

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему

Розробка пластинчатого насоса $V=88 \text{ см}^3$ $P=6,3 \text{ МПа}$ $n=1500 \text{ об/хв}$

зі спеціальності

Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика

Виконавець роботи Рустанович Євгеній Леонтійович

прізвище ім'я по батькові

підпис, дата

Науковий керівник

Кандидат технічних наук, доцент

науковий ступінь, учене звання

Ігнат'єв Олександр Савич

прізвище, ім'я, по батькові

3.10.18

підпис, дата

Суми 2018

РЕЦЕНЗІЯ на кваліфікаційну роботу бакалавра випускника кафедри прикладної гідроаеромеханіки СумДУ _____
(прізвище та ініціали)

на тему _____

Робота виконана в об'ємі: РПЗ _____ сторінок; креслень (А1) _____

Відповідність теми профілю спеціальності _____

Повнота розкриття теми _____

Технічний рівень роботи _____

Оцінка загальноінженерної та спеціальної підготовки студента (за результатами співбесіди) _____

Якість розрахунково-пояснювальної записки _____

Якість графічних матеріалів _____

Позитивні сторони роботи _____

Зауваження _____

Загальна оцінка роботи _____

Загальний висновок (потрібне підкреслити):

тема дипломної роботи розкрита **повністю** / **частково** / **не розкрита**, студент **готовий** / **не готовий** вирішувати інженерні задачі та **заслуговує** / **не заслуговує** присвоєння кваліфікаційного рівня «бакалавр» зі спеціальності «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика»

Рецензент _____
(посада, місце роботи)

_____ (підпис)

_____ ” _____ ” 20 ____ р
(прізвище, ініціали)

Сумський державний університет

Факультет Т-СЕТ

Кафедра ПГМ

Спеціальність 6.050205 - Гідравлічні машини, гідроприводи та
гідропневмоавтоматика

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою ПГМ
І.О.Ковальов
« » 2018р.

ЗАВДАННЯ на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентіві

Рустаків Євген Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка гідростатичного насоса
 $V = 88 \text{ см}^3$, $p = 6,3 \text{ МПа}$, $n = 1500 \text{ об/хв}$

затверджена наказом по університету від " " р. №

2. Термін здачі студентом закінченої роботи

3. Вихідні дані до роботи: робочий об'єм 88 см^3
тиск $6,3 \cdot 10^6 \text{ Па}$
число обертів 1500 об/хв

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)

Гідравлічної розрахунок. Розрахунок сил
розробки на шків. Також розрахунок системи
розробки об'ємності. Окремі креслі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Особливі креслення агрегату, насоса
розробки на шків, шків, розробка

6. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Найменування етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкція камери	23.02.18	
2	Гідравлічні розрахунки	18.03.12	
3	Розрахунок сил	23.03.18	
4	Розрахунок на міцність	30.03.18	
5	Технологічна система	6.04.18	
6	Розрахунок собівартості	13.04.18	
7	Окучка цукру	20.04.18	
8	Складальне креслення камери	27.04.18	
9	СК звітність		
10	Дисциплінарна комісія	4.05.12	
11	Зовнішній вигляд камери	11.05.18	
12	Котушка з стойкою	18.05.18	
13	Оформлення ПЗ	25.05.18	
		31.05.18	

7. Дата видачі завдання

«__» _____ 20 р.

Студент-


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 55с., 5 рисунків, 3 таблиць, 7 літературних джерел.

Тема роботи «Розробка пластинчатого насосу $V=88\text{см}^3$, $P=6,3\text{МПа}$, $n=1500\text{об/хв}$ ».

Графічні матеріали: Складальні креслення агрегата, корпусу та насоса загальним обсягом 4 формату А1.

Мета роботи – визначення розмірів складових частин насоса.

Відповідно до поставленої мети знайдені розміри:

- ротора;
- статора;
- пластин;
- пазів;
- каналів;
- вікон.

У розділі технологічна частина розроблені маршрутні карти виготовлення вала.


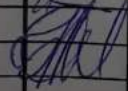
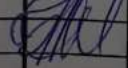
У розділі економіка розрахований кошторис виготовлення вала.

У розділі охорони праці розглянуте питання відповідальності за порушення законодавства про охорону праці.

Ключові слова: НАСОС, РОТОР, СТАТОР, ПЛАСТИНА, КОРПУС, ВАЛ.

Зміст

Завдання	
Реферат	
Вступ.....	5
1 Гідравлічний розрахунок.....	7
2 Розрахунок сил.....	13
3 Розрахунки на міцність.....	18
4 Технологічна частина.....	32
5 Розрахунок собівартості.....	46
6 Охорона праці.....	52
Список літератури.....	54

6.05050205.35.БР.000.00ПЗ											
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Рустанович			Розрахунок пластинчастого насоса $V=88\text{см}^3$, $P=6.3\text{МПа}$, $n=1500\text{об/хв}$						
Провер.		Ігнат'єв									
Реценз.					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Лист.</td> <td style="padding: 2px;">Лист</td> <td style="padding: 2px;">Листов</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">БР</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">55</td> </tr> </table>	Лист.	Лист	Листов	БР	4	55
Лист.	Лист	Листов									
БР	4	55									
Н. Контр.		Алексеевко			Пояснювальна записка Сум ДУГМ-42						
Утверд.											

ВСТУП

Пластинчастий насос одноразової дії з регулюванням подачі в функції тиску складається з ротора 1 з пластинами 4, статора 2, зовнішнього кільця 5, переднього 14 та заднього 24 розподільних дисків, встановлених в корпус 7, з'єднаний гвинтами з кришкою 15. Статор розміщено між нерухомою 11 та рухомою 6 плоскими опорами, шийки ротора спираються на підшипники ковзання, розташовані в розподільних дисках. Крутний момент на ротор через шліцьове з'єднання передається з приводного вала 17, встановленого на шарикопідшипниках 16, 23. В передньому диску є серпоподібні пази 13, 18, зроблені таким чином, що забезпечують постійне з'єднання робочих камер під час збільшення їхніх об'ємів з лінією всмоктування, а під час зменшення — з лінією нагнітання. Притиск пластин до статора з сплю, пропорційною тиску в усмоктувальній або нагнітальній лініях, здійснюється підведенням рідини під торці пластин через пази 12, 19, які сполучаються каналами з відповідними гідролініями. Задній диск 24, виконаний плаваючим, має сполучену з напорноюгідролінією кільцеву порожнину 20, обмежену шайбою 22 та гумовими кільцями 21. При обертанні ротора тиск нагнітання в кільцевій порожнині 20 створює осьову силу, яка стискає робочі елементи насоса. Пластини відцентровою силою і тиском масла притискаються до ексцентрично розташованої внутрішньої поверхні статора. Величина найбільшого ексцентриситета обмежується упором у гвинт 3, до якого статор притискається пружиною 9 регулятора тиску насоса. До механізму регулятора входять також штовхач 8 та регулювальний гвинт 10. Серпоподібні пази 13 і 18 виконані несиметрично відносно горизонтальної осі насоса. Вони зміщені на деякий кут α в напрямку обертання ротора. Завдяки цьому сила тиску рідини, діюча на внутрішню поверхню статора з боку робочих камер, відхиляється від вертикалі і її можна представити складовими, одна з яких R намагаються зрушити статор в напрямку мінімальної подачі праворуч, долаючи зусилля пружини 9 регулятора тиску і забезпечуючи автоматичне регулювання подачі в функції тиску [23].

Статична характеристика насоса показує, що при зростанні тиску подача насоса Q поступово зменшується в зв'язку із зростанням внутрішнього витоку рідини. При досягненні величини тиску p_1 зусилля R долає опір пружини 9 і при подальшому зростанні

тиску подача насоса практично зменшується до нуля. Змінювання статичної характеристики насоса можна здійснити за рахунок деформації пружини 9 регулювальним гвинтом 10 або регулюванням положення упора 3, який обмежує максимальний ексцентриситет.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

5

Технічне завдання

Насос типу: Г12-55АМ;

Робочий об'єм: $V = 88 \text{ см}^3$;

Кутова швидкість: $\omega = 157 \text{ рад/с}$;

Тиск на виході: $P_{\text{вих}} = 6,3 \text{ МПа}$;

Об'ємний ККД: $\eta_o = 0,88$;

Повний ККД: $\eta_o = 0,8$.

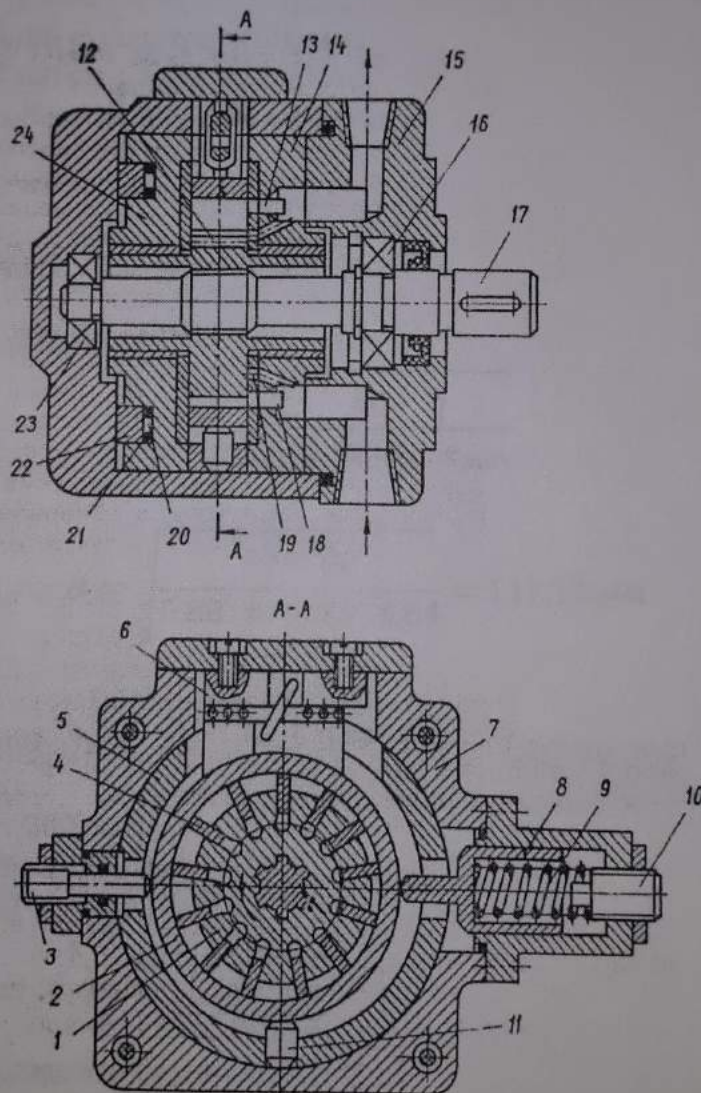


Рисунок 1- Ескіз насоса

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

6

1. Гідравлічні розрахунки

1.1 Розрахунок основних розмірів насоса:

