	85 8	107 9	13 06	13 06
3	61395 3	89 2	109 6	17 68	30 74
4	68408 7	95 89	113 6	21 12	51 86
5	77517 9	97 81	126 2	24 3	76 16
6	81819 2	89 79	145 1	23 76	99 92
7	83761 5	82 18	162 3	18 84	118 78
8	85857 5	76 08	179 7	18 16	136 94
9	89921 8	72 5	197 5	17 94	154 88

Відстань Δl_i вздовж середньої лінії меридіанного перерізу від першої точки до кожної наступної (2, 3, …) визначається по кресленню.

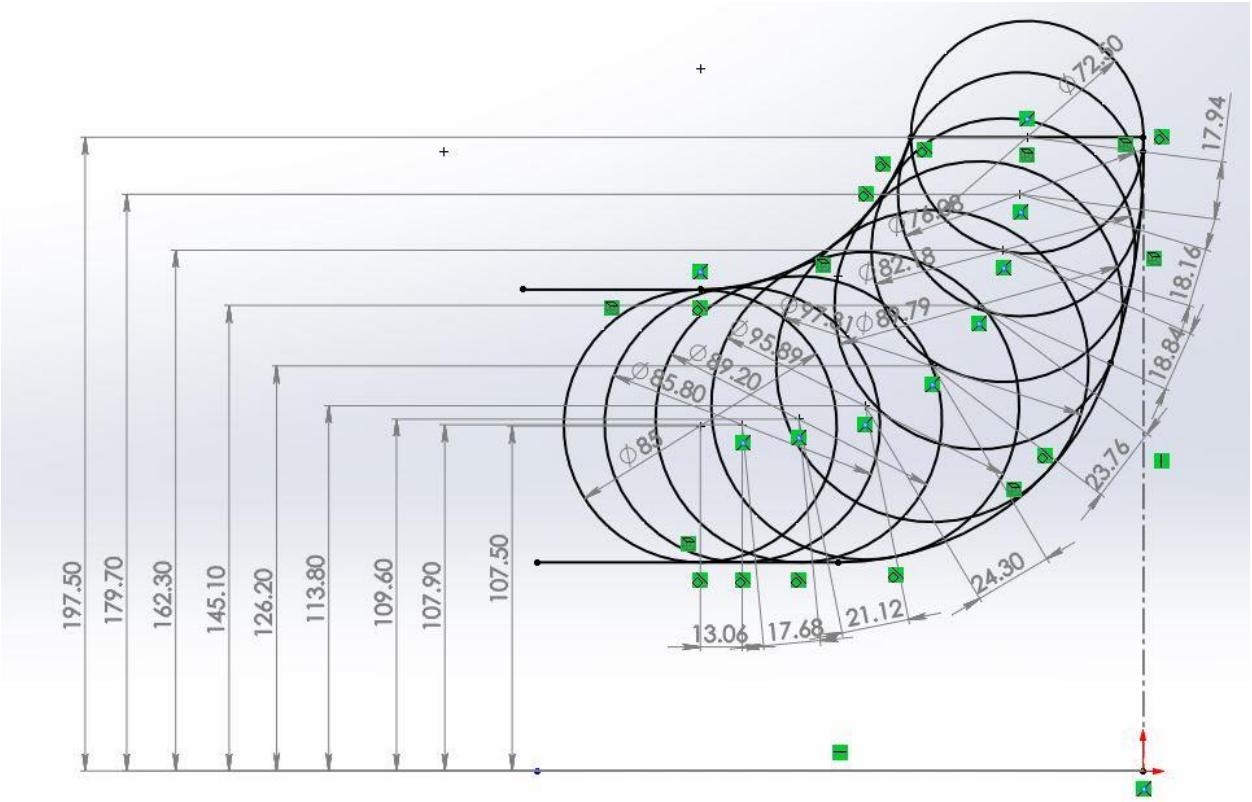


Рисунок 3.2 – До проектування меридіанного перерізу

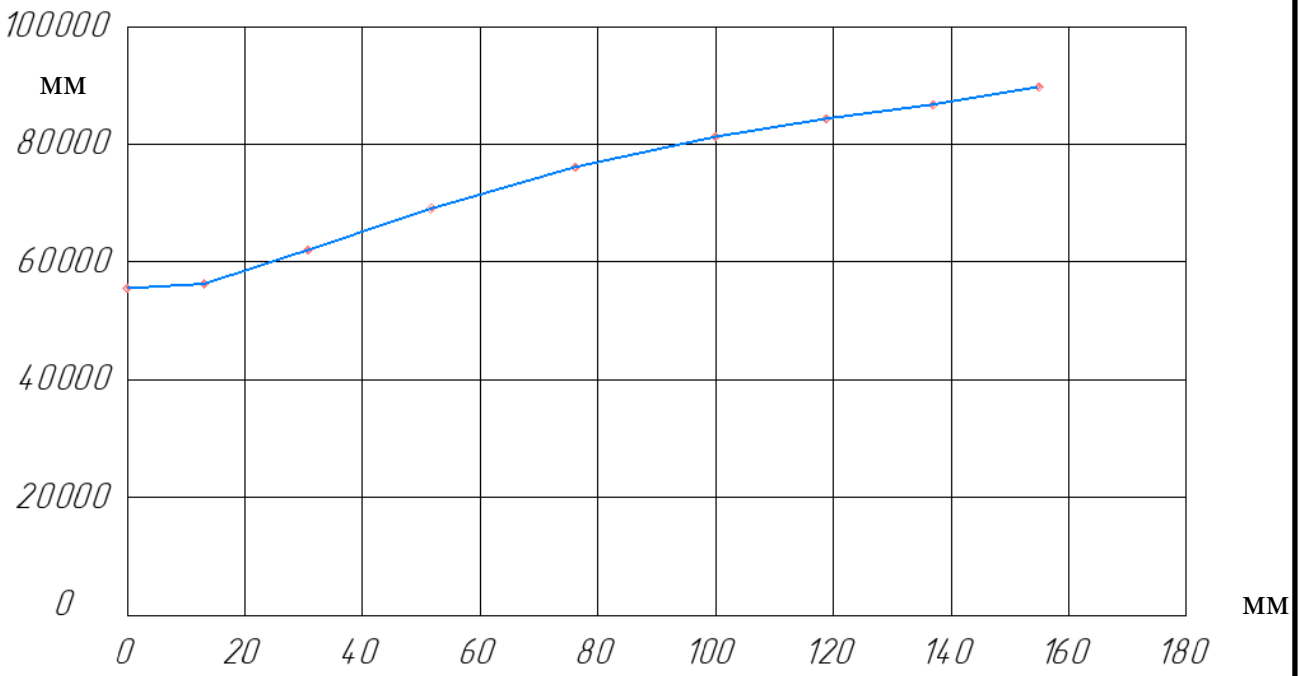


Рисунок 3.3 – Графік зміни меридіанного робочого колеса

3.1.3 Підготовка меридіанного перерізу робочого колеса для профілювання лопаті

Для робочих коліс $n_s = 181$ рекомендується кількість потоків $k = 2$ кількість розрахункових перерізів (ліній струму) $n = 3$.

Очертання ліній току знаходимо методом послідовних наближень із положення рівношидкісного потоку, який відповідає постійності меридіанної швидкості V_m вздовж даної нормалі.

Втрата через кожний розрахунковий переріз вздовж нормалі, м^3/с:

$$q = \frac{Q_{\text{р.к.}}}{3600 \cdot K} = 2 \cdot \pi \cdot V_m \cdot \left(r_{\text{ц.т.}} \cdot l\right)_{\text{к}} \qquad 3.42)$$

де l – довжина відрізку нормалі між сусідніми лініями, м;

$r_{\text{ц.т.}}$ – відстань ваги відрізка до вісі робочого колеса, м.

Виходячи з того, що швидкість V_m вздовж нормалі постійна, то вищезгаданий вираз приймає вигляд

$$r_{\text{ц.т.}} \cdot l = const \qquad 3.43)$$

Тут:

$$\delta\left(r_{\text{ц.т.}} \cdot l\right) = r_{\text{ц.т.}} \cdot l - \left(r_{\text{ц.т.}} \cdot l\right)_{\text{ср}} \qquad 3.44)$$

$$\left(r_{\text{ц.т.}} \cdot l\right)_{\text{ср}} = \frac{\sum r_{\text{ц.т.}}}{K} \qquad 3.45)$$

$$\delta l = \frac{\delta(r_{\text{ц.т.}} \cdot l)}{r_{\text{ц.т.}}} \qquad 3.46)$$

За значеннями δl вносимо корективи в лінії струму і нормалі. Корегування закінчуємо, якщо відхилення $\delta l / l \leq 0{,}05$.

Таблиця 3.2 – Розрахунки до рівношвидкісного потоку

Лінія тока	$r_{\text{ц.т.}}$, мм	l, мм	$r_{\text{ц.т.}} \cdot l$ мм	$\delta(r_{\text{ц.т.}} \cdot l)$	$\frac{\delta(r_{\text{ц.т.}} \cdot l)}{r_{\text{ц.т.}} \cdot l}$	V_m, м/с
1	2	3	4	5	6	7
Нормаль №1						
)	132 8	34 4	4568 32	0 43	0 000094	4 94
	90 3	50 6	4569 18	-0 43	-0 000094	4 939
Нормаль №2						
a	138 35	37 17	5142 47	8 605	0 00167	4 389
c	92 8	55 6	5159 68	-8 605	-0 00167	4 374
Нормаль №3						
a	146 12	42 05	6144 35	31 905	0 00519	3 673
c	112	55 43	6208 16	-31 905	-0 00514	3 635
Нормаль №4						
a	167 54	40 28	6748 51	-49 955	-0 0074	3 344
c	140	47 49	6648 6	49 955	0 00751	3 395
Нормаль №5						
a	184 7	37 07	6846 83	53 42	0 0078	3 296
c	175	39 43	6900 25	-53 42	-0 00774	3 271
Нормаль №6						
a	197 5	36 25	7159 38	0	0	3 152
c	197 5	36 25	7159 38	0	0	3 152

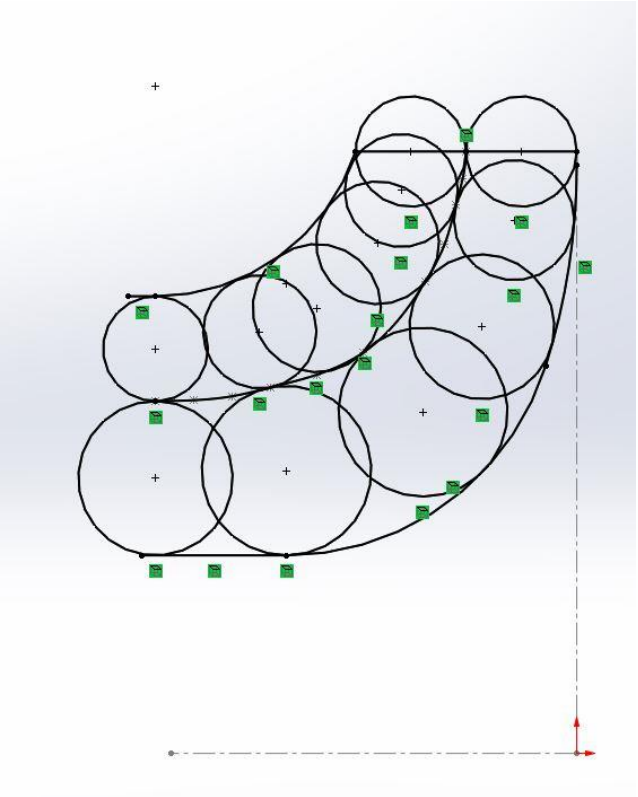


Рисунок 3.4 – Побудова ліній струму

3.1.4 Профілювання лопаті

Профілювання лопаті проводимо методом конформного відображення поверхні струму на розгортку поверхню циліндра обертання. При конформному відображенні кути лопаті зображують без спотворення, а відповідні лінійні розміри – пропорційні.

Для побудови координатної сітки на розгортці задаємося кутом $\Delta\varphi = 10°$ між меридіанними перерізами уявного циліндра, радіус якого приймаємо рівним 1

$R_{\text{к.ц.}} = 100$ мм.

Геометричні розміри комірки розгортки:

$$\Delta L = \frac{R_{\text{к.ц.}}}{\text{c}} \qquad 3.47)$$

де $\text{c} = 10$ – стала.

$$\Delta S = \frac{\pi \cdot R_{\text{к.ц.}} \cdot \Delta\varphi}{180°} \qquad 3.48)$$

Тоді:

$$\Delta L = \frac{100}{10} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta S = \frac{3{,}14 \cdot 100 \cdot 10}{180} = 17{,}4 \text{ мм}$$

Лінійний крок лопаті на розгортці циліндра:

$$t = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{к.ц.}}}{z} \qquad 3.49)$$

$$t = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 100}{6} = 104{,}7 \text{ мм}$$

$$t° = \frac{360°}{6} = 60°$$

Кут охвату лопаті θ приймають в залежності від n_s, а також умови $\theta \geq 1{,}5 \cdot t°$, яка в нашому випадку має вигляд $\theta \geq 90°$. Орієнтовно на $n_s = 181$ приймаємо $\theta = 120°$.

Для побудови конформного відображення координатної сітки на поверхні струму. Розбиваємо всі розрахункові лінії струму по умовам конформності:

$$\frac{r_{\text{ср}i}}{\Delta l_i} = \frac{R_{\text{к.ц.}}}{\text{С}} = 0{,}1 \cdot r_{\text{ср}} \qquad 3.50)$$

Де $r_{\text{ср}i}$ – відстань від вісі РК до середини відрізка Δl_i на лінії струму.

$$\Delta l_i = \frac{r_{\text{ср}i}}{\text{С}} = 0{,}1 \cdot r_{\text{ср}i} \qquad 3.51)$$

Таблиця 3.3 – розрахунки по розбивці ліній струму на відрізки Δl

№, Δl	)					
	Δl_i, мм	$r_{\text{ср}i}$, мм	Δl_i мм	$r_{\text{ср}i}$, мм	Δl_i, мм	$r_{\text{ср}i}$, мм
1	18 79	188 8	180	17 85	18	188 5
2	17 27	173 8	164 2	16 68	17 08	171
3	16 21	162 6	151	15 15	14 24	155
4	15 65	155	140	13 94	14 21	140 6
5	14 89	150 9	131 4	12 89	13 01	127 5
6	14 8	150	126	12 55	11 69	116
7			122 1	12 26	10 71	106 2
8			119 2	11 57	9 77	97 9
9			116 9	11 82	9 11	90 9
10					8 52	85
11					7 95	80 1
12					7 41	76 1
13					7 36	72 8
14					7 17	70 1
15					7 04	68
16					6 58	66 5
17					6 34	65 55
18					6 4	65 07

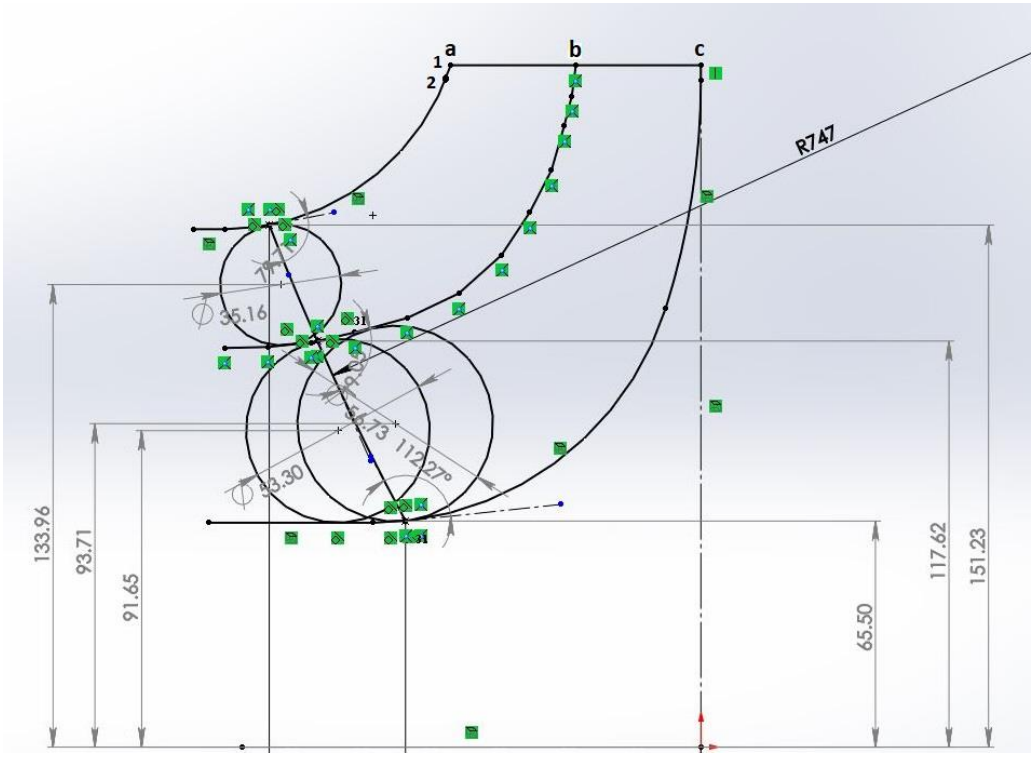


Рисунок 3.5 – Розбивка ліній току за умови конформності

Для прийнятого положення вхідного кромки визначаємо кути входу для кожного перерізу) .

Меридіанна швидкість, м/с:

$$V'_{1m} = \frac{Q_{\text{р.к.}}}{k \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{ц.т.}} \cdot l} \qquad 3.52)$$

де l – довжина нормалі між даною і сусідніми лініями струму, яка проведена через дану точку виходу, м;

$r_{\text{ц.т.}}$ – відстань центра ваги нормалі l від вісі РК, м.

Таблиця 3.4 – Струминка:

Лінія течії	)		
V'_{1m}	4 7	4 4	4 3

Колова швидкість:

$$U_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{вх}} \cdot n}{60} \qquad 3.53)$$

де $r_{\text{вх}}$ – радіус кола, на якому лежить дана точка входу, м.

Таблиця 3.5 – Колова швидкість

Лінія течії	)		
U_1	23 7	18 5	10 3

Колова складова абсолютної швидкості на вході при осьовому вході

$V_{1u} = 0$

Кут потоку:

$$\beta'_{1n} = arctg\frac{V'_{1m}}{U_1 - V_{1u}} \quad 3.54)$$

Таблиця 3.6 – кут потоку

Лінія течії	)		
β'_{1n}	11 2	13 4	22 6

Задаємся кутами лопаті $\beta_1 > \beta'_{1n}$

) $\beta_1 = 14$ $\beta_1 = 18{,}4$ $\beta_1 = 35{,}3.$

Кут лопаті в площині перпендикулярній до дотичної до вхідної кромки в точці входу:

$$\varphi_{1л} = arctg[tg\beta_1 \cdot \sin\lambda] \quad 3.55)$$

де λ – кут між дотичними до вхідної кромки і лініями току в точці входу.

Таблиця 3.7 – Кут лопаті в площині

Лінія течії	)		
$\varphi_{1л}$	13 8	18 1	33 3

Товщина лопаті вздовж кола вх

$$\sigma_1 = \frac{s_1}{\sin\varphi_{1л}} \quad 3.56)$$

Таблиця 3.8 – Товщина лопаті

Лінія течії	)		
σ_1	0 0251	0 0193	0 0109

Крок лопатей:

$$t_1 = \frac{2\cdot\pi\cdot r_{вх}}{z} \quad 3.57)$$

Таблиця 3.9 – Крок лопатей

Лінія течії	)		
t_1	0 158	0 123	0 069

Коефіцієнт стиснення потоку лопотями.

$$\Psi_1 = \frac{t_1 - \sigma_1}{t_1} \qquad 3.58)$$

Таблиця 3.10 – Коефіцієнт стиснення потоку лопотями

Лінія течії	)		
Ψ_1	0 841	0 843	0 842

Кут потоку з урахуванням потоку:

$$\Delta\beta_{1n} = arctg\left[tg\beta'_{1n} \cdot \frac{1}{\Psi_1}\right] \qquad 3.59)$$

Таблиця 3.11 – Кут потоку з урахуванням потоку

Лінія течії	)		
$\Delta\beta_{1n}$	13 2	15 7	26 3

Кут атаки:

$$\Delta\beta = \beta_1 - \Delta\beta_{1n} \qquad 3.60)$$

Таблиця 3.12 – Кут атаки

Лінія течії	)		
$\Delta\beta$	0 8	2 7	9

Кути атаки змінюються плавно і знаходяться в рекомендованих границях.

