

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

“Модернізація насос КШ 125-315 з метою підвищення всмоктувальної здатності”

зі спеціальності **6.05050205- гідравлічні машини, гідроприводи
та гідропневмоавтоматика**

Виконавець роботи **Пономаренко Олександр Григорович**
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Науковий керівник

кандидат технічних наук
(науковий ступінь, учене звання)

Лугова Світлана Олегівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис, дата)

Суми 2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 94 с., рисуноків: 22, 5 таблиць, 2 додатків, 21 літературних джерел.

Тема роботи – «Модернізація насоса К 125-315 з метою підвищення всмоктувальної здатності».

Графічні матеріали: 5,62 аркуші формату А1: монтажне креслення насосного агрегату, складальне креслення насоса, теоретичне креслення відводу, креслення робочого колеса, креслення шнека, креслення ротора креслення кільця та кришки .

Мета роботи – розроблення конструкції насоса типу КШ для перекачування води.

Відповідно до поставленої мети було:

- проведено аналіз конструкцій консольних насосів типу К;
- виконано розрахунки щодо вибору конструктивної схеми насоса;
- виконано гідравлічні розрахунки;
- виконано вибір електродвигуна і побудована пускова моментна характеристика;
- виконано розрахунок довговічності підшипників;
- виконано розрахунки на міцність.

У розділі охорони праці розглянуто виробничий процес та його структура, принципи організації виробничих процесів.

1 У розділі економіки розглянуто небезпечні зони устаткування, засоби захисту.

, у технологічному розділі розроблено технологічний процес обробки робочого колеса.

У розділі індивідуальне завдання розглянуто заходи щодо захисту від кавітаційного зрушення.

Ключові слова: ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС ТИПУ КШ, КОНСТРУКЦІЯ, РОБОЧЕ КОЛЕСО, ВІДВІД, ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, МІЦНІСТЬ

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСІВ ТИПУ К.....	9
2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ НАСОСА...	13
3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ НАСОСА.....	14
4 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	17
4.1 Визначення основних розрахункових даних.....	17
4.2 Вибір моделі робочого колеса.....	17
4.3 Визначення осьової сили, що діє на ротор насоса.....	18
4.4 Визначення радіальної сили.....	21
4.5 Розрахунок насоса на кавітацію.....	22
5 ВИБІР КІНЦЕВОГО УЩІЛЬНЕННЯ ВАЛА.....	24
5.1 Вибір типу ущільнення.....	24
5.2 Розрахунок потужності, споживаної в ущільненні.....	25
6 РОЗРАХУНКИ ВТРАТ І ПОВНОГО ККД НАСОСА	27
6.1 Гідравлічні втрати.....	27
6.2 Об'ємні втрати	28
6.3 Механічні втрати.....	28
7 РОЗРАХУНКИ ДО ВИБОРУ ДВИГУНА.....	31
7.1 Вибір двигуна.....	31
7.2 Розрахунок пускової моментної характеристики.....	35

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Пономаренко				<i>Насос відцентровий КШ 125-315 Пояснювальна записка</i>		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Луговая						4	83	
Реценз.							СумДУ ГМ-41		
Н. Контр.									
Затверд.									

8 МЕХАНІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	35
8.1 Розрахунок реакцій в опорах вала.....	35
8.2 Розрахунок довговічності підшипників.....	37
8.3 Розрахунок вала на статичну міцність.....	38
8.4 Розрахунок шпонкового з'єднання вала з колесом.....	41
9 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА. МЕРЕЖЕВИЙ ГРАФІК ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА НОВОЇ ТЕХНІКИ.....	43
10 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ. ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ВЛАСНИКА ЗА НЕВИКОНАННЯ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	50
11 ТЕХНОЛОГІЙНИЙ ПРОЦЕС ОБРОБКИ РОБОЧОГО КОЛЕСА.....	54
11.1 Характеристика типу виробництва	54
11.2 Розроблення технологічного процесу виготовлення робочого колеса.....	56
11.2.1 Технологічність деталі	56
11.2.2 Вибір заготовки та способу її отримання.....	59
11.2.3 Вибір технологічних баз.....	61
11.3 Складання технологічного маршруту обробки.....	62
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	65
ДОДАТОК А	67

Вступ

Консольні насоси (типу К) випускають з параметрами: $Q = 8,6 - 288 \text{ м}^3/\text{год}$; $H = 8,7 - 110 \text{ м}$; $n = 1450 - 3000 \text{ об/хв}$ [6]. Це найбільш розповсюджена група насосів, призначена для перекачування чистих або злегка забруднених, хімічно нейтральних, не в'язких рідин з температурою до 100°C .

Основні деталі таких насосів виготовляються з сірого чавуну і вуглецевої сталі. Для швидкозношуваних деталей іноді застосовують хромисту і леговану сталі.

Базовою деталлю насоса є опорний кронштейн, в якому на кулькових підшипниках встановлюють вал. До кронштейну шпильками кріплять спіральний корпус, напірний патрубок якого направлений вертикально в гору. При необхідності патрубок можна повернути на кут 90° , 180° та 270° від нормального положення. В корпусі виконують отвори для випуску повітря, зливу води та приєднання манометрів.

Кінцеве ущільнення сальникового типу, яке при необхідності можливо замінити на торцеве. Незначні осьові зусилля сприймаються кульковими підшипниками. Плаваючий підшипник зі сторони насоса сприймає тільки радіальне навантаження, а зафіксований з боку муфти кульковий підшипник – радіальне та осьове навантаження. Насос з електродвигуном встановлюють на загальній фундаментальній плиті та з'єднують пружною муфтою.

Агрегат електронасосний АКШ розроблений у рамках дипломного проектування для набуття звання «спеціаліст» на основі завдання на дипломний проект.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Умовне зображення:

Насос КШ 125-315:

К – консольний насос;

Ш – з підвищеною всмоктуваною здатністю;

125 – діаметр напірного патрубку в мм;

315 – номінальний діаметр робочих коліс в мм.

Агрегат АКШ 125-315.

А - відмінний індекс агрегату.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1. Призначення та застосування

До складу електронасосного агрегату, який розробляється у дипломному проекті, входить насос КШ 125-315. Він призначений для перекачування води (крім морської), конденсату водяного пару або інших рідин, які схожі за густиною, в'язкістю та хімічною активністю з водою.

Насос та агрегат в цілому не призначений для експлуатації вибухо- та пожежебезпечних приміщеннях, які розташовані в зоні без додаткової шумоізоляції.

Проектований консольний насос КШ 125-315 та агрегат АКШ 125-315 на його основі широко застосовується в міському та промисловому водопостачанні, на транспорті, у сільському господарстві, у нафтовій промисловості, в атомному насособудуванні.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2 Технічні характеристики

2.1 Технічні характеристики агрегата

Агрегат електронасосний АКШ 125-315

Подача, м ³ /год	200
Напір, м	32
Допустимий кавітаційний запас, м, не більше	1
Потужність ($\rho=1000$ кг/м ³), кВт	24,2

2.2 Технічні характеристики насоса

Насос КШ 125-315

Подача, м ³ /с (м ³ /год)	55,6 $\cdot 10^{-3}$ (200)
Напір, м	32
Тиск на вході в насос, МПа (кгс/см ²)	0,2
Допустимий кавітаційний запас, м	1
Частота обертання, с ⁻¹ (об/хв)	25(1500)
Потужність ($\rho=939$ кг/м ³), кВт	21,8
Температура перекачуваної рідини °С, не більше	358 (85)

2.3 Технічні характеристики двигуна

Двигун АМУ200L4У2

Потужність, кВт	30
Напруга, В	220/380
Частота обертання с ⁻¹ (об/хв)	25 (1500)

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2.4 Середовище перекачування насосом: вода (окрім морської), конденсат водяного пара та інші рідини, які схожі за густиною, в'язкістю та хімічною активністю з водою.

2.5 Середовище для змащування підшипників насоса:

Змазка пластинчата ЦИАТИМ – 221.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

3 Опис та обґрунтування обраної конструкції

Агрегат електронасосний АКШ 125-315 складається з насосу, плити фундаментної, муфти, огороження та двигуна.

Насос, двигун та огороження встановлені на загальній плиті.

Насос КШ 125-315 – відцентровий, горизонтальний, консольний з осьовим підводом рідини та спіральним відводом.

Насос КШ 125-315 – одноступеневий. Його статорна частина складається з корпусу з встановленими на ньому по радіальним щілинним та вставним кільцями, а роторна частина – з вала з встановленим на ньому передвиключеним колесом, робочим колесом, гільзою захисною, кільцем та напівмуфтою. Опорами вала є підшипники, які розташовані в кронштейні. В місці виходу вала з кришки знаходиться сальникова набивка з гідрозапірним кільцем, притискаючи за допомогою втулок та фланця натискного.

У кришці виконано різьбовий отвір G1/2–В для з'єднання з трубопроводу підводу охолоджуючої рідини при перекачуванні насосом робочого середовища з температурою вище 80°C або підводу запираючої рідини у випадку розрядження на вході в насос. За допомогою стойки та лап, виконаних на корпусі, насос встановлюється на фундаментній плиті.

Принцип роботи насоса складається в перетворенні підведеної до нього механічної енергії від зовнішнього джерела (двигуна) у гідравлічну енергію потоку рідини.

Робоча рідина через вхідний патрубок потрапляє в насос. В результаті взаємодії між лопатками обертаючогося робочого колеса та потоком рідини відбувається перетворення енергії приводу в енергію потоку. В спіральному відводі відбувається перетворення енергії потоку рідини в енергію тиску.

Зі спірального відводу рідина потрапляє у вхідний трубопровід (технологічну лінію).

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Розвантаження ротора від осьових гідравлічних сил забезпечена вибраним діаметром щілинного ущільнення на тильній стороні основного диску робочого колеса. Відвід робочого середовища із розвантажувальної камери виконується через створи в основному дискові колеса. Остаточні (неврівноважені) зусилля сприймаються підшипниками кочення.

Змазка підшипників ЦИАТИМ – 221 – пластикна.

Вона представляє собою масла, загущені милами, парафіном або іншими речовинами. При малих навантаженнях ця змазка проявляє якості твердих тіл, при окремих критичних навантаженнях деформується, а при знятті навантаження знову отримують якості твердих тіл.

Змазка ЦИАТИМ – 221 отримується в результаті загустіння полісілоксанової рідини комплексним кальцієвим милом стеаринової та оцетної кислот. Відрізняється широким діапазоном температур застосування, але в якості низькотемпературної змазки зазвичай не застосовується через високу вартість. Протизносні якості погані, тому що змазку не слід застосовувати замість солідолів та змазки 1-13. У воді нерозчинна, але, поглинаючи воду з вологого повітря, ущільнюється та її експлуатаційні якості погіршуються.

В якості приводу насоса застосовуються асинхронний двигун АМУ200L4У2.

Передача крутного моменту від двигуна до насоса здійснюється втулочно-пальцевою муфтою (МПВП), огороженням.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4 Гідравлічні розрахунки

4.1 Розрахунки по обґрунтуванню та вибору конструктивної схеми насоса

Для вибору конструктивної схеми насоса проведено деякі розрахунки, занесемо в таблиці 4.1, 4.2, 4.3 [11].

Скористаємося формулами:

$$n_s = \frac{3,65n \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}} ; \quad (4.1)$$

$$C_{кр} = \frac{5,62n \sqrt{\frac{Q}{j}}}{\left(\frac{h_{дон}}{R}\right)^{3/4}}, \quad (4.2)$$

$R = 1 \div 1,3$ (Приймаємо $R=1,2$)

$$D_2 = m_2 \frac{\sqrt{2gH_{cm}}}{n}, \quad (4.3)$$

де $H_{cm} = \frac{H}{i}, \quad (4.4)$

$$m_2 = 19,2 \cdot \left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6}, \quad (4.5)$$

де n_s – коефіцієнт швидкості;

n – частота обертів, об/хв;

Q – подача, м³/с;

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
						11
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

j – кількість потоків рідини;

H – напір, м;

i – кількість ступеней;

$C_{кр}$ – кавітаційний коефіцієнт швидкохідності;

$\Delta h_{доп}$ – допустимий кавітаційний запас, м;

R – коефіцієнт запасу;

D_2 – зовнішній діаметр робочого колеса, м;

$H_{ст}$ – статичний напір, м.

Таблиця 4.1- Розрахунки при $n=1000$ об/хв

i	j	$\frac{5,62n}{\left(\frac{h}{R}\right)^{3/4}}$	$C_{кр}$	$H_{cm} = \frac{H}{i}$	$\frac{3,65n}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}}$	n_s	$m_2 = 19,2\left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6}$	D_2
1	1	6443,5	1519	32	271,2	63,9	17,8	0,447
1	2		1074	32	271,2	45,2	16,8	0,422
2	1		1519	16	456,2	107,5	19,4	0,344
3	1		1519	10,6	6,18,4	145,8	20,4	0,296

Таблиця 4.2- Розрахунки при $n=1500$ об/хв

i	j	$\frac{5,62n}{\left(\frac{h}{R}\right)^{3/4}}$	$C_{кр}$	$H_{cm} = \frac{H}{i}$	$\frac{3,65n}{\left(\frac{H}{i}\right)^{3/4}}$	n_s	$m_2 = 19,2\left(\frac{n_s}{100}\right)^{1/6}$	D_2
1	1	9665,3	2279	32	406,9	95,9	19	0,319
1	2		1611	32	406,9	67,8	17,9	0,301
2	1		2279	16	684,3	161,3	20,7	0,246
3	1		2279	10,6	927,6	218,7	21,8	0,211

Таблиця 4.3- Розрахунки при $n=3000$ об/хв

i	j	$\frac{5,62n}{(\frac{h}{R})^{3/4}}$	$C_{кр}$	$H_{cm} = \frac{H}{i}$	$\frac{3,65n}{(\frac{H}{i})^{3/4}}$	n_s	$m_2 = 19,2(\frac{n_s}{100})^{1/6}$	D_2
1	1	19331	4558	32	813,8	191,9	21,4	0,179
1	2		3223	32	813,8	135,6	20,2	0,169
2	1		4558	16	1369	322,7	23,3	0,138
3	1		4558	10,6	1855	437,4	24,5	0,118

На основі проведених даних розрахунків вибираємо конструктивну схему насоса: Насос консольний одноступеневий з передвключеним колесом та з однозавитковим спіральним відводом.

4.2 Визначення основних розрахункових даних

Вихідні данні: подача $Q = 200$ м³/год; напір $H = 32$ м; частота обертання $n = 1500$ об/хв.; густина перекачуваної рідини $\rho = 1000$ кг/м³.

4.2.1 Вибір моделі робочого колеса

Попередньо визначимо діаметр робочого колеса [1, с.28]

$$D_2 = 19,1 \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{n}, \quad (4.6)$$

$$D_2 = 19,1 \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 32}}{1500} = 0,319 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_2 = 200$ мм.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

З креслення робочого колеса: $b_2 = 20$ мм.

Коефіцієнт швидкохідності:

$$n_s = \frac{3,65 \cdot n \cdot \sqrt{Q_p / 3600}}{\left(\frac{H_H}{i}\right)^{3/4}}, \quad (4.7)$$

де i – число ступеней.

$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1500 \cdot \sqrt{200 / 3600}}{\left(\frac{32}{1}\right)^{3/4}} = 96.$$

Кавітаційний коефіцієнт швидкохідності:

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\left(\frac{\square h_{дон}}{R}\right)^{3/4}}, \quad (4.8)$$

де $\square h_{дон}$ - допустимий кавітаційний запас, м; $\square h_{дон} = 1$.

R – коефіцієнт запаса. Приймаємо $R = 1,2$.

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot 1500 \cdot \sqrt{200 / 3600}}{\left(\frac{1}{1,2}\right)^{3/4}} = 2279.$$

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

$$D_{1np} = k_{вх} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_p}{3600 \cdot n}}, \quad (4.9)$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

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

Для забезпечення необхідного кавітаційного запасу виконуємо робоче колесо зі збільшеною воронкою. Приймаємо $k_{вх} = 5$.

$$D_{1np} = 5 \cdot \sqrt[3]{\frac{200}{3600 \cdot 1500}} = 0,167 \text{ м.}$$

Повний ККД насоса:

$$\eta = \eta_o \cdot \eta_{\Gamma} \cdot \eta'_m \cdot \eta_m, \quad (4.10)$$

де η_o - об'ємний ККД;

η_{Γ} - гідравлічний ККД;

η'_m - внутрішній механічний ККД;

η_m - зовнішній механічний ККД.