1.1.1 Найбільший ексцентриситет:

$$e_{max} = K \sqrt[3]{\frac{q}{\eta_0}}$$

$$e_{max} = 1 \sqrt[3]{\frac{88}{0,88}} = 4,64 \text{ мм}$$

де

e_{max} - найбільший ексцентриситет, мм;

q - робочий об'єм, см^3 ;

K - коефіцієнт, $K = 1$ при $q < 200 \text{ см}^3$;

$K = 0,8$ при $200 < q < 500 \text{ см}^3$;

$K = 0,6$ при $500 < q < 4000 \text{ см}^3$;

Обираємо $K = 1$

η_0 - об'ємний ККД;

1.1.2 Діаметр статора:

$$D = \sqrt{\frac{500 \cdot q}{\eta_0 \cdot \pi \cdot K_1 \cdot e_{max}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{500 \cdot 88}{0,88 \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 4,64}} = 117,16 \text{ мм}$$

де

D - діаметр статора, мм;

K_1 - коефіцієнт;

$K_1 = 0,25$ при $q < 200 \text{ см}^3$;

$K_1 = 0,4$ при $200 < q < 500 \text{ см}^3$;

$K_1 = 0,55$ при $500 < q < 4000 \text{ см}^3$;

Приймаємо $D = 115 \text{ мм}$

1.1.3 Зовнішній діаметр статорного кільця:

$$D_{зв} = D + 4 \cdot e$$

$$D_{зв} = 115 + 4 \cdot 4,5 = 133 \text{ мм}$$

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	7

де $D_{зв}$ – зовнішній діаметр статорного кільця, мм;

1.1.4 Внутрішній діаметр кільця:

$$D_{кільця} = D_{зв} + 2 \cdot e$$

$$D_{кільця} = 133 + 2 \cdot 4,5 = 142 \text{ мм}$$

де $D_{диск}$ – Діаметр диска, мм

$$D_{диск} = D_{кільця} + 4e = 142 + 4 \cdot 4,5 = 160 \text{ мм}$$

1.1.5 Ширина статора:

$$b = K_1 \cdot D$$

$$b = 0,25 \cdot 115 = 28,75 \text{ мм}$$

де b – ширина статора, мм;

Приймаємо $b = 30 \text{ мм}$

1.1.6 Відносна товщина пластини:

$$\frac{\delta}{R} = 0,01 \div 0,075$$

де δ – товщина пластини, мм;

R – радіус статора, мм;

Приймаємо $\delta/R = 0,05$.

1.1.7 Товщина пластини:

$$\delta = 0,005 \cdot R$$

1.1.8 Уточнена величина ексцентриситету:

$$e = \frac{q}{2 \cdot b \cdot (\pi \cdot D - z \cdot \delta)}$$

$$e = \frac{88}{2 \cdot 30 \cdot (\pi \cdot 115 - 13 \cdot 2,87)} = 4,5 \text{ мм}$$

де z – кількість пластини, шт., $z = 13$;

					Арк.
					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.1.9 Глибина паза:

$$h = (3,5 \div 4,0)e$$

де h – глибина паза, мм;

$$h = 4 \cdot 4,5 = 18 \text{ мм}$$

1.1.10 Діаметр ротора:

$$d_{\text{рот}} = D - 2 \cdot e$$

$$d_{\text{рот}} = 115 - 2 \cdot 4,5 = 106 \text{ мм}$$

де $d_{\text{рот}}$ – діаметр ротора, мм;

1.1.11 Діаметр дренажної канавки:

$$\varnothing_{\text{дрен}} = d_{\text{рот}} - 2 \cdot h$$

$$\varnothing_{\text{дрен}} = 106 - 2 \cdot 18 = 70 \text{ мм}$$

де $\varnothing_{\text{дрен}}$ – діаметр дренажної канавки, мм;

Ширина вікон та дросельних канавок:

$$a = 2e$$

$$a = 4,5 \cdot 2 = 9 \text{ мм}$$

1.2 Розрахунок вікон та патрубків торцевого розподільника:

1.2.1 Кут між пластинами:

$$\beta = \frac{2\pi}{z}$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 180^\circ}{13} = 27,7^\circ$$

1.2.2 Кут перемички між вікнами:

$$\varepsilon = (1,5 \div 2,5)\beta$$

$$\varepsilon = 41,55^\circ \div 69,25^\circ$$

Приймаємо $\varepsilon = 56^\circ$

1.2.3 Кут нахилу бісектриси вікон:

$$\psi = 7^\circ \div 8^\circ$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Приймаємо $\psi = 7^\circ$

1.2.4 Кут перемички між дренажними канавками:

$$\varphi = 0,5 \cdot \beta$$

$$\varphi = 0,5 \cdot 27,7 = 13,85^\circ$$

1.2.5 Кут на який опирається дренажна канавка:

$$\delta = \pi + \frac{\beta}{2}$$

$$\delta = 180 + 13,85 = 193,85^\circ$$

1.2.6 Площа дренажного отвору:

$$f_{др} = \frac{Q}{z \cdot v_{max}}$$

$$f_{др} = \frac{0,0022}{13 \cdot 2} = 84,615 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

де $f_{др}$ – площа дренажного отвору, м²;

v_{max} – максимальна швидкість потоку, м/с, $v_{max} = 2$ м/с;

Q – витрата рідини через дренажний отвір, м³/с;

$$Q = q \cdot n$$

$$Q = 88 \cdot 10^{-6} \cdot 24,99 = 0,0022 \text{ м}^3/\text{с}$$

де n – частота обертання, об/с;

1.2.7 Діаметр дренажного отвору:

$$d_{др} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{др}}{\pi}}$$

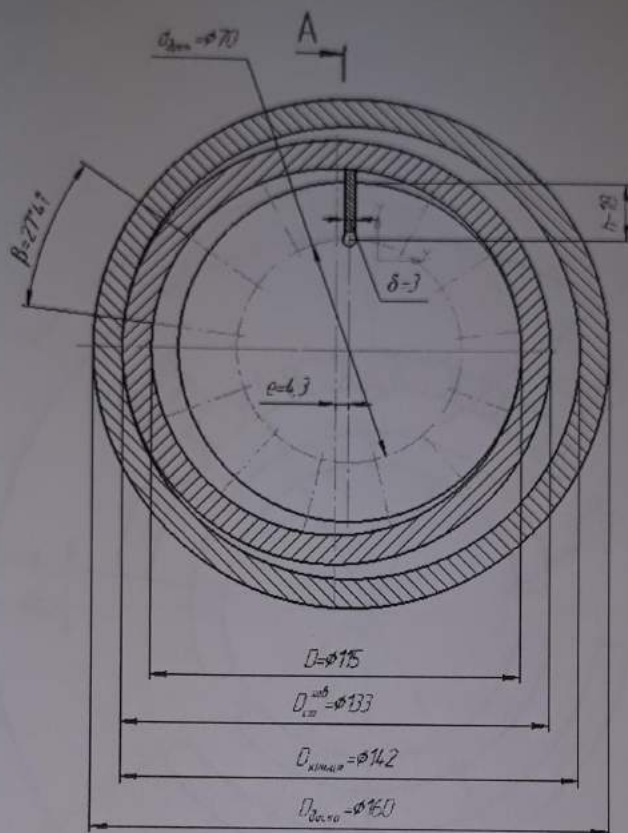
$$d_{др} = \sqrt{\frac{4 \cdot 84,615}{\pi}} = 10,37 \text{ мм}$$

де $d_{др}$ – діаметр дренажного отвору, м;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

70



A

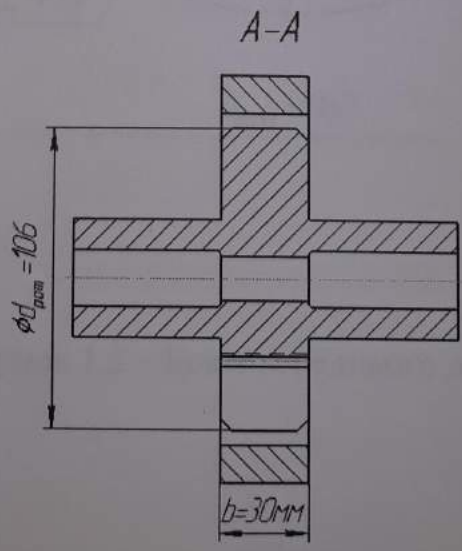


Рисунок 1.1- Ескіз статора

					Арк.
					11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

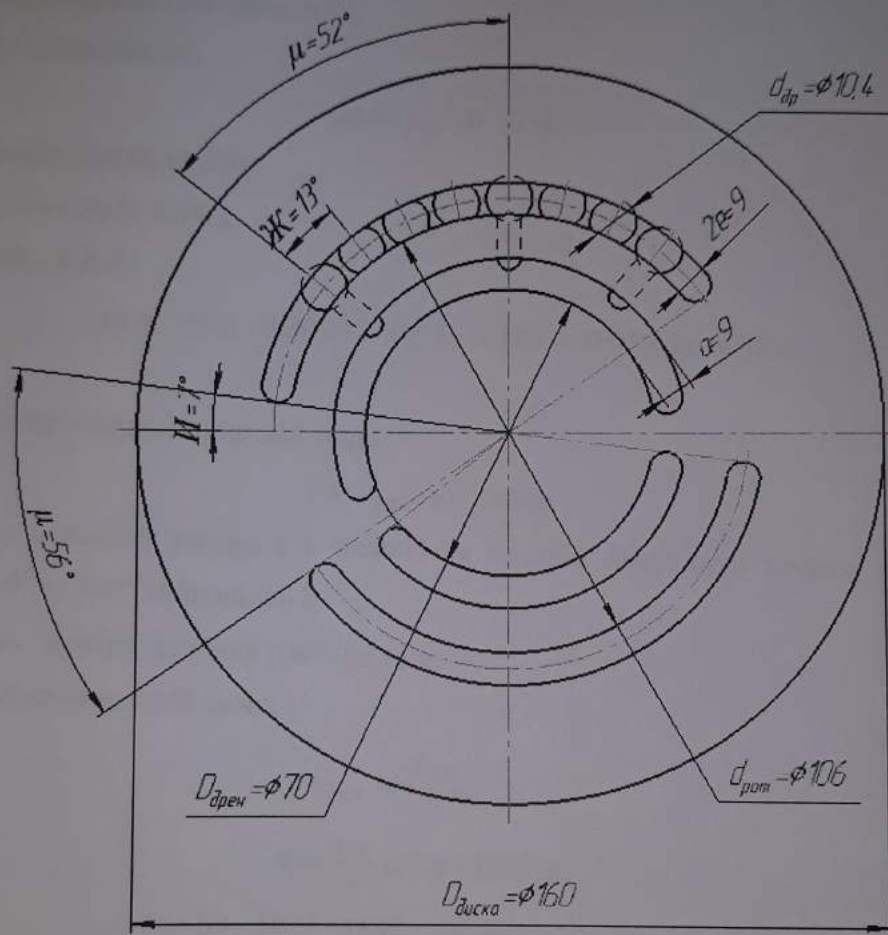


Рисунок 1.2 – Ескіз переднього диску

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

12

2 Розрахунок сил

2.1 Сила інерції, Н:

$$F_{ин} = m \cdot j;$$

де j – прискорення пластини, м/с^2 ;

m – маса пластини, кг;

$$m = \rho_{ст} \cdot b \cdot B \cdot l;$$

де l – довжина пластини, $l=h$

$\rho_{ст}$ – густина сталі, кг/м^3 ;

$$\rho_{ст} = 7800 \text{ кг/м}^3;$$

$$m = 7800 \cdot 0,00287 \cdot 0,03 \cdot 0,018 = 0,012 \text{ кг} = 12 \text{ г}$$