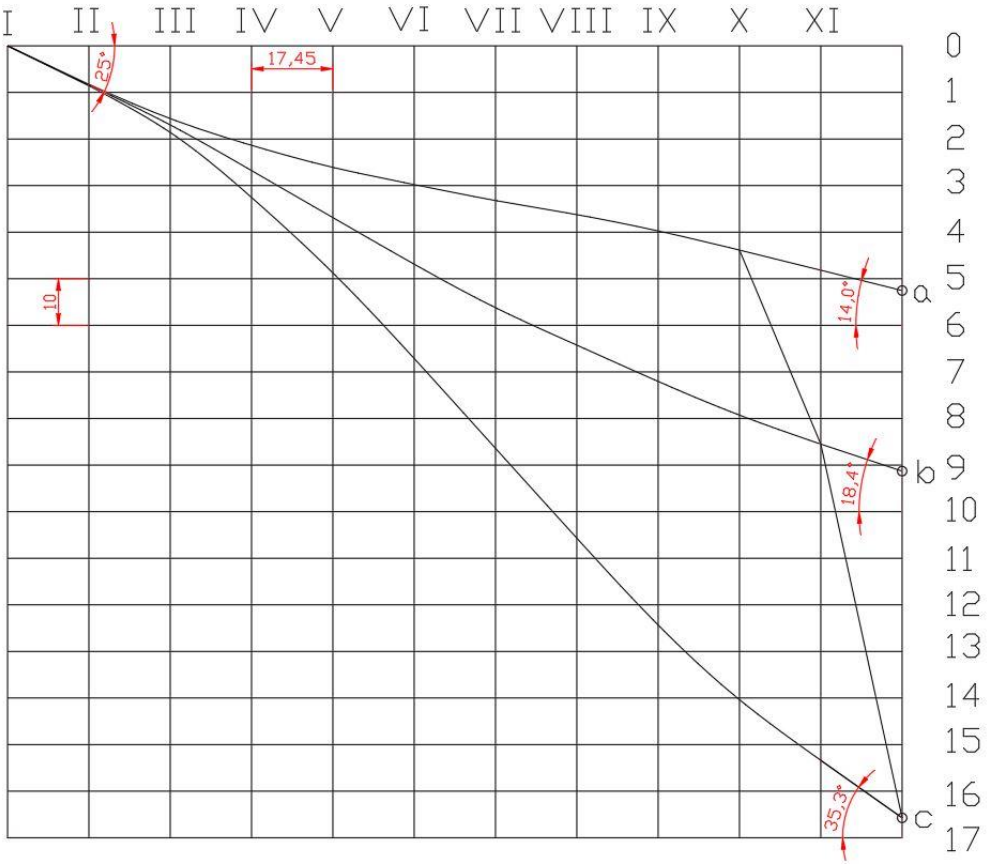


Рисунок 3.6 – Конформна діаграма

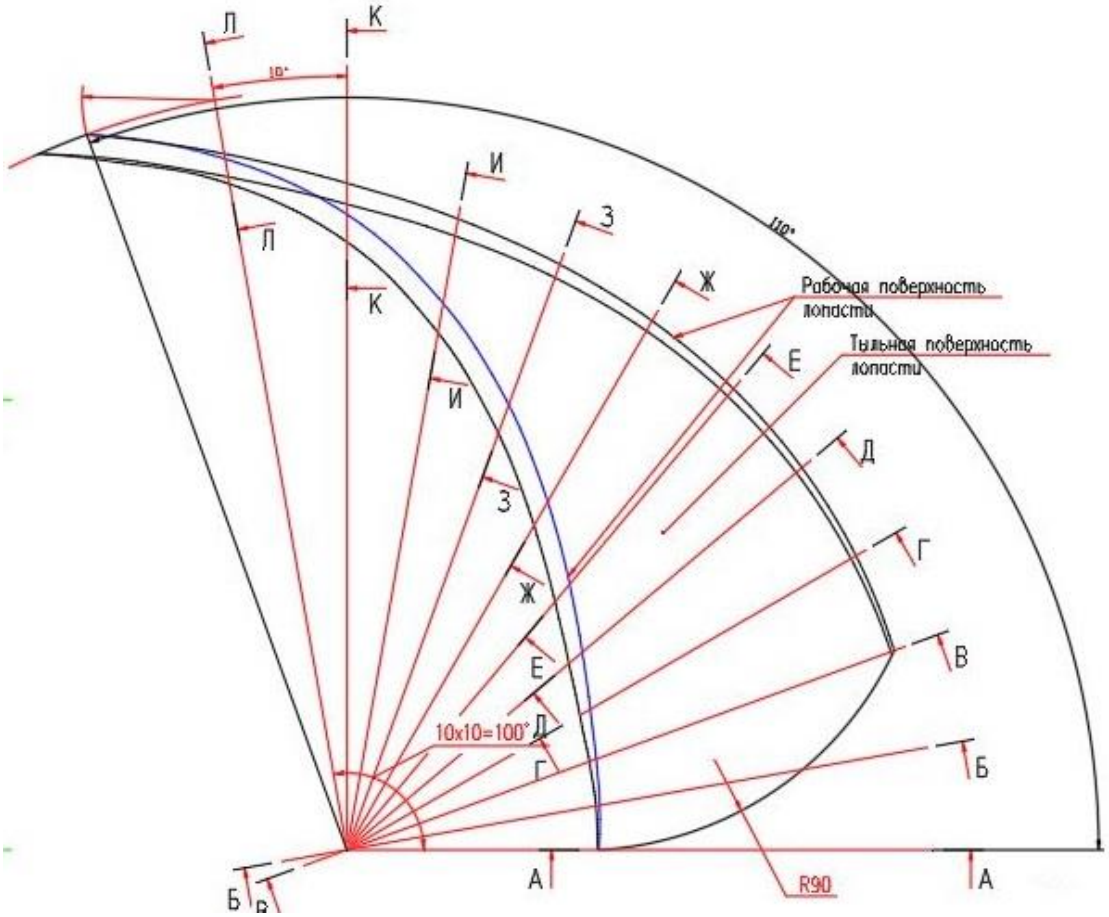


Рисунок 3.7 – Лопаті в плані

3.2 Розрахунок та проектування спірального відводу

Розрахунок та проектування спіральної камери:

Визначення діаметру початкового кола D_3 та ширину входу в спіраль b_3.

Розміри D_3 та b_3 є постійними для спіральної камери.

Діаметр початкового кола D_3 рекомендовано вибирати при умовах мінімальних гідравлічних втрат в зазорі між р.к., відводом та мінімального рівня віброактивності насос та при $n_s = 181$. Цій умові задовольняє наступний вираз для D_3

$$D_3 = (1{,}2 \div 1{,}3) \cdot D_2 \qquad 3.61)$$

$$D_3 = (1{,}2 \div 1{,}3) \cdot 395 = 474 \div 513{,}5 \text{ мм}$$

Приймаємо $D_3 = 489$ мм.

Для визначення b_3 рекомендовані наступні залежності:

$$b_3 = b_2 + b_2' + 0{,}05 \cdot D_2 \qquad 3.62)$$

$$b_3 = 145 + 26 + 395 \cdot 0{,}05 = 0{,}191 \text{ мм}$$

Визначення кута обхвату спіралі (живильної частини) $\varphi_{\text{сп}}$ залежить від коефіцієнту швидкохідності n_s. В нашому випадку $n_s = 181$, тому $\varphi_{\text{сп}} = 325$.

Визначення пропускної здатності спіралі $\text{А}_{\text{сп.розр}}$.

Пропускну здатність спіралі визначають по наданим параметрам подачі, напору та n

$$\text{А}_{\text{сп.розр}} = \frac{\varphi_{\text{сп}}}{360°} \cdot \frac{\pi \cdot Q \cdot n \cdot \eta_{\text{г}}}{30 \cdot H \cdot g \cdot 3600} \qquad 3.63)$$

$$\text{А}_{\text{сп.розр}} = \frac{325°}{360°} \cdot \frac{3{,}14 \cdot 2000 \cdot 1500 \cdot 0{,}918}{30 \cdot 40 \cdot 9{,}81 \cdot 3600} = 0{,}184 \text{ м}$$

Визначення площі розрахункового перерізу.

Для визначення площі розрахункового перерізу може бути використаний графологічний метод. Розрахунок зручно виконувати в табличній формі.

В таблиці ΔQ_i визначається по формулі:

$$\Delta Q_i = K_2 \cdot \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \cdot \Delta r_i \cdot \frac{360°}{325°} \qquad 3.64)$$

Де $\Delta r_i = 40$ мм.

Значення переносимо з мередіанного перерізу спіралі при відповідних значеннях $\Delta r_i = 40$ мм. Кінцевим для розрахунку є значення $\sum Q_i > Q$.

Визначаємо момент швидкості на виході із робочого колеса

$$K_2 = \frac{30 \cdot g \cdot H}{\eta_г \cdot \pi \cdot n} + K_1 \qquad 3.65)$$

$$K_1 = m \cdot \sqrt[3]{Q^2 \cdot n} \qquad 3.66)$$

Де $m = 0{,}06$

$$K_1 = 0{,}06 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{2000}{3600}\right)^2 \cdot 1500} = 0{,}464$$

$$K_2 = \frac{30 \cdot 9{,}81 \cdot 40}{0{,}918 \cdot 3{,}14 \cdot 1500} + 0{,}464 = 3{,}19$$

Визначаємо площу розрахункового перерізу.

Для визначення площі розрахункового перерізу можемо використати графоаналітичний метод. Розрахунок краще проводити в табличній формі.

Таблиця 3.13 – Побудова мередіанних перерізів спіралі.

№	r_i	b_i	$B_i = \frac{b_i}{r_i}$	$\frac{B_i + B_{i+1}}{2}$	$K_2 \cdot \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \cdot \Delta r_i$	$\sum Q_i$
1	244 5	191	0 781	0 784	0 1	0 1
2	284 5	223 96	0 787	0 79	0 101	0 201
3	324 5	256 91	0 792	0 794	0 101	0 302
4	364 5	289 87	0 795	0 797	0 102	0 404
5	404 5	322 83	0 798	0 799	0 102	0 506
6	444 5	355 79	0 8	0 801	0 102	0 608
7	484 5	388 74	0 802	0 803	0 102	0 71
8	524 5	421 7	0 804			

По табличним даним будується графік $Q = f(r)$. По осі Q відкладаємо $Q = Q_{\text{розр}}$ і радіус H_4 буде відповідати розрахунковому, а площа трапеції на меридіанному перерізі – площі розрахункового перерізу $F_{\text{розр}}$.

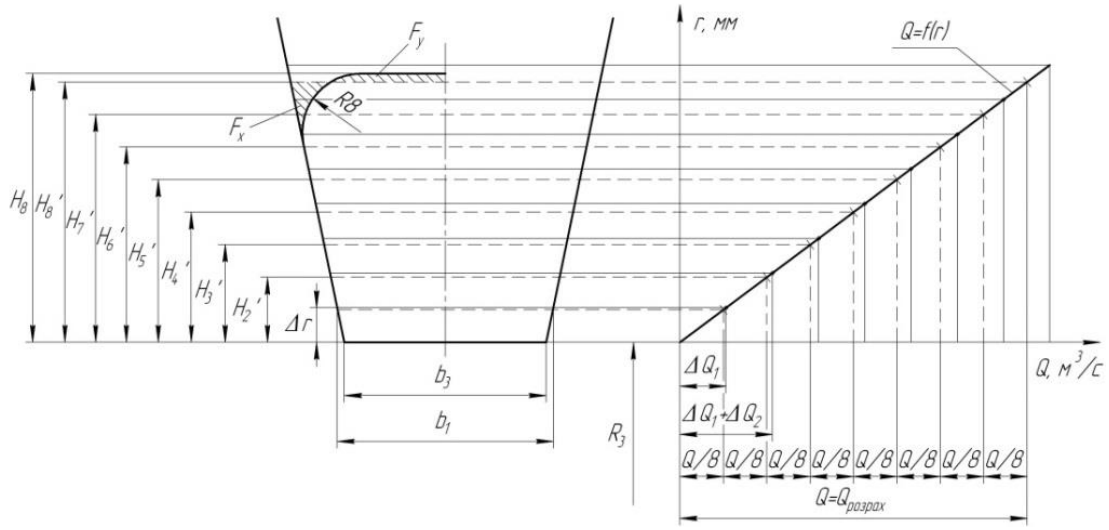


Рисунок 3.8 – Побудова меридіональних перерізів відводу

Гострі кути трапеції округляємо радіус r_0 за умови забезпечення рівності статичних моментів площ F_x та F_y.

Перевірка правильності визначення $F_{\text{розр}}$.

Будуємо приведену площу $F_{\text{пр}}$. Критерієм правильності визначення $F_{\text{розр}}$ є умова:

$$(0{,}95 \div 1{,}0) \cdot A_{\text{сп.розрах}} = A_{\text{сп.граф}} \qquad 3.67)$$

$$A_{\text{сп.граф}} = \frac{F_{\text{пр}}}{\rho} \qquad 3.68)$$

де $F_{\text{пр}}$ – приведена площа, $F_{\text{пр}} = 56338$ мм^2

$\rho = R_3$ – радіус початкового кола, $\rho = 244{,}5$ мм.

$$A_{\text{сп.граф}} = \frac{56338}{244{,}5} = 230{,}4 \text{ мм}$$

$$\frac{A_{\text{сп.граф}}}{A_{\text{сп.розрах}}} = \frac{230{,}4}{184} = 1{,}25$$

Можна зробити висновок, що площа розрахункового перерізу визначена вірно.

Визначення площі проміжних перерізів.

Площа проміжних перерізів визначається графічним способом, використовуючи графік $Q = f(r)$. Для цієї ділянки прямої осі від до ділимо на 8 частин, а потім побудовою отримуємо відвідні проміжні перерізи трапеції.

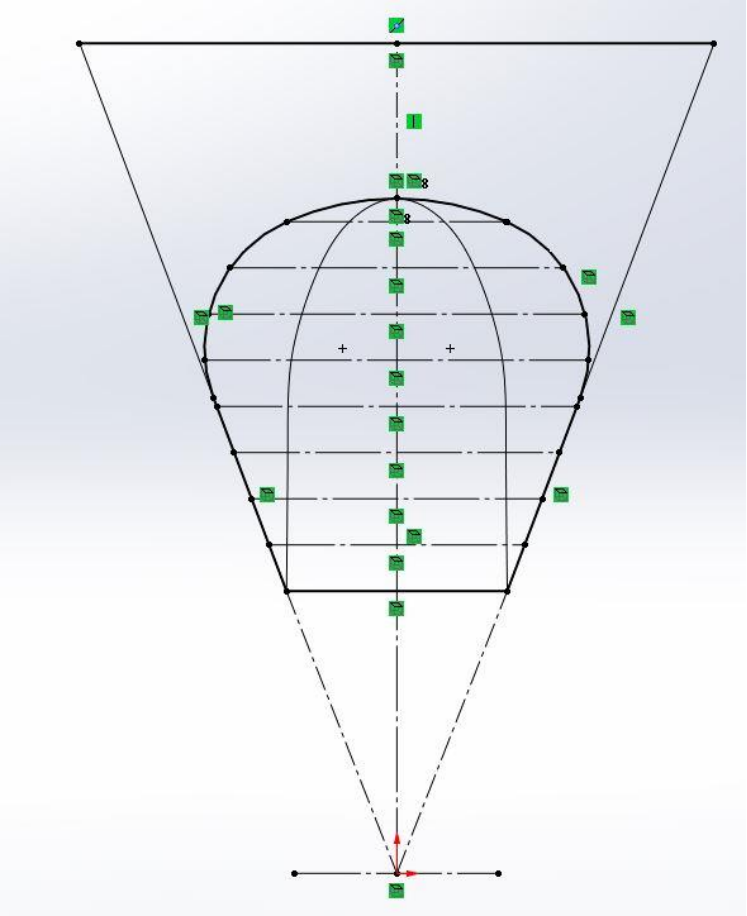


Рисунок 3.9 – Побудова приведеного перерізу

Побудова плану спіралі.

План спіралі будується за такою послідовністю: від початку кола відкладають відповідні висоти, отримані точки з’єднують дугами різних радіусів, дуга кожного радіусу повинна без перегинів спрягатися з дугою наступного.

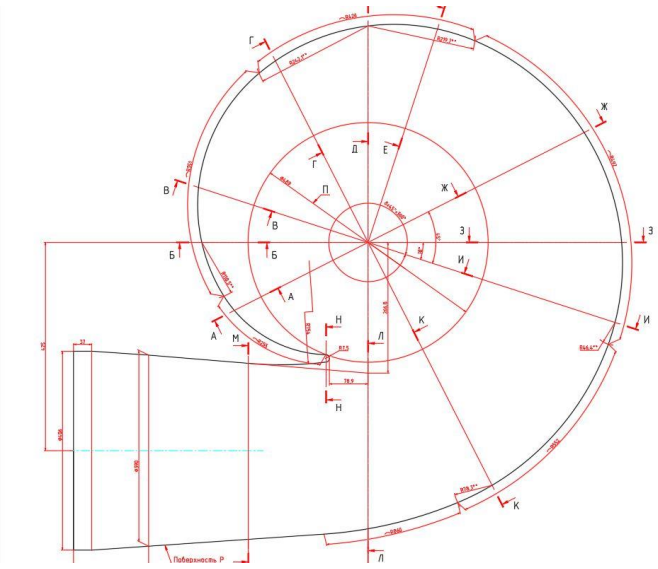


Рисунок 3.10 – План спірального відводу

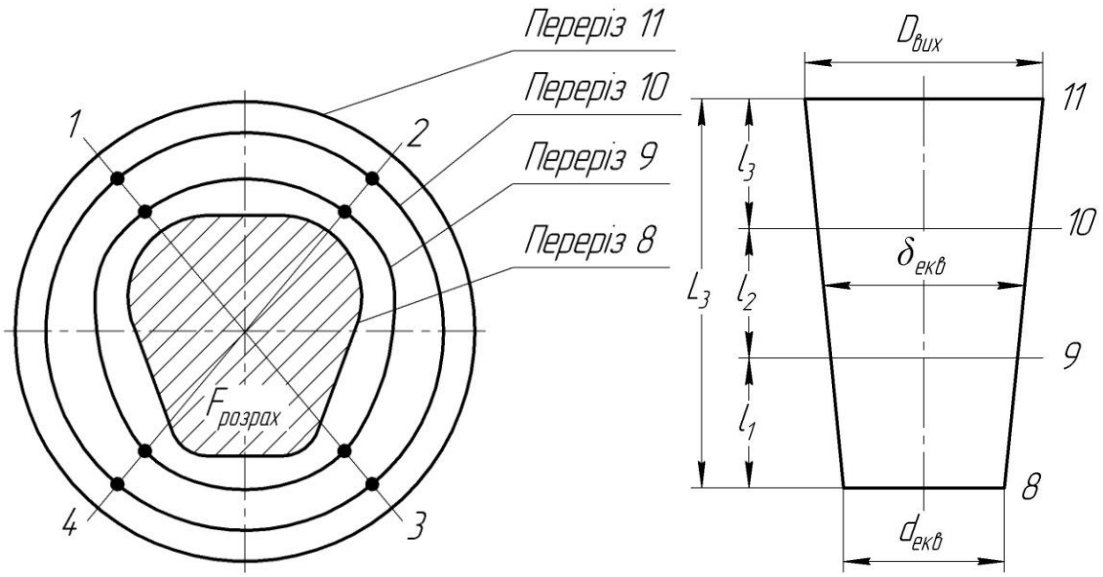


Рисунок 3.11 – Дифузорна частина відводу

3.3 Розрахунок радіальної сили

В насосах зі спіральними відводами гідродинамічна радіальна сила, яка діє на колеса, може досягти великої величини. Радіальна сила збільшує прогин ротора та навантажує підшипники. Розрахунок радіальної сили потрібен для вибору радіальних заборів у шпаринних ущільненнях та для розрахунку підшипникових опор. Радіальна сила виникає із-за нерівномірності полів швидкостей та тиску на колі виходу з колеса. Нерівномірність параметрів потоку є наслідком несиметричності спірального відводу відносно вісі обертання. Поблизу розрахункового режиму нерівномірності найменша. Із зменшенням або збільшенням витрат нерівномірність збільшується.