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot n_s^{-2/3}}, \quad (4.11)$$

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot (95,9)^{-2/3}} = 0,969.$$

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(D_{1np} \cdot 10^3) - 0,172]^2}, \quad (4.12)$$

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{[\lg(0,167 \cdot 10^3) - 0,172]^2} = 0,9.$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$\eta'_m = \frac{1}{1 + 820 \cdot n_s^{-2}}, \quad (4.13)$$

$$\eta'_m = \frac{1}{1 + 820 \cdot (95,9)^{-2}} = 0,918.$$

$\eta_m = 0,95 \div 0,99$. Приймаємо $\eta_m = 0,99$.

Тоді: $\eta = 0,969 \cdot 0,9 \cdot 0,918 \cdot 0,99 = 0,792$.

Потужність, яка споживається насосом:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot \eta}, \quad (4.14)$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ - густина води.

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 200 \cdot 32}{3600 \cdot 0,792} = 22009 \text{ Вт} = 22 \text{ кВт}.$$

Теоретичний напір робочого колеса:

$$H_m = \frac{H}{\eta_\Gamma}; \quad (4.15)$$

$$H_m = \frac{32}{0,9} = 35,5 \text{ м}.$$

Максимальна потужність на валу насоса:

$$N_{\max} = 1,1 \cdot N; \quad (4.16)$$

$$N_{\max} = 1,1 \cdot 22009 = 24210 \text{ Вт} = 24 \text{ кВт}.$$

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

В першому наближенні діаметр вала визначаємо з розрахунку на кручення:

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (4.17)$$

де $[\tau]$ - допустиме напруження на кручення, Н/м². Приймаємо

$$[\tau] = 150 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

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

$$M = \frac{30 \cdot N_{\max}}{\pi \cdot n}; \quad (4.18)$$

$$M = \frac{30 \cdot 24210}{3,14 \cdot 1500} = 154,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тоді:

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 154,12}{3,14 \cdot 150 \cdot 10^5}} = 0,037 \text{ м}.$$

Згідно ГОСТ 6636-69 приймаємо розмір вала $d_g = 36 \text{ мм}$.

Діаметр втулки орієнтовно вибирають за залежністю:

$$d_{gm} = (1,2 \div 1,25) \cdot d_g; \quad (4.19)$$

$$d_{gm} = (1,2 \div 1,25) \cdot 36 = (48 \div 50) \text{ мм}$$

Приймаємо $d_{gm} = 50 \text{ мм}$.

Діаметр вхідної воронки робочого колеса визначають з виразу:

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$D_{1np} = \sqrt{D_0^2 - d_{em}^2} ; \quad (4.20)$$

$$D_0 = \sqrt{D_{1np}^2 + d_{em}^2} ; \quad (4.21)$$

$$D_0 = \sqrt{0,167^2 + 0,035^2} = 0,174 \text{ м.}$$

Приймаємо $D_0 = 0,175 \text{ м.}$

4.3 Розрахунок та проектування спірального відводу

4.3.1 Вихідні дані для розрахунку:

Зовнішній діаметр РК, м	$D_2=0,315$
Ширина РК на виході, м	$b_2=0,020$
Подача насоса, м ³ /год	$Q=200$
Напір насоса, м	$H=32$
Частота обертання РК, об/хв	$n=1500$
Коефіцієнт швидкості	$n_s=96$
Гідравлічний ККД	$\eta_z = 0,9$

4.3.2 Визначення діаметра початкового кола D_3 і ширини входу в спіраль b_3

Розміри D_3 і b_3 є сталими для спіральної камери.

Діаметр початкового кола D_3 рекомендується вибрати з умови мінімальних гідравлічних втрат в зазорі між РК і відводом і мінімального рівня віброактивності насоса. Цій умові відповідає наступний вираз для D_3 :

$$D_3 = (1 + 10^{-3} \cdot n_s) D_2 \quad (4.22)$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$D_3 = (1 + 10^{-3} \cdot 96) \cdot 0,315 = 0,335$$

Ширину входу в спіраль b_3 вибирають в залежності від ширини робочого колеса.

$$b_3 = m \cdot b_2, \quad (4.23)$$

де m – коефіцієнт, який залежить від n_s .

Для середніх n_s (60..100) $m=1,75$.

Тоді: $b_3 = 1,75 \cdot 0,020 = 0,04$ м.

Нахил бокових стінок може задаватись відношенням $\frac{a}{h}$ та кутом γ .

Для $n_s > 60$, $\frac{a}{h} = 0,25 \div 0,40$. Приймаємо $\frac{a}{h} = 0,25$,

Радіус скруглення r' (рис. 3.1) рекомендують визначити за умовою

$$r' = (0,5 \div 0,7) \cdot b_3$$

$$r' = (0,5 \div 0,7) \cdot 0,04 = (0,02 \div 0,028) \text{ м.}$$

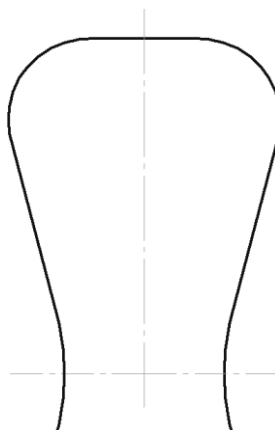


Рисунок 4.1 – Ескіз перерізу спірального відводу.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

4.3.3 Визначення кута обхвату спіралі

Кут обхвату спіралі φ_{cn} залежить від коефіцієнта швидкохідності n_s .

Для $n_s=98$ (90-110) $\varphi_{cn}=345^0$.

4.3.4 Визначення пропускної здатності спіралі $A_{спр. расч.}$

Пропускную здатність спіралі визначаємо по здатним параметрам Q , n і H :

$$A_{спр.расч.} = \frac{\varphi_{cn}}{360^0} \cdot \frac{\pi Q n \eta_z}{30 H g}; \quad (4.24)$$

$$A_{спр.расч.} = \frac{345}{360} \cdot \frac{3,14 \cdot 0,056 \cdot 1500 \cdot 0,9}{30 \cdot 32 \cdot 9,81} = 0,024.$$

4.3.5 Визначення площі розрахункового перерізу

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

В таблиці 3.1 ΔQ_i визначається за формулою:

$$\Delta Q_i = k_2 \cdot \frac{\beta_i + \beta_{i+1}}{2} \cdot \Delta r_i \cdot \frac{360}{\varphi_{cn}}, \quad (4.25)$$

де k_2 = момент швидкості на виході з робочого колеса

$$k_2 = v_{u2} \cdot R_2. \quad (4.26)$$

Так як $Hg = \omega R_2 v_{2u}$,

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$k_2 = \frac{30gH}{\eta_n \pi n}; \quad (4.27)$$

$$k_2 = \frac{30 \cdot 9,81 \cdot 32}{0,9 \cdot 3,14 \cdot 1500} = 2,22;$$

$$\Delta r_i = 20 \text{ мм.}$$

Значення b_i переносяться з меридіанного перерізу при відповідних значенням Δr_i . Закінченням для розрахунку є умова $\Delta Q_i > Q$.

Таблиця 4.4 – Побудова меридіанного перерізу спіралі

№ точки	r_i , мм	b_i , мм	$\beta_i = \frac{b_i}{r_i}$	$\frac{\beta_i + \beta_{i+1}}{2}$	$k_2 \cdot \frac{\beta_i + \beta_{i+1}}{2} \cdot r_i \cdot \frac{360^\circ}{\varphi_{cn}}$	$\sum Q_i$, м ³ /с
1	60	40	0,67	0,62	0,0144	0,0144
2	80	46,4248	0,58			
3	100	56,8577	0,57	0,57	0,0133	0,0278
				0,56	0,0131	0,0408
4	120	67,2907	0,56	0,56	0,0129	0,0537
				0,56	0,0129	0,0537
5	140	77,05	0,55	0,55	0,0128	0,066
				0,55	0,0128	0,066
6	160	88,156	0,55	0,55	0,0128	0,066

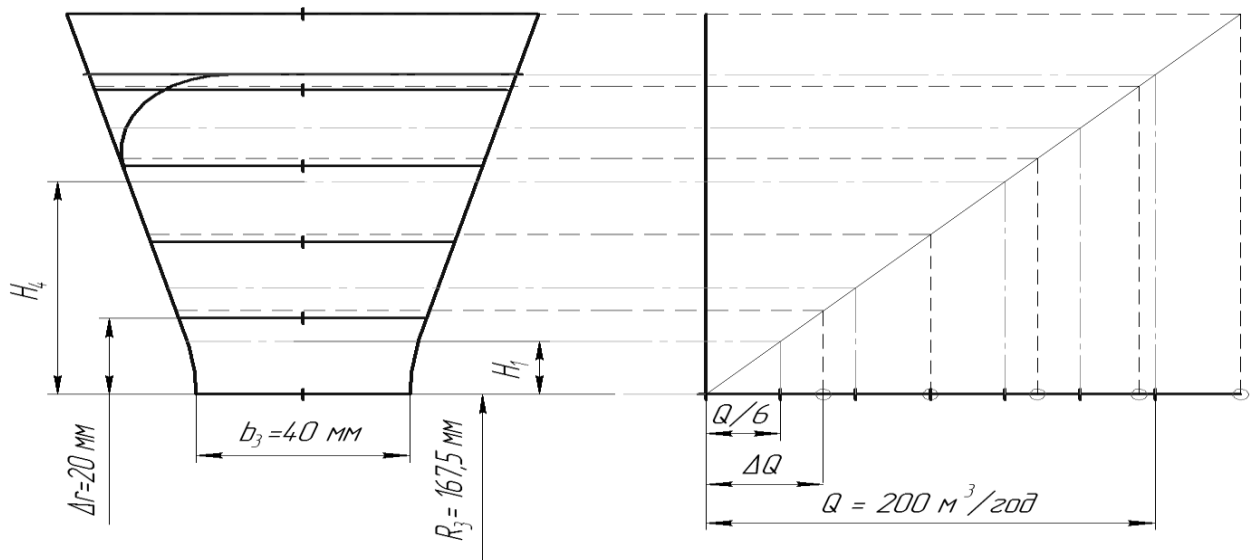


Рисунок 4.2 - Побудова меридіанних перерізів відводу.

4.3.6 Перевірка правильності визначення $F_{\text{расч.}}$

Будуємо приведену площу $F_{\text{пр.}}$ (рис. 3.2). Критерієм правильності визначення $F_{\text{расч.}}$ є умова:

$$A_{\text{сп. расч.}} \approx A_{\text{сп. граф.}}, \quad (4.28)$$

де $A_{\text{сп. граф.}} = F_{\text{пр.}} / \rho$.

$$\rho = R_3 = 167,5 \text{ мм}, \quad (4.29)$$

$F_{\text{пр.}} = 3607 \text{ мм}^2$ (з рис. 3.6).

$$A_{\text{сп. граф.}} = 3607 / 167,5 = 21,53 \text{ мм} = 0,02153 \text{ м},$$

$$\frac{A_{\text{сп.граф.}}}{A_{\text{сп.расч.}}} = \frac{0,02153}{0,024} = 0,9 - \text{ умова виконується.}$$

Робимо висновок, що площа розрахункового перерізу визначена правильно.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

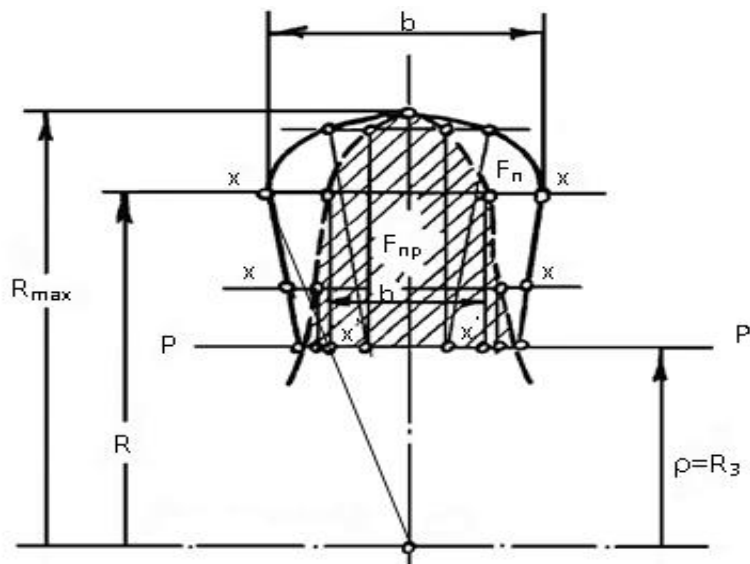


Рис. 4.3 – Побудова приведенної площі.

4.3.7 Проектування дифузорного участка відводу

Визначаємо діаметр напірного патрубку

$$D_{\text{вих}} = \sqrt{4Q/\pi V_{\text{вих}}} = 150 \text{ мм.} \quad (4.30)$$

Еквівалентний діаметр розрахункового перерізу

$$d_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{4F_{\text{расч}}}{\pi}} = 84 \text{ мм.} \quad (4.31)$$

Кут конусності приймаємо $\epsilon_{\text{онм}} = 8\text{-}10^\circ$,

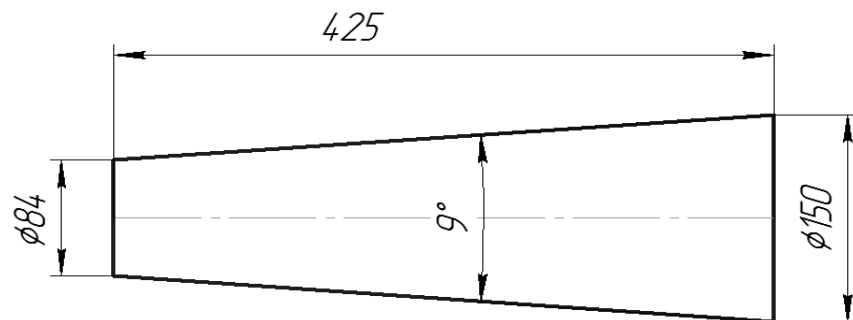


Рисунок 4.4 – Побудова дифузорної ділянки спірального відводу

						<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

4.4 Розрахунок та проектування передвключеного колеса

4.4.1 Загальні відомості

Кавітаційна характеристика – один з факторів, який визначає конструкцію та техніко-економічні показники насосів. Її поліпшення дозволяє знизити масу та зменшити габарити насосу.

Сьогодні ця задача ефективніше може бути вирішена за рахунок використання шнеко-відцентрових ступеней.

Шнек – типове осьове колесо.

Шнек повинен здійснювати напір, необхідний для беззривної роботи відцентрового робочого колеса; шнек повинен підтримувати напір до найменших значень кавітаційного запасу.

4.4.2 Вибір параметрів шнека

На основі багаторічного досвіду дослідний та розробки шнеко-відцентрових ступеней отримали промислове практичне розповсюдження наступні рекомендації до вибору основних геометричних параметрів шнека.

Діаметр втулки $d_{вт}$ визначається параметрами і конструкцією насоса. Приймаємо $d_{вт.ш} = 50$ мм.

Конструктивне виконання ступені вибирається виходячи із значення допустимого кавітаційного запасу.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot n \sqrt{Q}}{\left(\frac{h_{дон}}{R}\right)^{3/4}}; \quad (4.32)$$

$$C_{кр} = \frac{5,62 \cdot 1500 \sqrt{\frac{200}{3600}}}{\left(\frac{1}{1,2}\right)^{3/4}} = 2278.$$

По значенню C_g приймається шнеко-відцентрова однопотічна ступінь.

Для визначення зовнішнього діаметру шнека використовуємо наступну залежність:

$$D_{ш} = \sqrt{K_{gui}^2 \cdot \left(\frac{Q_p}{n_{ш}}\right)^{2/3} + d_{ст}^2}, \quad (4.33)$$

де $K_{gui} = 6,0..8,0$. Збільшення K_{gui} збільшує кавітаційні якості, але понижує ККД та стійкість роботи ступені на часткових подачах.

Приймаємо $K_{gui} = 6,4$.

Тоді:
$$D_{ш} = \sqrt{6^2 \cdot \left(\frac{200}{3600 \cdot 1500}\right)^{2/3} + 0,050^2} = 0,206.$$

Уточнюємо умову роботи шнека без кавітаційної ерозії

$$K_{ni} = U_{ш} \cdot D_{ш}^{1/2} < K_n, \quad (4.34)$$

де $U_{ш}$ - колова швидкість зовнішнього діаметру шнека, м/с;

K_n - пороговий параметр кавітаційної ерозії, для води $K_n=12$ (для пластини).