Прискорення у верхній мертвій точці

$$j = r_{вмт} \cdot \omega^2 \cdot \cos\varphi;$$

де φ – кут повороту ротора (в нижній та верхній «мертвих» точках, де φ дорівнює 0° та 180° відповідно);

r – відстань центра тяжіння пластини, м;

Радіус у верхній мертвій точці :

$$r_{вмт} = \frac{d_{рот}}{2};$$

$$r = \frac{106}{2} = 53 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$j = 53 \cdot 10^{-3} \cdot 157^2 \cdot (-1) = -1306,4 \text{ м/с}^2$$

Сила інерції у верхній мертвій точці

$$F_{ин} = 0,012 \cdot (-1306,4) = -15,67 \text{ Н}$$

Прискорення у нижній мертвій точці

$$j = r_{нмт} \cdot \omega^2 \cdot \cos\varphi;$$

Радіус у нижній мертвій точці

$$r_{нмт} = \frac{d_{рот}}{2} - 2e$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$r_{\text{нмт}} = \frac{106}{2} - 2 \cdot 4,5 = 44 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$j = 0,044 \cdot 157^2 \cdot 1 = 1084,5 \text{ м/с}^2;$$

$$F_{\text{ин}} = 0,012 \cdot 1084,5 = 13 \text{ Н.}$$

Вибираю найбільшу силу інерції

$$F_{\text{ин}} = -15,67 \text{ Н}$$

2.2 Сила тиску на торець пластини у верхній «мертвій» точці, Н;

$$R_{\text{давл}}^{\text{вмт}} = b \cdot V \cdot P_{\text{н}}$$

$$R_{\text{давл}}^{\text{вмт}} = 2,87 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 10^6 = 525,42 \text{ Н};$$

2.3 Сила тиску на торець пластини у нижній «мертвій» точці, Н;

$$R_{\text{давл}}^{\text{нмт}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot V \cdot P_{\text{н}}$$

$$R_{\text{давл}}^{\text{нмт}} = \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 2,87 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 10^6 = 175,14 \text{ Н}$$

2.4 Сила тертя пластини об статор, Н;

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot (R_{\text{дав}} + F_{\text{ин}}) = 0,02 \cdot (525,42 + 15,67) = 10,8 \text{ Н};$$

де μ – коефіцієнт тертя; $\mu = 0,02$;

2.5 Сила згину пластини, Н;

Від перепаду тиску на пластині :

$$R_{\text{дав}} = V \cdot 2e \cdot P_{\text{н}}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$$R_{\text{дав}} = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 10^6 = 1701 \text{ Н};$$

Радіальна сила діюча на ротор

$$R_{\text{рот}} = B \cdot d_{\text{рот}} \cdot P_{\text{н}};$$

$$R_{\text{рот}} = 30 \cdot 10^{-3} \cdot (106 \cdot 10^{-3} - 70 \cdot 10^{-3}) \cdot 6,3 \cdot 10^6 = 6804 \text{ Н}$$

2.6 Сила тиску на статорне кільце, Н;

$$R_{\text{стат}} = B \cdot D_{\text{ст}} \cdot P_{\text{н}} = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 115 \cdot 10^{-3} \cdot 6,3 \cdot 10^6 = 21735 \text{ Н}$$

2.7 Сила, що рухає статорне кільце, Н;

$$F_{\text{сдвиг}} = R_{\text{стат}} \cdot \sin \psi = 21735 \cdot \sin 7^\circ = 2648,8 \text{ Н}$$

2.8 Сила пружини, що притискає статорне кільце, Н;

$$P_{\text{пружн}} = 1,1 \cdot F_{\text{сдвиг}} = 1,1 \cdot 2648,8 = 2913,7 \text{ Н}$$

2.9 Обираємо пружину, що забезпечить задане зусилля;

За ГОСТ 13775 обираю пружину №138, що має зовнішній діаметр $D_{\text{пруж}} = 0,034 \text{ м}$.

2.10 Сила віджиму диску від ротора, Н;

$$R_{\text{отж}} = f_{\text{окн}} \cdot P_{\text{н}} + P_{\text{ср}} \cdot f_{\text{кон}} + P_{\text{н}} \cdot f_{\text{дрен}};$$

де

$f_{\text{окн}}$ – площа вікна, м^2

де

$$\beta_{\text{окн}} = 180 - \varepsilon$$

$$\beta_{\text{окн}} = 180^\circ - 56^\circ = 124^\circ;$$

$$f_{\text{окн}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{ст}} + d_{\text{рот}})}{2 \cdot 360^\circ} \cdot \beta_{\text{окн}} \cdot 2e$$

					Арк.
					15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$f_{\text{окн}} = \frac{\pi \cdot (115 + 106)}{2 \cdot 360} \cdot 124^0 \cdot 9 = 1075,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Середній тиск в насосі:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{н}} + P_{\text{вс}}}{2} = \frac{P_{\text{н}}}{2} = \frac{6,3 \cdot 10^6}{2} = 3,15 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Площа контакту:

$$f_{\text{кон}} = \frac{\pi [(d_{\text{рот}}^2 - (D_{\text{дрен}} + 4e)^2)]}{4}$$

$$f_{\text{кон}} = \frac{\pi [(106)^2 - (70 + 18)^2]}{4} = 2742,6 \text{ мм}^2;$$

$f_{\text{дрен}}$ – площа дренажу, м^2 ;

$$f_{\text{дрен}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{дрен}} \cdot \delta \cdot 2e}{360^\circ};$$

$$f_{\text{дрен}} = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 193,85^0 \cdot 2 \cdot 4,5}{360} = 1065,7 \text{ мм}^2;$$

$$R_{\text{отж}} = 1075,6 \cdot 10^{-6} \cdot 6,3 \cdot 10^6 + 3,15 \cdot 10^6 \cdot 2742,6 \cdot 10^{-6} + 6,3 \cdot 10^6 \cdot 1065,7 \cdot 10^{-6} = 22129,4 \text{ Н}$$

2.11 Сила притиску диска до ротора, м^2 ;

$$R_{\text{приж}} = f_{\text{кон2}} \cdot P_{\text{ср}};$$

$$R_{\text{приж}} = 1,1 \cdot R_{\text{отж}};$$

$$R_{\text{приж}} = 1,1 \cdot 22129,4 = 24342,34 \text{ Н};$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

16

16

$$f_{\text{кон2}} = \frac{R_{\text{приж}}}{P_{\text{ср}}};$$

$$f_{\text{кон2}} = \frac{24342,34}{3,15 \cdot 10^6} = 7727,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

де $f_{\text{кон2}}$ – площа контакту притискаючого кільця та диску:

$$f_{\text{кон2}} = \frac{\pi(D_{\text{диск}}^2 - d_2^2)}{4 \cdot 2};$$

$$d_2 = \sqrt{D_{\text{диск}}^2 - \frac{4 \cdot 2 \cdot f_{\text{кон2}}}{3,14}};$$

$$d_2 = \sqrt{(160 \cdot 10^{-3})^2 - \frac{4 \cdot 2 \cdot 7727,7 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 76,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

					Арк.
					17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3 Розрахунок на міцність

3.1 Потужність двигуна:

$$N_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot Q_{\text{факт}}}{\eta_0 \cdot \eta_{\text{ГМ}}};$$

де $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна, Вт;

$Q_{\text{факт}}$ – фактична подача, м³/с;

$\eta_{\text{ГМ}}$ – гідромеханічний ККД;

$$\eta_{\text{ГМ}} = \frac{\eta}{\eta_0};$$

де η – загальний ККД;

$$\eta_{\text{ГМ}} = \frac{0,8}{0,88} = 0,91;$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{6,3 \cdot 10^6 \cdot 0,0022}{0,91} = 15230 \text{ Вт};$$

3.2 Крутний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega};$$

де $M_{\text{кр}}$ – крутний момент, Н · м;

$$M_{\text{кр}} = \frac{15230}{157} = 97 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

3.3 Згинаючий момент:

$$M_{\text{зг}} = R_{\text{рот}} \cdot B;$$

де $M_{\text{зг}}$ – згинаючий момент, Н · м;

B – ширина статора, м;

$$M_{\text{зг}} = 6804 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 204,12 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

3.4 Діаметр вала по крутячому моменту:

$$d_{\text{вала1}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot M_{\text{кр}}}{[\tau]}};$$

де $d_{\text{вала1}}$ – в середині ротора (ведучий вал) під шліци, м;

$[\tau]$ – допустиме напруження кручення, Па;

$$[\tau] = 0,5 \cdot [\sigma_{\text{зг}}];$$

					Арк.
					18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

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

Для сталі 40Х допустиме напруження на згин $[\sigma_{зг}] = 9 \cdot 10^7 \text{ Па}$;

Допустиме напруження на кручення:

$$[\tau] = 0,5 \cdot 9 \cdot 10^7 = 45 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$d_{\text{вала1}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 97}{45 \cdot 10^6}} = 0,022 \text{ м};$$

3.5 Діаметр вала під шпонку:

$$d_{\text{вала2}} = a \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}};$$

де $d_{\text{вала2}}$ – діаметр вала під шпонку, см;

N – потужність двигуна, кВт;

n – частота обертання, об/хв;

a – обирається залежно від значення τ згідно табл. 3.1:

Таблиця 3.1

τ , кг	440	365	280	220	180
/см					
a	10	11	12	13	14

Обираємо $a = 14$;

$$d_{\text{вала2}} = 14 \cdot \sqrt[3]{\frac{15,230}{1499,24}} = 30 \text{ мм};$$

Приймаємо $d_{\text{вала2}} = 30 \text{ мм}$.