Радіальна сила для насоса зі спіральним відводом розраховується за формулою 3

$$F_R = K_{pr} \cdot \left[1 - \left(\frac{Q}{Q_{\text{опт}}}\right)^2\right] \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot D_2 \cdot b_2 \qquad 3.69)$$

де F_R – радіальна сила в насосі, Н;
K_{pr} – безрозмірний коефіцієнт радіальної сили. Приймаємо $K_{pr} = 0{,}36$
Q – поточне значення подачі, м^3/с;
$Q_{\text{опт}}$ – значення подачі в режимі максимального ККД, м^3/с;
b_2 – ширина робочого колеса на вході, мм
ρ – густина рідини, кг/м^3
D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса, мм.

Приймаємо $\frac{Q}{Q_{\text{опт}}} = 0$, тоді максимальна величина радіальної сили дорівнює:

$$F_R = 0{,}36 \cdot 1000 \cdot 9{,}81 \cdot 40 \cdot 0{,}395 \cdot 0{,}0725 = 4045 \text{ Н}$$

4 РОЗРАХУНОК ВИБОРУ ПРИВОДА НАСОСА

4.1 Вибір електродвигуна

Потужність насоса при роботі на номінальному режимі визначається за формулою 4

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad 4.1)$$

$$N = \frac{1000 \cdot 9{,}81 \cdot 2000 \cdot 40}{3600 \cdot 0{,}873} = 249{,}7 \text{ кВт}$$

Як привід насоса вибирають електродвигун за таким параметром:

$$N_{\text{дв}} = k \cdot N \quad 4.2)$$

де $k = 1{,}1 - 1{,}3$ – коефіцієнт запасу.

$$N_{\text{дв}} = 1{,}3 \cdot 249{,}7 = 324{,}61 \text{ кВт}$$

За відомою частотою обертання та розрахованою потужністю з довідкової літератури вибираємо тип та марку двигуна.

В якості приводу насоса вибирається електродвигун ДА304-87/37К-4АУХЛ4

Характеристики електродвигуна представлені у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Потужність	330 кВт
Кількість полюсів	4
Частота обертання	1500 об/хв
ККД	95
φ	0 89

4.2 Розрахунок пускової-моментної характеристики

Після вибору електродвигуна проводиться побудування графіка залежності моменту опору агрегату від частоти обертання.

Графік залежності моменту опору будується за трьома точками:

- початкового моменту руху ($n_A = 0$ – точка А);
- мінімального моменту опору агрегату (точка В);
- повного розгону електродвигуна (n).

Початковий момент пуску агрегату ($n_A = 0$)

$$M_A = 0{,}21 \cdot M_{\text{ном}} \quad (4.3)$$

де $M_{\text{ном}}$ – номінальний момент валу електродвигуна, Н·м:

$$M_{\text{ном}} = \frac{N}{\omega} \quad (4.4)$$

Момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна:

$$M_{max} = \frac{N_{max}}{\omega} \quad (4.5)$$

де N_{max} – максимальна потужність насоса, $N_{max} = N_{\text{дв}}$, Вт
ω – кутова швидкість, що розраховується за формулою:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (4.6)$$

$$\omega = \frac{3{,}14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с}$$

$$M_{\text{ном}} = \frac{249700}{157} = 1590{,}45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{max} = \frac{324610}{157} = 2067{,}58 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мінімальний момент опору відповідає точці В з координатами:

$$n_B = 0{,}3 \cdot n_{\text{ном}} \quad (4.7)$$

де $n_{\text{ном}}$ – номінальна частота обертання валу електродвигуна, об/хв.

$$n_B = 0{,}3 \cdot 1500 = 450 \text{ об/хв}$$

$$M_B = 0{,}03 \cdot M_{max} \quad (4.8)$$

$$M_B = 0{,}03 \cdot 2067{,}58 = 62{,}03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Коефіцієнт параболи визначається за величиною моменту при повному розвороті двигуна:

$$k = \frac{M_{max}}{n^2} \quad 4.9)$$

$$k = \frac{2067{,}58}{1500^2} = 0{,}00092$$

За визначеним коефіцієнтом параболи проводиться розрахунок обертового моменту насоса для частот від $n = 0$ до n_{max}

$$M = k \cdot n^2 \quad 4.10)$$

Результати розрахунку заносяться до табл. 4.2

Графік пускового моменту будують таким чином:

- за табл. 4.2. будують залежність $M = f(n)$
- точки А $(n_0; M_0)$ та В $(n_B; M_B)$ з'єднуються між собою відрізком;
- отримані криві спрягаються плавною кривою

Таблиця 4.2 – Пускова моментна характеристика

n, об/хв	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750
M Н · м	0	57 5	230	517 5	920	1437 5	2070	2817 5

На рисунку 4.1 наведена пускова-моментна характеристика насосного агрегату.

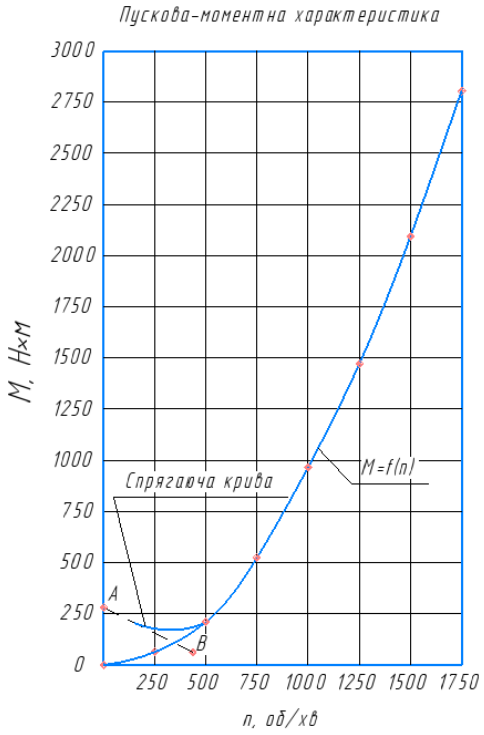


Рисунок 4.1 – Приклад пускової моментної характеристики

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ

5.1 Розрахунок торцевого ущільнення валу

5.1.1 Вибір типу ущільнення

У наведеній на рисунку конструкції насоса як кінцеве ущільнення валу застосовано ущільнення торцевого типу (рис. 5.1).

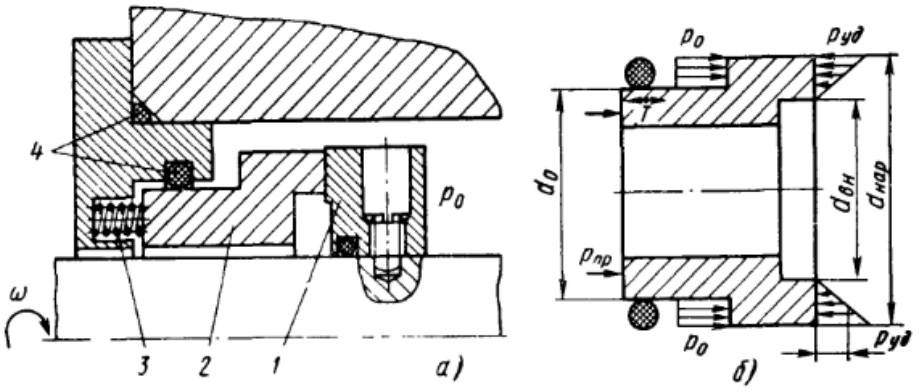


Рисунок 5.1 – Конструкція торцевого ущільнення

Торцеві ущільнення отримали широке розповсюдження так як забезпечують практично повну герметичність. У зрівнянні з сальниковими, торцеві ущільнення мають наступні переваги: нормально працюють навіть при підвищеній вібрації, так як ущільнююча площина розташована перпендикулярно осі валу, мають більшу довговічність та більш широку зону роботи по тиску та окружній швидкості. Майже не потребують догляду у процесі експлуатації, що важливо для автоматизації насосних установок 5 .

З точки зору конструкції і технології виготовлення торцеві ущільнення більш складні ніж сальникові.

Для гідравлічно-розвантажувальних ущільнень коефіцієнт врівноваження К 1 для гідравлічно не розвантажених – К ≥ 1.

Зміна коефіцієнта К легко досягається зміною діаметра ущільнення 0. Оптимальне значення коефіцієнта врівноваження К 0,55 ÷ 0,8.

Приймаємо К = 0,6.

Розміри ущільнюючої щілини при відомих 0 К та з достатньо для практичних цілей точністю можна прийняти рівними:

$$d_{зовн} = 2 \cdot b \cdot K + d_0 \qquad 5.1)$$

$$d_{\text{вн}} = d_{\text{зовн}} - 2 \cdot b \qquad 5.2)$$

де b – ширина ущільнюючого пояска (зазвичай задається в залежності від діаметру валу) в нашому випадку для діаметра не менше 80-100 мм, $b = 6 \div 8$ мм. Приймаємо $b = 8$ мм.

$$d_{\text{зовн}} = 2 \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}6 + 0{,}146 = 0{,}156 \text{ мм}$$

$$d_{\text{вн}} = 0{,}156 - 2 \cdot 0{,}008 = 0{,}14 \text{ мм}$$

Приймаючи наближено трикутну епюру розподілення тиску в щілині, можна отримати вираз для тиску на контактних поверхнях:

$$p_{\text{пит}} = \frac{p_{\text{пр}} - T - \frac{\pi}{12} \cdot p_0 \cdot (d_{\text{зовн}}^2 + d_{\text{зовн}} \cdot d_{\text{вн}} + d_{\text{вн}}^2 - 3 \cdot d_0^2)}{\frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{зовн}}^2 - d_{\text{вн}}^2)} \qquad 5.3)$$

де $p_{\text{пр}}$ – це тиск від пружини, $p_{\text{пр}} = 0{,}03$ МПа
T – сила тертя, яка дорівнює 0,003 МПа,
$p_0 = 0{,}065$ МПа, це тиск у камері торцевого ущільнення.

Тоді:

$$p_{\text{пит}} = \frac{0{,}03 \cdot 10^6 - 0{,}003 \cdot 10^6 - \frac{3{,}14}{12} \cdot 0{,}065 \cdot 10^6 \cdot (0{,}156^2 + 0{,}156 \cdot 0{,}14 + 0{,}14^2 - 3 \cdot 0{,}146^2)}{\frac{3{,}14}{4} \cdot (0{,}156^2 \cdot 0{,}14^2)} = 72{,}03 \text{ МПа}$$

Втрата потужності в парі тертя обчислюється за формулою (Вт):

$$N = 16{,}16 \cdot 10^{-6} \cdot b \cdot d_{\text{ср}}^2 \cdot f \cdot p_{\text{пит}} \cdot n \qquad 5.4)$$

де b – ширина ущільнюючого пояска, см,
$f = 0{,}05 \div 0{,}15$ – коефіцієнт тертя,
$p_{\text{пит}}$ – питомий тиск в Па,
n – частота обертання, об/хв.

Середній діаметр $_{\text{ср}}$ обчислюється за формулою:

$$d_{\text{ср}} = \frac{(d_{\text{зовн}} + d_{\text{вн}})}{2} \qquad 5.5)$$

$$d_{\text{ср}} = \frac{(0{,}156 + 0{,}14)}{2} = 0{,}148 \text{ мм}$$

Тоді втрата потужності в парі тертя:

$$N = 16{,}16 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}008 \cdot 0{,}148^2 \cdot 0{,}1 \cdot 72{,}02 \cdot 1500 = 30{,}6 \text{ Вт}$$

5.2 Розрахунок валу

Основні задачі для розрахунку валів – це забезпечення об'ємної міцності, обмеження величини деформації згинання та кручення в найбільш небезпечному перерізі.

Оскільки розрахунок та конструювання це процеси взаємопов'язані, тому визначення необхідних розмірів виконується в три етапи. На першому – попередньому розрахунку, визначаються реакції, що діють в опорах валу. На другому етапі – наближеному, уточнюють основні розміри валу. На третьому – перевірочному, визначають коефіцієнти запасу міцності, звіряють їх з допустимими та за необхідності вносять корективи з метою приведення фактичних запасів міцності до допустимих.

5.2.1 Розрахунок реакцій в опорах

В результаті роботи насоса в робочому колесі виникає неврівноважена радіальна сила (див. рис. 5.2), що сприймається підшипниками насосу, в результаті чого в опорах виникають реакції (A B) 6 .

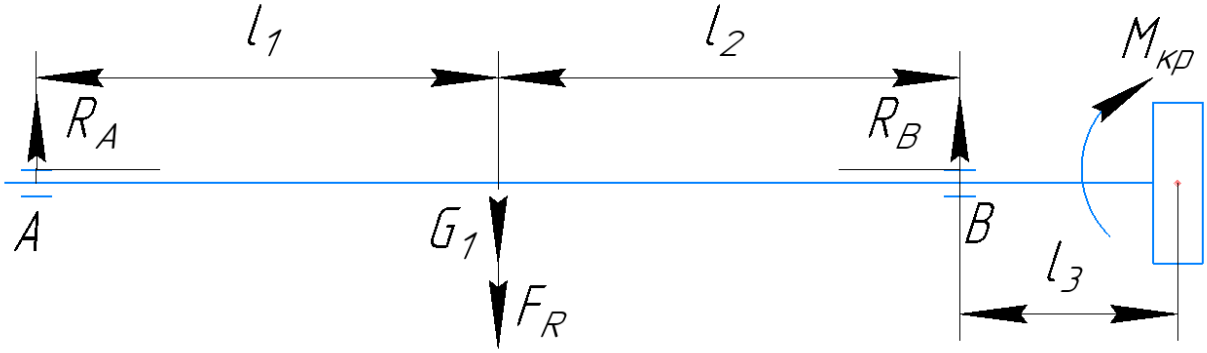


Рисунок 5.2 – Схема реакцій в опорах

Реакції в опорах можна знайти використовуючи рівняння моментів відносно т. А і т. В.

Рівняння моментів відносно т. А:

$$\sum \mathrm{M_A} = F_R \cdot l_1 + G_1 \cdot l_1 - R_B \cdot (l_1 + l_2) + M_{\text{кр}} = 0 \qquad 5.6)$$

де $M_{\text{кр}} = M_{max}$.

З наведеного рівняння можна знайти величину R_B, Н:

$$R_B = \frac{F_R \cdot l_1 + G_1 \cdot l_1 + M_{\text{кр}}}{l_1 + l_2} \qquad 5.7)$$

$$R_B = \frac{4045 \cdot 0{,}716 + 745{,}3 \cdot 0{,}716 + 2067{,}58}{0{,}716 + 0{,}706} = 3866 \text{ Н}$$

Рівняння моментів відносно т. В:

$$\sum \mathrm{M_B} = R_\mathrm{A} \cdot (l_1 + l_2) - G_1 \cdot l_2 - F_R \cdot l_2 + M_\mathrm{кр} = 0 \qquad 5.8)$$

З наведеного рівняння можна знайти величину R_A, Н:

$$R_\mathrm{A} = \frac{G_1 \cdot l_2 + F_R \cdot l_2 - M_\mathrm{кр}}{l_1 + l_2} \qquad 5.9)$$

$$R_\mathrm{A} = \frac{745{,}3 \cdot 0{,}706 + 4045 \cdot 0{,}706 - 2067{,}58}{0{,}716 + 0{,}706} = 924 \text{ Н}$$

5.2.2 Наближений розрахунок валу

Еквівалентний момент в найбільш небезпечному перерізі, Н·м, 6

$$M_E = \sqrt{M_{\text{зг}.max}^2 + 0{,}75 M_{max}^2} \qquad 5.10)$$

де $M_{\text{зг}.max}$ – максимальний згинальний момент, Н·м.

Максимальний згинальний момент можна визначити з рис. 8:

$$M_{\text{зг}.max} = R_B \cdot l_3 \qquad 5.11)$$

$$M_{\text{зг}.max} = 3866 \cdot 0{,}358 = 1384 \text{ Н}$$

$$M_E = \sqrt{1384^2 + 0{,}75 \cdot 2067{,}58^2} = 2263 \text{ Н}$$

Діаметр валу в найбільш небезпечному перерізі, мм:

$$d_n \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_E}{0{,}1 \cdot [\sigma]}} \qquad 5.12)$$

де $[\sigma] = 241$ МПа.

$$110 \geq 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{2263}{0{,}1 \cdot 241}}$$

$$110 \text{ мм} \geq 45{,}5 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр округлюється в більшу сторону до значення, кратного 5.

Умова виконується.

5.2.3 Перевірний розрахунок валу

Розрахунок зводиться до перевірки умови міцності 6

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s] \quad 5.13)$$

де s – розрахунковий коефіцієнт запасу міцності;
$[s] = 2{,}5$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності;
$s_\sigma,\ s_\tau$ – коефіцієнт запасу за нормальними та дотичними напруженнями.

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_a + \Psi_\sigma \cdot \sigma_m} \quad 5.14)$$

$$s_\tau = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} \cdot \tau_a + \Psi_\tau \cdot \tau_m} \quad 5.15)$$

де σ_{-1}, τ_{-1} – межі витривалості матеріалу валу;
σ_a, τ_a та σ_m, τ_m – амплітуда та середнє напруження циклів;
$K_\sigma = 2{,}2, K_\tau = 1{,}41$ – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;
$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$ – масштабні коефіцієнти, $\varepsilon_\sigma = \varepsilon_\tau$;
$\Psi_\sigma = 0{,}25 \div 0{,}3, \Psi_\tau = 0{,}1$ – коефіцієнт постійної складової циклу.

$$\sigma_{-1} = 0{,}35 \cdot \sigma_в + (70 \div 120) \quad 5.16)$$

де $\sigma_в = 686$ МПа - межа міцності матеріалу валу (Сталь 14Х17Н2)

$$\sigma_{-1} = 0{,}35 \cdot 686 + 100 = 340 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 0{,}58 \cdot \sigma_{-1} \quad 5.17)$$

$$\tau_{-1} = 0{,}58 \cdot 340 = 197{,}2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_a = \frac{M_{зг.max}}{0{,}1 \cdot d_n^3} \quad 5.18)$$

$$\sigma_a = \frac{1384}{0{,}1 \cdot 110^3} = 0{,}01 \text{ МПа}$$

$$\sigma_m = \frac{4 \cdot \text{T}}{\pi \cdot d_n^2} \quad 5.19)$$

де Т – це остатня осьова сила, Т = 110 4

$$\sigma_m = \frac{4 \cdot 110{,}4}{3{,}14 \cdot 110^2} = 1{,}28 \text{ МПа}$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{M_{max}}{0{,}2 \cdot d^3} \qquad 5.20)$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{2067{,}58}{0{,}2 \cdot 0{,}11^3} = 3883509 \text{ Па} = 3{,}88 \text{ МПа}$$

Масштабні коефіцієнти ε_σ ε_τ визначаються залежно від діаметра валу (див. табл. 5.3).

Таблиця 5.1 – Значення коефіцієнт ε_σ ε_τ

Діаметр валів, мм							
d_n	20	30	40	50	70	100	200
ε_σ ε_τ	0 83	0 77	0 73	0 7	0 65	0 59	0 52

З таблиці вибираємо значення коефіцієнтів $\varepsilon_\sigma = \varepsilon_\tau = 0{,}58$

Тепер можна знайти s_σ s_τ – коефіцієнт запасу за нормальними та дотичними напруженнями:

$$s_\sigma = \frac{340}{\frac{2{,}2}{0{,}58} \cdot 0{,}01 + 0{,}25 \cdot 1{,}25} = 970{,}2$$

$$s_\tau = \frac{197{,}2}{\frac{1{,}41}{0{,}58} \cdot 3{,}88 + 0{,}1 \cdot 3{,}88} = 20{,}1$$

Перевіряємо умову міцності

$$s = \frac{970{,}2 \cdot 20{,}1}{\sqrt{970{,}2^2 + 20{,}1^2}} = 20{,}1$$

Умова $s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s]$, виконується

Якщо після розрахунку умова міцності не виконується, необхідно збільшити діаметр валу і провести розрахунок заново.