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
						25
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кавітаційна ерозія відноситься до числа найскладніших та маловивчених явищ. Вона відбувається в результаті імпульсивного мікроудару навантаження зі сторони кавітаційного потоку. Імпульси виникають від ударних хвиль або мікроструминок рідини, утворюючихся при зхлопуванні кавітаційних бульбашок.

Кавітаційна ерозія залежить від двох основних факторів: взаємодії зі сторони потоку (гідродинамічних особливостей обтікання); характеристик матеріалу. K_n – пороговий параметр кавітаційної ерозії. Залежить також від режиму роботи, матеріалу, конструкції шнека, перекачуваної рідини.

$$U_{uu} = \frac{\pi D_{uu} n}{60}; \quad (4.35)$$

$$U_{uu} = \frac{3,14 \cdot 0,206 \cdot 1500}{60} = 16,1 \text{ м/с.}$$

Тоді: $K_{ni} = 16,1 \cdot 0,206^{1/2} = 7,35 < 12$ - умова виконується.

Визначаємо кут потоку на зовнішньому діаметрі шнека:

$$\beta_n = \arctg \frac{V_{m1}}{U_{uu} - V_{n1}}, \quad (4.36)$$

де V_{m1} – меридіанна складова швидкості на вході, м/с;

V_{n1} – колова складова швидкості на вході, м/с.

$$V_{m1} = \frac{4Q}{\pi(D_{uu}^2 - d_{sm.u}^2)}; \quad (4.37)$$

$$V_{m1} = \frac{4 \cdot 200}{3,14(0,206^2 - 0,050^2) \cdot 3600} = 1,76 \text{ м/с.}$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
						26
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{n1} = \frac{0,12 \cdot \sqrt[3]{Q^2 n}}{D_{ui}}; \quad (4.38)$$

$$V_{n1} = \frac{0,12 \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{200}{3600}\right)^2 \cdot 1500}}{0,206} = 0,96 \text{ м/с.}$$

Тоді: $\beta_n = \arctg \frac{1,76}{16,1 - 0,96} = 6,6^\circ;$

Приймаємо кут атаки $\alpha = 4^\circ$.

Тоді кут установки лопатки на зовнішньому діаметрі шнека:

$$\beta_l = \beta_n + \alpha; \quad (4.39)$$

$$\beta_l = 6,6 + 5 = 11,6^\circ.$$

Кут установки в проміжних перерізах визначається із умови постійності ходу гвинтової поверхні:

$$S_i = \pi D_{ui} \cdot \tg \beta_{л.иі} = Const. \quad (4.40)$$

Звідси для середньої лінії:

$$D_{ui} \cdot \tg \beta_l = D_{сер} \cdot \tg \beta_{л.сер}, \quad (4.41)$$

де $D_{сер}$ - діаметр середньої лінії.

$$D_{сер} = \frac{D_{ui} + d_{вт}}{2}; \quad (4.42)$$

$$D_{сер} = \frac{0,206 + 0,050}{2} = 0,128 \text{ м.}$$

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\operatorname{tg} \beta_{л.сеп} = \frac{D_{у}}{D_{сеп}} \cdot \operatorname{tg} \beta_{л}; \quad (4.43)$$

$$\operatorname{tg} \beta_{л.сеп} = \frac{0,206}{0,128} \cdot \operatorname{tg} 11,6^{\circ} = 0,330;$$

$$\beta_{л.сеп} = 18,3^{\circ}.$$

Кут установки лопаті на діаметрі втулки:

$$\operatorname{tg} \beta_{л.вм} = \frac{D_{у}}{D_{вм}} \cdot \operatorname{tg} \beta_{л}; \quad (4.44)$$

$$\operatorname{tg} \beta_{л.вм} = \frac{0,206}{0,050} \cdot \operatorname{tg} 11,6^{\circ} = 0,845;$$

$$\beta_{л.вм} = 40^{\circ}.$$

Приймаємо число лопатей шнека:

$$z_{у} = 2.$$

Довжину лопаті визначаємо із умови забезпечення густоти лопатевої решітки.

Довжина лопаті на $D_{ш}$

$$l_{D_{у}} = (1 \div 1,1) \cdot \frac{\pi D_{у}}{z_{у}}; \quad (4.45)$$

$$l_{D_{у}} = 1,1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,206}{2} = 0,356 \text{ м.}$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Довжина лопасті на d_{em}

$$l_{em} = 1,7 \cdot \frac{\pi d_{em.ш}}{z_{ш}}; \quad (4.46)$$

$$l_{em} = 1,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,050}{2} = 0,117 \text{ м.}$$

Довжину лопаті на середньому діаметрі визначаємо за результатами побудови проекції лопаті в плані з умови радіально розташованої вихідної кромки та зкругленої радіусом $\rho = (0,25 \div 0,3)D_{ш}$ вхідної кромки.

$$\rho = (0,25 \div 0,3)0,206 = 0,052 \div 0,062 \text{ м,}$$

Приймаємо $\rho = 0,055 \text{ м.}$

Вибираємо тип профіля – пластина.

Перевіряємо, забезпечує чи шнек беззривну роботу ступені. Для виконання цієї умови необхідне виконання нерівності:

$$\square h_{к.ш} + H_{ш} - \square H_{ш} \geq A \cdot \square h_{к.к}, \quad (4.47)$$

де $\square h_{к.ш}$, $\square h_{к.к}$ - критичний кавітаційний запас відповідно шнека та робочого колеса, м;

$H_{ш}$ - напір, який здійснюється шнеком у безкавітаційному режимі.

$$H_{ш} = 0,195 \cdot \text{tg} \alpha \cdot U_{ш}^2; \quad (4.48)$$

$$H_{ш} = 0,195 \cdot \text{tg} 5^\circ \cdot 16,1^2 = 4,42 \text{ м.}$$

$$\square H_{ш} = (0,3..0,4)H_{ш}; \quad (4.49)$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\square H_{\text{ш}} = (0,3..0,4) \cdot 4,42 = (1,32 \div 1,76) \text{ м.}$$

Приймаємо $\square H_{\text{ш}} = 1,5 \text{ м.}$

$$A = 1,4..1,8$$

Приймаємо $A = 1,4.$

Критичний кавітаційний запас відповідно шнека

$$\square h_{\text{к.ш}} = \frac{V_m^2}{2g} + \lambda \frac{W^2}{2g}; \quad (4.50)$$

$$W = \frac{V_m}{\sin \beta_{\text{л.ш}}}; \quad (4.51)$$

$$W = \frac{1,76}{\sin 5} = 15,3 \text{ м/с.}$$

Приймаємо $\lambda = 0,03$ – коефіцієнт кавітації.

Тоді:
$$\square h_{\text{к.ш}} = \frac{1,76^2}{2 \cdot 9,81} + 0,03 \frac{15,3^2}{2 \cdot 9,81} = 0,517 \text{ м.}$$

$$\square h_{\text{к.к}} = \left(\frac{5,62 n \sqrt{Q}}{C_{\text{к.к}}} \right)^{4/3}; \quad (4.52)$$

$$\square h_{\text{к.к}} = \left(\frac{5,62 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{200}{3600}}}{1000} \right)^{4/3} = 2,49 \text{ м.}$$

Тоді $0,517 + 4,42 - 1,05 > 1,4 \cdot 2,49;$

$3,63 > 3,48$ - умова виконується.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

4.5 Розрахунок характеристика насосу

Розрахунок характеристик насосу виконаний згідно програми, яка складена в рамках виробничої практики, на основі методики.

Розрахунок кавітаційних характеристик приведений в п. 4.4.

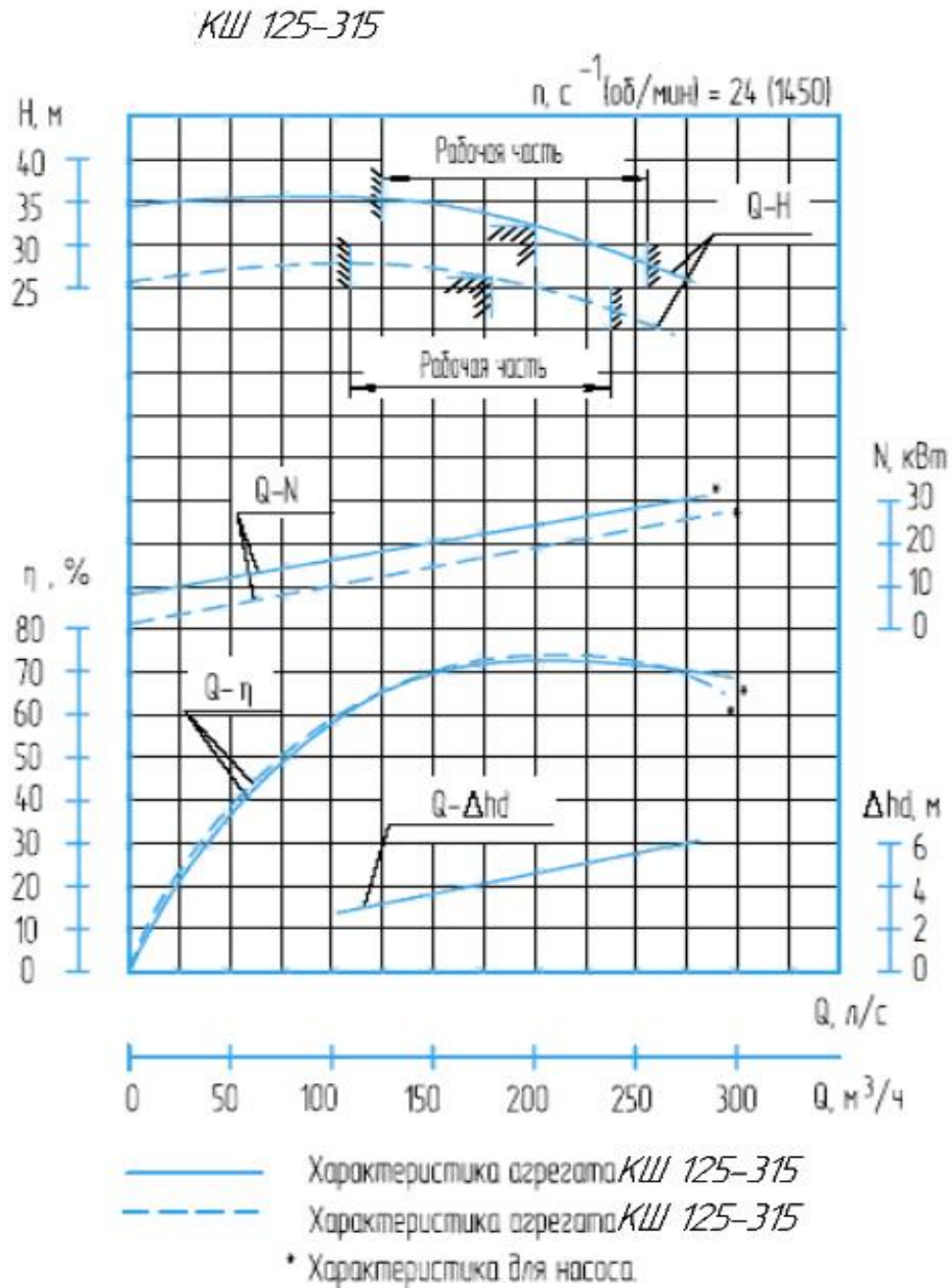


Рисунок 4.5 – Характеристика насосу КШ 125-315

4.6 Розрахунок граничного тиску насосу

Граничний тиск – це можливий максимальний тиск в напірному патрубку насоса. Він складається з максимально можливого тиску на вході в насос та максимально можливого тиску, який розвивається насосом.

Граничний тиск розраховується за формулою:

$$P_{zp} = \rho_{\max} g H_{\max} + P_{\text{вх.мак}}, \quad (4.53)$$

де $\rho_{\max} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - максимальна густина перекачуваного середовища;

$$H_{\max} = k \cdot H - \text{максимальний напір насосу};$$

$k = 1,5$ - коефіцієнт, збільшуючий напір насоса при нульовій подачі до максимального плюсового допуску по напору;

H - максимальний напір насоса.

$$H_{\max} = 1,05 \cdot 32 = 33,6 \text{ м}; \quad (4.54)$$

$$P_{zp} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 33,6 + 0,21 \cdot 10^6 = 539616 \text{ Па} = 0,5 \text{ МПа}.$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

5 Розрахунок сил, які діють на ротор насоса

5.1 Розрахунок радіальної сили

В насосах зі спіральними відводами гідродинамічна радіальна сила, яка діє на колеса, може досягати великої величини. Радіальна сила збільшує прогиб ротора та нагружає підшипники. Розрахунок радіальної сили потрібен для вибору радіальних зазорів у щільових ущільненнях та розрахунку підшипникових опор. Радіальна сила спричинється нерівномірністю полів швидкостей та тиску на колі виходу з колеса. Нерівномірність параметрів потоку є наслідком несиметричності спірального відводу відносно вісі обертання. Поблизу розрахункового режиму нерівномірність найменша. Із зменшенням або збільшенням витрати нерівномірність збільшується.

$$F_r = K_{pr} \cdot [1 - (Q/Q_{om})^2] \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot D_2 \cdot b_2 \quad (5.1)$$

де F_r - радіальна сила в насосі, Н;

K_{pr} - безрозмірний коефіцієнт радіальної сили. Приймаємо $K_{pr} = 0,24$;

Q - поточне значення подачі, м³/с;

Q_{om} - значення подачі в режимі максимального ККД, м³/с;

b_2 - ширина РК на виході, мм;

ρ - густина рідини, кг/м³;

D_2 - зовнішній діаметр РК, мм.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Приймаємо $\frac{Q}{Q_{онт}} = 0$.

$$F_r = 0,24 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 32 \cdot 0,315 \cdot 0,02 = 474Н.$$

5.2 Розрахунок осьової сили

Осьове зусилля у даному насосі буде складатися з осьової сили, яка виникає від шнека і від РК, і направлене у сторону всмоктування.

5.2.1 Розрахунок осьової сили шнека

$$F_{ш} = \Delta P_{ш} \cdot S_{ш}, \quad (5.2)$$

де $\Delta P_{ш}$ - перепад тиску на шнеку, Па.

$$\Delta P_{ш} = \rho g H_{ш}, \quad (5.3)$$

де $H_{ш}$ - висота шнека, м.

$$H_{ш} = 0,195 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot U_{ш}^2, \quad (5.4)$$

Приймаємо $\alpha = 9^\circ$.

$$U_{ш} = \frac{\pi D_{2ш} n}{60}, \quad (5.5)$$

Так як $D_{2ш} = 206$ мм.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$U_{uu} = \frac{3,14 \cdot 0,206 \cdot 1500}{60} = 16,1 \text{ м/с};$$

$$H_{uu} = 0,195 \cdot \text{tg} 5^\circ \cdot 16,1^2 = 4,42 \text{ м};$$

$$\square P_{uu} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,42 = 43360 \text{ Па} = 43 \text{ кПа}.$$

Площа перерізу шнека S_{uu} , м.

$$S_{uu} = \frac{\pi}{4} (D_{2uu}^2 - d_{em.uu}^2), \quad (5.6)$$

Так як $d_{em} = 50$ мм.

$$S_{uu} = \frac{3,14}{4} (0,206^2 - 0,050^2) = 0,031 \text{ м}.$$

Тоді: $F_{uu} = 43360 \cdot 0,031 = 1344 \text{ Н} = 1,344 \text{ кН}.$

5.2.2 Розрахунок осьової сили робочого колеса

$$F_z = F_{z1}^0 + F_{z1}^n + F_{z2} + F_{z3}, \quad (5.7)$$

де F_{z1}^0 - осьова сила, яка діє на осьовий диск, Н;

F_{z1}^n - равнодіюча сил тиску рідини з внутрішнього боку осьового диску, Н;

F_{z2} - динамічна складова осьової сили, Н;

F_{z3} - сила тиску на вході в РК, Н.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
						35
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила F_{z1}^0 направлена в бік всмоктування, інші складові – в бік нагнітання.

$$F_{z1}^0 = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_{y2}^2) [P_{ex} + \rho g H_{ном} - \frac{\rho \omega_{жс}^2}{16} (D_2^2 - D_{y2}^2)], \quad (5.8)$$

де $H_{ном} = H_m \left(1 - \frac{2H_m}{2U_2^2} \right)$ - потенційний напір.