3.6 Товщина стінки сталевго корпуса:

$$\delta_{\text{ст}} = \frac{D_{\text{диска}}}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_p]}{[\sigma_p] - 2 \cdot P_i}} - 1 \right) + a;$$

					Арк.
					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де $b_{ст}$ – товщина стінки сталевго корпуса, мм;

$a = 1 \dots 3$ мм;

Приймаємо $a = 1$ мм;

P_i – індикаторний тиск, МПа;

$$P_i = 1,2 \cdot P_H;$$

$$P_i = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ МПа};$$

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу, Па;

$$[\sigma_p] = (80 \dots 100) \cdot 10^6;$$

Приймаємо $[\sigma_p] = 90 \cdot 10^6$;

$$\delta_{ст} = \frac{142}{2} \left(\sqrt{\frac{90}{90 - 2 \cdot 7,56}} - 1 \right) + 1 = 7,8 \text{ мм}$$

3.6 Товщина стінки чавунного корпуса:

$$\delta_{чуг} = \frac{D_{диска}}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_p] + 0,4 \cdot P_i}{[\sigma_p] - 1,3 \cdot P_i}} - 1 \right) + a;$$

де

$\delta_{чуг}$ – товщина стінки чавунного корпуса, мм;

a – коефіцієнт, $a = 1 \dots 3$ мм;

Приймаємо $a = 2$ мм;

P_i – індикаторний тиск, Па;

$$P_i = 1,2 \cdot P_H;$$

$$P_i = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ МПа};$$

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження, Па;

Приймаємо $[\sigma_p] = 25 \cdot 10^6$ Па – для сірого чавуну;

$$\delta_{чуг} = \frac{142}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{25 + 0,4 \cdot 7,56}{25 - 1,3 \cdot 7,56}} - 1 \right) + 1 = 26,5 \text{ мм}$$

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.7 Товщина кришки:

$$\delta_{кр} = \frac{D_{диска}}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,75 \cdot P_1}{[\sigma_p]}}$$

Де $\delta_{кр}$ – товщина кришки, м;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу, Па;

$[\sigma_p] = (25 \dots 30) \cdot 10^6$ - для сірого чавуну;

Приймаємо $[\sigma_p] = 30 \cdot 10^6$;

$$\delta_{кр} = \frac{142}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,75 \cdot 7,56}{30}} = 30,8 \text{ мм};$$

3.8 Перевірка пластини на згин:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W}$$

де $\sigma_{зг}$ – напруження згину, МПа;

W – осьовий момент опору, мм^3 ;

$M_{зг}$ – момент згину пластини, $\text{Н} \cdot \text{мм}$;

$$M_{изг} = F \cdot e$$

Де F – сила згину пластини, що виникає від тиску нагнітання;

$$F = B \cdot 2e \cdot P_H;$$

$$F = 30 \cdot 4,5 \cdot 2 \cdot 6,3 = 1701 \text{ Н}$$

$$W = \frac{3^2 \cdot 31}{6} = \frac{279}{6} = 46,5 \text{ мм}^2;$$

$$M_{зг} = 1701 \cdot 4,5 \cdot 10^6 = 7654,5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$\sigma_{изг} = \frac{7654,5}{46,5} = 164,6 \text{ МПа} < 170 \text{ МПа};$$

Допустиме напруження згину для сталі 65Г:

$$[\sigma_{зг}] = 1700 \dots 3300 \text{ кг/см}^2;$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$[\sigma_{зг}] > \sigma_{зг};$$

Отже міцність забезпечена

3.9 Мінімальна товщина стінки статорного кільця:

$$b_{\text{стат}} \geq 0,1 \cdot R_{\text{стат}};$$

де $b_{\text{стат}}$ – товщина стінки статорного кільця, мм;

$R_{\text{стат}}$ – радіус статора, мм

$$b_{\text{стат}} \geq 0,1 \cdot 57,5 = 5,75 \text{ мм};$$

Приймаємо $b_{\text{стат}} = 6 \text{ мм}$;

3.10 Розрахунок шпильок:

$$\sigma_p < [\sigma_p];$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу;

σ_p – напруження розтягу;

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_T}{[n]};$$

Де σ_T – межа текучості, $\sigma_T = 313,8 \text{ МПа}$;

$[n]$ – коефіцієнт запасу;

$$[n] = 2,5;$$

Приймаємо $[n] = 2,5$;

$$[\sigma_p] = \frac{313,8}{2,5} = 126 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p = \frac{P_k}{z_{\text{шп}} \cdot f_{\text{шп}}};$$

де

P_k – зусилля затяжки, Н;

$z_{\text{шп}}$ – кількість шпильок, шт.;

$f_{\text{шп}}$ – площа перерізу шпильки, мм^2 ;

Для шпильок М20 $f_{\text{шп}} = 225 \text{ мм}^2$

$$P_k = P_\partial + P_i;$$

Де P_{∂} – зусилля на ущільнюючий жгут;
 P_i – зусилля на диск;

$$P_i = \frac{\pi \cdot D_{\text{диска}}^2}{4} \cdot P'_i;$$

$$P_i = \frac{3,14 \cdot 142^2}{4} \cdot 7,56 = 119665 \text{ Н};$$

де

$D_{\text{диска}}$ – діаметр диска, ;

P'_i – індикаторний тиск ;

$$P'_n = 1,2 \cdot P_n ;$$

$$P'_n = 1,2 \cdot 6,3 = 7,56 \text{ МПа} ;$$

$$P_i = \frac{3,14 \cdot 142^2}{4} \cdot 7,56 = 119665 \text{ Н};$$

$$P_{\partial} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{уп}}^2 - D_{\text{диска}}^2) P_n}{4};$$

$$P_{\partial} = \frac{\pi \cdot (154^2 - 133^2) \cdot 6,3}{4} = 29806 \text{ Н};$$

Де $D_{\text{уп}}$ – діаметр положення ущільнювального жгута

$$D_{\text{уп}} = D_{\text{диска}} + 2 \cdot d_{\text{ж}}$$

$$D_{\text{уп}} = 142 + 2 \cdot 6 = 154 \text{ мм};$$

Де $d_{\text{ж}}$ – діаметр ущільнюючого жгута;

$$d_{\text{ж}} = 6 \text{ мм};$$

$$D_{\text{уп}} = 142 + 2 \cdot 6 = 154 \text{ мм};$$

$$P_{\partial} = \frac{\pi \cdot (154^2 - 133^2) \cdot 6,3}{4} = 29806 \text{ Н};$$

					Арк. А
Змн.	Арк. А	№ докум. №	Підпис/Пі	Дата	23

$$P_k = 119665 + 29806 = 149471 \text{ Н};$$

$$\sigma_p = \frac{149471}{6 \cdot 225} = 110,7 \text{ МПа}$$

$$110,7 \text{ МПа} < 126 \text{ МПа}$$

Отже, міцність забезпечена

3.11 Розрахунок шпонок:

$$\sigma_{см} = \frac{4M_k}{dlh} \leq [\sigma_{см}]$$

$[\sigma_{см}]$ - допустиме напруження на зминання, для сталюї шпонки і сталюї деталі, $[\sigma_{см}] = 120 \div 150 \text{ МПа}$

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot 97}{0,025 \cdot 0,040 \cdot 0,007} = 55,4 \cdot 10^6 \leq 120 \text{ МПа}$$

$$\tau_c = \frac{2M_k}{dbl} \leq [\tau_c]$$

Де $[\tau_c]$ - допустиме напруження на зріз, для сталюї шпонок $[\tau_c] = 60 \div 80 \text{ МПа}$

$$\tau_c = \frac{2 \cdot 97}{0,025 \cdot 0,008 \cdot 0,040} = 27,7 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq 60 \text{ МПа}$$

3.12 Розрахунок шліцевого з'єднання:

Для вала з $d_1 = 23 \text{ мм}$ обираємо за ГОСТ 1139-80 шліцеве з'єднання $D_b \times 23 \times 28$

Прямобічне шліцеве з'єднання перевіряють на зминання

$$\sigma_{см} \approx \frac{M}{0,75 \cdot z \cdot A_{см} \cdot R_{ср}} \leq [\sigma_{см}]$$

де

M - передавальний крутний момент

0,75 - для врахування нерівномірності розподілу тиску по шліцям

z - кількість шліців

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$A_{см}$ -розрахункова поверхня зминання

де e -довжина маточини

$$\sigma_{см} \approx \frac{97000}{0,75 \cdot 6 \cdot 42 \cdot 11,5} = 44,6 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа};$$

$$A_{см} = \left(\frac{D-d}{2} - 2f \right) l;$$

$$A_{см} = \left(\frac{28-23}{2} - 2 \cdot 0,3 \right) 30 = 57 \text{ мм};$$

де l - довжина ступиці

$$R_{ср} = 0,25 (D + d);$$

$$R_{ср} = 0,25 (28 + 23) = 12,75 \text{ мм};$$

3.13 Розрахунок підшипників ковзання:

3.13.1 Умова зносостійкості підшипника (по питомому навантаженню):

$$p \leq [p];$$

де p – питоме навантаження в підшипнику, Па;

$[p]$ - допустиме питоме навантаження в підшипнику, Па

$$[p] = 3 \cdot 10^6;$$

$$p = \frac{R_A}{d \cdot l} \leq [p];$$

де d, l - діаметр та довжина підшипника м;

R_A – радіальне навантаження на підшипник, Н;

Визначаємо діаметр підшипника:

$$W = \frac{M_3}{[\sigma_3]}$$

де M_3 -момент згину

$[\sigma_3]$ – допустиме напруження на згин

$$W = \frac{204,12}{90 \cdot 10^6} = 2268 \text{ мм}^3$$

Для кільця полярний момент опору знаходиться за наступною формулою:

					Арк.
					25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$W = \frac{\pi (d^4 - d_{\text{вала1}}^4)}{32 d}$$

Якщо виразити діаметр підшипника, то:

$$D = 28,5 \text{ мм}$$

За ГОСТ 1978-73 приймаємо:

$$D = 30 \text{ мм}$$

Для визначення довжини підшипника скористаємось відношенням:

$$l = (0,5 \div 1,5) d$$

Приймаємо довжину підшипника:

$$l = 63 \text{ мм}$$

$$R_A = R_B = 0,5 \cdot R_{\text{рот}};$$

де $R_{\text{рот}}$ – радіальна сила на ротор, Н;

$$R_A = R_B = 3402 \text{ Н};$$

$$p = \frac{9639}{0,030 \cdot 0,040} = 2,7 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$2,7 \cdot 10^6 < 4 \cdot 10^6;$$

Отже, умова зносостійкості підшипника (по питомому навантаженню) виконується.

3.13.2 Умова зносостійкості підшипника (по допустимому нагріванню):

$$p \cdot V \leq [p \cdot V];$$

де V – колова швидкість, м/с;

$$[4 \cdot 2,5] = 10 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$V = \pi \cdot d \cdot n;$$

$$V = \pi \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 24,99 = 2,36 \text{ м/с};$$

$$p \cdot V = 2,7 \cdot 10^6 \cdot 2,36 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$6,4 \cdot 10^6 \text{ Па} < 10 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

					Арк.
					26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Отже, умова зносостійкості підшипника (по допустимому нагріванню) виконується.