5.3 Розрахунок шпонкового з’єднання

5.3.1 Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з колесом

Вихідні дані для розрахунку [8

- матеріал валу - Сталь 14Х17Н2 ГОСТ 5949–75

Умовна межа текучості $\sigma_{0,2} = 637$ МПа

- матеріал робочого колеса – Сталь 20Х13Л ГОСТ 977-88

Умовна межа текучості $\sigma_{0,2} = 380$ МПа

- матеріал шпонки – Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Умовна межа текучості $\sigma_{0,2} = 355$ МПа

Для розрахунку напруження на зминання береться матеріал з найменшим значенням межі текучості.

Розміри шпонки під робочим колесом вибирають зі стандартного ряду залежно від діаметра валу, мм:$b \times h \times l$.

Приймаємо шпонку з розмірами:16×10×90 мм.

Під час розрахунку шпонкового з'єднання валу з колесом визначається напруження на зминання, МПа[6

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{2 \cdot M_{max}}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \cdot 10^3 \qquad 5.25)$$

де t_1 – глибина пазу валу (вибирається за довідковою літературою), мм;
h - висота шпонки ;
$d = d_{\text{к}}$ – діаметр валу, мм;
M_{max} – підставляється в Н·м.
l_p – робоча довжина шпонки розраховується за формулою,мм:

$$l_p = l - b \qquad 5.26)$$

де l – довжина шпонки, мм;
b – ширина шпонки, мм.

$$l_p = 90 - 32 = 58 \text{ мм}$$

Отримуємо:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{2 \cdot 2067{,}58}{110 \cdot 58 \cdot (10 - 6)} \cdot 10^3 = 162 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на зминання:

$$[\sigma]_{\text{зм}} = 0{,}56 \cdot \sigma_{0,2} \qquad 5.27)$$

де $\sigma_{0,2}$ – умовна межа текучості шпонок при якому остатня деформація складає 0,2%, МПа.

$$[\sigma]_{\text{зм}} = 0{,}56 \cdot 355 = 198{,}8 \text{ МПа}$$

При розрахунку на зминання виконується умова

$$\sigma_{\text{зм}} \leq [\sigma]_{\text{зм}}$$

$$162 \leq 198{,}8$$

Умова виконується.

Перевірка допустимого напруження шпонки на зріз, МПа:

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{2 \cdot M_{max}}{d \cdot l \cdot b} \cdot 10^3 \qquad 5.28)$$

Значення d, l, b підставляються в мм.

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{2 \cdot 2067{,}58}{110 \cdot 90 \cdot 16} \cdot 10^3 = 26{,}1 \text{ МПа}$$

При розрахунку шпонки на зріз повинна виконуватися умову

$$\tau_{\text{зр}} \leq [\tau]_{\text{зр}}$$

де $[\tau]_{\text{зр}} = 125$ МПа, для матеріалу шпонки, знаходиться з довідкової літератури.

$$26{,}1 \text{ МПа} \leq 125 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

5.4 Вибір підшипників та розрахунок на довговічність

За розрахованим у п 5.3.2 діаметром d_n у довідковій літературі вибирають тип та марку підшипників, їх динамічну C (Н) та статичну вантажопідйомність C_0 (Н).

Вибираємо підшипник марки 53520 (т. А) – це роликові двурядні з циліндричним отвором внутрішнього кільця. З іншої сторони колеса вибираємо підшипник марки 7320 (т. В) – це кульковий радіально-упорний підшипник з двома рядами кульок, застосовується для сприйняття комбінованих навантажень (радіальних та осьових).

Розрахунок проводимо для обох опор – т. А та т. В.

5.4.1 Розрахунок опорних підшипників

Еквівалентне динамічне навантаження, Н:

$$F_y = (X \cdot F_r + Y \cdot F_\text{a}) \qquad 5.29)$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження

для т. А $X = 1$

для т. В $X = 0{,}56$

Y – коефіцієнт осьового навантаження

для т. А $Y = 0$

для т. В $Y = 2{,}04$

F_r – радіальне навантаження на підшипник, Н

для т. А $F_r = 3866$ Н

для т. В $F_r = 924$ Н

F_a – максимальне осьове зусилля, діюче на підшипник.

для т. А $F_\text{a} = 0$ Н

для т. В $F_\text{a} = 110{,}4$ Н

Для т. А

$$F_y = (1 \cdot 3866 + 0 \cdot 110{,}4) = 3866 \text{ Н}$$

Для т. В

$$F_y = (0{,}56 \cdot 924 + 2{,}04 \cdot 110{,}4) = 724{,}66$$

Довговічність, г:

$$L = a_{23} \cdot a_1 \cdot \left(\frac{C}{F_y}\right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \qquad 5.30)$$

де a_{23} – поправочний коефіцієнт враховуючий якість металу та умови використання, $a_{23} = 2{,}5$

a_1 – поправочний коефіцієнт надійності, $a_1 = 0{,}21$

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 130000$ Н

m – показник степеню рівняння у формулі довговічності, $m = 3$

n – частота обертання ротора, $n = 1500$ об/хв.

Для т. А

$$L = 2{,}5 \cdot 0{,}21 \cdot \left(\frac{130000}{3866}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1500} = 221800 \text{ ч}$$

Для т. В

$$L = 2{,}5 \cdot 0{,}21 \cdot \left(\frac{130000}{724{,}66}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 1500} = 33677821 \text{ ч}$$

Результати розрахунку показують, що довговічність найбільш навантаженої опори В (33677821 ч) перевищує потрібні показники надійності (100000 ч). Отже, підшипники задовольняють вимогам надійності.

5.4.2 Розрахунок втрат потужності в опорних підшипниках

Втрати потужності в опорі, Вт:

$$P_1 = M \cdot \omega \qquad 5.31)$$

де M – загальний момент тертя, Н·м;
ω – кутова швидкість.

Загальний момент тертя, Н·м:

$$M = \varphi_{1sh} \cdot \varphi_{rs} \cdot M_{rr} \cdot M_{si} \qquad 5.32)$$

де φ_{1sh} - ввідний коефіцієнт зменшення тепловиділення здвигового зусилля $\varphi_{1sh} = 0{,}84$

φ_{rs} – коефіцієнт зменшення в режимі кінематичного поповнення/ виснаження змазувального матеріалу $\varphi_{rs} = 0{,}75$

M_{rr} – момент тертя кочення, Н·м;

M_{si} – момент тертя ковзання, Н·м.

Момент тертя кочення, Н·м:

$$M_{rr} = G_{rr} \cdot (\nu \cdot n)^{0{,}6} \cdot 10^{-3} \qquad 5.33)$$

де G_{rr} – зміна моменту тертя кочення;

для т. А $G_{rr} = 0{,}297$

для т. В $G_{rr} = 1{,}06$

ν – кінематична в'язкість мастила, сСт $\nu = 100$

Для т. А:

$$M_{rr} = 0{,}297 \cdot (100 \cdot 1500)^{0{,}6} \cdot 10^{-3} = 0{,}379 \text{ Н·м}$$

Для т. В:

$$M_{rr} = 1{,}06 \cdot (100 \cdot 1500)^{0{,}6} \cdot 10^{-3} = 1{,}352 \text{ Н·м}$$

Момент тертя ковзання, Н·м:

$$M_{si} = G_{si} \cdot \mu_{si} \cdot 10^{-3} \qquad 5.34)$$

де G_{si} – зміна моменту тертя ковзання;

для т. А $G_{si} = 279$

для т. В $G_{si} = 3446$

μ_{si} – коефіцієнт тертя ковзання, який залежить від мастила, $\mu_{si} = 0{,}05$.

Для т. А:

$$M_{si} = 279 \cdot 0{,}05 \cdot 10^{-3} = 0{,}014 \text{ Н·м}$$

Для т. В:

$$M_{si} = 3446 \cdot 0{,}05 \cdot 10^{-3} = 0{,}172 \text{ Н·м}$$

Для т. А:

$$M = 0{,}84 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}379 \cdot 0{,}014 = 0{,}0033 \text{ Н·м}$$

Для т. В:

$$M = 0{,}84 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}352 \cdot 0{,}172 = 0{,}1465 \text{ Н·м}$$

Для т. А:

$$P_1 = 0{,}0033 \cdot 157 = 0{,}518 \text{ Вт}$$

Для т. В:

$$P_1 = 0{,}1465 \cdot 157 = 23 \text{ Вт}$$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Завданням з охоронної праці було описати основні методи пожежогасіння, вогнегасні речовини та засоби пожежогасіння.

6.1 Пожежна безпека на підприємстві: правила та організація

Протипожежна безпека на підприємстві в Україні — невіддільна частина організації робочого простору і процесів згідно з нормами чинного законодавства.

Зокрема, цю сферу регламентують Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом Міністерства внутрішніх справ України, зі змінами, які періодично вносяться відповідними наказами.

Зафіксовані на законодавчому рівні вимоги пожежної безпеки зобов'язані виконувати — незалежно від приналежності та розміру статутного капіталу, обороту, кількості співробітників, форми власності, кодів ЗЕД, сфери роботи та інших аспектів — будь-які суб'єкти, що ведуть свою господарську діяльність на українській території.

Тому необхідно бути в курсі цих змін і коригувати організаційну роботу в даному секторі на виробництвах і в компаніях.

А для цього слід регулярно проводити моніторинг нормативної бази та проходити відповідне навчання, щоб оновити не лише теоретичну базу, а й практичні навички співробітників.

6.2 Пожежна безпека та охорона праці: що входить в організаційні заходи?

Пожежна безпека входить в комплекс заходів з охорони праці, і організаційна робота в цій сфері на об'єктах господарювання включає широкий спектр заходів, а саме:

- створення умов для безпечної праці;
- мінімізації ризику виникнення пожеж;
- своєчасне і повноцінне забезпечення технічними засобами для запобігання займання та усунення самих пожеж та їх наслідків;
- контроль дотримання протипожежних вимог і норм законодавства;
- розробка і впровадження регламентів по гасінню пожеж, евакуації та порятунку з місць пожежі й задимлення людей і майна (матеріальних цінностей);
- внутрішнє і зовнішнє навчання співробітників.

6.3 На кому відповідальність?

Вимоги до пожежної безпеки на підприємстві неухильно повинен дотримуватися кожен співробітник, а організаційна складова при цьому покладається на посадових осіб за відповідним рішенням керівництва і прописується в посадових інструкціях і положеннях по структурним підрозділам.

Зокрема, вказуються конкретні території, ділянки, зони, об’єкти, цілі будівлі і їх частини, поверхи, на яких відповідального співробітника повинне проводити такі організаційні роботи.

Відповідальні особи зобов’язуються розробити, впровадити та підтримувати в певному інструкцією і положенням на ввірених їм об’єктах протипожежний режим і інструкції відповідно до вимог, викладених в нормативних актах.

Передбачено також створення підрозділу добровільної пожежної охорони та пожежно-рятувальної команди в його складі.

6.4 Що включає в себе режим і інструкції?

Встановлений режим включає порядки з описом місць спеціального призначення та правила їх користування та утримання, наприклад:

- евакуаційних шляхів;
- так званих «курилок»;
- місць складування продукції та сировини;
- стоянки транспорту.

Також встановлюється порядок роботи та технічного обслуговування:

- вентиляційного устаткування;
- засобів пожежогасіння і захисту від загорянь;
- нагрівальних приладів;
- електрообладнання.

Розробляються і впроваджуються правила роботи з відкритим вогнем і горючими матеріалами. Створюються графіки проходження інструктажів з пожежної безпеки співробітників, а також порядок і терміни перевірок знань пожежно-технічного мінімуму, в тому числі, тих працівників, які відповідальні за цю ділянку роботи на підприємстві. При цьому можуть передбачатися внутрішні лекції, семінари, тренінги та практичні заняття на підприємстві, а також зовнішні — на базі спеціалізованих навчальних центрів з професійними викладачами.

Важливою складовою протипожежного режиму на будь-якому об’єкті є розробка і впровадження порядку дій при виникненні пожежі. Неодмінно має бути план евакуації, описано, як повинні відключатися електроустановки, що і в якій послідовності необхідно робити співробітникам.

Відповідно, для кожного об’єкта, кожного приміщення (крім коридорів, санвузлів, басейнів і подібних приміщень), окремих видів робіт складаються інструкції, за якими повинен працювати персонал, залучений на певних ділянках і в виконанні окремих видів робіт. За інструкціями проводиться навчання (інструктаж) персоналу з подальшим контролем знань.

Детально про те, як розробити протипожежний режим, прописати порядки та інструкції, пояснюють на тематичних курсах і семінарах.

6.5 Як підготувати документи з пожежної безпеки до перевірки ДСНС України?

Представники Державної служби надзвичайних ситуацій (ДСНС України) проводять планові перевірки на підприємствах, про які заздалегідь повідомляють юридичній особі, а також позапланові перевірки (наприклад, після зафіксованих екстрених випадків, пов’язані з охороною праці та пожежної безпеки, зокрема, що стосуються загрози здоров’ю та життю співробітників). Перед візитом ревізорів необхідно провести внутрішній аудит і переконатися, що:

- всі технічні засоби, наприклад, пожежна сигналізація, справні та нормально функціонують, готові до використання в будь-який момент;
- інструктажі з правил безпеки проведено в повному обсязі та своєчасно;
- потрібні документи щодо забезпечення безпеки проти пожеж на підприємстві в наявності та заповнені належним чином.

Документами слід приділити окрему увагу тому, що цю складову інспектори перевіряють з особливою ретельністю.

Контролери неодмінно перевірять:

- Внутрішні документи (наприклад, інструкції або накази), якими встановлено протипожежний режим на підприємстві. У ньому повинні бути прописані порядки та інструкції по всім профілактичним заходам щодо того, як не допустити пожежу, і діям на випадок, якщо пожежа все-таки почалася.

- Документально оформлені інструкції та накази про заходи пожежної безпеки по кожному приміщенню. У ній повинні бути, в тому числі, зазначені:
  - категорія по пожежній і вибухонебезпечності (актуально для складських і виробничих приміщень);

- дії щодо дотримання безпеки під час проведення небезпечних робіт, наприклад пов’язаних з експлуатацією обладнання з високими ризиками з пожежної та вибухопожежної небезпеки.

- Документи про проведення навчання та інструктажів з пожежної безпеки співробітників і відповідальних осіб. Це можуть бути:
  - внутрішні програми та положення;
  - накази про проведення протипожежного навчання;
  - журнали реєстрації інструктажів;
  - журнали тематичної перевірки знань персоналу.

- Декларацію відповідності вимогам нормативів з пожежної безпеки матеріально-технічної бази юрособи, якщо такий документ передбачено у зв’язку з особливостями господарської діяльності підприємства. Наприклад, такий папір не подається торговими точками, які розміщуються на ринках відповідно до план-схеми, затвердженою в органах нагляду. Також декларація не передбачена, якщо підприємство розташовується на об’єкті, яке було прийнято в експлуатацію згідно з вимогами закону після реконструкції або будівництва. Орендарі також не пропонують декларації на матеріально-технічну базу — такий документ повинен бути в орендодавця.

- Інструкції для співробітників служби охорони об’єкта. У такому документі, розрахованому на охоронців, вахтерів, сторожів, вказується, як і коли проводяться:
  - закриття приміщень;
  - обхід об’єктів і території;
  - протипожежні дії та дії в потенційно небезпечній або безпосередньо небезпечній ситуаціях, пов’язаними з пожежами (задимлення, загоряння, іскриста проводка або електроустановка, спрацьовування сигналізації, пожежа).

- Накази, розпорядження та інші внутрішні документи, якими покладено відповідальність за пожежну безпеку на певних працівників. У наказах повинні бути вказані ПІБ, посада, дата, з якої відповідальна особа приступає до таких обов’язків, і за який саме об’єкт, інженерні споруди та ділянки робіт, а також засоби протипожежної безпеки несе відповідальність. У посадових інструкціях також має бути вказана така інформація.

- Схеми евакуації персоналу та відвідувачів. Такі плани потрібні для об’єктів, на яких одночасно перебуває 100 і більше осіб: 50 осіб в одному приміщенні в одноповерхових будівлях або 25 на одному поверсі, якщо будівля має два і більше поверхів. Винятки — житлові будинки. Такі схеми

вивішують на видних місцях поруч з драбинами, за якими можна евакуюватися, і пожежними виходами. Виходи розмічають відповідними помітними та читабельними табличками.

- Інструкції для персоналу на випадок пожежної небезпеки по діям для ефективної евакуації людей. Такі інструкції розробляються і використовуються в суб'єктах господарської діяльності, на території яких можуть одночасно перебувати 100 і більше осіб, і специфіка яких пов'язана, наприклад, зі сферою освіти, медицини, обслуговування тощо.

6.6 Навчання з пожежної безпеки на підприємстві

Слід підкреслити, що тільки лише документів для проходження перевірки ДСНС недостатньо. Найкращий спосіб уникнути приписів щодо усунення недоліків в системі пожежної безпеки на підприємстві та штрафів — вести реальну протипожежну роботу відповідно до вимог чинного законодавства і регулярно проводити для співробітників навчання та інструктажі.

Адже недарма вважається, що правила пожежної безпеки та охорони праці написані кров'ю. На жаль, статистика ДСНС свідчить, що нехтування або недостатній контроль за виконанням цих правил призводить до трагедій. Чи не поповнити рядки сумної статистики пожеж можливо тільки за умови неухильного дотримання протипожежних нормативів. І, відповідно, проведення регулярних заходів для персоналу.

Комплексне навчання з пожежної безпеки включає:

- Заняття з теоретичної частини з вивченням особливостей нормативів по організації цілісної роботи по забезпеченню, підтримці та контролю пожежної безпеки на підприємстві, а також вимог до документації.
- Практичні семінари і тренінг по пожежної безпеки допоможе відпрацювати корисні навички щодо дій в критичних ситуаціях і закріпити їх.
- Контроль знань (тестування, іспити) з видачею підтверджують проходження навчання документів.
- Забезпечення слухачів актуальними нормативно-технічними та методичними матеріалами.
- Консультативну підтримку в питаннях документального супроводу.

Література

1. Ржебаєва Н.К. Расчет и конструирование центробежных насосов. Учебное пособие Н.К. Ржебаєва, Е.Е. Ржебаев. – Сумы: Изд-во СумГУ. – 2005. – 220 с.

2. Gülich . .) Johann Friedrich Gülich – -)
2014. – 1116 .

3. А.И. Степанов. Цетробежные и осевые насосы. Теория, конструирование и применение / А.И. Степанов ; [пер. с англ. инж. М.Я. Лейферова и к. т. н. М.В. Поликовского] ; [под ред. д. т. н. проф. В.И. Поликовского]. – Москва, Гос. НТИ Машиностроительной л-ры, 1960. – 465 с.

4. Михайлов А. К. Лопстные насосы. Теория, расчет и проектирование А.К. Михайлов, В.В. Малюшенко. – М.: «Машиностроение». – 1977. – 288 с.

5. Марцинковский В.А. Насосы атомных электростанций / В.А. Марцинковский, П.Н. Ворона. – М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 256 с.

6. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в трёх томах / В. И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 2001. – Т.2 – 2001. – 920 с.

7. Марочник сталей и сплавов. (Электронный ресурс). Режим доступа: .) -) .

8. Навчальні матеріали онлайн. (Електронний ресурс). Режим доступу: .