Дивлячись на те, що в конструкції даного насосу розглядається варіант розвантаження осьової сили за допомогою заданого ущільнення та перевідної труби, то осьова сила, діюча на основний та покриваючий диски, теоретично врівноважена, тобто $F_{z1}^0 = F_{z1}^n$.

$$F_{z2} = \rho Q V_0; \quad (5.10)$$

$$F_{z2} = 1000 \cdot 0,0556 \cdot 2,52 = 140,112 H = 0,14 кН.$$

$$F_{z3} = P_{ex} \cdot \pi \cdot \frac{D_0^2}{2}; \quad (5.13)$$

$$F_{z3} = 43360 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{0,175}{2} \right)^2 = 1042 Па = 1,042 кН.$$

Тоді осьова сила робочого колеса дорівнює:

$$F_z = 0,14 + 1,042 = 1,18 кН.$$

Знак «+» показує на те, що осьова сила має напрямок на нагнітання.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

5.2.3 Кінцева осьова сила

$$F_a = F_u + F_z; \quad (5.14)$$

$$F_a = 1,344 + 1,18 = 2,524 \text{кН}.$$

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

6. Механічні розрахунки

6.1 Розрахунок реакцій в опорах

Розрахункова схема дії сил на ротор насоса представлена на рисунку 6.1:

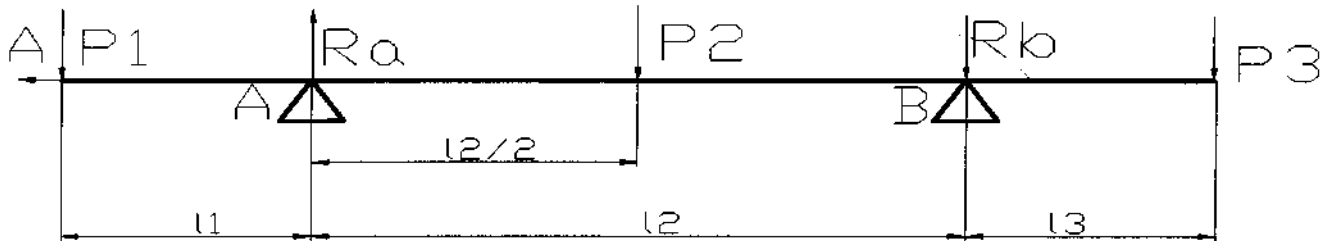


Рис. 6.1 – Схема навантаження вала.

Навантаження P_1 визначається за формулою:

$$P_1 = G_K + \frac{1}{3} \cdot G_{1B} + R, \quad (6.1)$$

де G_K - вага робочого колеса, Н;

G_{1B} - вага вала на ділянці l_1 , Н;

R – радіальна сила, Н.

$$G_K = 130 \text{ Н}, \quad G_{1B} = 71 \text{ Н}, \quad R = 474 \text{ Н};$$

$$P_1 = 130 + \frac{1}{3} \cdot 71 + 474 = 627,6 \text{ Н.}$$

Навантаження P_2 :

$$P_2 = \frac{1}{3} \cdot G_{2B}, \quad (6.2)$$

де G_{2B} - вага вала на ділянці l_2 , Н.

$$G_{2B} = 88 \text{ Н}; \quad P_2 = \frac{1}{3} \cdot 88 = 29,3 \text{ Н.}$$

Навантаження P_3 :

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$P_3 = G_{\text{пм}} + \frac{1}{3} \cdot G_{3\text{в}}, \quad (6.3)$$

де $G_{\text{пм}}$ - вага напівмуфти;

$G_{3\text{в}}$ - вага вала на ділянці l_3 , Н.

$$G_{\text{пм}} = 53 \text{ Н}, \quad G_{3\text{в}} = 30 \text{ Н};$$

$$P_3 = 52 + \frac{1}{3} \cdot 30 = 63 \text{ Н}.$$

Для визначення реакцій в підшипникових опорах складемо рівняння в моментів сил відносно точок сил. R_A і R_B – реакції в опорах А і В.

Розміри вала: $l_1 = 0,440\text{м}$; $l_2 = 0,185\text{м}$; $l_3 = 0,140\text{м}$.

$$\Sigma M_A = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + R_B \cdot l_2 + P_3 \cdot (l_2 + l_3) - P_1 \cdot l_1 = 0; \quad (6.4)$$

$$R_B = \frac{P_1 \cdot l_1 - P_3 \cdot (l_2 + l_3) - P_2 \cdot \frac{l_2}{2}}{l_2}; \quad (6.5)$$

$$R_B = \frac{627,6 \cdot 0,440 - 63 \cdot (0,185 + 0,14) - 29,3 \cdot \frac{0,17}{2}}{0,185} = 1411 \text{ Н};$$

$$\Sigma M_B = P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1 \cdot (l_1 + l_2) - R_A \cdot l_2 - P_3 \cdot l_3 = 0; \quad (6.6)$$

$$R_A = \frac{P_2 \cdot \frac{l_2}{2} + P_1 \cdot (l_1 + l_2) - P_3 \cdot l_3}{l_2}; \quad (6.7)$$

$$R_A = \frac{29,3 \cdot \frac{0,17}{2} + 627,6 \cdot (0,440 + 0,185) - 63 \cdot 0,14}{0,185} = 2130 \text{ Н}.$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

6.2 Розрахунок довговічності підшипників

В опорі А встановлений роликівий підшипник 32411 ГОСТ 8328-75, який сприймає радіальне навантаження, в опорі В – кульковий підшипник 411 ГОСТ 8338-75, який сприймає осьове навантаження та являється більш навантаженим.

Статична вантажопідйомність – $C_0 = 86500$ Н.

Динамічна вантажопідйомність – $C = 142000$ Н.

Розрахункова довговічність підшипників [14,15]:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3, \quad (6.8)$$

де C - Динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

P - еквівалентне динамічне навантаження, Н.

Еквівалентне динамічне навантаження на підшипник:

$$P = (X \cdot V \cdot Fr + Y \cdot Fa) \cdot K_T \cdot K_\delta; \quad (6.9)$$

За умови роботи підшипника, приймаємо:

$K_\delta = 1,2$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1,0$ – температурний коефіцієнт;

$V = 1$ – коефіцієнт обертання.

Радіальна і осьова сили, що діють на підшипник:

$$Fr = R_A = 2130 \text{ Н}; \quad Fa = A = T = 2524 \text{ Н}.$$

Визначаємо відношення осьового навантаження до радіального:

$$\frac{Fa}{Fr \cdot V} = \frac{650}{2130 \cdot 1} = 0,3.$$

При цьому $e = 0,18$

Так як $\frac{Fa}{Fr \cdot V} > e$, то коефіцієнт радіального навантаження $X = 0,67$.

Коефіцієнт осьового навантаження $Y = 2,4$.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Динамічне навантаження:

$$P = (0,67 \cdot 1 \cdot 2524 + 2,4 \cdot 2130) \cdot 1 \cdot 1,2 = 8136 \text{ Н.}$$

Розрахункова довговічність підшипника:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1500} \cdot \left(\frac{142000}{8136} \right)^3 = 59073 \text{ год.}$$

Вибір підшипника відповідає рекомендованим значенням його ресурсу.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

6.3 Розрахунок вала на статичну міцність

Розрахунок проводимо за методикою [16].

Для визначення напружень в перерізах вала побудуємо епюру згинальних моментів на рисунку 6.2:

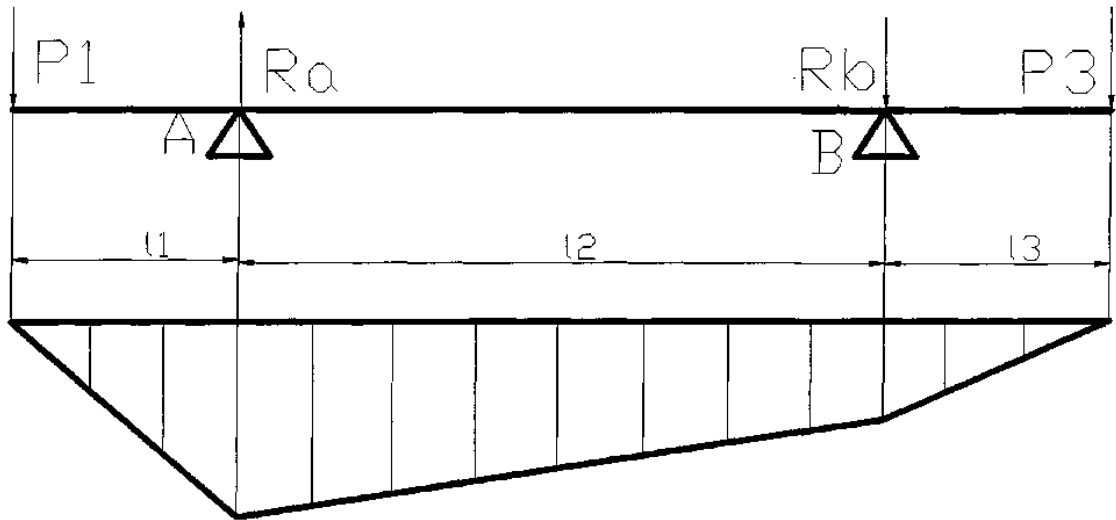


Рис. 6.2 – Епюра згинальних моментів.

Визначимо максимальний згинальний момент в перерізі А:

$$M_u = P_1 \cdot l_1; \quad (6.10)$$

$$P_1 = 627,6 \text{ Н}, \quad l_1 = 0,440 \text{ м};$$

$$M_u = 627,6 \cdot 0,440 = 316,9 \text{ Нм.}$$

Найбільший крутний момент на валу:

$$M_{кр} = 9551 \cdot \frac{N}{n}, \quad (6.11)$$

де N – потужність насоса, $N = 21,8$ кВт;

$$M_{кр} = 9551 \cdot \frac{21,8}{1500} = 138,8 \text{ Нм.}$$

Момент опору перерізу вала в точці А:

$$W_u = 0,1 \cdot d^3, \quad (6.12)$$

де $d = 55$ мм – діаметр підшипником.

									6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						42

$$W_u = 0,1 \cdot 0,055^3 = 1,66 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Момент опору кручення:

$$W_{кр} = 0,2 \cdot d^3; \quad (6.13)$$

$$W_{кр} = 0,2 \cdot 0,055^3 = 3,32 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Напруження згинання:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u}; \quad (6.14)$$

$$\sigma_u = \frac{316,9}{1,66 \cdot 10^{-5}} = 19 \text{ МПа.}$$

Напруження кручення:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}}; \quad (6.15)$$

$$\tau_{кр} = \frac{138,8}{3,32 \cdot 10^{-5}} = 4,17 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{кр}^2 + 3 \cdot \tau_{кр}^2}; \quad (6.16)$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{19^2 + 3 \cdot 4,17^2} = 20 \text{ МПа.}$$

Матеріал вала – Сталь 40Х

Межа текучості - $\sigma_T = 330 \text{ МПа}$

Запас міцності за межею текучості:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_{екв}}; \quad (6.17)$$

$$n_T = \frac{330}{20} = 16,5$$

Умова міцності виконується.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

6.4 Розрахунок шпонкового з'єднання вала з колесом

Вихідні дані для розрахунку. Матеріал вала – Сталь 40Х. Межа текучості $\sigma_{0,2} = 780$ МПа. Матеріал шпонки – Сталь 45. Межа текучості $\sigma_{0,2} = 350$ МПа. Матеріал колеса – Сталь 20Х13Л. Межа текучості $\sigma_{0,2} = 440$ МПа. Крутний момент на валу $M_{кр} = 138.8$ Нм.

Розмір шпонки під робочим колесом $b \times h \times l = 8 \times 7 \times 50$.

При розрахунку шпонкового з'єднання валом з колесом визначальним є напруження зминання:

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)}, \quad (6.18)$$

де l_p – робоча довжина шпонки;

t_1 – глибина паза вала;

h – висота шпонки;

d – діаметр вала.

$d = 36$ мм, $l_p = l - b = 50 - 8 = 42$ мм, $t_1 = 4$ мм, $h = 7$ мм.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 138,8}{0,036 \cdot 0,024 \cdot (0,007 - 0,005)} = 61 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження зминання визначасмо для матеріала шпонки, що має найнижчу межу текучості:

Допустиме напруження зминання:

$$[\sigma_{см}] = 0,56 \cdot \sigma_{0,2}; \quad (6.19)$$

$$[\sigma_{см}] = 0,56 \cdot 350 = 196 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{см} < [\sigma_{см}].$$

Умова міцності виконується.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

7. Вибір кінцевого ущільнення

7.1 Вибір типу ущільнення

Для розробленої конструкції насоса в якості кінцевого ущільнення вала застосоване сальникове ущільнення (рис. 7.1).

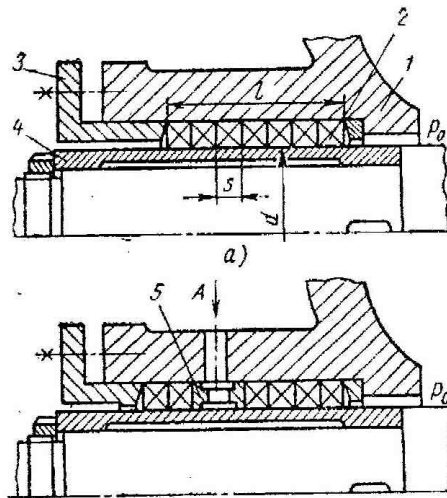


Рисунок 7.1 - Схема сальникового ущільнення

Для надійної роботи насоса необхідно забезпечити підпір на вході в насос. Підпір, виміряний у всмоктувальному патрубку, повинен бути не менше ніж 1 м.

З метою захисту сальникового ущільнення від зношення у вузол ущільнення подається затворна рідина під тиском, що перевищує тиск на виході з насоса на 0,5 МПа. В якості затворної рідини застосовується технічно чиста вода з температурою не більше 40⁰ С. Витрата води, що подається до сальника, 0,01 м³/год.

Згідно [11] товщина кільця набивки

$$S = \sqrt{d}, \quad (7.1)$$

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

де d - діаметр вала в місці набивання сальника, мм ($d = 55$ мм);

$$S = \sqrt{55} = 7,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $S = 10$ мм.

Довжина сальникового ущільнення дорівнює:

$$L = i \cdot s, \quad (7.2)$$

де i - кількість кілець набивання, шт. ($i = 4$);

s - товщина кільця набивання, мм.

$$L = 4 \cdot 10 = 40 \text{ мм.}$$

Відповідно до ГОСТ 5128-84 вибираємо сальникову набивку з одношаровим оплетенням марки АГИ 10 x10.

7.2 Розрахунок потужності, споживаної в ущільненні

Визначимо втрати потужності в сальнику [11]:

$$N_C = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot n \cdot r^2 \cdot s \cdot \sigma_0 \left(1 - e^{-2af \frac{l}{s}} \right), \quad (7.3)$$

де r – радіус натискної втулки, див. креслення насоса,

$$r = d_{\text{вт}}/2 = 2,75 \text{ см;}$$

n – частота обертання вала, об/хв;

σ_0 – контактна напруга між набивкою і валом, кг/см²;

l - довжина пакета салникової набивки, см;

$a = 0,5$ – коефіцієнт тертя набивки;

f - коефіцієнт тертя ($f = 0,01 - 0,1$).

Контактна напруга

$$\sigma_0 = P_0 \cdot e^{2af \frac{l}{s}}, \quad (7.4)$$

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

де l - довжина пакета ($l = 4,0$ см);

$f = 0,05$ - коефіцієнт тертя;

s - товщина кільця сальникової набивки, см ($s = 1,0$ см);

P_0 - тиск на вході в насос ($P_0 = 0,6$ кг/см²).

$$\sigma_0 = 0,21 \cdot e^{\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,05 \cdot 4,0}{1,0}} = 0,25 \text{ кг/см}^2.$$

$$N_c = 3,22 \cdot 10^{-5} \cdot 1500 \cdot 2,75^2 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,05 \cdot 4,0}{1,0}}\right) = 0,016 \text{ кВт.}$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

8 Розрахунки втрат и повного ККД насоса

Втрати в лопатевому насосі розділяють на гідравлічні, об'ємні й механічні [11,12] .

8.1 Гідравлічні втрати

Гідравлічні втрати – це сумарні втрати при русі рідини по водопровідним каналам. Їх умовно можна розділити на дві категорії: втрати на тертя при русі в каналах проточної частини насоса і втрати на вихроутворення, пов'язані з відривом потоку при обтіканні різних елементів робочих органів насоса [11].