3.14

3.14.1 Розрахунок сил, що діють на підшипники кочення:

3.14.1.1 Знайдемо радіальну силу:

$$R_{\text{рад}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d_{\text{шл}}};$$

$$R_{\text{рад}} = \frac{2 \cdot 97}{0,026} = 7461,5 \text{ Н}$$

3.14.1.2 Для підшипника 1 умову рівноваги $\Sigma M_{x1} = 0$ в площині YZ можна записати так

$$-R_{\text{рад}} \cdot l_1 + R_2 \cdot (l_1 + l_2) = 0.$$

де $l_1 = 90$ мм - відстань від центра підшипника 1 до центра ротора

$l_2 = 120$ мм - відстань від центра підшипника 2 до центра ротора

Тоді

$$R_2 = \frac{R_{\text{рад}} \cdot l_1}{l_1 + l_2};$$

$$R_2 = \frac{7461,5 \cdot 90}{90 + 120} = 3197,8 \text{ Н};$$

3.14.1.3 Для підшипника 2 умову рівноваги $\Sigma M_{x2} = 0$ в площині YZ можна записати так

$$R_{\text{рад}} \cdot l_2 - R_1 \cdot (l_1 + l_2);$$

Тоді

$$R_1 = \frac{R_{\text{рад}} \cdot l_2}{l_1 + l_2};$$

$$R_1 = \frac{7461,5 \cdot 120}{90 + 120} = 4263,7 \text{ Н};$$

3.14.1.4 Перевіряємо умову рівноваги $\Sigma F_y = 0$,

ист.

2

					Арк.
					27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$R_{\text{рад}} + R_1 + R_2 = 0;$$

$$-R_{\text{рад}} + R_1 + R_2 = 0;$$

$$-7461,5 + 4263,7 + 3197,8 = 0;$$

Умова рівноваги виконується.

3.14.2 Перевірка довговічності підшипників:

3.14.2.1 Підшипник 1:

Обираємо підшипник 1:

Умовне позначення підшипник а	Розміри, мм			Вантажопідйомність, кН	
	d	D	B	C	C ₀
302	15	35	11	11,4	3,55

3.14.2.2 Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження на підшипник:

$$P_e = (X \cdot V \cdot R_1) K_\sigma \cdot K_T$$

де P_e - еквівалентне динамічне навантаження на підшипник, Н;

$V = 1$ - коефіцієнт обертання внутрішнього кільця підшипника;

$K_\sigma = 1,2$ - коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1$ - температурний коефіцієнт;

$$P_e = (1 \cdot 1 \cdot 4263,7) \cdot 1,2 \cdot 1 = 5116,44 \text{ Н};$$

3.14.2.3 Визначаємо номінальну довговічність (ресурс) підшипника в годинах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \left(\frac{C}{P_e} \right)^p;$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1499,4} \left(\frac{11,4 \cdot 10^3}{5116,44} \right)^3 = 123 \text{ год};$$

$$123 \text{ год} < 10000 \text{ год}$$

Розрахована довговічність менша за мінімальну необхідну.

					Арк.
					28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

3.14.2.1 Підшипник 2:

Обираємо підшипник 2:

Умовне позначення підшипник а	Розміри, мм			Вантажопідйомність, кН	
	d	D	B	C	C ₀
306	30	62	16	19,5	10

3.14.2.2 Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження на підшипник:

$$P_e = (X \cdot V \cdot R_2) K_\sigma \cdot K_T$$

де P_e - еквівалентне динамічне навантаження на підшипник, Н;

$V = 1$ - коефіцієнт обертання внутрішнього кільця підшипника;

$K_\sigma = 1,2$ - коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1$ - температурний коефіцієнт;

$$P_e = (1 \cdot 1 \cdot 3197,8) \cdot 1,2 \cdot 1 = 3837,36 \text{ Н};$$

3.14.2.3 Визначаємо номінальну довговічність (ресурс) підшипника в годинах:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n_2} \left(\frac{C}{P_e} \right)^p ;$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 1499,4} \left(\frac{28,1 \cdot 10^3}{3837,36} \right)^3 = 4365 \text{ год}$$

$$4365 > 10000$$

Розрахована довговічність більша за мінімальну необхідну

					Арк.
					29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

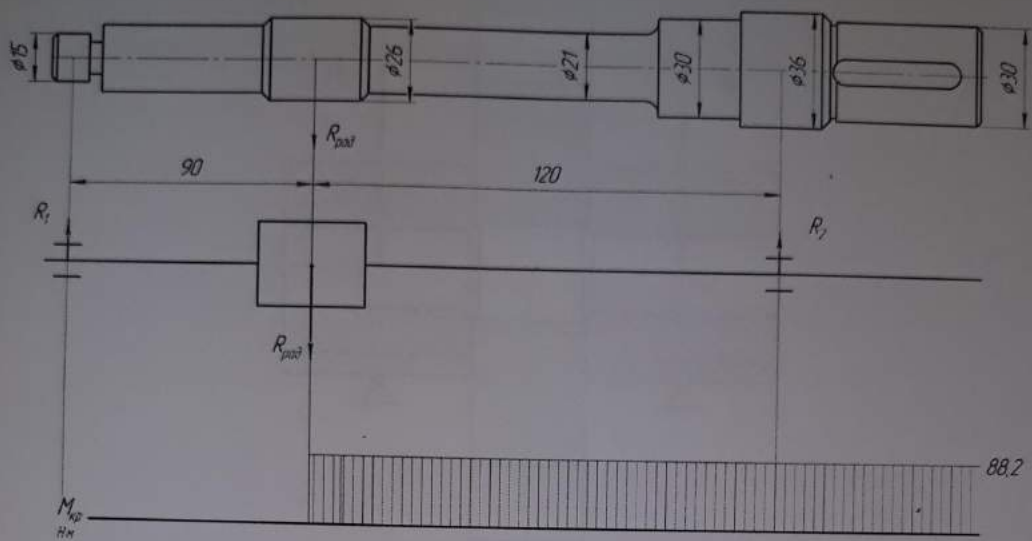


Рисунок 3.1- Розрахункова схема вала

					Арк.
					30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

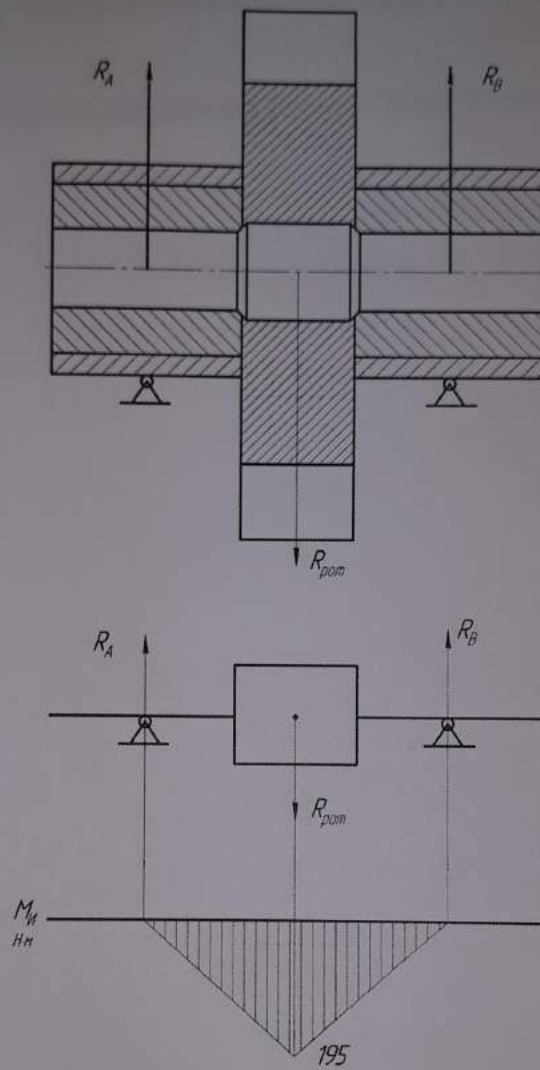


Рисунок 3.2- Розрахункова схема ротора

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В технологічній частині розроблено технологічний процес виготовлення вала

						Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Директ.															
Взвеш.															
Подп.															

										7	1
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---

Разработ.															
Провер.															

И контр. Вал

М01 Поковка штампованная ГОСТ 7505-89/Сталь 38ХА ГОСТ 4543-73*

М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КММ	Код загот.	Профиль и размеры	КД	МЗ
	-	166	64,0	1	-	0,70	Штамповка	φ120x1186	1	83,2

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименования операции				Обозначение документа						
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Глз.	Тшт.

А03 XX' XX' XX' 005 XXXX Заготовительная ИОТ № XXX

Б04 XXXXXX XXXX ГКМ 2 XXXXX 212 1Р 1 1 1 100 - XX XX

05

А06 XX' XX' XX' 010 0200 Контрольная ОТК ИОТ № XXX

Б07 XXXXXX XXXX Стол ОТК 4 XXXXX 211 1Р 1 1 1 100 - XX XX

08

А09 XX' XX' XX' 015 5000 Термическая ИОТ № XXX

Б10 XXXXXX XXXX Печь ТП-61 4 XXXXX 312 1Р 1 1 1 100 - XX XX

11

А12 XX' XX' XX' 020 0200 Контрольная ОТК ИОТ № XXX

Б13 XXXXXX XXXX Стол ОТК 4 XXXXX 211 1Р 1 1 1 100 - XX XX

14

А15 XX' XX' XX' 025 0180 Маркировочная ИОТ № XXX

Б16 XXXXXX XXXX Стол маркировщика 4 XXXXX 211 1Р 1 1 1 100 - XX XX

33

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код	Наименование операции	Обозначение документа										
							СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОМД	ЕН	АП	Кит	Тра	Тшт
Б	Код					Наименование оборудования	Обозначение кода										
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала																
А01	XX	XX	XX	030	4269	Фрезерно-центровальная	ИОТ № XXX										
Б02	XXXXXX	XXXX			2A620		2	18235	311	1P	1	1	1	100	-	17,5	4,47
03																	
А04	XX	XX	XX	035	0200	Контрольная ОТК	ИОТ № XXX										
Б05	XXXXXX	XXXX				Стол ОТК	4	XXXXX	312	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
06																	
А07	XX	XX	XX	040	4114	Токарно-винторезная	ИОТ № XXX										
Б08	381148	XXXX				16K20	2	18217	311	1P	1	1	1	100	-	16,4	10,63
09																	
А10	XX	XX	XX	045	4114	Токарно-винторезная	ИОТ № XXX										
Б11	381148	XXXX				16K20	2	18217	311	1P	1	1	1	100	-	16,4	11,50
12																	
А13	XX	XX	XX	050	0200	Контрольная ОТК	ИОТ № XXX										
Б14	XXXXXX	XXXX				Стол ОТК	4	XXXXX	312	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
15																	
А16	XX	XX	XX	055	4233	Токарная с ЧПУ	ИОТ № XXX										
Б17	381148	XXXX				16K20T1	2	15292	411	1P	1	1	1	100	-	18,2	10,15
О18	Точить фаску 3x45°, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																
19	Точить поверхность $\phi 76$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																