Формат	Зона	Поз.	Позначение	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
*)			131.02ВР.000.00 МК	Монтажне креслення		*)А2х4
А3			131.02ВР.000.00 ВП	Відомость покупных виробів		
*)			131.02ВР.000.00 РР	Пояснювальна записка		*) А4
				Збиральні одиниці		
А4		1	131.02ВР.010.00	Муфта пружня пластична	1	
А4		2	131.02ВР.020.00	Рама фундаментна	1	
А4		3	131.02ВР.030.00	Шпилька	10	
А4		4	131.02ВР.040.00	Загорожа	1	
А4		5	131.02ВР.100.00	Насос ЦНА 2000-40	1	
А4		6	131.02ВР.050.00	Стійка	1	
				Деталі		
А3		7	131.02ВР.000.01	Гайка	20	
А3		8	131.02ВР.000.02	Підкладка	4	
А3		9	131.02ВР.000.03	Підкладка	4	
		10	-01	Підкладка	4	
		11	-02	Підкладка	4	
А3		12	131.02ВР.000.04	Підкладка	4	
		13	-01	Підкладка	4	
		14	-02	Підкладка	4	
А3		15	131.02ВР.000.05	Упор	4	
		16	-01	Упор	4	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР.000.00		
Розроб.		Палієнко			Агрегат електронасосный АЦНА 2000-40	Літ.	Лист 1 / Листів 3
Перев.		Лугова					
Зав. сект.						Гм-81-0	
Н. контр.		Лугова					
Затв.							

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначенння	Найменування	Кіл.	Примітки
А3		17	131.02ВР.000.06	Гайка	4	
А3		18	131.02ВР.000.07	Гайка	4	
А3		19	131.02ВР.000.08	Шайба	4	
		20	-01	Шайба	10	
А3		21	131.02ВР.000.09	Табличка	1	
		22	131.02ВР.000.10	Шпилька	4	
БЧ		23	131.02ВР.000.11	Підкладка	10	0,5 кг
				Лист ПН-О-16 ГОСТ 19903-74 / Ст3сп5-св ГОСТ 14637-89		
				60h15x60h15		
				Стандартні вироби		
*)		24		Болт М8-6gx20.56.019	4	*)А4х4
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						7798:2008
*)		25		Болт М10-6gx20.56.019	2	*)А4х4
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						7798:2008
*)		26		Болт М16-6gx30.56.0112	4	*)А4х4
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						7798:2008
*)		27		Гвинт М10-6gx20.23.019.20Х13	1	*)А4х4
						Допускається по
						ГОСТ 1478-93
*)		28		Гвинт М20-6gx80.23.20Х13.0112	20	*)А4х5
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						1481:2008

Підп. и дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. и дата | Інв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР.000.00	Лист 2

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
		29		Винт М20-6gх100.14Н.0112	10	Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						1481:2008
*)		30		Винт М4-6gх6.23.14Х17Н2	4	*)А4х3
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						17473:2008
*)		31		Гайка М8-6Н.5.019	4	*)А4х4
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						5915:2008
		32		Гайка М20-6Н.5.0112	20	Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						5915:2008
*)		33		Шайба 48.22.0112	4	*)А4х4
						Допускається по
						ГОСТ 11371-78
*)		34		Шпилька М36-6gх90.88.35Х.0112	4	*)А4х5
						Допускається по
						ДСТУ ГОСТ
						22034:2008
				Інші вироби		
		35		Двигун ДАЗО4-85/37К-4АУХЛ4	1	покупний

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР.000.00	Лист 3

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
*)			131.02ВР.100.00СК	Складальне креслення	1	*) А2х5
				Складальні одиниці		
А4		1	131.02ВР.101.00	Кронштейн	1	
А4		2	131.02ВР.102.00	Кронштейн	1	
А4		3	131.02ВР.103.00	Загорожа	1	
А4		4	131.02ВР.104.00	Корпус	1	
А4		5	131.02ВР.105.00	Ротор	1	
А4		6	131.02ВР.106.00	Підшипник опорно-упорний	1	
А4		7	131.02ВР.107.00	Підшипник опорний	1	
А4		8	131.02ВР.108.00	Торцеве ущільнення	2	
А4		9	131.02ВР.109.00	Колектор	1	
А4		10	131.02ВР.110.00	Відвод	2	
А4		11	131.02ВР.111.00	Колектор	1	
А4		13	-01	Колектор	1	
А4		14	131.02ВР .112.00	Підвод	1	
А4		15	131.02ВР .113.00	Підвод	1	
А4		16	131.02ВР .114.00	Відвод	1	
А4		17	131.02ВР .115.00	Відвод	1	
А4		18	131.02ВР .116.00	Колектор	1	
А4		19	131.02ВР .117.00	Стійка	2	
А4		20	131.02ВР .118.00	Кронштейн	2	
А4		21	-01	Кронштейн	2	

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР .100.00		
Розроб.		Палієнко			Насос ЦНА 2000-40	Лит.	Лист 1 / Листів 3
Перев.		Лугова					
Н. контр.		Лугова				Гм-81-0	
Утв.							

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Деталі		
БК		27	131.02ВР.100.01	Хомут	2	
БК		28	131.02ВР.100.02	Шайба дросельна	2	
БК		29	131.02ВР.100.03	Болт	8	
БК		30	131.02ВР.100.04	Болт	8	
БК		31	131.02ВР.100.05	Скоба	4	
БК		32	131.02ВР.100.06	Штифт конічний	4	
БК		33	131.02ВР.100.07	Гайка	44	
БК		34	131.02ВР.100.08	Шайба	44	
БК		35	131.02ВР.100.09	Табличка	1	
БК		36	131.02ВР.100.10	Шпилька	4	
БК		37	131.02ВР.100.11	Прокладка	1	
БК		38	131.02ВР.100.12	Прокладка	2	
БК		39	131.02ВР.100.13	Прокладка	1	
БК		40	131.02ВР.100.14	Прокладка	4	
БК		41	131.02ВР.100.15	Прокладка	4	
БК		42	131.02ВР.100.16	Прокладка	4	
				Лист прокладочний		
				DIN 28091-1,0x1500x1500-FA-A1-O-		
				Victor Reinz DANA-AFM-34		
				∅50h15/∅32H15		
БК		42	131.02ВР.100.17	Прокладка	8	
				Лист прокладочний		
				DIN 28091-1,0x1500x1500-FA-A1-O-		
				Victor Reinz DANA-AFM-34		
				∅40h15/∅16H15		
БК		43	131.02ВР.100.18	Прокладка	1	
				Лист прокладочный		
				DIN 28091-1,0x1500x1500-FA-A1-O-		
				Victor Reinz DANA-AFM-34		
				∅35h15/∅10H15		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР .100.00	Лист 2

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
БК		44	131.02ВР.100.19	Прокладка	2	
				Лист прокладочный		
				DIN 28091-1,0x1500x1500-FA-A1-O-		
				Victor Reinz DANA-AFM-34		
				Ø36h15/Ø16H15		
БК		45	131.02ВР.100.20	Хомут	2	
БК		46	131.02ВР.100.21	Прокладка	2	
БК		47	131.02ВР.100.22-01	Шпилька	12	
БК		48	-02	Шпилька	8	
БК		49	131.02ВР.100.23	Гвинт	6	
				Стандартні вироби		
		50		Болт М6-6gx12.23.20Х13.019	4	
				ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		51		Болт М8-6gx16.23.20Х13.019	4	
				ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		52		Болт М8-6gx20.23.20Х13.019	6	
				ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		53		Болт М10-6gx16.23.20Х13.019	8	
				ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		54		Болт М10-6gx25.23.20Х13.019	8	
				ДСТУ ГОСТ 7798:2008		
		55		Гвинт М4-6gx6.23.14Х17Н2	4	
				ДСТУ ГОСТ 17473:2008		
		56		Гвинт М8-6gx12.23.20Х13.019	2	
				ДСТУ ГОСТ 17473:2008		
		57		Гайка М8-6Н.21.12Х18Н10Т	8	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		58		Гайка М12-6Н.5.019	6	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР .100.00	Лист 3

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
		59		Гайка М12-6Н.23.14Х17Н2	4	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		60		Гайка М24-6Н.23.14Х17Н2	12	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		61		Шпилька М24-6gх60.23.14Х17Н2	12	
				ДСТУ ГОСТ 22032:2008		

Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	131.02ВР .100.00	Лист 4

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація		
*)			131.02ВР.100.00СК	Складальне креслення		*)А4х8
*)			131.02ВР.120.08	Колесо рабоче		*)А4х4
			131.02ВР.120.08ТК	Теоретичне креслення		
				Деталі		
А3		1	131.02ВР.120.03	Втулка	1	
А3		2	131.02ВР.120.04	Втулка	1	
А3		3	131.02ВР.120.05	Шпонка	2	
А4		4	131.02ВР.120.06	Кільце	2	
*)		5	131.02ВР.120.07	Гайка кругла	1	*)А4х3
		6	-01	Гайка кругла	1	
А1		7	131.02ВР.120.08	Колесо рабоче	1	
		8	-01	Колесо рабоче	1	
А3		9	131.02ВР.120.10	Гайка круглая	1	
А3		10	131.02ВР.120.11	Шайба стопорная	1	
*)		11	131.02ВР.120.01	Вал	1	*)А3х6
А3		12	131.02ВР.120.12	Шайба стопорна	2	
				Стандартні вироби		
		18		Шпонка 16х10х90 ГОСТ 23360-78	1	
				сталь 14Х17Н2		
		19		Шпонка 16х10х160 ГОСТ 23360-78	1	
				сталь 14Х17Н2		

Подп. и дата | Инв. № дубл | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Палієнко		
Пров.		Лугова		
Зав. сект.				
Н. контр.		Лугова		
Утв.				

131.02ВР.105.00

Ротор

Літ.	Лист	Листів
		1

Гм-81-0

Формат А4

ГОСТ 3.1118 –82 Форма 1

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

Разраб.	Палієнко А. А.			
Провер.	Лугова С.О.			
Утв.				Кришка
Н.Контр.	Лугова С.О.			1

	Код	Ев	Мд	ЕН	Н.расх	КИМ	Код заготовки	Профиль и размеры	КД	МЗ
М01										
М02		166	11 3			7777	відливка	7777	1	7777777

А / Б	Цех / Код, наименование оборудования	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з / Расц п.з	Тшт. / Расц.ш	Тизд. / Расц. изд
А01	06	000		005	Лиття металів та сплавів												
Б02																	
О03	1. По техпроцесу ливарних робіт																
04																	
05	01	000		010	Розмітка ИОТ №108												
06	Стіл для розмітки						17636	3								0 25	
07	1. Розмістити припуск, прибуткова частина, розцентрувати																
08																	
А09	01	102		015	Токарна (відрізання прибутку) ИОТ №2												
Б10	381148XXXX 163						19149	3						0 2		1 5	
О11	1. Встановити, закріпити, зняти																
О12	2. Відрізати прибуткову частину заготівки																
Т13	Патрон 7103-0004 ГОСТ 3890-82; Штангенциркуль ШЦ-II-160-0 1-2 ГОСТ 166-89																
14																	

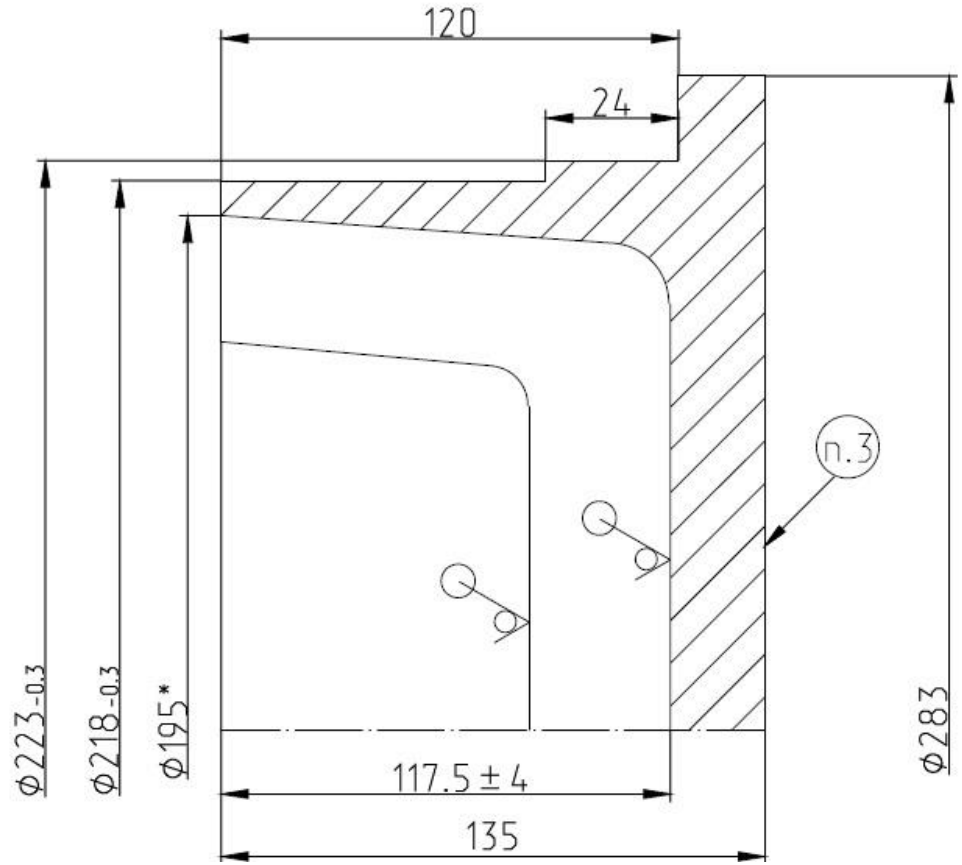
МК

МК														131.02ВР.000.00СК		2
А/Б	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименование оборудования	Обозначение документа									Т пз.	Тшт	Тизд.
Б	Код наименование операции					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Расц. пз.	Расц. шт.	Расц. изд.
К/М						Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. р.	
01А	01 102 020 Контроль ИОТ №35																
02Б																	
03О	1. Перевірити правильність відрізання літників, наявність припуску																
04Т	Штангенциркуль ШЦ-II-160-0.1-2 ГОСТ 166-89																
05																	
06А	01 102 025 Токарна (чорнова) ИОТ №2																
07Б	381148XXXX 163 19149 3 0 2 1 9																
08О	1. Встановити, закріпити, зняти																
09	2. Точити деталь з перевстановленням згідно з ескізом 01007.20141.43319																
10Т	Патрон 7103-0005 ГОСТ 3890-82; Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1 ГОСТ 166-89; Штангенциркуль ШЦ-III-400-0.1 ГОСТ 166-89																
11	Вимірювач для заміру фасок 45 град. М5-350.00.00-02: Навпаки зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 937893																
12																	
13А	01 102 030 Контроль ИОТ №35																
14Б	Стіл ВТК																
15О	1. Перевірити розміри та шорсткості оброблених поверхонь згідно з ескізом 01007.20141.43319																
16Т	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Навпаки зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93 ; Штангенциркуль																
17	ШЦ-III-400-0.1 ГОСТ 166-89																
18																	

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

Разраб.	Палієнко А. А.			131.02ВР.000.00МК				
Провер.	Лугова С.О.							
Утв.				Кришка				3
Н.Контр.								

030 Токарная черновая



Ra 12.5

1. Размеры для справок.
2. H14, h14, IT $\frac{14}{2}$.
3. Маркировать обозначение чертежа ударным способом шрифтом 5-Пр3ГОСТ 26.020-80.

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

131.02ВР.000.00СК

131.02ВР.000.00СК

А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа	Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ Проф Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа ОПП ЕВ ЕН	КИ	Расц.	

01	01 102 035 Маркування ИОТ №3
02	Стіл для маркування 13462 1 0 1
03	1. Маркувати позначення креслення ударним способом шрифтом 5-Пр 3 ГОСТ 26.020-80 згідно з ескізом
04	01007 20141 43319
05	Молоток ?850-0101 ГОСТ 2310-77 ; Клейма 7858-0121 ГОСТ 25726-83
06	
07	01 102 040 Контроль ИОТ №35
08	
09	1. Перевірити наявність та правильність маркування
10	
11	01 102 045 Токарна (чистова) ИОТ №2
12	381148XXXX 163 19149 4 0 2 3 2
13	1. Встановити, закріпити, зняти
14	2. Точити деталь з перевстановленням згідно з кресленням
15	3. Підрізання торців Ø 215/Ø 195, Ø 280/Ø 220 і точніше Ø 215 8 мм, Ø 220 9 мм виконати з однієї установки, забезпечив биття
16	

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

СумДУМКХДПТXX0000СК | 131.02ВР.000.00СК

А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа	Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ Проф Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа ОПП ЕВ ЕН	КИ	Расц.	

01	Патрон 7100-0015 ГОСТ 2675-80 ; Кутомір типу 1-2 ГОСТ 5378-88 ; Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Штангенциркуль
02	ШЦ-ІІІ-400-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Шаблон на канавку 7 М4-6767.00.00-18 ; Скоба 220,00 9 СТП 963-79-00 ; Скоба 215,00 8 СТП
03	962-79-14 ; Штатив Ш-ІІІ-8 ГОСТ 10197-70 ; Індикатор ИЧ-05 кл. 1 ГОСТ 577-68 Навпаки зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93
04	
05	01 302 050 Контроль ИОТ №35
06	Стіл ВТК
07	1. Перевірити розміри та шорсткості оброблених поверхонь згідно з кресленням
08	2. Радіальне та торцеве биття згідно з кресленням – забезпечити технологічно (обробленням з одної установки).
09	Кутомір типу 1-2 ГОСТ 5378-88 ; Штангенциркуль Шц-І-125-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Штангенциркуль ШЦ-ІІІ-400-0.1-2 ГОСТ 166-89
10	Шаблон на канавку 7 М4-6767.00.00-18 ; Скоба 220,00 9 СТП 963-79-00 ; Скоба 215,00 8 СТП 962-79-14 ; Штатив Ш-ІІІ-8 ГОСТ 10197-70
11	Індикатор ИЧ-05 кл. 1 ГОСТ 577-68 ; Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93
12	
13	01 302 055 Маркування ИОТ №3
14	Стіл для маркування 13462 1 0 1
15	1. Маркувати позначення креслення ударним способом шрифтом 5-Пр 3 ГОСТ 26.020-80
16	Клейма 7858-0142 ГОСТ 25726-83 ; Клейма 7858-0122 ГОСТ 25726-83 ; Молоток 7850-0101 ГОСТ 2310-77

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

131.02ВР.000.00СК

131.02ВР.000.00СК

А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа	Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ Проф Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа ОПП ЕВ ЕН	КИ	Расц.	
01	01 302 060 Контроль ИОТ №35								
02	1. Перевірити наявність та правильність маркування								
03									
04	01 102 065 Розмітка ИОТ №108								
05	Стіл для розмітки					17636 3		0 2	
06	1. Розмітити осьові на фланці під виставку на фрезерні з ЧПУ операції								
07	Набір розміточного інструменту ; Молоток 7850-0101 ГОСТ 2310-77 ; Кернер 7843-0032 ГОСТ 7213-72								
08									
09	01 102 070 Контроль ИОТ №35								
10	Стіл ВТК								
11	Лінійка – 300 ГОСТ 427-75								
12	1. Перевірити згідно з кресленням наявність та правильність зацентровки.								
13	2. Розташувати 8 отворів Ø 14 мм, 2 отвори під М12-6Н та отвір під М12х1,25-6Н.								
14									
15	01 102 075 Контроль ИОТ №35								
16									

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

131.02ВР.000.00СК

131.02ВР.000.00СК

А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа								Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Расц.	
01	01 102 080 Розмітка ИОТ №108																
02	Стіл для розмітки					17636	3								0 2		
03	1. Розташувати отвір Ø 35																
04	Навпаки розміточного інструменту ; Молоток 7850-0101 ГОСТ 2310-77 ; Кернер 7843-0032 ГОСТ 7213-72																
05																	
06	01 102 085 Свердлильна ИОТ №2																
07	381213XXXX 2М55					18355	3							0 15		1 25	
08	1. Встановити, закріпити, зняти																
09	2. Свердлити 8 отворів Ø 14 мм, свердлити 2 отвори Ø 10,2 (+0,27) мм під М12-6Н на прохід шорсткості)12 5 згідно з кресленням																
10	3. Свердлити 1 отвір Ø 10,7(+0,2) мм на прохід під М12х1,25-6Н з шорсткістю)12 5 згідно з кресленням																
11	4. Зенкувати 8 фасок 1х45° в отворах Ø 14 мм, 3 фаски 1,6х45° в отворах М12-6Н та М12х1,25-6Н																
12	5. Перевстановити на бічну сторону столу, закріпити																
13	6. Свердлити, розсвердлити на прохід отвір ф35 на прохід, шорсткість)3 2																
14	Болти, гайки, прихвати ; Свердло 2300-0210 ДСТУ ГОСТ 10902:2008 (ф10,2) ; Свердло 2300-0226 ДСТУ ГОСТ 10902:2008 (ф14) ;																
15	Свердло 2301-0122 ДСТУ ГОСТ 10903:2008 (ф35) ; Свердло 2300-0213 ДСТУ ГОСТ 10902:2008 (ф10,7) ; Зенкування 2353-0134 ГОСТ																
16	14953-80 (ф20) ; Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93 ; Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Вимірювач для заміру																