Гідравлічний к.п.д. визначають за формулою Ломакіна [2]:

$$\eta_r = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1np} - 0,172)^2}, \quad (8.1)$$

де D_{1np} – наведений діаметр бочого колеса, мм;

$$D_{1np} = \sqrt{D_0^2 - d_{см}^2};$$

$$D_{1np} = \sqrt{0,175^2 - 0,05^2} = 0,168 \text{ м};$$

$$\eta_r = 1 - \frac{0,42}{(\lg 168 - 0,172)^2} = 0,900 .$$

8.2 Об'ємні втрати

Об'ємні втрати можна розділити на внутрішні й зовнішні. До внутрішніх відносять втрати на протікання рідини через гідравлічні ущільнення між

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

обертowymi й нерухливими елементами насоса; до зовнішніх – витоки в кінцевих ущільненнях на виході вала з корпусу насоса.

Для оцінки очікуваного об'ємного к.к.д. насоса можна використовувати формулу [11]:

$$\frac{1}{\eta_o} = 1 + 0,68ns^{-\frac{2}{3}}, \quad (8.2)$$

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 96^{-\frac{2}{3}}} = 0,969.$$

8.3 Механічні втрати

Механічні втрати в насосі складаються із втрат на тертя в кінцевих ущільненнях різного типу, у підшипниках і так званих дискових втрат. Механічні втрати ділять на внутрішні й зовнішні. Зовнішніми втратами вважаються втрати в кінцевих ущільненнях, внутрішніми – втрати дискового тертя.

У відцентрових насосах середньої і великої потужності дискові втрати є основним видом механічних втрат. Під дисковими втратами маються на увазі втрати енергії на тертя робочої рідини по зовнішніх поверхнях обертового робочого колеса. Хоча вони носять гідравлічний характер, але відносяться до механічних, оскільки впливають на споживану потужність [11].

Втрати на дискове тертя визначають за формулою Пфлейдерера:

$$N_{дт} = 0,882 \cdot U_2^3 \cdot D_2(D_2 + 5l), \text{ Вт.} \quad (8.3)$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

де U_2 - колова швидкість на виході з робочого колеса, м/с;

D_2 - зовнішній діаметр робочого колеса, м;

l - сума товщин покривного і основного дисків робочого колеса, м.

$$l = l_1 + l_2, \quad (8.4)$$

$$l = 0,012 \text{ м};$$

$$N_{дт} = 0,882 \cdot 24,7^3 \cdot 0,315(0,315 + 5 \cdot 0,012) = 1369 \text{ Вт} = 1,369 \text{ кВт}.$$

Повний механічний к.к.д. дорівнює [13] :

$$\eta_M = \frac{N}{N + N_{дт} + N_c} \cdot \eta_n, \quad (8.5)$$

де $\eta_n = 0,99$ – к.к.д. підшипників;

$N_{дт}$ - втрати потужності на дискове тертя, кВт;

N_c - втрати потужності в сальниковому ущільненні;

N - потужність насоса, кВт.

$$N = \frac{\rho g Q H_T}{3600 \cdot \eta_o}, \quad (8.6)$$

де ρ - густина, кг/м³;

Q - подача насоса, м³/год;

H_T - теоретичний напір, м;

η_o - об'ємний к.к.д.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
						50
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теоретичний напір

$$H_T = \frac{H}{\eta_G}, \quad (8.7)$$

де H – напір насоса;

η_G - гідравлічний к.к.д.

$$H_T = \frac{32}{0,90} = 35,5 \text{ м.}$$

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 200 \cdot 35,5}{3600 \cdot 0,969} = 19966 \text{ Вт} = 19,96 \text{ Квт.}$$

$$\eta_M = \frac{19,96}{19,96 + 1,36 + 0,016} = 0,935.$$

Визначимо повний розрахунковий к. к. д. насоса

$$\eta = \eta_G \cdot \eta_O \cdot \eta_M. \quad (8.8)$$

$$\eta = 0,900 \cdot 0,969 \cdot 0,935 = 0,81.$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

9. Розрахунки по вибору двигуна

9.1 Вибір двигуна

Потужність двигуна в номінальному режимі при густині рідини

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3:$$

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta}; \quad (9.1)$$

$$N = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 200 \cdot 32}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,8} = 21,8 \text{ кВт.}$$

$\eta = 0,78$ – к.к.д. насоса в робочій точці.

Потужність електродвигуна:

$$N_{\text{ед}} = K \cdot N, \quad (9.2)$$

де $K = 1,1-1,3$ – коефіцієнт, що враховує допустиме граничне відхилення напору. Приймаємо $K = 1,1$.

$$N_{\text{дв}} = 1,2 \cdot 21,8 = 26,16 \text{ кВт.}$$

Для привода насоса обираємо електродвигун *АМУ200L4У2* з параметрами:

- Потужність – 30кВт;
- Напруга – 220/380 В;
- Частота обертання (синхронна) – 1500 об/хв.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

9.2 Розрахунок пускового моменту характеристики

Після вибору електродвигуна проводиться побудування графіка залежності моменту опору агрегату від частоти обертання [12].

Графік залежності моменту опору будується за трьома точками:

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

Початковий момент пуску агрегату ($n_A = 0$):

$$M_A = 0,21M_{ном}, \quad (9.3)$$

де $M_{ном}$ - номінальний момент на валу електродвигуна, Н·м:

$$M_{ном} = \frac{N}{\omega}. \quad (9.4)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 154,9 \text{ с}^{-1}.$$

$N = 21,8$ КВт – номінальна потужність двигуна.

$$M_{ном} = \frac{21,8}{154,9} = 0,1407 \text{ КН} \cdot \text{м} = 140,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_A = 0,21 \cdot 140,7 = 29,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору агрегату при повному розгоні електродвигуна:

$$M_{\max} = \frac{N_{\max}}{\omega}, \quad (9.5)$$

де N_{\max} – максимальна потужність насоса, Вт.

$$N_{\max} = N_{\text{дв}}.$$

$$N_{\max} = N_{\text{дв}} = 36,1 \text{ КВт};$$

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$M_{\max} = \frac{26,1}{154,9} = 0,1684 \text{ КН}\cdot\text{М} = 168,4 \text{ Н}\cdot\text{М}.$$

Мінімальний момент опору відповідає точці С з координатами:

$$n_C = 0,3 \cdot n_{\text{ном}}, \quad (9.6)$$

$$n_C = 0,3 \cdot 1500 = 444 \text{ об/хв.},$$

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

$$M_C = 0,03 \cdot M_{\max}. \quad (9.7)$$

$$M_C = 0,03 \cdot 168,4 = 5,05 \text{ Н}\cdot\text{М}.$$

Коефіцієнт параболи визначається за величиною моменту при повному розвороті двигуна:

$$k = \frac{M_{\max}}{n^2}; \quad (9.8)$$

$$k = \frac{168,4}{1500^2} = 74,8 \cdot 10^{-6}.$$

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

$$M = kn^2. \quad (9.9)$$

Результати розрахунку заносимо до табл. 9.1.

Графік пускового моменту будують таким чином:

- за табл. 1 будують залежність $M = f(n)$;
- точки А ($n_0; M_0$) та С ($n_C; M_C$) з'єднуються між собою відрізком;
- отримані криві спрягаються плавною кривою.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таблиця 9.1 - Пускова моментна характеристика

п, об/хв	0	250	500	750	1000	1250	1500
М, Н•м	0	4,67	18,7	42,07	74,8	116,8	168,3

Пускова моментна характеристика насосного агрегату показана на рис. 9.1.

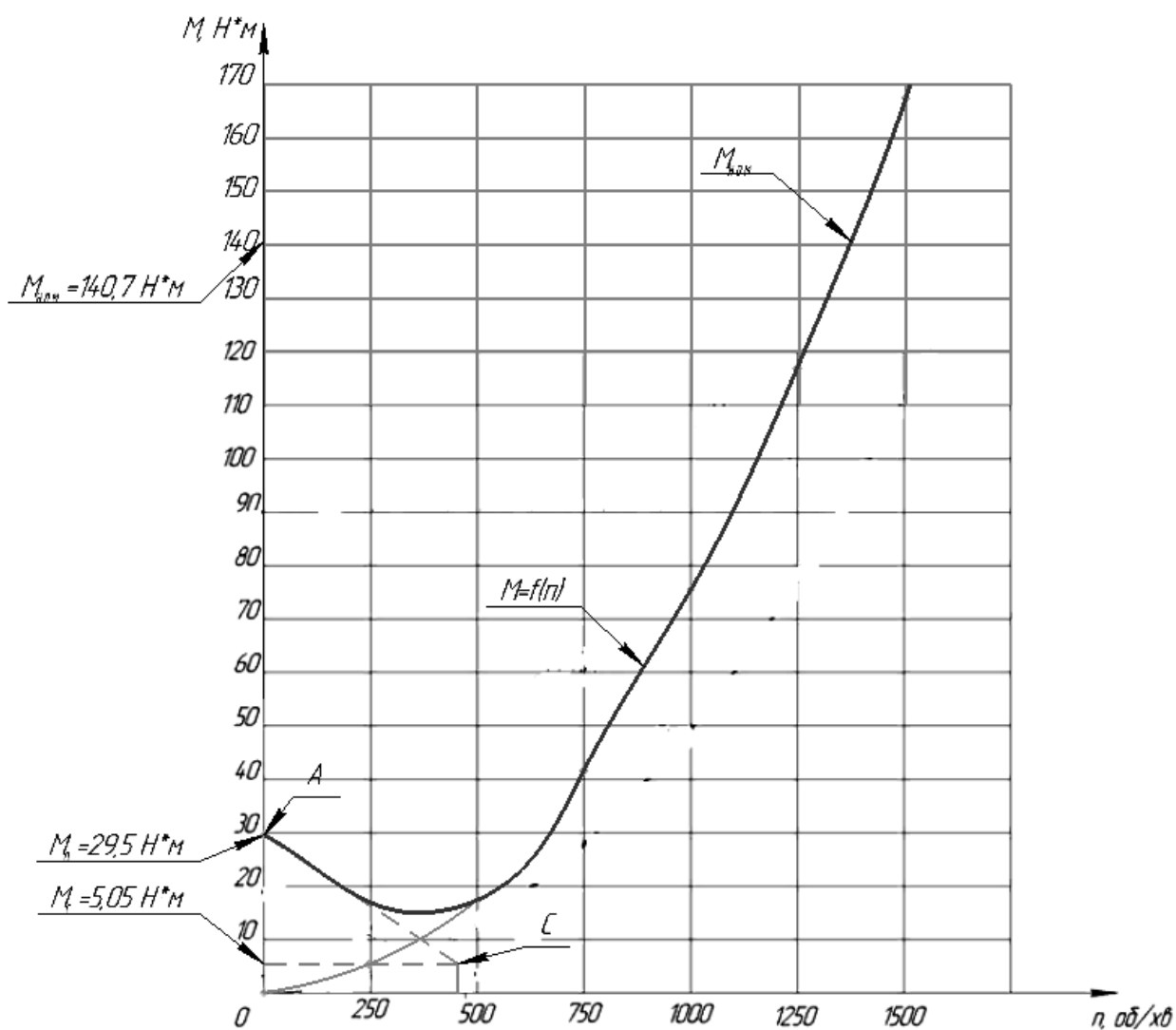


Рисунок 9.1 – Пускова моментна характеристика насосного агрегату КШ 125-315

10 Розділ з охорони праці

10.1 Небезпечні зони обладнання, засоби і заходи захисту

Загальні вимоги безпеки до технологічних процесів передбачають: усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією і відходами виробництва, що виявляють шкідливу дію; заміну технологічних процесів і операцій, пов'язаних із виникненням небезпечних і шкідливих виробничих факторів, процесами і операціями, при яких зазначені фактори відсутні чи мають меншу інтенсивність, комплексну механізацію і автоматизацію; герметизацію обладнання: застосування засобів комплексного захисту працюючих; раціональну організацію праці і відпочинку з метою профілактики монотонності і гіподинамії, а також обмеження важкості праці; систему контролю і управління технологічного процесу, що забезпечує захист працюючих і аварійне відключення виробничого обладнання; своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях; видалення і знезараження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При експлуатації технологічного обладнання в результаті дії небезпечних факторів створюється можливість травматизму. Простір, в якому постійно чи періодично діють ці фактори, називається небезпечною зоною. Небезпечні зони виникають біля ремінних, зубчастих та інших передач, транспортерів у місцях набігання стрічки на барабан чи ролик, валиків вальцьових верстатів, ріжучих інструментів, робочих органів вантажопідійомних машин і т.п.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Приклади небезпечних зон різних механізмів 1 - передаточний ланцюг із зубчаткою; 2 - ремінна передача; 3 - зубчата рейка; 4 - валки; 5 - зубчатки; 6 - кінець конвеєра; 7 - токарний верстат; 8 - свердло; 9 - абразивний круг; 10 - циркулярна пилка; 11-стрічкова пилка; 12-фрезерний верстат; 13-поперечно-стругальний верстат; 14- штамповка; 15-різання;16- загинання.

Розміри небезпечних зон можуть бути постійними (у передач, вальцьових верстатів) і змінними (різання при зміні режимів обробки, перемотування матеріалу, вантажно-розвантажувальні роботи).

Для захисту від дії небезпечних факторів застосовуються колективні та індивідуальні засоби захисту. Можливо виділити чотири групи колективних засобів захисту: огорожу-вальні пристрої, запобіжні, сигналізаційні пристрої відключення системи попередження і системи дистанційного управління технологічними процесами.

1.*Огороджувальні пристрої* бувають стаціонарні, знімні і переносні. Стаціонарні огороження постійно закривають доступ до небезпечних зон і знімаються лише на час огляду, змащування і ремонту робочих органів. Такими огороженнями є корпуси обладнання, суцільні кожухи, бар'єри, незнімні огороження передач тощо. Знімні огороження ставлять на обладнання в місцях, які вимагають періодичного доступу до небезпечних зон для допоміжних операцій, наприклад зміни інструменту, його за-точки, завантаження і розміщення сировини в машинах періодично дії і т.п.

Знімні огороження слід блокувати з робочими органами, що забезпечують неможливість експлуатації машини при відкритих огороженнях. Блокувальні пристрої, що використовують в знімних огороженнях, бувають механічні, електричні, фотоелектричні, електромеханічні і т.п.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Переносні огороження небезпечних зон встановлюються на час проведення ремонтно-будівельних робіт, наприклад для огороження траншей, монтажних та інших прорізів.

2. *Запобіжні пристрої* служать для попередження аварій і поломок окремих частин обладнання і пов'язаною з цим небезпекою травматизму. При порушенні встановлених параметрів запобіжні пристрої спрацьовують автоматично, відключаючи відповідне обладнання чи його вузол. За способом поновлення працездатності виключеного елемента запобіжні пристрої підрозділяють на *три групи систем*: з автоматичним поновленням ланцюгу після того, як контрольований параметр прийшов у норму (наприклад, запобіжний клапан установок, працюючих під тиском); з ручним поновленням ланцюгу органом управління (наприклад, електромагнітні розчіплювачі); з поновленням ланцюгу шляхом заміни слабкого запобіжного пристрою, який вийшов з ладу (наприклад, запобіжні мембрани, плавкі вставки, зрізуючі штифти).

Запобіжні пристрої, надзвичайно різноманітні за призначенням і конструктивним улаштуванням, встановлюються майже на всіх видах обладнання. Так, на вантажопідйомних пристроях встановлюються обмежувачі висоти підйому (кінцеві вимикачі), на центрифугах - обмежувачі швидкості, на верстатах - пристрої, попереджуючі перевантаження (самовідновлюючі запобіжники, зрізуючі штифти і шпильки, фрикційні муфти і т.п.).

3. *Сигналізаційні пристрої* призначені для інформації персоналу про роботу обладнання і виникаючі при цьому небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Сигналізація буває оперативна, попереджувальна та ін. За способом сповіщення оперативна і попереджувальна сигналізація поділяються на знакову, індикаторну, світлову, звукову, кольорову і комбіновану і використовуються для контролю різних параметрів: кількості продукту, тиску, температури і вологості середовища, хімічного складу, швидкості, параметрів

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

вібрації! і шуму тощо. До попереджувальної сигналізації відносяться також написи, що вивішуються на обладнанні: "Не вмикати - працюють люди!", "Обережно, отрута!".

4. Системи дистанційного управління дозволяють усунути дію на організм людини теплових випромінювань, запиленості, вібрації, шуму та інших шкідливих і небезпечних факторів. Дистанційне управління застосовується на підприємствах по зберіганню і переробці зерна, хлібопекарних, кондитерських, пивоварних та ін. Впровадження в харчову промисловість потоково-механізованих ліній із пультами дистанційного управління дозволяє не лише покращити умови праці, але й підвищити її продуктивність.