МК																			
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименования операции				Обозначение документа										
Б	Код наименования оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Глз	Тшт				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. раск.						
01	XXXXXX	XXXX	Лунет специальный; 392150 XXXX Резец PCLNR 2520 T15K6; 392150 XXXX Резец специальный канавочный;																
02	391890	XXXX	Резец 2660-0003 T15K6 ГОСТ 18885-73*; 393311 XXXX Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89*;																
03	393311	XXXX	Штангенциркуль ШЦ-III-630-0,1 ГОСТ 166-89*;																
04	393120	XXXX	Скоба специальная $\phi 80,2h8$; 393120 XXXX Скоба специальная $\phi 100,2h8$; 393140 XXXX Кольцо 8211-0223 6g ГОСТ 17763-72*;																
05	XXXXXX	XXXX	Угломер с нониусом ГОСТ 5378-83*;																
06	XXXXXX	XXXX	Контрольно-измерительное приспособление для контроля радиального биения; XXXXXX XXXX Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93*																
07																			
A08	XX	XX	XX	060	0200 Контрольная ОТК				ИОТ № XXX										
Б09	XXXXXX	XXXX			Стол ОТК				4	XXXXX	211	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
10																			
A11	XX	XX	XX	065	4233 Токарная с ЧПУ				ИОТ № XXX										
Б12	381148	XXXX			16K20T1				2	15292	411	1P	1	1	1	100	-	18,2	9,56
013	Точить поверхность $\phi 30,2$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
14	Точить торец 1,2, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
15	Точить фаску $1,8 \times 45^\circ$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
16	Точить поверхность $\phi 70,2$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
17	Точить торец 1,00, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
18	Точить фаску $3 \times 15^\circ$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		
19	Точить поверхность $\phi 75$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе																		

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпа	Тшт
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпа	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение код										
01					Точить торец $\phi 75/\phi 80,2$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
02					Точить поверхность $\phi 80,2$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
03					Точить торец L335, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
04					Точить фаску $3 \times 15^\circ$, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
05					Точить канавку b3, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
06					Точить канавку b5, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
07					Точить канавку b3, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
08					Нарезать резьбу M80x2-6g, выдерживая размеры согласно чертежа по программе											
Т09					396110 XXXX Патрон 7108-0052 ГОСТ 2572-72*; XXXXXX XXXX Хомутик 7107-0036 ГОСТ 2578-70*;											
10					396100 XXXX Центр 7032-0018 ГОСТ 13214-85*; 396100 XXXX Центр А-1-2-НП ГОСТ 8742-75*;											
11					XXXXXXX XXXX Люнет специальный; 392150 XXXX Резец PCLNR 2520 T15K6; 392150 XXXX Резец специальный канавочный;											
12					391890 XXXX Резец 2660-0003 T15K6 ГОСТ 18885-73*; 393311 XXXX Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89*;											
13					393311 XXXX Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,1 ГОСТ 166-89*; 393120 XXXX Скоба специальная $\phi 30,2h8$;											
14					393120 XXXX Скоба специальная $\phi 70,2h8$; 393120 XXXX Скоба специальная $\phi 80,2h8$; 393140 XXXX Кольцо 8211-0230 6g ГОСТ 17763-72*;											
15					XXXXXXX XXXX Угломер с нониусом ГОСТ 5378-83*; 393120 XXXX Калибр специальный для контроля канавок для выхода режущего инструмента											
16					XXXXXXX XXXX Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93*											
17																

МК																	
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код наименование операции		Обозначение документа										
Б					Код наименование оборудования		СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит	Тпа	Тшт
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение код								ОПТ	Еб	ЕН	Кл	Н. раск
А01	XX	XX	XX	070	0200	Контрольная ОТК											
Б02	XXXXXX	XXXX				Стол ОТК	4	XXXXX	412	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
03																	
А04	XX	XX	XX	075	4131	Круглошлифовальная											
Б05	381311	XXXX				ЗМ193	2	18873	411	1P	1	1	1	100	-	18,1	10,55
06																	
А07	XX	XX	XX	080	0200	Контрольная ОТК											
Б08	XXXXXX	XXXX				Стол ОТК	4	XXXXX	412	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
09																	
А10	XX	XX	XX	085	4261	Вертикально-фрезерная											
Б11	381610	XXXX				6P13	2	18632	411	1P	1	1	1	100	-	17,0	9,22
12																	
А13	XX	XX	XX	090	4261	Вертикально-фрезерная											
Б14	381610	XXXX				6P13	2	18632	411	1P	1	1	1	100	-	17,0	8,79
15																	
А16	XX	XX	XX	095	0200	Контрольная ОТК											
Б17	XXXXXX	XXXX				Стол ОТК	4	XXXXX	412	1P	1	1	1	100	-	XX	XX
18																	
19																	

Дизайн				
Взам				
Прошн				

ГОСТ 3.1105-84

Формы 7

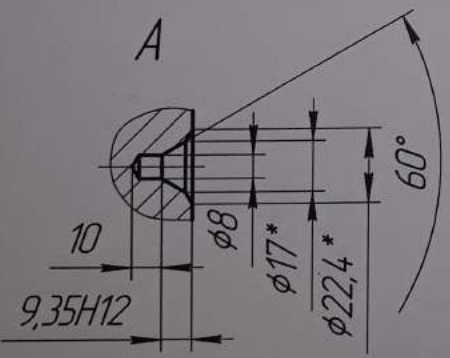
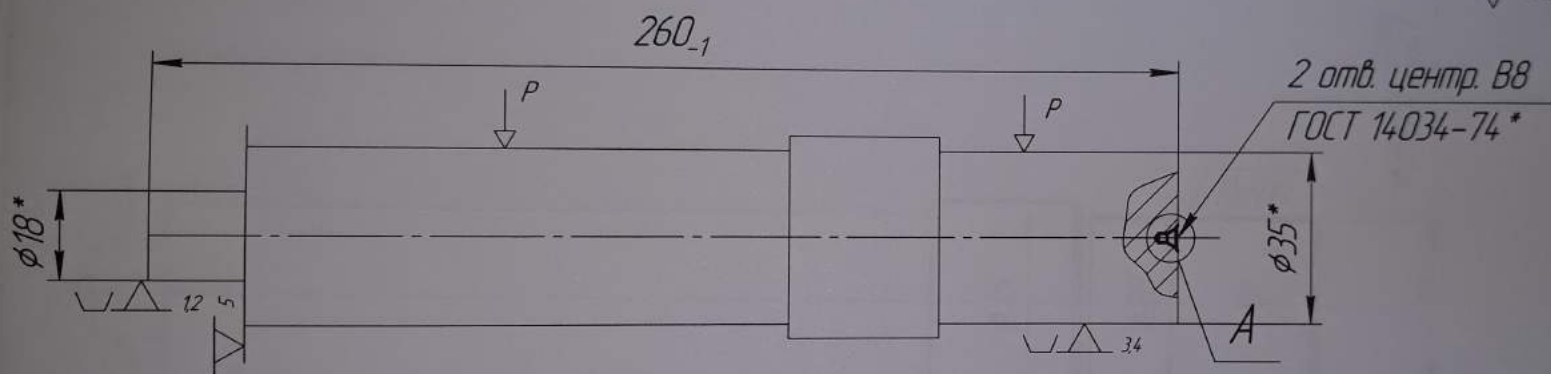
Разработ																			
Провер																			
И контр																			

1 1

Вал

030

$\sqrt{Ra 3,2}$



* Размеры для справок

04 КЭ

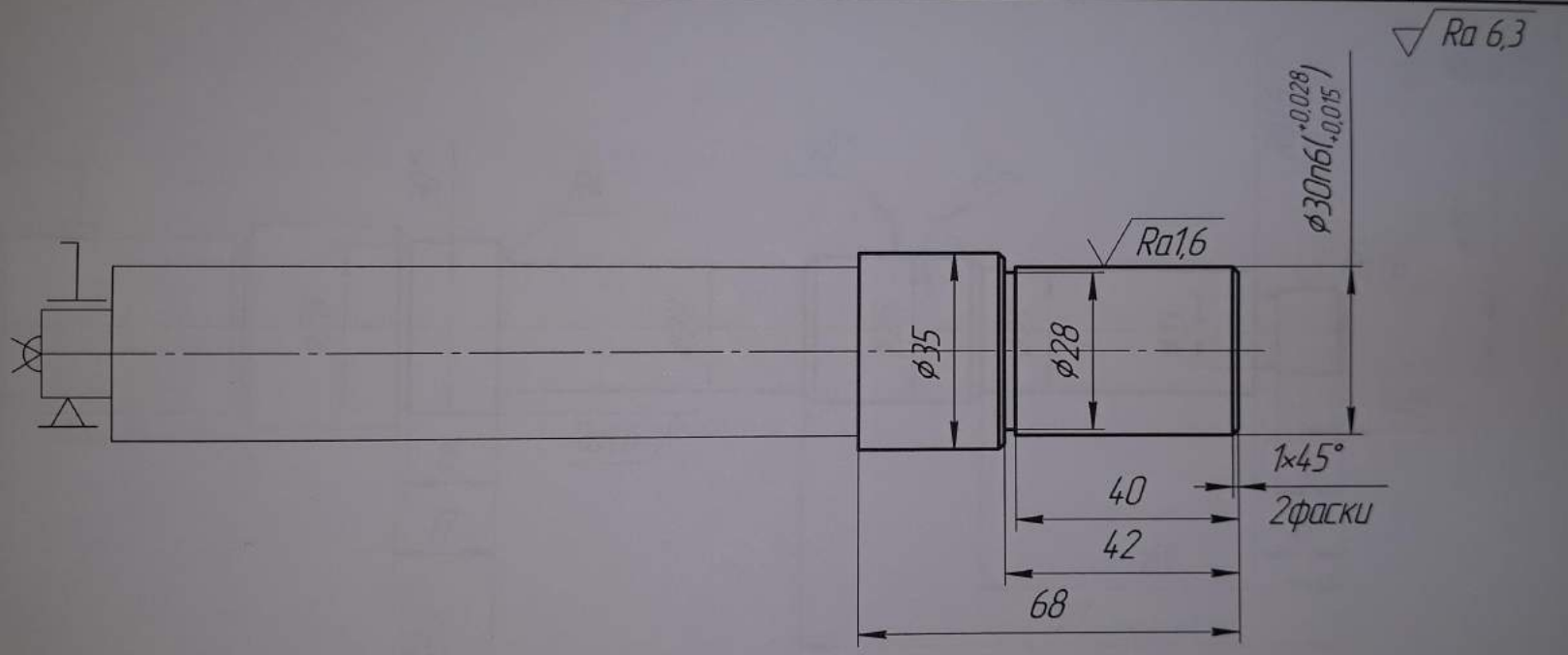
ГОСТ 31105-84

Формат 7

Директор									
Взам.									
Подп.									