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

131.02ВР.000.00СК

131.02ВР.000.00СК

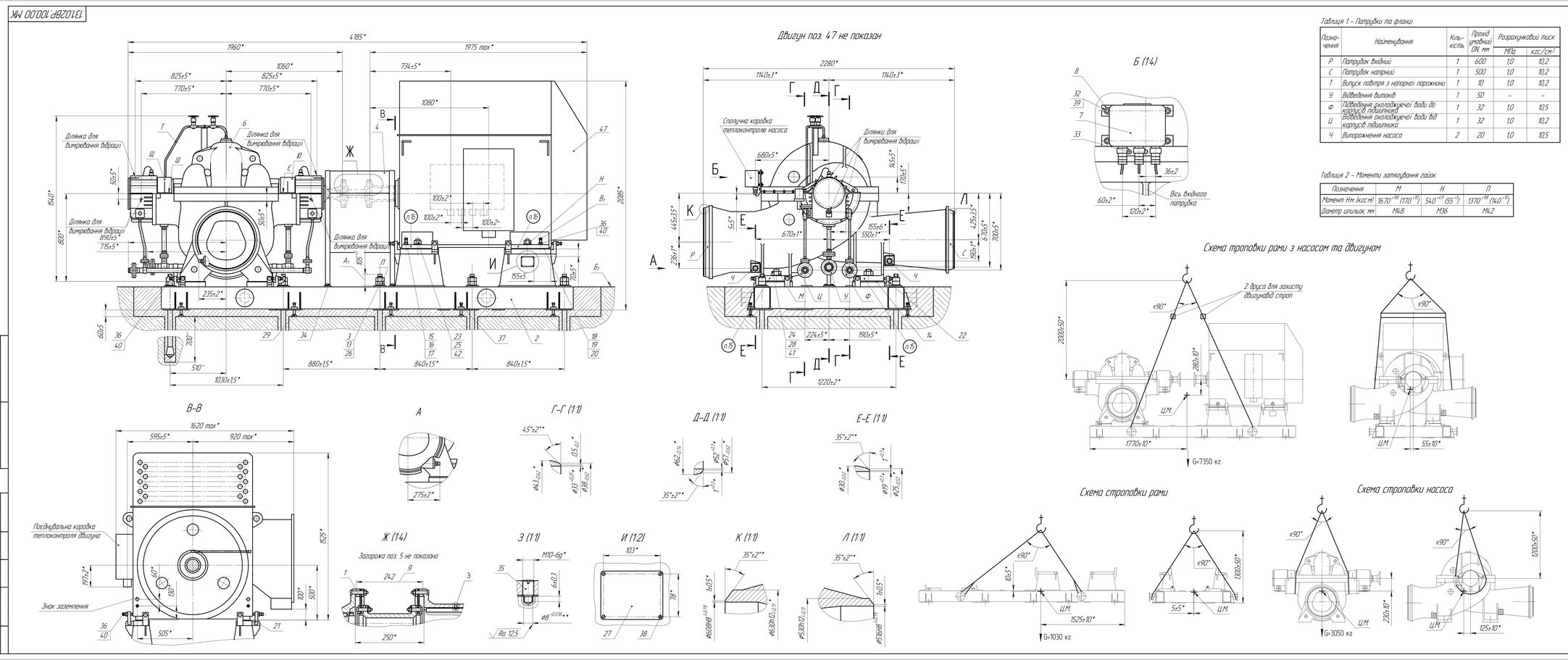
А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа	Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ Проф Р УТ КР КОИД ЕН ОП Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа ОПП ЕВ ЕН	КИ	Расц.	

01	фасок 45 градусів М5-350.00.00-02
02	
03	01 102 090 Контроль ИОТ №35
04	
05	1. Перевірити розміри та шорсткості оброблених поверхонь згідно з кресленням
06	Набір зразків шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93 ; Штангенциркуль ШЦ-І-125-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Вимірювач для заміру фасок
07	45 градусів М5-350.00.00-02
08	
09	01 000 95 Слюсарно-складальна
10	18466 3 0 35
11	Під час збирання насоса виміряти величину підрізання торця Ø215 8 Ø195 для забезпечення необхідного зазору
12	Передати кришку на механічну ділянку для підрізання торця
13	
14	01 102 100 Токарна (чистов) ИОТ №2
15	01626 163 394 4 0 2 0 8
16	

Дубл.			
Взаим.			
Подп.			

131.02ВР.000.00СК

А/Б	Цех	Уч.	Рм	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа									Тп.з	Тшт.	Тизд..
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Расц	Расц.шт	Н.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение документа						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Расц.	
01	1. Встановити, виставити, закріпити, зняти																
02	2. Підрізати торець Ø 215 8 Ø 195 за вказівкою майстра слюсарно-збиральних робіт забезпечив шорсткість) 1 6 та паралельність 0,02																
03	3. Точити, розточити фаски згідно з вимогами креслення																
04	Патрон 7100-0015 ГОСТ 2675-80 ; Штангенциркуль ШЦ-II-160-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Індикатор 2 МИГ ГОСТ 9696-82 ; Набір зразків																
05	шорсткості (СТАЛЬ) ГОСТ 9378-93																
06																	
07	01 302 110 Контроль ИОТ №35																
08	1. Перевірити розміри та шорсткості оброблених поверхонь згідно з кресленням																
09	2. Перевірити паралельність торця згідно з кресленням, забезпечується технологічно																
10	Штангенциркуль ШЦ-II-160-0.1-2 ГОСТ 166-89 ; Індикатор 2 МИГ ГОСТ 9606-82																
11																	
12	01 000 115 Слюсарно-збиральна																
13																	
14	1. За техпроцесом слюсарно-збиральних робіт																
15																	
16																	



Таблиця 1 – Патрубки та фланці

Позначення	Найменування	Кількість	Прохід умовний DN, мм	Розрахунковий тиск	
				МПа	кгс/см²
Р	Патрубок вхідний	1	600	1,0	10,2
С	Патрубок напірний	1	500	1,0	10,2
Т	Випуск повітря з напорної порожнини	1	10	1,0	10,2
У	Відведення витоків	1	50	–	–
Ф	Підведення охолоджуючої води до корпусів підшипника	1	32	1,0	10,5
Ц	Відведення охолоджуючої води від корпусів підшипника	1	32	1,0	10,2
Ч	Випорожнення насоса	2	20	1,0	10,5

Таблиця 2 – Моменти затягування гайок

Позначення	М	Н	П
Момент Нм (кгс·м)	1670^{+98} (170^{+10})	540^{+49} (55^{+5})	1370^{+98} (140^{+10})
Діаметр шпильок, мм	М48	М36	М42

Технічна характеристика

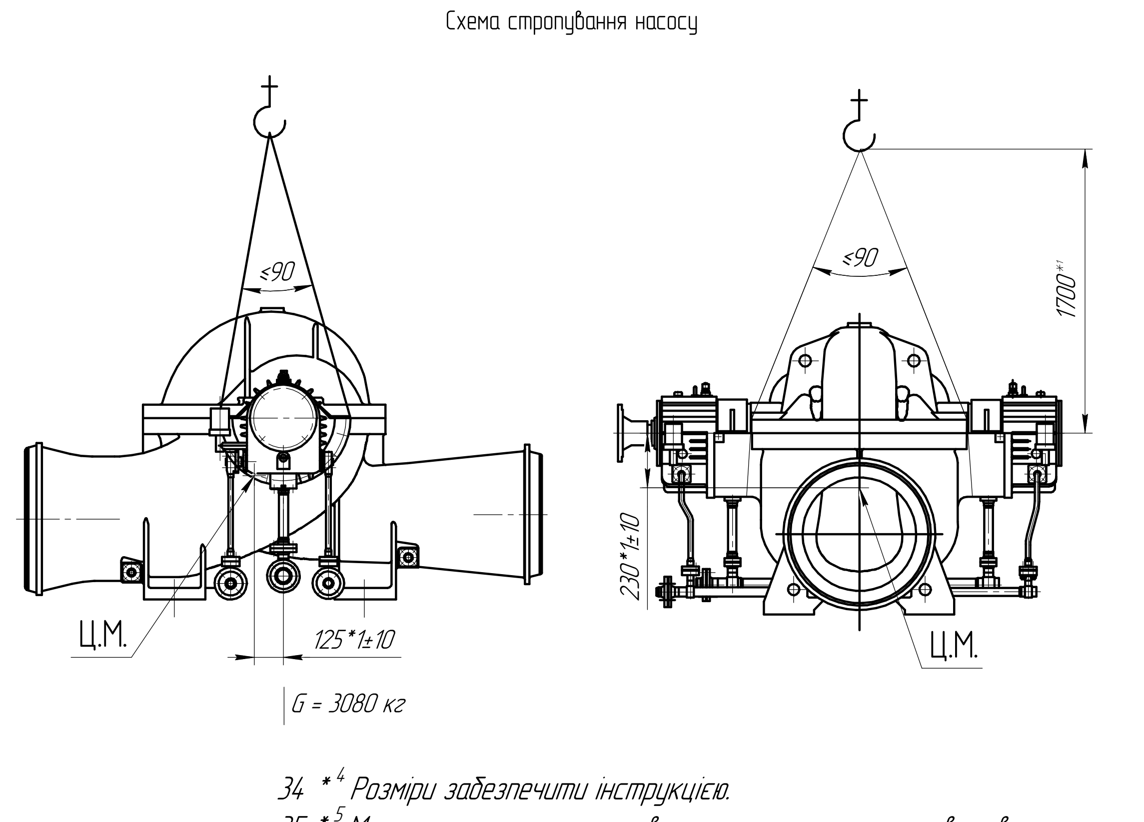
Насос	ЦНА 2000-40
Подача, м³/с (м³/ч)	0,556 (2000)
Напір, м	40
Розрахунковий тиск, МПа (кгс/см²)	1,0 (10,2)
Максимальний тиск на вході в насос, МПа (кгс/см²)	0,28 (2,9)
Необхідний надкавітаційний напір на вході, NPSHR ($\Delta h_{доп}$), м, не більше	12
Максимальна потужність, кВт	312
Частота обертання, с⁻¹ (об/хв)	24,82 (1489)
Зовнішній витік через торцеве ущільнення валу (сумарна), м³/с (л/год), не більше	$13,9 \cdot 10^{-8}$ (0,5)
Двигун	ДА304-85/37К-4АУХЛ4
Потужність, кВт	330
Напруга, В	10000
Частота тока, Гц	50

Технічні вимоги

1 Відбір тиску на вході та виході з насосу виконати на прямих ділянках технологічних трубопроводів у відповідності з ГОСТ 6134.2009.
2 Контролювати прилягання опорних поверхонь лап насоса поз. 6 до прокладок поз. 1, підкладок до фундаментної рами поз. 2. Щуп 0,05 мм не повинен входити в стик поверхонь, що сполучаються протягом не менш 70% довжини периметра при затягнутих гайках М.
3 Контролювати прилягання опорних поверхонь лап двигуна поз. 47 до відповідних прокладок поз. 15, 16, 17, 18, 19, 20, прокладок між собою та до опорних поверхонь рами поз. 2. Щуп 0,05 мм не повинно входити в стик поверхонь, що сполучаються протягом не менш 70% довжини периметра при затягнутих гайках Н.
4 Вибірити попередньо положення агрегата на фундаменті за допомогою установочних гвинтів поз. 37. Після вибірки відхилення від горизонтальності не повинно перевищувати 0,5 мм/м по повздовжній та поперечній осях.
Ш – місце встановлення рівня для вибірки положення насосу на фундаменті при знятому кожусі Щ.
Допускається встановлювати рівень на поверхні Е при знятому кожусі Ю.
5 Забезпечити розмір Я по фактичному розміру проставки мурти пружньої пластинчатої поз. 1 у відповідності з вимогами керівництва по експлуатації.
6 Провести центрування насосу та двигуна, використовуючи пристрій для центрування валів.
Базой для центрування агрегату повинен бути насос. Центрування в горизонтальній площині забезпечити зміщенням двигуна гвинтами поз. 36, у вертикальній площині – гвинтами $В_1$ та вимірювання товщини набору відповідних підкладок поз. 15, 16, 17 та поз. 18, 19, 20.
Допуск співвісності валів – 0,03 мм.
Допуск паралельності торцевих поверхонь напівмуфт – 0,03 мм.
7 Шпильки поз. 3 встановити, витримавши розмір $А_1$.
8 Після центрування насоса та двигуна раму поз. 2 підлити бетоном до рівня поверхні $Б_1$, забезпечивши доступ до гвинтів поз. 37, попередньо захистивши їх від стикання з бетоном.
Вільний простір всередині рами заполонити бетоном.
9 Перед кінцевим затягуванням гайок П гвинти поз. 37 вивернути на два-три оберти.
10 Гвинт поз. 35 кернити від самовідгвинчуванням по середньому діаметру різьби ударним способом в двох діаметрально розташованих місцях на глибині не меньше 1 мм.
11 Шорсткість поверхонь деталі, що обробляються без креслення Ra 50.
12 *Розмір для довідок.
13 **Обробити по деталях, що сполучаються.
14 Моменти затягування гайок М, Н, П у відповідності з таблицею 2.
15 Маркувати лапи насоса поз. 6 та відповідні прокладки поз. 14 одним порядковим номером. Лапи насоса маркувати ударним способом шрифтом 5-Пр3 ГОСТ 26.020-80. Прокладки маркувати електропером.
16 Маркувати лапи двигуна поз. 47 та набори відповідних прокладок поз. 15, 16, 17 та поз. 18, 19, 20 одним порядковим номером. Лапи двигуна маркувати ударним способом шрифтом 5-Пр3 ГОСТ 26.020-80. Прокладки маркувати електропером.
17 Стропування двигуна у відповідності з його експлуатуаційної документації.

					131.02ВР.000.00 МК			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Агрегат електронасосний АЦНА 2000-40 Монтажне креслення	Лит.	Масса	Масштаб
Розраб.	Сотенко					Н	7350	1:10
Пров.	Лугова					Лист	Листов	1
Т.контр.						Гм-81-0		
Н.контр.	Лугова							
Утв.								

Копировал Формат А2х4



34 *4 Розміри забезпечити інструкцією.
35 *5 Маса насоса може уточнюватися по результатам зважування перших двох виробів.
36 Покриття по ГОСТ 9.032–74 виконати по класу покриття V в наступному порядку:
– зовнішніх поверхней, окрім посадочних, кришка $В_1$ та корпусу $Г_1$ насосу (окрім поверхней, які обмежені розмірами $Б_2$ та $В_2$), корпусів торцевих ущільнень, кронштейнів поз. 1, поз. 2, поз. 20 та поз. 21, відбійників $Щ_1$ та $Г_2$, трубопроводів допоміжних (окрім учасників контрфланців, призначені під приварку на відстані (20^{+2}) мм від краю); зовнішніх та внутрішніх поверхней, окрім посадочних, корпусов та кришек підшипників поз. 7 та поз. 8 (окрім майданчиків $К_2$, $Л_2$, $М_2$, $Н_2$, $П_2$ та $Р_2$ під встановлення датчиків вібрації), загорожа поз. 3 та поз. 4 – Армокот А501 ТУ 2312-009-23354769-2008, сірий RAL 7035, лак КО-921 за ГОСТ 16508–70.

Площа покриття – 9,5 $м^2$.
– поверхонь стрілки напрямку обертення, ручок клапанів запорних сильфонних – Армокот А501ТУ2312-009-23354769-2008, червоний RAL 2002, лак КО-921 за ГОСТ16508–70.
Загальна товщина покриття не меньше 150 мкм.

Площа покриття – 0,005 $м^2$.
37 Консервація за ГОСТ 9.014–78:
– деталей, які знаходяться в середині корпусу насоса (окрім торцевих ущільнень поз. 9), деталей, які знаходяться в середині підшипників поз. 7 та поз. 8 – варіант захисту ВЗ-1 (консерваційне масло К-17 ГОСТ 10877–76), варіант внутрішньої упаковки ВУ-9.

Площа консервації – 8 $м^2$.
– щілини, які створені поверхнями відбійників $Щ_1$, $Г_2$, кришек $П_1$, $Р_1$ та $Д_2$ заповнити мастилом гарматним ГОСТ 19537–83.

Площа консервації – 1 $м^2$.
– кріпильні вироби (за виключенням корозійностійких сталей), відкритих ділянок валу, зовнішніх оброблених, але непофарбованих поверхней насоса – варіант захисту – ВЗ-4 (мастило гарматне ГОСТ 19537–83), варіант внутрішньої упаковки насосу – ВУ-4.

Площа консервації – 1,5 $м^2$.
– оброблених, але непофарбованих поверхней запасних частин (окрім торцевих ущільнень, кілець резинових, прокладок), які посачаються з насосом, полушпонки з комплекту інструмента та належність – варіант захисту ВЗ-4 (мастило гарматне ГОСТ 19537–83), варіант внутрішньої упаковки – ВУ-4.

Площа консервації – 2 $м^2$.
– запасного торцевого ущільнення та запасних прокладок – варіант захисту ВЗ-0, варіант внутрішньої упаковки – ВУ-5.
Деталей зі сталей 12Х18Н9ТЛ, 12Х18Н10Т консервації не підлягають.
38 Маркувати порядковий номер насосу ударним способом шрифтом 8-Пр3 ГОСТ 26.020–80.

Площа нанесення мастила – 0,1 $м^2$.
16 Забезпечити стопоріння гайки $Ж_2$, які знаходяться всередині підшипника поз. 7, та гайки $И_2$, які знаходяться всередині підшипника поз. 8, встановленням гвинтів $Е_2$ та $З_2$ відповідно. Гвинти $Е_2$ та $З_2$ встановити на фіксаторі різьби високої міцності Loctite 2701. Нанесення різьбового фіксатора виконувати по технології підприємства-виробника фіксатора.

Площа нанесення фіксатору – 0,01 $м^2$.
17 Забезпечити стопоріння усіх гайок, які знаходяться всередині насосу, відгином шайб.
18 При збиранні насоса всі резинові кільця та поверхні, які з ними контактують, змазати тонким шаром мастила ВНИИ НП-282 ТУ 38.1011261-89.