10.2 Основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання

Загальні вимоги безпеки до конструкції виробничого обладнання встановлені ДНАОП.

Безпека виробничого обладнання забезпечується: -при проектуванні - дотриманням принципів технологічності і ергономічності конструкції, застосуванням раціональних кінематичних схем, принципу безперервності процесу, дистанційного або автоматичного управління, забезпеченням запобіжними та захисними системами; -при виготовленні - застосуванням сучасних технологій машинобудування, дотриманням передбачених допусків та посадок; -при збірці та монтажі - точним дотриманням технології; -при експлуатації - своєчасним обслуговуванням та профілактичними оглядами, дотриманням експлуатації, тощо.

Виробниче обладнання має бути пожежо- і вибухобезпечним. Воно не повинно створювати небезпеки в результаті дії вологості, сонячної радіації, механічних коливань, високих і низьких тисків і температур, агресивних

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

речовин і мікроорганізмів. Важливою умовою безпечної експлуатації обладнання є до-гримання вимог санітарних норм і правил, галузевих стандартів і правил техніки безпеки щодо розмірів виробничих приміщень, галерей і тунелів, мінімальної висоти до низу виступаючих будівельних конструкцій, ширини проходів. Матеріали, що застосовуються в конструкції виробничого обладнання, не повинні бути небезпечними і шкідливими.

Складові частини обладнання (в тому числі трубопроводи, проводка, кабелі і т.п.) повинні виконуватися з таким розрахунком, щоб виключалась можливість їх випадкового пошкодження, що може створити небезпеку. Конструкція обладнання, що має газо-, паро-, пневмо-, гідросистеми та інші, повинна відповідати вимогам безпеки для цих систем. Рухомі частини обладнання, що є джерелом небезпеки, повинні бути огорожені, за виключенням частин, огороження яких не допускається за їх функціональним призначенням. У цих випадках передбачається сигналізація, що попереджує про пуск машин в роботу, засоби зупинки і відключення джерел енергії. При наявності машин значної довжини (наприклад, транспортерів) засоби зупинки повинні розміщуватись не рідше як через кожні 10 м їх довжини.

Елементи конструкцій виробничого обладнання не повинні мати гострих кутів, кромок і поверхонь з нерівностями, що становлять собою джерело небезпеки, якщо їх наявність визначається функціональним призначенням обладнання.

Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового дотику працюючих до гарячих і переохолоджених частин. Виділення і поглинання обладнанням тепла, а також виділення 1м вологи у виробничих приміщеннях не повинно перевищувати гранично допустимі рівні (концентрації) п межах робочої зони. Виробниче обладнання, обслуговування якого пов'язане із переміщенням персоналу, має бути обладнане безпечними і зручними за конструкцією і розмірами проходами і пристосуваннями для

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ведення робіт (робочими майданчиками, драбинами тощо). При необхідності, конструкція обладнання повинна передбачати установлення місцевого освітлення, що відповідає умовам експлуатації, при цьому повинна виключатись можливість випадкового доторкання людини до струмоведучих частин системи освітлення.

Конструкцією виробничого обладнання повинна передбачатись сигналізація, а у разі потреби і засоби автоматичної зупинки і відключення обладнання від джерел енергії при небезпечних несправностях, аваріях і при режимах роботи, близьких до небезпечних. В необхідних випадках виробниче обладнання повинно мати засоби гальмування, ефективність дії яких має бути достатня для забезпечення безпеки і відповідати вимогам стандартів на вироби.

Спрацьовування термінової зупинки не повинно створювати небезпеки для працюючих або аварійної ситуації. Робочі органи обладнання, що мають затискні і. підйомні пристрої та їх приводи, мають бути обладнані засобами, що запобігають виникненню небезпеки при повному чи частковому припиненні подачі енергоносіїв (електричного струму, рідини в гідросистемах, стисненого повітря тощо), а також засобами, які унеможливають самовключення приводів робочих органів при відновленні подачі енергоносіїв. Конструкція обладнання повинна передбачати захист від ураження електричним струмом (включаючи випадки помилкових дій обслуговуючого персоналу), а також виключати можливість накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях. Виробниче обладнання, в якому є кола, що містять електричні ємності, слід обладнувати пристроями для зняття залишкових електричних зарядів. Виробниче обладнання повинно мати вбудовані пристрої для виводу шкідливих, вибухо- і пожежонебезпечних речовин, що виділяються в процесі роботи, безпосередньо від місць їх утворення і накопичення або мати місця для встановлення таких пристроїв, якщо вони не входять в конструкцію обладнання.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати виключення чи зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, вібрації. ГОСТ і ДНАОП вміщують такі вимоги и до органів управління виробничим обладнанням і засобами захисту, що входять в конструкцію виробничого обладнання.

Зокрема, зазначається, що знімні, відкриті і розсувні пристрої робочих органів, що відвертають небезпеку при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки в огороженнях чи корпусах обладнання, що відчиняються, повинні мати улаштування, які виключають їх випадкове зняття і відмикання за допомогою інструменту тощо, а при потребі - мати блокування, що забезпечує припинення робочого процесу при зніманні чи відчиненні огорожень.

Важливе значення має правильне проектування, улаштування та експлуатація органів управління обладнанням, як одного з основних елементів систем, що забезпечує його безпечну експлуатацію.

Органи управління повинні відповідати таким вимогам: кнопки "Пуск" для уникнення випадкового їх включення мають бути заглиблені в корпуси коробок управління; кнопки "Стоп" повинні виступати і бути пофарбовані в червоний колір і встановлені в тих місцях, де частіше всього виникає чи може виникнути необхідність у терміновій зупинці обладнання. Гарячі поверхні теплоізолюються, і допустима температура поверхні ізоляції не повинна перевищувати 35°C - для приміщень особливо небезпечних і підвищеної небезпеки згідно з ПУЕ і 45°C - для приміщень без підвищеної небезпеки. Обладнання, яке в процесі роботи виділяє виробничі шкідливості (пил, дим, пару, газ, вологу) в навколишнє середовище, повинно бути герметизоване і забезпечене аспіраційними вентиляційними установками. З метою попередження перевантаження окремих елементів машин, апаратів, посудин, що працюють під тиском, встановлюють запобіжні пристрої (муфти, клапани і гідравлічні пристрої).

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Крім цього, існує чимало запобіжних засобів і методів, які використовуються залежно від умов технологічного процесу і конструктивних особливостей обладнання, що експлуатується.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

11 Економічний розділ

Виробничий процес та його структура. Принципи організації виробничих процесів

Процес організації виробництва передбачає цілий комплекс робіт, що спрямовується на отримання запланованого результату. Організація виробництва конкретизується через організацію виробничого процесу.

Виробничий процес – це сукупність організованих в певній послідовності взаємопов'язаних процесів праці і природних процесів, в результаті яких вихідні матеріали перетворюються на готову продукцію.

Основними елементами виробничого процесу є предмети, засоби праці і власне сама праця (рис.11.1)



Рис. 11.1 Схема елементів виробничого процесу

Природні процеси здійснюються під впливом сил природи, частка цих процесів у виробничому процесі досить мала, так як вони потребують переважно лише витрат часу (сушіння виробів, висихання після фарбування, охолодження після термічної обробки).

Головною складовою виробничого процесу є технологічний процес, в результаті якого змінюється форма, розміри та властивості предметів праці. Технологічний процес розбивається на ряд операцій, тобто закінчених частин

виробничого процесу, яка виконується на одному робочому місці над одним і тим самим предметом праці без переналагодження устаткування.

Процес виробництва на підприємствах здійснюють різноманітні виробничі процеси, які поділяються за такими ознаками: **за призначенням, перебігом часі і ступенем механізації** (рис. 11.2)

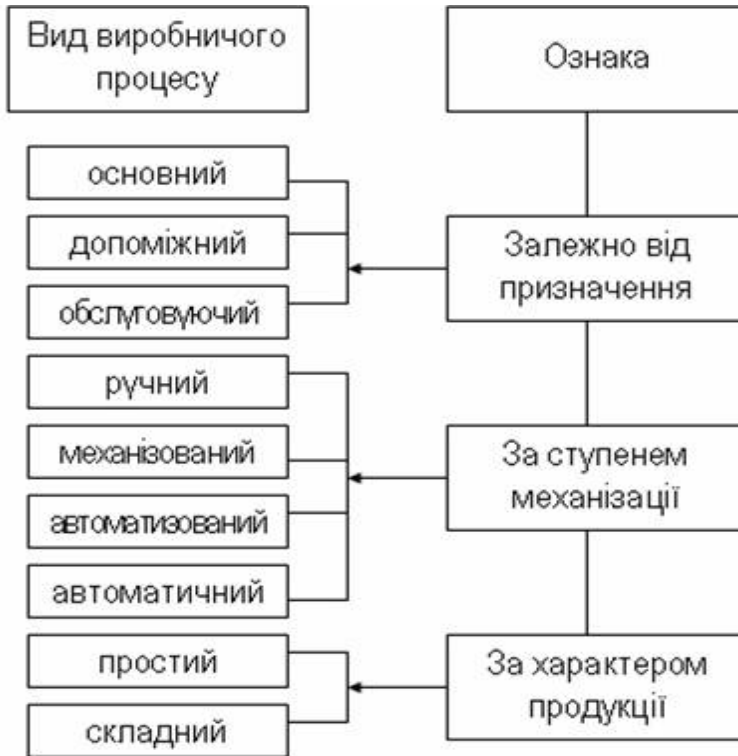


Рис. 11.2 Класифікація виробничих процесів

За призначенням виробничі процеси поділяють на основні, допоміжні, обслуговуючі.

Основні процеси – процеси безпосереднього виготовлення основної продукції підприємства, що визначає профіль його діяльності. На підприємствах обробних галузей промисловості основний процес поділяється на стадії: заготівельну, обробну, складальну. На підприємствах машинобудівної промисловості до заготівельної стадії відносять виготовлення виливків, поковок; до обробної – механічна і термічна обробка; до складальної – складання вузлів, машин з окремих деталей, регулювання механізмів.

Допоміжні виробничі процеси забезпечують основні процеси необхідним технологічним оснащенням (виготовляють інструменти і нестандартне пристосування), проводять ремонт технологічного устаткування і виготовляють запасні частини для ремонту.

Обслуговуючі виробничі процеси забезпечують нормальні умови для ефективного здійснення основних і допоміжних виробничих процесів (виконують транспортні і складські операції, контроль якості продукції).

Склад і взаємозв'язок основних, допоміжних і обслуговуючих процесів становить **структуру виробничого процесу.**

За ступенем механізації розрізняють ручні, механізовані, автоматизовані та автоматичні виробничі процеси.

Ручні процеси здійснюються безпосередньо робітником; механізовані – виконуються робітником за допомогою машин, механізмів; автоматизовані процеси виконуються машинами під наглядом робітників, а автоматичні процеси здійснюються за попередньо розробленими програмами без участі робітників.

В залежності від характеру продукції процес може бути простий і складний.

Процес виготовлення окремої деталі з кількох послідовних операцій називається **простим процесом.**

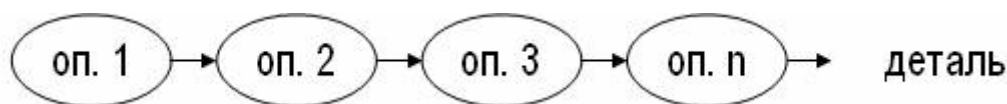


Рис. 11.3 Простий виробничий процес

Сукупність узгоджених виробничих процесів називається **складним процесом.**

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

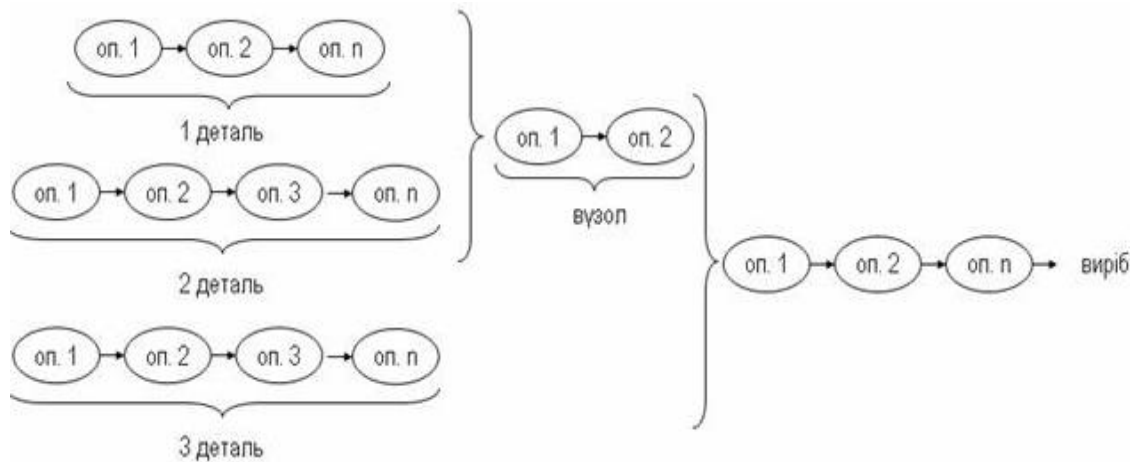


Рис. 11.4 Складний виробничий процес

Ефективність будь-якого виробничого процесу визначається раціональним використанням як робочої сили, так і засобів праці.

Принципи організації виробничих процесів

З метою раціональної організації виробничого процесу і окремих його операцій, ефективного поєднання їх у просторі і часі необхідно дотримуватись певних принципів: → пропорційності, → паралельності, → прямоточності, → безперервності, → ритмічності, → гнучкості.

Принцип пропорційності вимагає узгодженості пропускну́ї спроможності різних робочих місць, тобто однакової здатності виконання робіт і випуску продукції.

При недотриманні принципу пропорційності на виробництві можуть виникати «вузькі місця» або недостатня завантаженість окремих підрозділів. Освоєння нових видів продукції, нерівномірне зниження трудомісткості порушує продуктивність виробничого процесу, тому необхідно запобігати виникненню диспропорцій у процесі виробництва і своєчасно їх усувати.

Принцип паралельності передбачає суміщення операцій і процесів у часі.

При виготовленні складних виробів важливим є розчленування їх на окремі складові частини, суміщення часу виконання різних операцій над ними з метою

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

скорочення тривалості виготовлення цих складових і в цілому виробництва продукції.

Принцип прямоточності передбачає раціональну побудову процесів, при якій шлях проходження предметів праці по всіх операціях буде найкоротшим. Цехи, дільниці, окремі робочі місця розміщують відповідно до послідовності здійснення технологічного процесу.

Безперервність виробництва досягається в тому випадку, коли кожна наступна операція виробничого процесу починається відразу після закінчення попередньої, що дає можливість ліквідувати або звести до мінімуму міжопераційні перерви. Але досягти безперервності неможливо через велику диференціацію технологічного процесу, тому важливим завданням є синхронізація його операцій.

Ритмічність полягає у планомірній повторюваності випуску продукції за певним ритмом, тобто в однакові проміжки часу випускається однакова або рівномірно наростаюча кількість продукції і операції на робочих місцях регулярно повторюються.

Гнучкість дозволяє підприємству швидко адаптуватися до змін у виробництві в умовах ринку, освоювати нові види продукції у короткі терміни і з мінімальними витратами. Цей принцип є дуже актуальним в ринковій економіці, так як створюються можливості швидкого маневрування ресурсами. Розглянуті головні принципи раціональної організації виробничого процесу на практиці реалізуються не однаковою мірою. При організації виробничих процесів їх потрібно враховувати, але вибирати враховуючи ступінь важливості в конкретних умовах господарювання.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

12 Технологічний процес обробки робочого колеса

12.1 Характеристика типу виробництва

Серійний тип організації виробництва [21] характеризується одночасним виготовленням на підприємстві широкої номенклатури однорідної продукції, випуск якої повторюється протягом тривалого часу. Найбільшого поширення серійне виробництво має в машинобудуванні та металообробці. При цьому випуск продукції відбувається серіями, а по відношенню до деталей – партіями. Виготовлення серій виробів одного типорозміру зазвичай повторюється через регулярні проміжки часу. При повторних запусках серій машин часто вносяться зміни до конструкторської та технологічної підготовки виробництва, організації робочих місць, підвищується кваліфікація робітників. Серійне виробництво дозволяє уніфікувати конструкції деталей, виробів і домагатися типізації технологічних процесів і оснащення. Залежно від розміру серії розрізняють великосерійні, среднесерійні і дрібносерійні виробництва.