Разработ								1	1
Провер									

И. контр. Вал 040



* Размеры для справок

1/6 КЭ

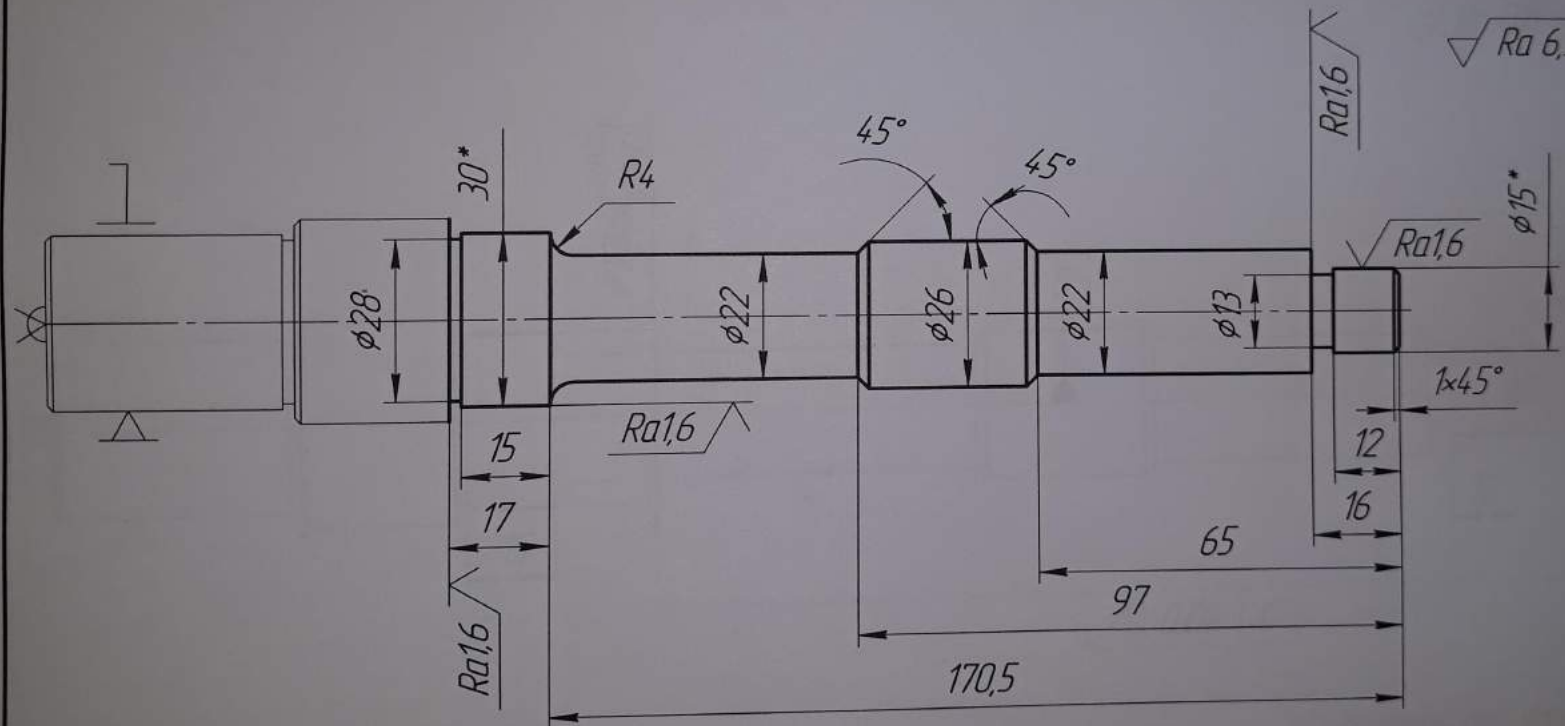
ГОСТ 3.1105-84

Формы 7

Диз.																				
Взам.																				
Подп.																				
																1	1			
Разр.																				
Провер.																				
																кп	045			

Вал

Ra 6,3



* Размеры для справок

42

КЭ

Диз.			
Взам.			
Подп.			

Разраб.									
Провер.									

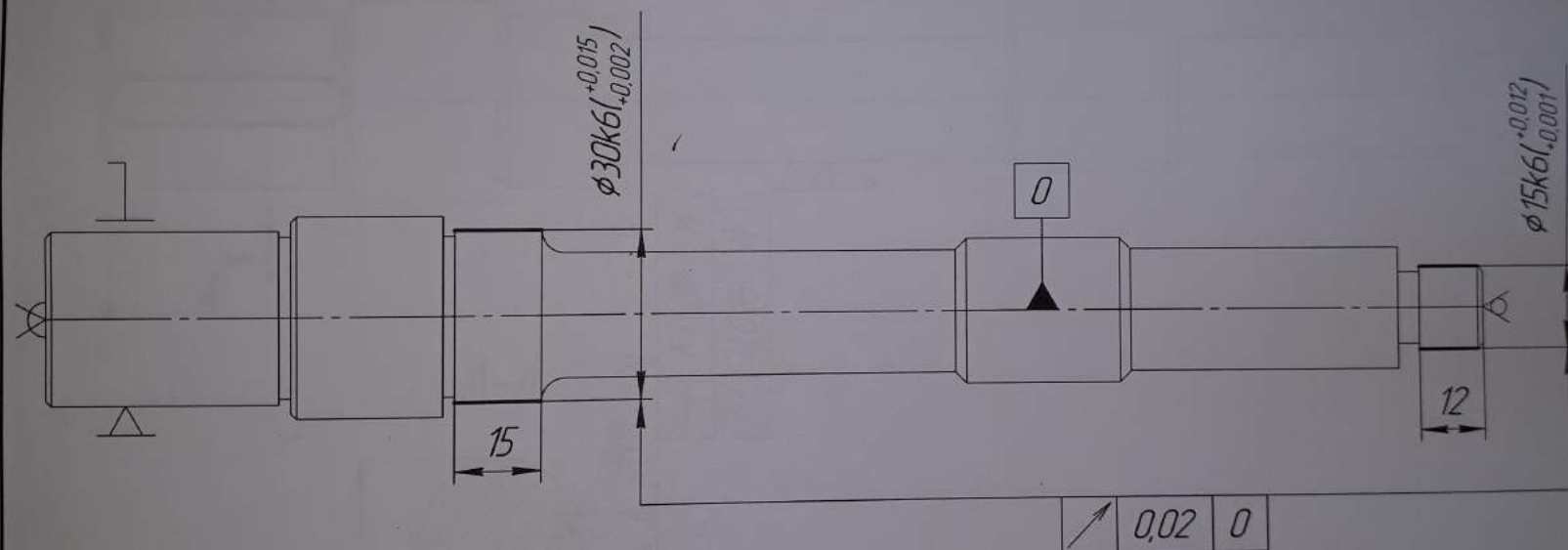
1 1

Н. контр.

Вал

кп

075



1 * Размеры для справок
 2 H14; h14; ±IT14/2

48 КЭ

Розрахунок собівартості

Собівартість продукції – це витрати підприємства на виготовлення та реалізацію товару вираженого в грошовій формі. Собівартість продукції включає в себе вартість сировини, матеріалів, палива та енергії, амортизацію основних фондів, заробітну плату працівників та інші витрати на виробництво необхідної продукції. Собівартість один з важливих якісних показників що характеризує всі сторони діяльності підприємства. Вона відбиває ефективність використання трудових і матеріальних ресурсів на випуск продукції.

Розраховуємо повну собівартість.

1. Витрати на вироби, що закупаються:

$$Z_{\text{пок}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{пок},i} \cdot N_{\text{пок},i} \cdot C_i, \quad (1)$$

де $C_{\text{пок},i}$ – оптова ціна 1 кг ЛГМ, що закупаються;

$N_{\text{пок},i}$ – кількість виробів, що закупаються.

C_i – оптова ціна i -ої одиниці матеріалу, грн/кг.;

Дані для розрахунку наведені в таблиці 1

$$Z_{\text{пок}} = 45 \cdot 1 \cdot 5 = 225 \text{ грн}$$

Таблиця 1 - Матеріали

Деталь	Матеріал	Маса, кг	Кіл., шт	Ціна 1 кг матеріалу, грн.	Ціна прокату грн.
Вал	Сталь 45	5	1	45	225

2 Транспортні – заготівельні витрати:

$$Z_{\text{тр}} = \frac{K_{\text{тр}} \cdot (Z_{\text{м}} + Z_{\text{пок}})}{100\%}, \quad (2)$$

де $K_{\text{тр}}$ – відсоток транспортно-заготівельних витрат, %.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Арк.

46

Приймасмо $K_{тр} = 4\%$. Тоді:

$$Z_{тр} = \frac{4\% \cdot 225}{100\%} = 101,25 \text{ грн} \quad (3)$$

3 Споживання електроенергії:

$$Z_e = \sum (T_{штк} \cdot N_{вер}) \cdot C_{кВт} \quad (4)$$

де $T_{штк}$ – норма штучно калькуляційного часу, хв;

$N_{вер}$ – потужність верстата;

$C_{кВт}$ – ціна одного кіловата електроенергії $C_{кВт} = 1,90$ грн/кВт.

$$C_e = \left(\frac{(40 \cdot 0,001) + (135 \cdot 4,5) + (180 \cdot 5,4)}{60} \right) \cdot 1,90 = 50,02 \text{ грн}$$

4 Розрахунок заробітної платні працівників виробництва:

Таблиця 2 – Час роботи та розряд працівника

№ операції	Найменування операції	Норми часу		Розряд роботи	С _г грн/год
		T _{пз} хв	T _{шт} хв		
015	Слюсарна	20	20	1	32,40
020	Токарно-гвинторізна	30	105	3	39,6
025	Вертикально-фрезерна	20	100	3	46,13

5 Норма штучно калькуляційного часу на операції визначається за формулою:

$$T_{штк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_d}, \text{ хв}, \quad (5)$$

де n_d – кількість деталей

$T_{шт}$ – норма часу на обробку деталі

$T_{пз}$ – норма часу на підготовчі та заключні роботи

$$T_{штк015} = 20 + \frac{20}{1} = 40, \text{ хв.}$$

$$T_{штк020} = 30 + \frac{105}{1} = 135, \text{ хв.}$$

$$T_{штк025} = 20 + \frac{100}{1} = 120, \text{ хв.}$$

6 Заробітна платня визначається по формулі:

$$C_3 = \sum (C_2 \cdot T_{штк}) \cdot K_{ср} \cdot K_{пр}, \quad (6)$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

де C_2 – погодинна тарифна ставка першого розряду робочих відрядників з нормальними умовами праці.

K_{cp} – тарифний коефіцієнт, що відповідає середньому розряду робіт.

Приймаємо $K_{cp} = 1,33$

$T_{штк}$ – трудомісткість нового виробу, н.год.

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує розмір премії. Приймається $K_{пр} = 1,4$.