Площа нанесення мастила – 0,002 $м^2$.
19 До встановлення кришки $В_1$, ущільнень торцевих поз. 9 ротор поз. 6 вставити в середнє положення відносно відводу корпусу $Г_1$. Середнє положення ротору забезпечити за рахунок підрізання торця $Н_1$ кільця $М_1$, забезпечив шорсткість поверхні $\sqrt{Ra\ 1{,}6}$, допуск паралельності – 0,02 мм.
Неспівпадання вісей робочого колеса та відводу корпусу $Г_1$ – не більше 2 мм. Відхилення конролювати в площині роз'єму.
20 Проміжок $Д_1$ забезпечити зарахунок підрізання торця $Е_1$ кришки $Ж_1$, забезпечив шорсткість поврхні $\sqrt{Ra\ 1{,}6}$, допуск паралельності – 0,02 мм.
21 Проміжки $И_1$ та $З_1$ забезпечити за рахунок підрізання торців $Л_1$ та $К_1$ кришок $Р_1$ та $П_1$, забезпечив шорсткість поверхонь $\sqrt{Ra\ 6{,}3}$, допуск паралельності – 0,1 мм.
22 Встановити кришку $В_1$, забезпечив рівномірність затяжки гайок колпачкових $Б_1$.
23 Моменти затягування гайок кріпильних виробів, які працюють під тиском, згідно з вимогами керування по експлуатації.
24 Встановити ущільнення торцеве поз. 9, з попередньо встановленими монтажними скобами $С_1$ на вал без завдання в розточування корпусу.
25 Збирання підшипників поз. 7 та поз. 8 проводити згідно з вимогами документації.
26 Після виконання отворів на валу та втулках згідно Д–Д та Е–Е гострі кромки на них притупити радіусом 0,5 до 0,6 мм, розмір котрого забезпечити інструментом.
27 Прозвести центрування ротору зі статором за допомогою установчіх гвинтів поз. 49. Перевірити обертання ротору, він повинен вільно обертатися від руки без заведенн. Після центрування корпусу підшипників заштифтувати у відповідності з К–К.
Під час виконанання отвори забезпечити прилягання його поверхні до конічної поверхні калібру-пробки за рахунок пригонки конічної розгортки по калібру-втулки, яку використвують для контроля виготовлення штифту конічного поз. 31. Площа контакту не меньше 90%. Контроль прилягання – по фарбі. Допускається неприлягання по меньшому діаметру (згідно з К–К).
28 Завести ущільнення торцеве поз. 9, зі встановленими монтажними скобами $С_1$, в розточування корпусу зі сторони підшипника поз. 8 та закріпити гайками $Т_1$.
Завернути гайку $У_1$ до металевого котакту з обоймой, яка обертається $Ф_1$. Гайку $У_1$ встановити, витримавши промыжки $Ч_1$ у відповідності з Т та У. Зафіксувати гайку $У_1$ та $Ц_1$ болтами та застопорити їх шайбами від самовідгвинчування.
Аналогічно встановити торцеве ущільнення зі сторони підшипника поз. 7.
Після збирання зняти монтажні скоби $С_1$ та фіксуючи їх болти з обох торцових ущільнень та укласти в ящик з запасними частинами.
29 Відбійник $Щ_1$ вставити, забезпечив проміжки $Е_1$, $Ю_1$, $Я_1$ та зафіксувати гвинтами $А_2$ у відповідності з Р, С та Ю. Гвинти кернити від самовигвинчування по середньому діаметру різьби ударним способом глибиною не меньше 1 мм.
30 Перевіріти обертання ротору від руки за полумуфту. Ротор повинен обертатися без зачіпання.
31 *1 Розміри для довідок.
32 *2 Оброблювати по деталі, яка сопрягається та збиральної одиницею.
33 *3 Розміри виконати після заводських випробувань насоса в зборі.

Технічна характеристика

Насос	ЦНА 2000-40-3
Подача, $м^3/с$ ($м^3$/год)	0,555 (2000)
Напір, м	40
Розрахунковий тиск, МПа ($кгс/см^2$)	1,0 (10,2)
Максимальний тиск на вході в насос, МПа ($кгс/см^2$)	0,28 (2,9)
Потребуємий надкавітаційний напір на вході, NPSHR ($\Delta h_{доп}$), м, не більше	12
Максмальна потужнисть, кВт	312
Частота обертання, $с^{-1}$ (об/хв)	24,82 (1489)
Зовнішній витік через торцеве ущільнення валу (сумарна), $м^3/с$ ($м^3$/год), не більше	$13{,}9 \cdot 10^{-8}$ (0,5)
Двигун	ДА304-85/37К-4АУХЛ4
Міцність, кВт	330
Напруга, В	100000
Частота току, Гц	50

Техічні вимоги

1 Відбір тиску на вході та виході знасосу виконувати на прямих ділянках технологічних трубопроводів у відповідності з ГОСТ 6134–2007.
2 Монтаж насосу, двигуна та муфти виконувати у відповідності з керівництвом по експлуатації та експлуатаційної документації двигуна.
3 Контролювати прилягання опорних поверхней лап насосу до прокладки, прокладок до рами фундаментної. Щуп 0,05 мм не повинен входити в стик поверхней, що сполучаються протягом не меньше 70% довжини периметру при затянутих гайках.
4 Контролювати прилягання опорних поверхней лап двигуна до відповідних прокладок між собою та до опрних поверхней рами. Щуп 0,05 мм не повинен входити в стик поверхней, що сполучаються протягом не меньше 70% довжини периметру при затягнутих гайках.
5 Вивірити попередньо положення агрегату на фундаменті за допомогою установчих гвинтів. Після вивірки відхилення від горизонтальності не повинно перевищувати 0,5 мм/м по повздовжній та поперечній осям.
6 Забезпечити розмір $А_1$ по фактичному розміру поставки муфти пружньої пластинчатої у відповідності з вимогами керівництва по експлуатації.
7 Здійснити центрування насоса та двигуна, воконуя пристрій для центрування валів.
Базой при центруванні агрегату повинен бути насос. Центрування у горизонтальній площині забезпечити зміщенням двигуна гвинтами, у вертикальній площині – гвинтами $Г_1$ та зміною товщни наборів відповідних прокладок. Допуск співвісності валів – 0,03 мм.
Допуск паралельності торцевих поверхней полумуфти – 0,03 мм.
8 Шпильки встановити, витримавши розмір $Б_1$.
9 Після центрування насосу та двигуна раму підлити бетоном до рівня поверхні $В_1$, забезпечив доступ до гвинтів, попередньо захиствши їх від дотикання з бетоном.
Вільний простір всередині рами заполонити бетоном.
10 Перед остаточним затягуванням гайок, гвинти вивернути на два-три оберти.
11 Гвинт поз. 35 кернити від самовідгвинчування по середньому діаметру різьби ударним способом в двох діаметрально розташованих місцях на глибину не меньше 1 мм.
12 Шорсткість оброблуємих поверхоь деталі без креслення – $\sqrt{Ra\ 50}$.
13 Фільт-сітка поз. 5 на кресленні не показана.
14 Стропування двигуна у відповідності з його експлуатаційною документацією.
15 Під час збирання насосу посадочні поверхні, різьби (окрім вигвинчування кінців шпильок), робочі торці гайок колпачкових $Б_1$ змазати тонким шаром пасти ВНИИ НП-232 ГОСТ14068–79.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	131.02ВР.100.00			
Разраб.		Палієнко			Насос ЦНА 2000-40	Лит. Н	Масса 3050	Масштаб 1:4
Пров.		Лугова				Лист	Листов 1	
Т.контр.						Гм-81-0		
Н.контр.		Лугова						
Утв.								

Копировал
Формат А2×5

Перв. примен.

Справ. №

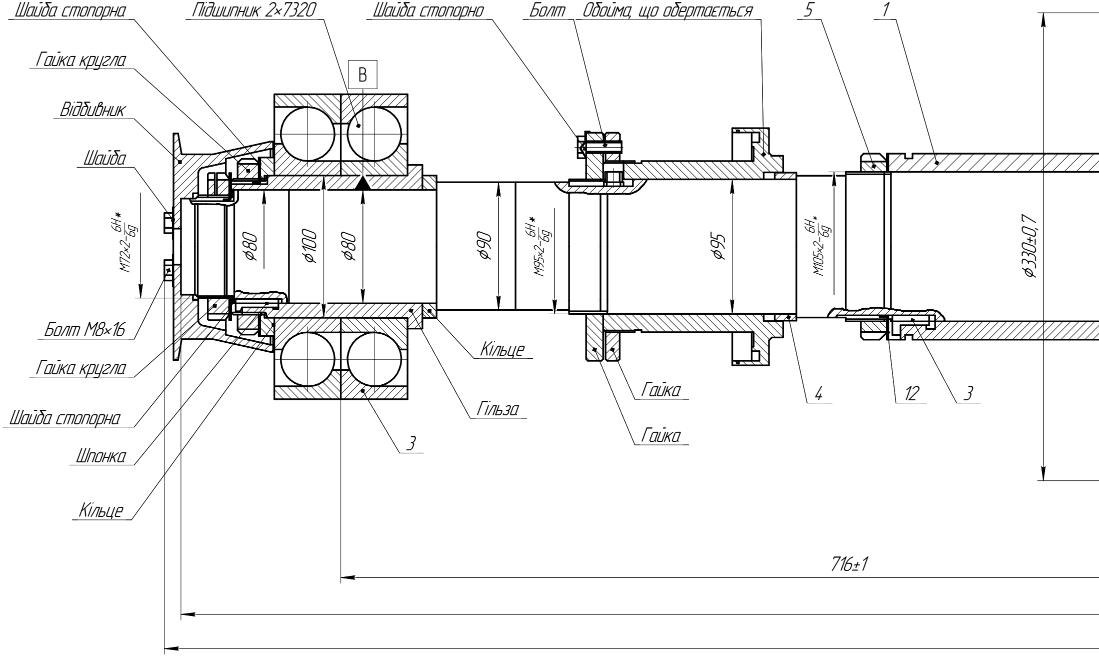
Подп. и дата

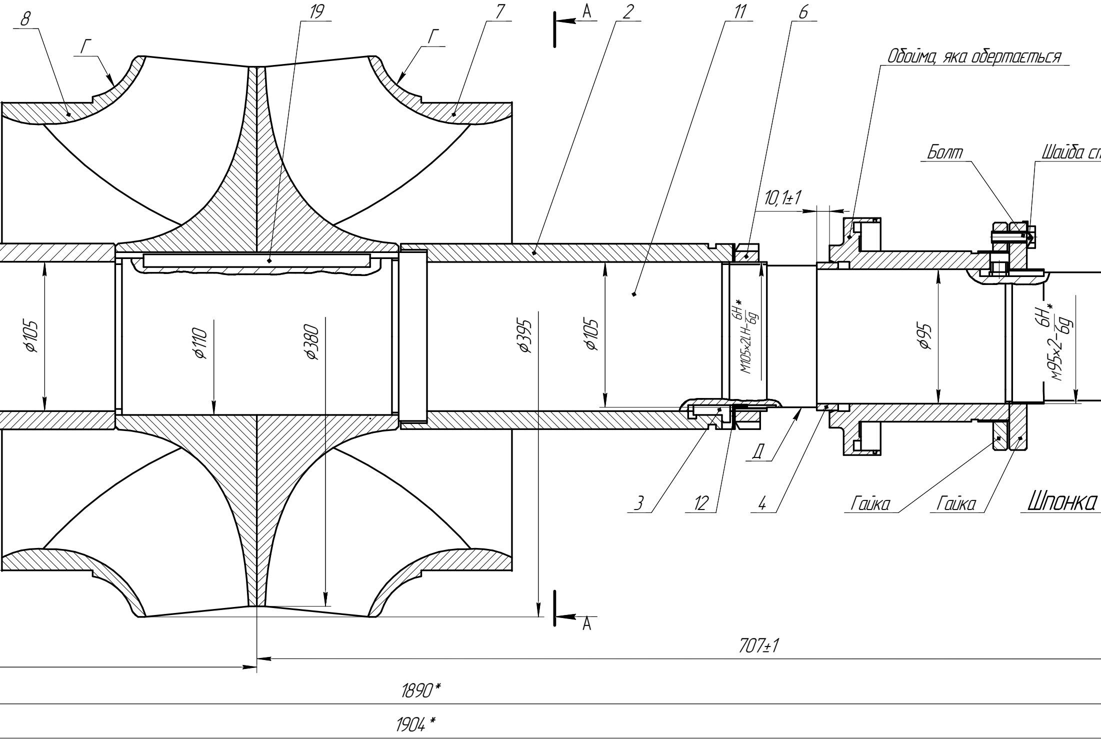
Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.


Шайба стопорна
Підшипник 2×7320
Шайба стопорно
Болт
Обойма, що обертається
5
1
Гайка кругла
B
Відбивник
Шайба
M72×2-6H*/6g
ϕ80
ϕ100
ϕ80
ϕ90
M95×2-6H*/6g
ϕ95
M105×2-6H*/6g
ϕ330±0,7
Болт М8×16
Кільце
Гайка кругла
Гайка
4
12
3
Гільза
Шайба стопорна
Гайка
3
Шпонка
Кільце
716±1


8
19
7
А
2
11
6
Г
Г
Обойма, яка обертається
Болт
Шайба сп
10,1±1
⌀105
⌀110
⌀380
⌀395
⌀105
M105×2LH-6H*/6g
⌀95
M95×2-6H*/6g
Д
3
12
4
Гайка
Гайка
Шпонка
А
707±1
1890*
1904*

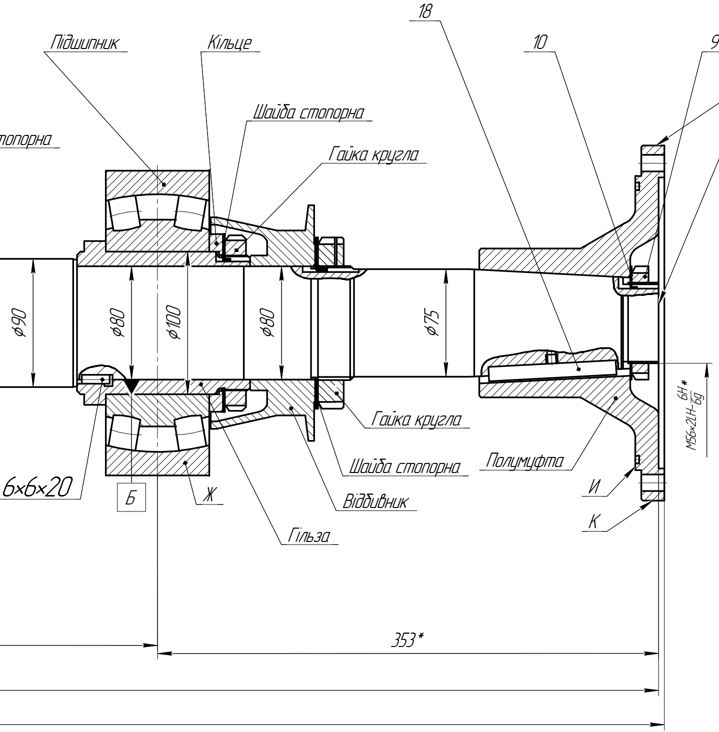

18
Підшипник
Кільце
10
9
п.9
топорна
Шайба стопорна
Гайка кругла
⌀90
⌀80
⌀100
⌀80
⌀75
M56×2LH-6H*/6g
Гайка кругла
Шайба стопорна
Полумуфта
6×6×20
Б
Ж
Відбивник
И
К
Гільза
353*

Схема кернування

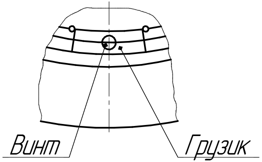
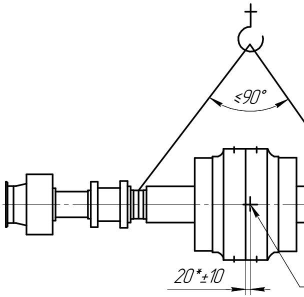
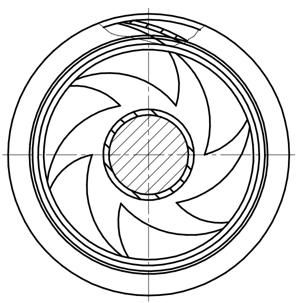
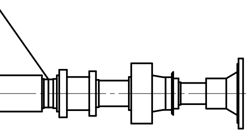

Винт
Грузик

Схема строповки



А–А (1:4)





Ц.М.

Контроль залишкового ди
допуска 4 та 5.
Допустимий баланс D_4 = 8
7 При встановленні ротора
динамічно без деталей по
полушпонку, гвинт зі вст
відповідності з вимогами
корегування викоритовув
здійснюється в площинах
не більше 1,5 мм з плавни
з центральним кутом не
поверхні $\sqrt{Ra\ 3{,}2}$.
Контроль залишкового ди
допуску 4 та 5.
Допустимий дисбаланс D_4
Поверхні коліс робочих в
контролювати на відсутн
Крівництво по безпеці пра
методики контролю основ
з'єднань та наплавлення
енергетичних установок.
Оцінку якості поверхні ви
"Оцінка якості поверхонь
Виправлення дефектів по
8 При стропуванні поверхні
9 Маркувати одним порядк
балансуванню, ударним ст
10 Маркувати позначення к

исбалансу виконувати в площинах завдання

300 г·мм, D_5= 630 г·мм.
а в запчастини ротор балансувати
оз. 4, 18, встановивши замість шпонки поз. 18
тановленням на опорні шийкі валу у
ГОСТ ІСО 1940–1–2007. В якості площин
вати площини 1, 2. Корегування маси
х 1, 2 зняттям металу з поверхні Г на глибині
им переходом до поверхні дисків на секторі
більше 180°, забезпечуючи шорсткість

исбалансу виконувати в площинах завдання

= 730 г·мм, D_5= 640 г·мм.
місцях видалення металу при балансуванні
ності тріщин капілярним методом по РБ–090–14
и використанні атомної енергії "Уніфіковані
чних матеріалів (напівфабрикатів), зварних
обладнення та трубопроводів атомних
Капілярний контроль", клас чутливості ІІ.
иконувати по інструкції И22–99
литих стальних заготівок для насосів АЕС".
інструкції підприємства–виробника.
і Д та Е захищати від пошкоджень.
ковим номером деталі, які піддаються спільному
пособом шрифтом 3–Пр3 ГОСТ 26.020–80.
креслення на бірці.

1 При встановленні колес поз. 7 та поз. 8 повинно забезпечуватися зміщення вихідних кромок лопастей на півкроку.

2 Допуски радіального биття контролювати при відпущених та затягнутих гайках поз. 5 та поз. 6.
Шайби стопорні поз. 12 відгинати при збиранні насосу.

3 * Роміри для справок

4 ** Маса ротора з деталями, вказанимина кресленні.

5 Проконтролювати та при необхідності забезпечити прилягання конусів валу поз. 11 та полумуфти на площі не менше 85% за рахунок підгонки поверхні валу з забезпечнням шорсткості поверхні $\sqrt{Ra\ 0{,}8}$. Неприлягання поверхней допускається зі сторони меншого діаметра з'єднання. Контроль прилягання по фарбі здійснювати після встановлення полумуфти від руки. Товщина наносимого шару фарби не більше 0,01 мм.

6 Ротор балансувати динамічно у відповідності з вимогами ГОСТ ІСО 1940–1–2007, встановивши замість підшипників Ж та З технологічні втулки, забезпечив биття по зовнішньому діаметру втулок не більше 0,02 мм відносно осі валу, разом з деталями: полумуфтой, гільзами, відбивачами, гайками круглими, шайбами стопорними, шпонками, обоймами обертальними, гайками, болтами, шайбами, шайбами стопорними, кольцами. В якості площин корекції використовувати площини 2, 3. Корегування маси виконувати в площині 2 зняттям металу з поверхней Г на глибині не більше 1,5 мм з плавним переходом до поверхні дисков на секторі з центральним кутом не більше 180°, забезпечуя шорсткість поверхні $\sqrt{Ra\ 3{,}2}$, в площині 3 шляхом встановлення на поверхні И балансувальних вантажів та гвинтів. Після встановлення балансувальні вантижі та гвинти кернити ударним способом глибиною на менше 1 мм згідно схемі. Допускається корегування маси виконувати свердлінням отворів діаметром не більше 8 мм та глибиною не більше 8 мм між призонними болтами на поверхні К.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Палієнко		
Пров.		Лугова		
Т.контр.				
Н.контр.		Лугова		
Утв.				