При великосерійному виробництві продукція виготовляється безперервно великим об'ємом протягом періоду, що перевищує, як правило, рік. Підприємство спеціалізується на випуску повністю відпрацьованих видів продукції або окремих вузлів і деталей. Цехи підприємства спеціалізуються за предметною ознакою, а робочі місця – за однорідними операціями. На такому виробництві широко використовуються спеціалізоване обладнання, потокові лінії і засоби автоматизації (наприклад, конвеєри). Великосерійне виробництво дозволяє організувати на науковій основі всі підготовчі операції, виділяючи їх в самостійний етап. До групи підготовчих операцій відносяться конструювання виробу, його окремих деталей, розробка нових технологічних процесів, виготовлення інструменту і пристосувань. Великосерійне виробництво за своїм характером наближається до масового виробництва.

При среднесерійном виробництві спеціалізація обмежується більш вузькою

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

номенклатурою, а виробничі лінії і цехи мають предметну і технологічну спеціалізацію. Підготовка виробництва, як правило, також виділяється з основного виробничого процесу. До середньосерійного виробництва відносяться, наприклад, верстатобудування і двигунобудування, багато видів прокату чорних і кольорових металів.

Дрібносерійне виробництво – перехідна форма від одиничного виробництва до випуску продукції дрібними серіями. Виготовлення виробів або окремих деталей, як правило, не повторюється. Розмір серій нестійкий, а збут обмежений наявними замовленнями або договорами. З цієї причини порівняно швидко припиняється виготовлення одних видів продукції і налагоджується освоєння нових. До дрібносерійного можна віднести виробництво деяких видів прокату і сплавів спеціального призначення, невеликих партій виробів, машин, призначених для експериментування в різних умовах, і т. д. Дрібносерійне виробництво відрізняється від дослідного виробництва, продукція якого, як правило, обмежується виготовленням одного зразка.

Техніко – організаційні особливості серійного виробництва обумовлюють ряд економічних переваг порівняно з одиничним виробництвом: скорочення виробничого циклу, підвищення якості продукції, зростання продуктивності праці, зниження собівартості. Ці фактори забезпечують підвищення ефективності виробництва.

12. 2 Розроблення технологічного процесу виготовлення робочого колеса

Робоче колесо є основним робочим органом, який забезпечує подачу та напір рідини. Робоче колесо піддається впливу великих динамічних навантажень від тиску рідини на лопаті, від відцентрових сил та вібрації при наявності невірноважених сил. Крім того, воно піддається впливу кавітації та корозії.

Відповідно до завдання на бакалаврську роботу необхідно розробити маршрутний технологічний процес виготовлення робочого колеса (креслення

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

6.05050205.02БР.120.01). Тип виробництва – середньосерійний.

За базу приймаємо типовий технологічний процес виготовлення робочого колеса відцентрового насоса.

12.2.1 Технологічність деталі

Найважливішим показником досконалості конструкції машини чи деталі служить її технологічність.

Визначення технологічності конструкцій деталей і кількісна оцінка критеріїв технологічності виробництва проводиться за ГОСТ 14.205-83.

Під технологічністю конструкції виробу мається на увазі її відповідність тим конкретним методам виробництва, в умовах якого вона повинна виготовлятися. При інших рівних умовах більш технологічною є та конструкція, трудомісткість і собівартість виготовлення якої менша.

Підвищення технологічності конструкцій відбувається в таких основних напрямках:

- 1) спрощення конструктивних форм деталей, включаючи заготовки;
- 2) призначення раціональних допусків;
- 3) уніфікація і стандартизація конструкцій (вузлів, деталей та конструктивних елементів).

Відпрацювання технологічності конструкцій гідромашин проводиться на всіх стадіях проектування, у процесі технологічного контролю, а також у період освоєння виробництва машини.

Відпрацювання технологічності проводиться для трьох етапів виготовлення: виробництва заготовок, механічної обробки та складання.

Велика частина виливків, що застосовуються при виготовленні гідромашин, повинна відповідати особливим вимогам. Наприклад, поверхні виливків, що утворюють проточну частину у відцентрових насосах, мають складну форму подвійної кривизни. На цих поверхнях (в порожнинах

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

спіральних камер, в каналах робочих коліс та ін.) здійснюється робочий процес насоса. Зважаючи на складність форми та недоступність для механічної обробки, поверхні проточної частини зберігаються такими, якими виходять у виливках. У деяких випадках може бути проведена лише зачистка вручну або струменем абразивної суміші.

Допуски на лінійні розміри встановлюють за ГОСТ 26645-85 для сталевих виливків.

В процесі конструювання литих деталей в першу чергу повинні бути прийняті всі міри для отримання виливків з мінімальним дефектами, до основних з яких відносяться: усадочні тріщини і раковини, газові раковини, пористість і надмірне викривлення. Повинні бути також вирішені наступні завдання:

1. Вибір способу формування. Переважним є застосування машинної формовки. З урахуванням габаритів виливків може виявитися доцільним розчленування виливків на дві частини, якщо цілісна виливок не формується на машині, а кожна з частин може формуватися на машині.
2. Вибір площини роз'єму моделі і розташування не формуючих западин, виступів і бубишок з метою зменшення потреби в застосуванні додаткових стержнів або від'ємних частин на моделі.
3. Встановлення базових поверхонь для перших операцій механічної обробки. Базові поверхні повинні бути рознесені на необхідну відстань і достатніми для забезпечення стійкості заготовки при її установці.
4. Встановлення необхідної кількості стрижнів і послідовність їх складання у формі.
5. Слід зазначити, що структура і механічні властивості металу у великій мірі залежать від швидкості охолодження.
6. Ув'язка конструктивних і формувальних ухилів.
7. Вибір способу транспортування виливки.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Безпосереднього конструювання литої деталі передує вибір марки матеріалу і міцнісні розрахунки.

Дане робоче колесо виготовляється зі сталі 20Х13Л.

Проведемо аналіз технологічності матеріалу, з якого зроблено робоче колесо.

За призначенням сталь 20Х13Л застосовується для деталей, що піддаються ударним навантаженням, а також виробів, що піддаються дії слабких агресивних середовищ, а також різних деталі машинобудування, що працюють при температурі не вище 700 °С.

12.2.2 Вибір заготовки та способу її отримання

Від правильності вибору способу отримання заготовки цілком залежить і собівартість одержуваної деталі. Вибір способу залежить від багатьох факторів: типу виробництва, маси деталі, складності форми, вимог креслення. При цьому необхідно враховувати новітні тенденції в технології машинобудування по скороченню витрат матеріалу, зменшенню обсягу механічної обробки, посилення допусків, так як для обробки деталей все частіше застосовуються верстати з ЧПУ, верстати автомати і автоматичні лінії.

Виробництво лопатевих насосів – серійне, так як виконується за замовленням.

Оскільки розглянута деталь має форму тіла обертання і виготовляється зі сталі 20Х13Л і має середньосерійний тип виробництва, то виберемо в якості заготовки лиття по виплавлюваних моделях.

Литтям по виплавлюваних моделях називається спосіб отримання виливків в оболонковій формі, виготовленій методом нанесення вогнетривкого покриття на легкоплавкі моделі. Останні потім виплавляються, в результаті чого в оболонковій формі утворюються порожнини, що відповідають контурам майбутньої виливки.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

На рис. 12.1 наведено ескіз заготовки робочого колеса насоса КШ 125-315.

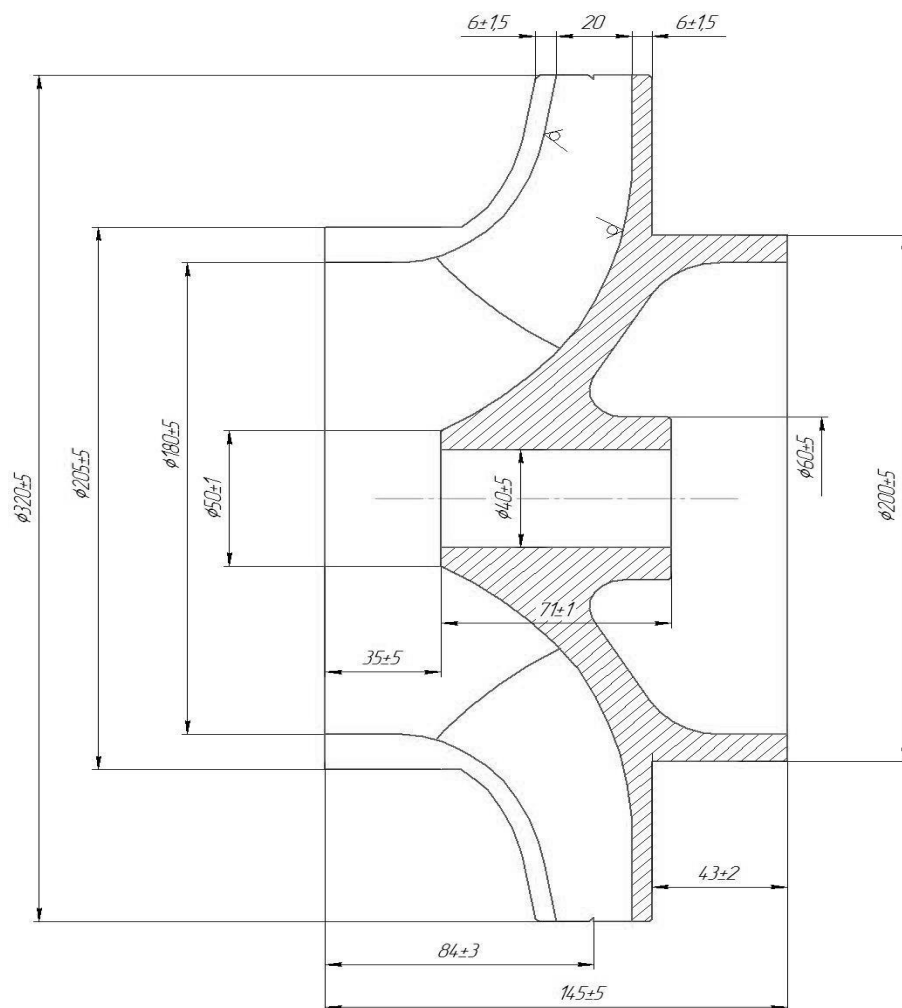


Рисунок 12.1 – Ескіз заготовки робочого колеса

Для отримання високої чистоти поверхні виливків оболонкові форми прокалюють при температурі $900-950^{\circ}$. При цій температурі форма заливається рідким металом. Для запобігання деформації і руйнування тонкої оболонкової форми остання перед випаленням засипається піском або іншим наповнювачем.

Литтям по виплавлюваних моделях можна одержувати виливки будь-якої складності з різною товщиною стінок, які майже або зовсім не потребують механічної обробки. Цим методом відливаються деталі з будь-яких чорних і кольорових сплавів, включаючи високолеговані жароміцні і надтверді сплави.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Відливки отримують з точністю розмірів в середньому 4 – 5-го класів і шорсткістю поверхні 5 – 7-го класів.

Недоліком цього способу є висока собівартість виливків. Тому його слід застосовувати тільки для виготовлення таких деталей, які неможливо отримати іншими методами лиття (наприклад, дрібні тонкостінні деталі з важко оброблюваних сплавів зі складною конфігурацією). Матеріалом для виготовлення легкоплавких моделей може служити, наприклад, суміш парафіну і стеарину у співвідношенні 1:1. Ця суміш готуватися в спеціальних агрегатах, де відбувається розплавлення складових, очищення і перемішування їх до мазеподібного стану при температурі 42- 43°.

Легкоплавкі моделі отримують і методом запресовування модельного матеріалу при температурі 42-43° в металеві водоохолоджувальні прес-форми.

Процес виготовлення моделей включає підготовку прес-форм, запресовування в її порожнину модельного складу, витримку до затвердіння, витяг моделі та її охолодження у проточній воді з подальшою зачисткою.

12.2.3 Вибір технологічних баз

Вибір технологічних баз. Важливим етапом проектування будь-якого технологічного процесу є вибір технологічних баз. За призначенням бази поділяють на конструкторські, технологічні і вимірювальні.

Конструкторська база використовується для визначення відносного положення виробу або заготовки при виготовленні; вимірювальна база – для визначення відносного положення виробу або заготовки і засобів її вимірювання. Вибір схеми базування повинен проводитися з урахуванням необхідної точності обробки.

Базування полягає в приданні заготівці необхідного положення щодо необхідної системи координат. База – поверхня, що виконує функцію

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

поєднання поверхонь, вісь, точка, що належить заготовці або виробу та використовується для базування.

Враховуючи все вище написане, вибираємо для робочого колеса технологічну базу, показану на рис.12.2, прив'язка розмірів до цієї поверхні буде доцільною і технологічно вірною.

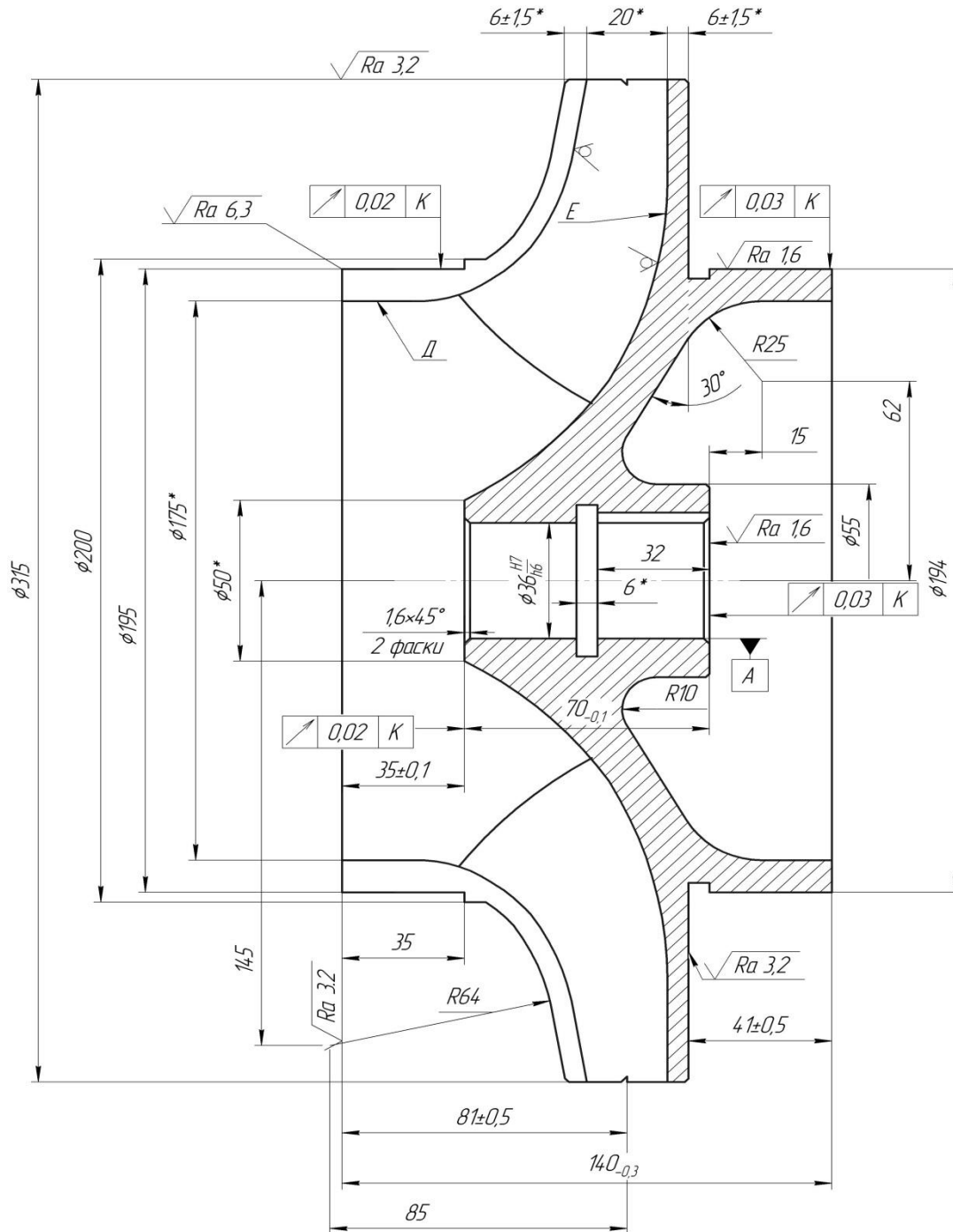


Рисунок 12.2 – Ескіз робочого колеса

						6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			76

12.3 Складання технологічного маршруту обробки

Деталь має нескладні і легко оброблювальні поверхні, невеликі габарити.