Тоді заробітна платня:

$$C_3 = \left(\frac{(40 \cdot 32,4) + (135 \cdot 39,6) + (120 \cdot 46,13)}{60} \right) \cdot 1,33 \cdot 1,4 = 256,4 \text{ грн}$$

7 Додаткова заробітна платня виробничих працівників, визначається у відсотках від основної заробітної платні. Відсоток додаткової заробітної платні складає 15% від основної заробітної платні виробничих працівників, тобто:

$$C_{дод} = \frac{15\% \cdot C_3}{100\%}, \quad (7)$$

$$C_{дод} = \frac{15\% \cdot 256,4}{100\%} = 38,46 \text{ грн}$$

8 Нарахування на заробітну платню нараховується у відсотках від суми основної та додаткової заробітної платні виробничих працівників та враховує відрахування на соціальне страхування в розмірі 22%:

$$C_n = (C_3 + C_{дод}) \cdot 0,22, \quad (8)$$

$$C_n = (256,4 + 38,46) \cdot 0,22 = 64,87 \text{ грн}$$

9 Витрати на відшкодування зношення спеціальних пристосувань та інструментів визначається в розмірі 15% від основної заробітної платні:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$C_{\text{інст}} = 0,15 \cdot C_3, \quad (9)$$

$$C_{\text{інст}} = 0,15 \cdot 256,4 = 38,46 \text{ грн}$$

10 Визначення накладних витрат:

а) витрати по утриманню та експлуатації обладнання:

$$C_{\text{еу}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{еу}}}{100}, \quad (10)$$

де $K_{\text{еу}}$ – відсоток витрат по утриманню та експлуатації обладнання до основної заробітної платні. За розрахунками по аналогу $K_{\text{еу}} = 45\%$.

$$C_{\text{еу}} = \frac{256,4 \cdot 45\%}{100\%} = 115,38 \text{ грн}$$

б) цехові витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників за формулою:

$$C_{\text{цв}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{цв}}}{100}, \quad (11)$$

де $K_{\text{цв}}$ – відсоток цехових витрат до основної заробітної платні. Приймаємо

$$K_{\text{цв}} = 45\%.$$

$$C_{\text{цв}} = \frac{256,4 \cdot 45\%}{100\%} = 115,38 \text{ грн}$$

в) загальновиробничі витрати визначаються у відсотках від основної заробітної платні виробничих працівників:

$$C_{\text{зв}} = \frac{C_3 \cdot K_{\text{зв}}}{100}, \quad (12)$$

де $K_{\text{зв}}$ – відсоток загальнозаводських витрат до основної заробітної платні. За відсутністю даних приймаємо $K_{\text{зв}} = 40\%$.

$$C_{\text{зв}} = \frac{256,4 \cdot 40\%}{100\%} = 102,56 \text{ грн}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

11 Виробнича собівартість виробу, який проектуємо визначається як сума всіх розрахованих витрат за статтями калькуляції:

$$C_{\text{вир}} = Z_{\text{пок}} + Z_{\text{тр}} + C_e + C_z + C_{\text{дод}} + C_n + C_{\text{інст}} + C_{\text{ву}} + C_{\text{цв}} + C_{\text{зв}} \quad (13)$$

$$C_{\text{вир}} = 225 + 101,25 + 50,2 + 256,4 + 38,46 + 64,87 + 38,46 + 115,38 + 115,38 + 102,56 = 1107,96 \text{ грн}$$

12 Позавиробничі витрати визначаються у відсотках від виробничої собівартості виробу, який проектуємо і складають 3%:

$$C_{\text{пв}} = 0,03 \cdot C_{\text{вир}}, \quad (14)$$

$$C_{\text{пв}} = 0,03 \cdot 1107,96 = 33,24 \text{ грн}$$

13. Повна собівартість виробу:

$$C_{\text{пов}} = C_{\text{вир}} + C_{\text{пв}}, \quad (15)$$

$$C_{\text{пов}} = 1107,96 + 33,24 = 1141,2 \text{ грн}$$

14. Визначення планових накопичень та договірної ціни проектуемого виробу:

а) планові накопичення визначаються з умов рентабельності виробництва до повної його собівартості за формулою:

$$\Pi = \frac{C_{\text{пов}} \cdot P}{100}, \quad (16)$$

де P – рентабельність виробу, %. У нашому випадку 15%.

$$\Pi = \frac{1141,2 \cdot 15\%}{100\%} = 171,18$$

б) договірна оптова ціна дорівнює:

$$C_{\text{опт}} = C_{\text{пов}} + \Pi, \quad (17)$$

$$C_{\text{опт}} = 1141,2 + 171,18 = 1312,38 \text{ грн}$$

15 ПДВ визначаються у відсотках від договірної оптової ціни виробу, який проектуємо і складають 20%:

$$\text{ПДВ} = C_{\text{опт}} \cdot 0,20 \quad (18)$$

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

Арк.	Акршів
31	12

жно
они,
бами

рним

се
і;
ін до

глого

фу та ін.
ності
кі
внимитися
тільки в
ня
хорону

бо

$$ПДВ = 1312,38 \cdot 020 = 262,48 \text{ грн}$$

16. Кошторисна вартість:

$$KB = C_{\text{опт}} + ПДВ \quad (19)$$

$$KB = 1312,38 + 262,48 = 1574,86 \text{ грн}$$

Отримані розрахунки заносимо до таблиці 3

Таблиця 3 – Планова калькуляція собівартості

№ п/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1.	Покупні вироби та напівфабрикати	225
2.	Транспортно-заготівельні витрати	101,25
3.	Витрати на електроенергію	50,2
4.	Основна заробітна плата	256,4
5.	Додаткова заробітна плата	38,46
6.	Нарахування на заробітну плату	64,87
7.	Витрати на відшкодування зносу спеціальних пристосувань та інструменту	38,46
8.	Витрати по утриманню та експлуатації	115,38
9.	Цехові витрати	115,38
10.	Загальнозаводські витрати	102,56
11.	Виробнича собівартість	1107,96
12.	Позавиробничі витрати	33,24
13.	Повна собівартість	1141,2
14.	Планове накопичення	171,18
15.	Оптова ціна	1312,28
16.	ПДВ	262,48
17.	Кошторисна вартість	1547,86

						Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Відповідальність за порушення законодавства про охорону праці

Про величезному значенні, яке надається в нашій державі збереженню життя і здоров'я людини на виробництві, говорить факт встановлення відповідальності посадових осіб за порушення законодавства про працю і правил по охороні праці, за невиконання зобов'язань за колективними договорами і угодами з охорони праці.

Юридична відповідальність може бути чотирьох видів: дисциплінарна, адміністративна, кримінальна та матеріальна.

Дисциплінарна відповідальність являє собою обов'язок працівників відповідати перед адміністрацією за невиконання ними дисципліни праці. Основним документом, що регулюють дисципліну праці, є типові правила внутрішнього трудового розпорядку для робочих і службовців підприємств, установ, організацій. Правила зобов'язують робітників і службовців незалежно від їх посади дотримуватися вимог з охорони праці та протипожежної охорони, передбачені відповідними правилами та інструкціями, користуватися засобами індивідуального захисту. На основі цих Типових або галузевих правил адміністрація підприємства розробляє правила внутрішнього трудового розпорядку, інструкції, положення, невиконання вимог яких є дисциплінарним проступком.

За порушення трудової дисципліни адміністрація підприємства може застосувати до працівника наступні дисциплінарні стягнення: зауваження; догана; сувора догана; переведення на нижче оплачувану роботу на термін до трьох місяців або зміщення на нижчу посаду з того ж термін; звільнення. Накладати дисциплінарне стягнення може лише посадова особа на підлеглого йому працівника.

Адміністративна відповідальність виражається у формі різних адміністративних стягнень — попередження, громадського осуду, штрафу та ін. Попередження і штраф накладається не в порядку прямої підпорядкованості або вищестоящими господарськими органами, а посадовими особами, які здійснюють державний нагляд в галузі охорони праці, або адміністративними комісіями при районних і міських комітетах.

Штраф за порушення норм і правил охорони праці може накладатися тільки на осіб адміністративно-управлінського персоналу, причому не тільки в тих випадках, коли порушення може створити можливість пошкодження здоров'я людини, але і коли порушуються інші права працівників на охорону праці (наприклад, за неякісне розслідування нещасного випадку).

Кримінальна відповідальність виражається у покаранні осіб, що допустили порушення правил охорони праці, які могли спричинити або

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Решетарович	<i>Решетарович</i>		Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кочешев				57	12
Н.контр.							

спричинили за собою нещасні випадки або інші тяжкі наслідки. Ступінь цього покарання встановлюється низкою статей кримінальних кодексів. Наприклад, посадові особи, які постійно або тимчасово виконують обов'язки по охороні праці у зв'язку із службовим становищем чи за розпорядженням (наказом) керівника, в залежності від тяжкості наслідків можуть понести покарання від штрафу, виправних робіт, звільнення до позбавлення волі на різні терміни. За іншими статтями до відповідальності можуть притягуватися як інженерно-технічні працівники, так і робітники, злочинно порушили правила безпеки руху і експлуатації автотранспорту, правила безпеки ведення гірських робіт, правила при виробництві будівельних робіт, правила безпеки на вибухонебезпечних підприємствах або у вибухонебезпечних цехах, правила зберігання, використання або перевезення вибухових або радіоактивних речовин.

Матеріальна відповідальність працівника пов'язана з матеріальною відповідальністю підприємства. Відповідно підприємство несе матеріальну відповідальність за шкоду, заподіяну робітникам і службовцям каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням ним своїх трудових обов'язків. Частина суми відшкодування цієї шкоди може бути стягнуто з працівника підприємства, якщо нещасний випадок стався з його вини.

						Арк
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Список літератури

1. Решетов Д. Н. Детали машин. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с..

2. Ануриев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: В трех томах. Т. 2 / В. И. Ануриев; Под ред. И.Н. Жестковой. : Машиностроение, 2001.— 912 с.

3. Ануриев В. И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т. Т.3 /В. И. Ануриев. — 9-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2006. — 928 с.



4. Самохвалов Я. А. Справочник техника-конструктора/ Я. А. Самохвалов, М. Я. Левицкий, В. Д. Григораш; Под ред. М. Я. Левицкого. — 3-е изд., перераб. и доп. — К.: Техніка, 1978.— 592 с.

5. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов/ С.А.Чернавский, К.Н.Боков, И.М.Чернин и др. - М.: Машиностроение, 1988. – 416 с.

6. Чиняев, И. А. Роторные насосы [Текст] : справочное пособие / И. А. Чиняев. – Л. : Машиностроение, 1969. – 216 с. – 0-80.

7. Атлас конструкций гидромашин и гидropерeдaч: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов

Автор: Б. М. Бим-Бад, М. Г. Кабаков

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
		Рустанович			Література	Лит.	Арк.	Аркушів
		Ігнатсьв					54	
					СумДУ гр. ГМ -42			