131.02ВР.120.00

Ротор

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1

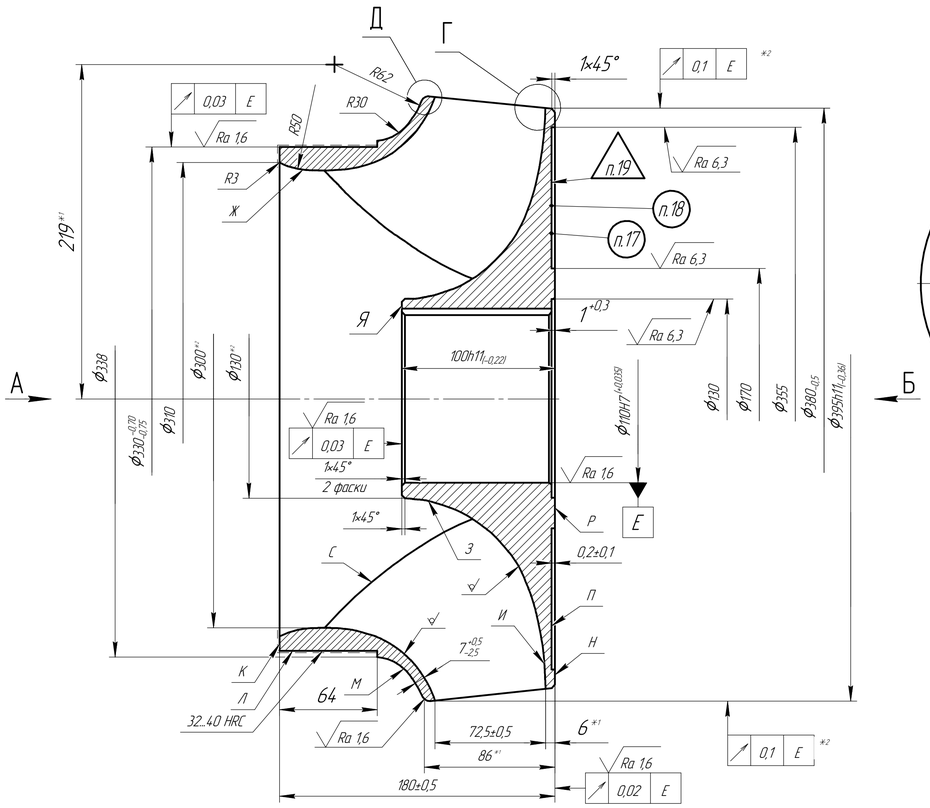
Лист
Листов 1

Гм–81–0

Копировал

Формат А4×9

Рисунок 1



А (1:4)

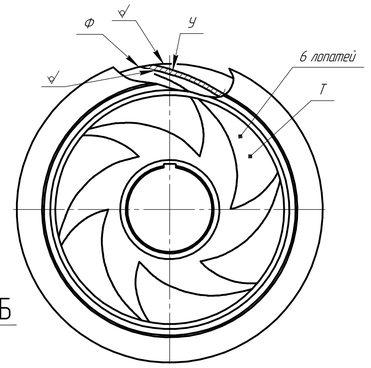
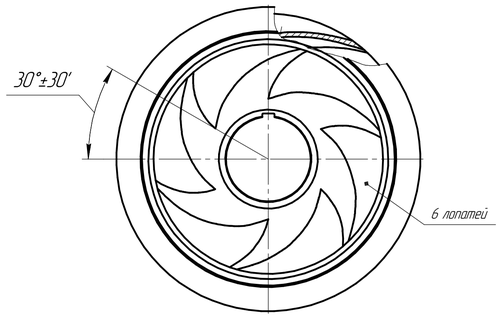
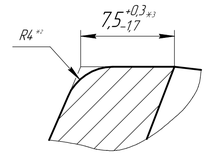


Рисунок 2
Інше – див. рисунок 1

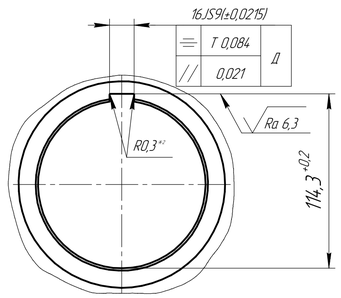
А (1:4)



Д (4:1)



Б



Г (1:1)
До підрізування

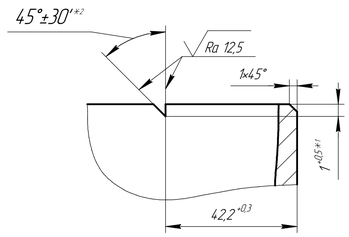
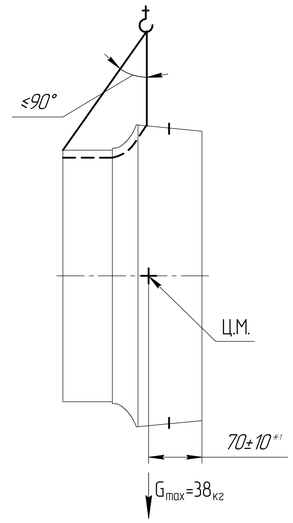


Схема строповки



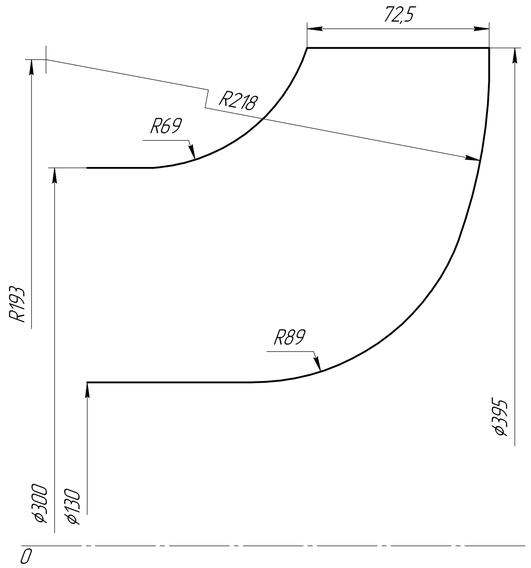
Позначення	Рисунок	Позначення теоретичного креслення
Х	1	Х
-01	2	-01 ТЧ

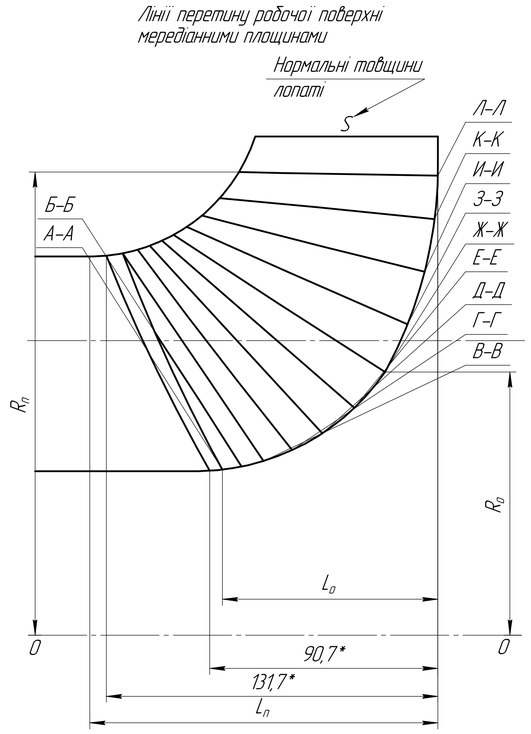
1 Геометрія колеса робочого згідно з таблицею 1.
2 Відливка робочого колеса – 3-ої групи по ГОСТ 977-88 та технічним вимогам підприємства-виробника.
Точність відливки 9-0-0-9 ГОСТ 26645-85.
3 Невказані ливарні радіуси від 3 до 5 мм.
4 Шорсткість поверхонь внутрішніх каналів повинна відповідати шорсткості затвердженого зразка, погодженого з розробником документації.
5 Перед обробкою робоче колесо виставити по поверхням Ж, З, И. Биття поверхні И контролювати візуально.
6 Поверхні Ж та З виконати з плавним переходом поверхней.
7 Гострі кромки Ф притупити радіусом не більше 0,3 мм.
8 Невказані граничні відхилення розмірів: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
9 *1 Розміри для довідок.
10 *2 Розміри забезпеч. інстр.
11 *3 Розмір контролювати до виконання радіуса R3.
12 Невказані допуски форми та розташування поверхонь по ГОСТ 25069-81 забезпеч. інстр.
13 Після кінцевої термічної та механічної обробки поверхонь К, Л, М, Н, П, Р, Я, вхідні кромки С, тильну сторону лопатей Т на відстані 20^{+5} мм від вихідної кромки та поверхня У з робочої сторони на відстані 30^{+5} мм від вихідної кромки перевірити капілярним методом за методикою підприємства-виробника.
Класс чутливості II.
Оцінку якості поверхонь проводити за інструкцією підприємства-виробника.
14 Допускається вимірювання твердості проводити на поверхні К до виконання кінцевої обробки.
15 Робоче колесо балансувати статично в динамічному режимі по ГОСТ ИСО 1940-1-2007. корегування маси здійснювати зняттям металу з поверхні М на глибину не більше 1,5 мм або з поверхні П на глибину не більше 1 мм з плавним переходом до поверхні дисків, забезпечуючи шорсткість поверхонь, відповідну шорсткості затвердженого зразка.
Допустимий дисбаланс D=510 г·мм.
Допускається спільне балансування робочих коліс з забезпеченням зміщення лоптей на 1/2 кроки.
Допустимий дисбаланс при спільному балансуванні D=1280 г·мм.
16 Місця зняття дисбаланса перевірити на відсутність тріщин капілярним методом за методикою підприємства-виробника.
Клас чутливості II.
Оцінку якості поверхонь проводити за інструкцією підприємства-виробника.
17 Маркувати позначення креслення, марку матеріалу, номер плавки та номер маршутного листа електропером.
18 Маркувати одним порядковим номером спільно балансовані колеса електропером.
19 Таврувати знак ОТК.

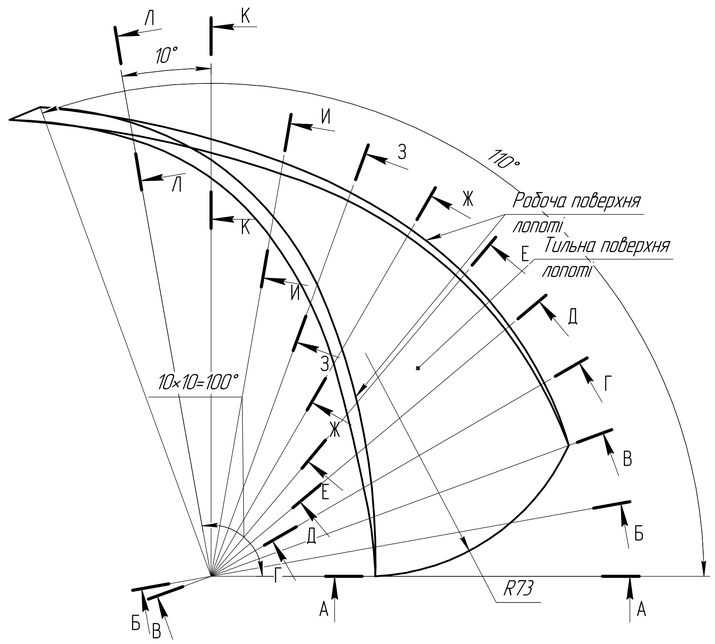
					131.02ВР.120.08		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Пилієнко			Колесо робоче	Лит.	Масса 38	Масштаб 1:2
Пров.		Лугова				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Лугова			20Х 13Л ГОСТ 977-88	Гм-81-0		
Утв.								

Копировал Формат А1

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



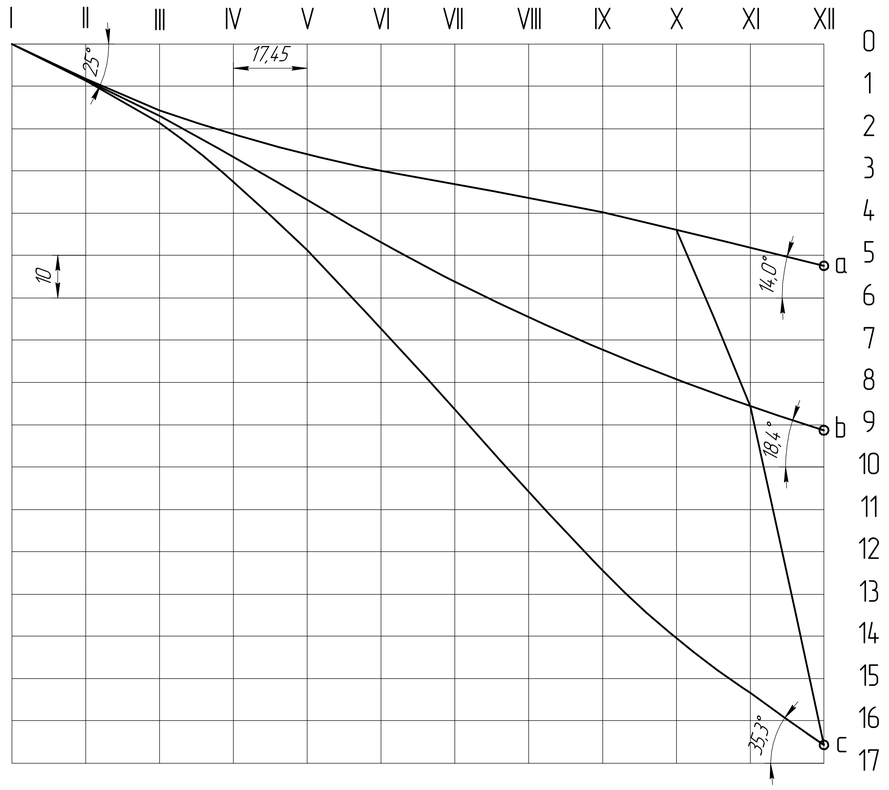




Таблиця 1 *В міліметрах*

ПЕРЕРІЗ	$L_п$	$R_п$	$L_п$	$R_п$	S
Вхідна кромка	85,6	–	125,1	–	4
А–А	85,6	65,6*	138,1	150,0*	4
Б–Б	77,9	66,7*	131,6	150,3*	5,2
В–В	69,0	68,9*	125,1	151,2*	5,8
Г–Г	58,2	73,0*	119,2	152,6*	6,0
Д–Д	45,9	79,8*	114,2	154,3*	6,0
Е–Е	33,2	90,0*	109,6	156,1*	6,0
Ж–Ж	21,2*	104,3	104,9	158,5*	6,0
З–З	11,6*	122,9	99,7	161,6*	6,0
И–И	5,6*	144,0	93,6	166,2*	6,0
К–К	1,8*	164,9	86,6*	173,0	6,0
Л–Л	0,3*	182,1	79,0*	183,4	6,0
ВИХІДНА КРОМКА	0,0	197,5*	72,5	197,5*	6,0

Комфорна діаграма
Радіус комфорного циліндра $R_{к.ц.}$=100 мм



1 Вхідну кромку скруглити в моделі радіусом рівним половині товщини лопаті
2 *Розміри для довідок

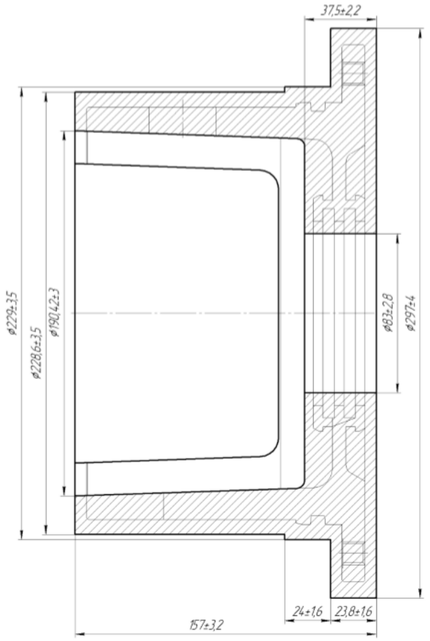
					131.02ВР.100.00ТК		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Теоретичне креслення робочого колеса	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Поліенко				Н		1:1
Пров.		Лугова				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Лугова				Гм–81–0		
Утв.								

Копировал Формат А1

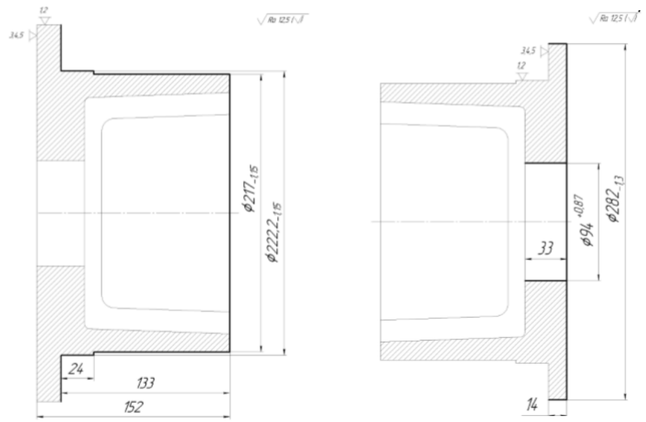
Перв. примен. | Справ. № | Подп. и дата | Инв. № дубл. | Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

131.02ВР.000.00ТП

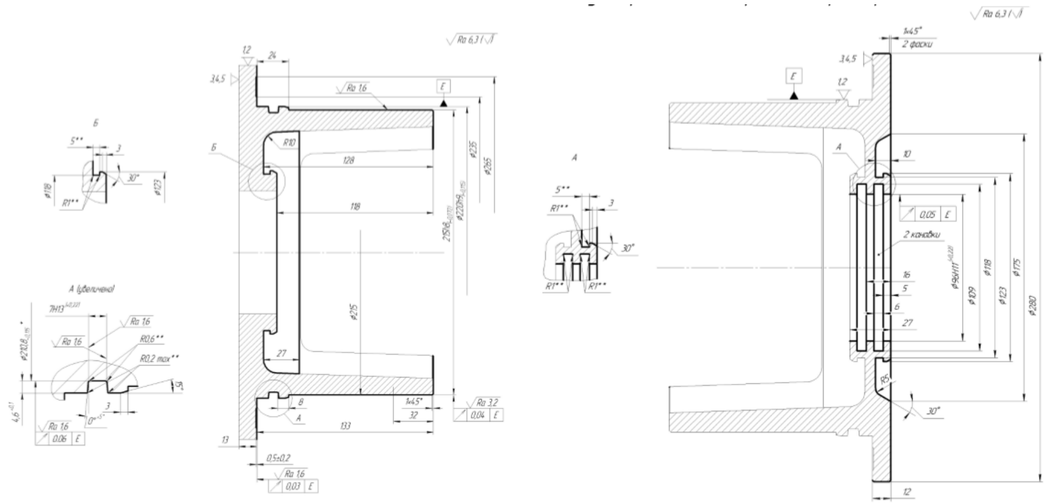
Ескіз заготовки



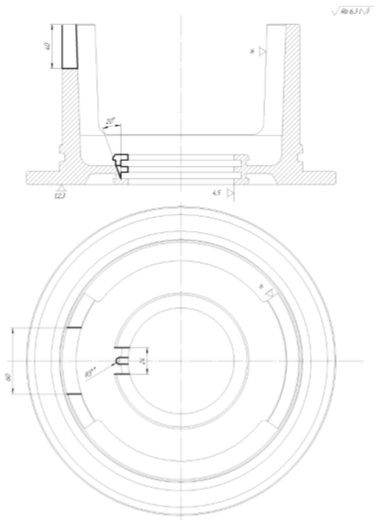
030–Токарна чорнова



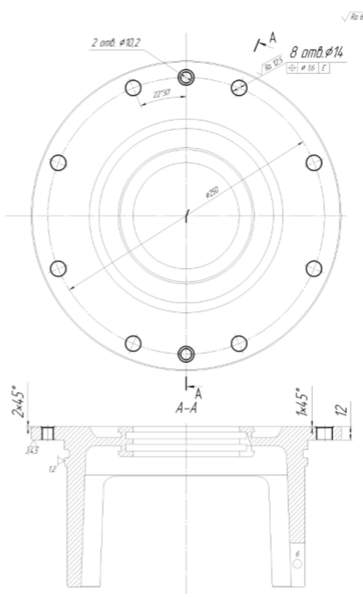
040–Токарна чистова

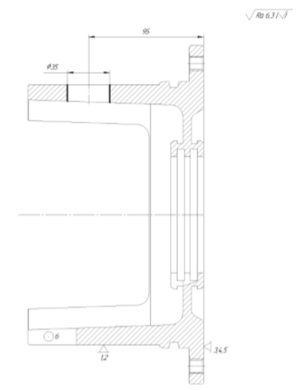


060–Фрезерна з ЧПК



070–Свердлильна





Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	131.02ВР.000.00ТП	
Разраб.		Паліенко			Технологічне креслення кришки підшипника	Лит. / Масса / Масштаб 1:1
Пров.		Лугова				Лист / Листов 1
Т.контр.						Гм-81-0
Н.контр.		Лугова				
Утв.						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А3×2