Точність обробки невисока. Кожна операція здійснюється з декількох установок, а переустановка – вручну. Використання верстатів з ЧПУ дає незначний виграш за часом, а їх вартість перевищує універсальні верстати.

Тому в проектованому технологічному процесі будемо використовувати універсальний токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62.

Верстат моделі 1К62 призначений для обробки чорних і кольорових металів з великою швидкістю різання різцями з швидкорізальної сталі і твердих сплавів.

Для фрезерної обробки використовується широкоуніверсальний фрезерний верстат ВМ130М.

Для довбіжної операції використовується долбальний верстат з механічним приводом ГД 200.

Першою операцією технологічного процесу обробки деталі є заготівельна операція, що передбачає в собі отримання заготовки (лиття по виплавлюваних моделях). Далі слідує механічна обробка. Вона складається з токарної обробки, а точніше чорнової токарної, токарної напівчистової і токарної чистової.

Фрезерна обробка, долбальна.

Маршрут обробки наведено в картах КТП (див. додаток А).

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

13. Індивідуальне завдання

Заходи щодо захисту від кавітаційного зруйнування

13.1 Фізична природа кавітації

Потік рідини до лопатей робочого колеса від його джерела можливий тільки за рахунок потенційної енергії. Зменшення потенційної енергії на всмоктування її у вхідну воронку колеса та втрати енергії на тертя та різного роду опору всмоктувального трубопроводу при відомих умовах можуть викликати кавітацію. Це обмежує максимальну геометричну висоту всмоктування в насосі.

Кавітація – це гідродинамічне явище, яке залежить від гідродинамічних якостей робочих органів насоса та фізичних властивостей рідини. Кавітація виникає за рахунок падіння тиску до рівня рівного або меншого тиску насиченого пару та супроводжується створенням порожнин насичених паром та розчиненими в рідині газами. Вона також виникає при зниженні місцевого тиску спричиненим різними причинами динамічного характеру: збільшення швидкості потоку через збільшення частоти обертання насоса, відрив або стиснення потоку, відхилення ліній току від їх нормальних траєкторій.

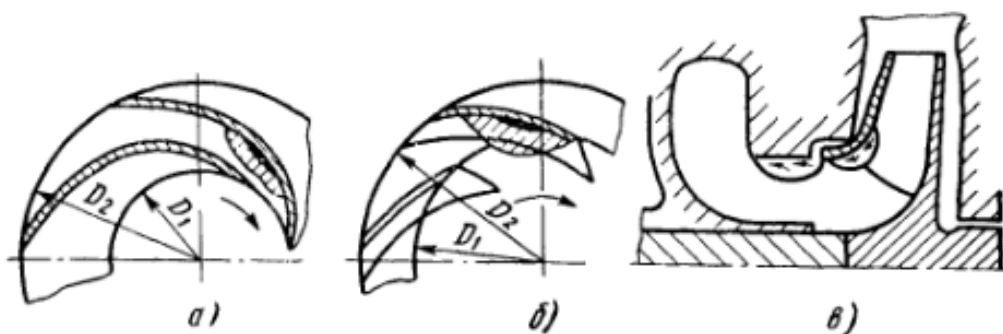


Рис. 13.1 – Зони місцевого зниження тиску на вході в насос:

а) з циліндричними лопатками; б) з просторовими лопатками; в) у меридіанному перерізі робочого колеса

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Кавітація виникає як на рухомих, так і на нерухомих елементах проточної частини. Іноді кавітація виникає через утворення мікроскопічних бульбашок на ділянках пограничного слою тіла, що обтікається.

«Закипання» рідини при кавітації являється термодинамічним процесом, який залежить від властивостей рідини: тиску, температури, теплоємністю.

Робота насоса в умовах виникнення кавітації відбувається руйнування практично будь-якого матеріалу з якого виконана поверхня, яка обтікається. Явище, яке визначає інтенсивність вказаного руйнування, яке має назву кавітаційна ерозія, складне. Головною її причиною являється механічне стале руйнування матеріалу від дії односторонніх циклів стискання.

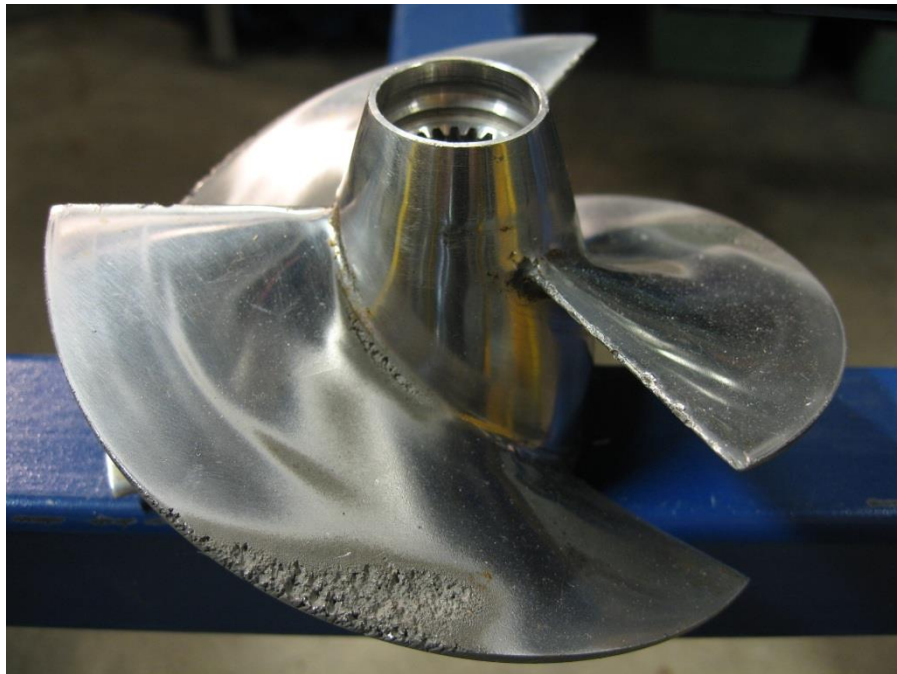


Рис. 13.2 – Кавітаційне пошкодження гребного гвинта

Гідравлічні удари, які супроводжуються явищем кавітації, ведуть до створення шуму та вібрації насоса. Кавітаційний шум супроводжується на початковій стадії кавітації у вигляді характерного тріску в зоні входу в РК.

Початкова стадія кавітації, яку називають місцевою кавітацією, супроводжується кавітаційною ерозією, але не приводить до суттєвих змін

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

зовнішніх параметрів насоса. Стадія кавітації, яка відповідає кавітаційному зриву роботи насоса, має назву розвиненої. В умовах суперкавітації елемент, що обтікається знаходиться у зоні кавітаційної області. Кавітація супроводжується признаками, що негативно впливають на роботу насоса.

Шум та вібрація виникає при руйнуванні кавітаційних бульбашок в зоні підвищеного тиску. Рівень шуму залежить від розміру насоса. Кавітаційний шум проявляється у вигляді характерного потріскування в зоні входу в робоче колесо.

Зниження параметрів насоса при наявності розвиненої кавітації по різному впливає на насоси з різними коефіцієнтами швидкохідності, та залежить від значення та впливу кавітаційної зони. При низьких коефіцієнтах швидкохідності параметри насосу зменшуються різко. Для насосів з високими коефіцієнтами швидкохідності характерне помірне зниження параметрів. Якщо кавітаційна зона займає весь переріз каналу, то виникає зрив подачі насоса.

Вказані види руйнування нескладно відрізнити один від одного за зовнішнім виглядом пошкоджень та розміщення їх в каналах насоса.

13.2 Шляхи запобігання або зменшення кавітації

Зменшити шкідливий вплив кавітації можливо за рахунок впуску повітря у всмоктувальний трубопровід, збільшенням діаметру та скороченням підвідного трубопроводу, зменшенням подачі або частоти обертання. Кавітаційні якості насоса залежать від його параметрів.

При конструюванні робочого колеса необхідно враховувати деякі особливості для зменшення кавітації. Збільшення діаметру входу в робоче колесо приводить до зменшення абсолютної швидкості на вході в робоче колесо, а зменшення кута установки лопаті на вході в робочому колесі приводить до зменшення відносної швидкості, це значною мірою впливає на

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

зниження кавітації в проточній частині. З точки зору покращення кавітаційних якостей оптимальним значенням кута установки лопаті на вході в робоче колесо становить $\beta_1 = 18 \div 20^\circ$. Для зменшення кавітації необхідно забезпечити рівномірний розподіл швидкостей на вході в робоче колесо.

Закручування потоку на вході в лопатеву систему веде до великих затрат енергії. Для запобігання цього використовують нерухому лопатки (напрямні апарати), як показано на малюнку 8.3, а. Інколи вхідні елементи лопатей проектується так, що вони можуть створюють вторинні токи на вході, які підкручують основний потік безпосередньо перед входом на лопать. Попереднє закручування потоку за рахунок внутрішньої енергії зменшує кавітаційний запас на вході в робоче колесо. Застосування напраних апаратів дозволяє отримати колеса з більшими анти кавітаційними показниками $c_{кр} = 1200 \div 1500$. Отже закручування потоку зовнішніми силами (направляючим апаратом) приводять до збільшення кавітаційного запасу на вході в робоче колесо.

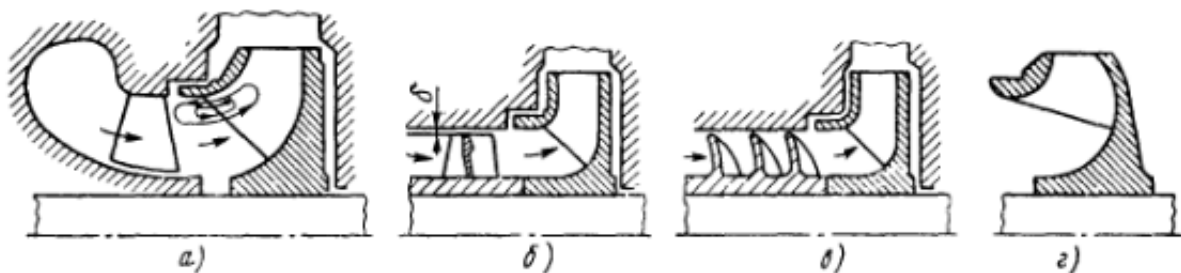


Рис.13.3 – Конструктивні шляхи підвищення кавітаційних якостей відцентрових насосів

Також ефективним заходом по підвищенню анти кавітаційних якостей насосу являється установка перед робочим колесом перед включеним осьовим колесом або шнеком, як показано на малюнку 12.3, б, в. перед включене колесо або шнек створюють додатковий підпір на вхожі у відцентрове робоче колесо, забезпечуючи без кавітаційну його роботу. Сам пристрій працює в умовах високої кавітації або суперкавітації. Не дивлячись на те, що для виготовлення подібних пристроїв використовують спеціальні матеріали при роботі в таких

умовах руйнуються. Для зменшення кавітаційних руйнувань застосовують такі заходи: збільшують радіальний зазор між лопатями та втулкою; виконання клиновидного уступу на тильній стороні лопаті. Застосування перед включених коліс та шнеків дозволяє підвищити анти кавітаційні показники до значень $C_{кр} = 2500 \div 3000$ та вище.

При застосуванні «бочкоподібної» форми меридіанної проекції з відношенням живого перерізу при вході на лопать до площини входної воронки $\frac{F_1}{F_2} = 2 \div 2,5$ зменшує кавітаційний запас на вході в насос за рахунок зменшення навантаження на входні елементи лопаті, як показано на малюнку 12.3, г. Вхідна кромка загострюється, що приводить до зриву потоку з поверхні лопаті та змінює картину потенційного потоку. При цьому не виникає характерного мінімуму епюри тиску при обтіканні лопаті. Значення анти кавітаційного показнику при використанні таких коліс досягає до 2200. Але форма меридіанного проекції не впливає досягненню високого ККД робочого колеса, а загострення кромки негативно впливає на довговічність колеса.

Також використання робочого колеса двохстороннього входу. При цьому вдвічі зменшується подача лопатевої системи колеса та покращує всмоктувальну спроможність за рахунок зменшення величини динамічного падіння тиску.

Можливе застосування дискових робочих коліс. Через відсутність лопатей динамічне падіння тиску відсутнє. Значення без кавітаційної роботи дискових робочих коліс досягає 3000.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

14 Висновки

В бакалаврській роботі вирішена практична задача створення відцентрового насоса для перекачування води в системах водопостачання промислових і комунальних об'єктів на параметри: подача $Q = 200 \text{ м}^3/\text{год}$; напір $H = 32 \text{ м}$.

Основні результати роботи:

1. Проведено аналіз конструктивних схем консольних відцентрових насосів і визначена конструкція насоса типу КШ.
2. Виконано обґрунтування конструктивної схеми насоса і наведено опис конструкції.
3. Виконано гідравлічні розрахунки: вибрано модель робочого колеса, визначені основні розміри колеса і спірального відводу, розрахунок та проектування передвключеного колеса, розраховані осьова і радіальна сили; проведено розрахунок насоса на кавітацію.
4. Виконано розрахунок втрат і повного ККД насоса.
5. Виконано вибір електродвигуна і побудована пускова моментна характеристика.
6. Виконано механічні розрахунки: вала на міцність, довговічності підшипників, шпонкового з'єднання вала з колесом.
7. Розглянута відповідальність власника за невиконання нормативних вимог охорони праці.
8. Розглянуто принцип розроблення мережевого графіка технічної підготовки виробництва нової техніки.
9. Розроблено технологічний процес виготовлення робочого колеса.
10. Розроблені основні креслення спроектованого насоса: монтажне креслення агрегату, складальне креслення насоса, теоретичне креслення відводу, креслення робочого колеса, шнека, кришки підшипника, шпаринного ущільнення та ротора.

					<i>6.05050205.17БР.000.00ПЗ</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

15 Література

1. Схема відцентрового насоса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uchil.net/images/51/02/4275102.png>
2. Ломакин А. А. Центробежные и осевые насосы. – Л. : Машиностроение, 1966. – 364 с.
3. Відцентровий насос [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e8/Centrifugal_Pump_RU.png/220px-Centrifugal_Pump_RU.png
4. Насос типу К [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/103001-3349049.jpg
5. Каталог консольних насосів К [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ueck.ru/catalog/nasosy/konsolnye_k-item/
6. Консольні насоси типу К [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://electronpo.ru/konsolnie-nasosi-tipa-k>
7. Відцентровий насос типу К [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://artmar.com.pl/media/2016/08/1596010.jpeg>
8. Робоче колесо відцентрового насоса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://septik.guru/wp-content/uploads/2016/05/rabochie_kolesa_dlya_centrobezhnih_nasosov_foto_largest-300x200.jpg
9. обоче колесо відцентрового насоса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://septik.guru/vodoprovod/nasosyi/tsentrobezhnyiy/rabochee-koleso.html>
10. Насоси групи ГМС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nempump.com/o-gruppe-gms-2/>
11. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – М. : Машиностроение, 1977. – 288 с.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту зі спеціальності «Розрахунок та проектування консольного насоса з використанням теорії подібності» / укладачі: Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 37.
13. Лопастные насосы: справочник /В.А. Зимницкий, А.В. Каплун, А.Н. Папир, В.А. Умов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986.
14. Дунаев П. Ф Конструирование узлов и деталей машин /П. Ф Дунаев , О. П. Леликов: учебное пособие для машиностроительных вузов. – М.: Высшая школа, 1985.
15. Иванов М. Н. Детали машин: учеб. для студентов втузов /под ред. В. А. Финогенова.– 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.
16. Биргер И. А. Расчет на прочность деталей машин / И. А. Биргер, Б. В. Шор. – М.: Машиностроение, 1979.
17. Сітьові методи планування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://buklib.net/books/29495/>
18. Тарасюк Г. М. Планування діяльності підприємства /Г. М. Тарасюк , Л. І. Шваб : навчальний посібник. – Київ: "Каравела", 2003.
19. Закон України "Про охорону праці" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
20. Відповідальність посадових осіб і працівників за порушення законодавства про охорону праці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.com/85762/bzhd/vidpovidalnist_posadovih_osib_pratsivnikiv_poru_shennya_zakonodavstva_ohoronu_pratsi_obovyazkovi_medichni_oglyadi
21. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: навч. посібник. – К.: Вища шк. 1993. – 414 с.

					6.05050205.17БР.000.00ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85