МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ПГМ

_____І.О.Ковальов

«____»_____2020р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

На тему «Розробка пластинчатого насоса на параметри: тиск 11,86 МПа, число обертів 1450об/хв., витрати 12,4л/хв.»

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (освітня програма “Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика”)

Виконавець роботи Пономаренко Олег Ігорович
прізвище, ім’я, по батькові

_____
підпис, дата

Науковий керівник Ігнатьєв Олександр Савич
прізвище, ім’я, по батькові

к.т.н., доцент
науковий ступінь, вчене звання

_____
підпис, дата

Суми 2020

Сумський державний університет

Факультет ТеСЕТ
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

«__»_____20___р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу студентові

Пономаренко Олег Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка пластинчатого насоса на параметри: тиск 11,86 МПа, число обертів 1450об/хв., витрати 12,4л/хв
_____
затверджена наказом по університету від «_» _____20 __р. № _____

2. Термін здавання закінченої роботи ____14.12.2020 р_____

3. Вихідні дані до роботи: тиск 11,86 МПа, число обертів 1450об/хв., витрати 12,4л/хв
_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Будова та принцип дії насоса, гідравлічні розрахунки: ротора, статора, пластин, вікон, каналів. Силові розрахунки. Розрахунки на міцність. Застосування насоса. Розділ охорони праці.
_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):Складальне креслення: 1 аркуш А1. Деталювання: 3 аркуша А2, 5 аркушів А3, 1 аркуш А4.

6. Консультанти по роботі із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір матеріалів для магістерської роботи	07.09 - 11.09. 2020 р.	
2	Будова та принцип дії пластинчастого насоса	14.09 - 18.09.2020 р.	
3	Гідравлічні розрахунки	21.09- 25.09.2020 р.	
4	Силові розрахунки	28.09 - 02.10.2020 р.	
5	Розрахунки на міцність	05. 10 - 09.10.2020 р.	
6	Застосування насоса	12.10 - 16.10.2020 р.	
7	Розділ охорони праці	19.10 - 23.10.2020 р.	
8	Складальне креслення насоса	26.10 - 30.10.2020 р.	
9	Деталювання ротора	02.11 - 06.11.2020 р.	
11	Деталювання статора	09.11 - 13.11.2020 р.	.
12	Деталювання вала	16.11 - 20.11.2020 р.	
13	Деталювання корпуса	22.11 - 27.11.2020 р.	
14	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічних матеріалів	30.11 – 04.12.2020 р.	
15	Представлення роботи керівнику. Внесення поправок	07.12- 11.12.2020 р.	
16	Підготовка доповіді до захисту	14.12- 17.12.2020 р.	

Дата видачі завдання – 07.09.2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник _____ ___Ігнатьєв О.С.__
(підпис) *(прізвище, ініціали)*

Реферат

Пояснювальна записка: 78 с., 7 рис., 5 літературних джерел.

Тема роботи «Розробка пластинчатого насоса на параметри: тиск 11,86 МПа, число обертів 1450об/хв., витрати 12,4л/хв.»

Графічні матеріали: 4 аркуша А1: складальне креслення насоса, деталювання.

Мета роботи – перевірити конструкцію насоса на більш високі параметри.

Відповідно до поставленої мети:

- Виконані гідравлічні розрахунки;
- Виконані силові розрахунки;
  Виконані розрахунки на міцність;

В економічному розділі розглянута оцінка вартості маркетингової інформації.В технологічному розділі розглянуто застосування насоса в технологічному процесі.

У розділі з охорони праці розглянуті питання: вимог безпеки при експлуатації насоса; техніка безпеки при проведенні ремонтних робіт на насосному обладнанні та організація роботи служби оповіщення і звязку на підприємстві

Ключові слова: НАСОС, СТАТОР, РОТОР, ПЛАСТИНА, ВАЛ, ТИСК, ВИТРАТИ, ПОТУЖНІСТЬ, КОРПУС, КРИШКА

Зміст

Технічне завдання

Реферат

1 Будова та принципи дії пластинчастого насоса……..……6

2 Гідравлічні розрахунки ……...……..14

3 Силові розрахунки ……19

4 Розрахунки на міцність ……..……....22

5 Застосування насоса ……..37

6 Оцінка вартості маркетингової інформації ……...……..45

7 Розділ охорони праці ……56

Список літератури ……78

1.Будова та принципи дії пластинчастого насоса

Пластинчастий насос - це поворотний насос з позитивним переміщенням типу, при якому ротор, який обертається на ексцентричному отворі статора, є робочим тілом, а пластина вставляється в поздовжній паз ротора і притискається до статора відцентровим зусиллям, пружиною або тиском рідини.

Пластинчасті насоси мають низький рівень шуму і хорошу рівномірність потоку. Ці насоси також мають відносно великий водовідбір з невеликими розмірами. Пластинчасті гідравлічні насоси можуть працювати зі швидкістю до 150 об / хв і тиском до 21 МПа.

Пластинчастий насос - забезпечує рівномірну і тиху подачу масла на виході. Ці насоси можна використовувати для дозування. Можливі як регульовані, так і нерегульовані. У насосах, що регулюються пластинами, зміна подачі здійснюється зміною об'єму робочої камери шляхом зміни ексцентриситету ротора і статора. Як регулятори використовуються гідравлічні та механічні регулятори. Рекомендовані швидкості руху, як правило, знаходяться в діапазоні 900-1800 об / хв.

Схема насоса однократної дії наведена на рисунку 1.

Складається з ротора 1, встановленого на привідному валу 2 та опори що розміщені в корпусі насоса. У роторі також є радіальні чи розташовані під кутом до радіуса пази, у які вставлені пластини 3. Статор 4 відносно ротора він розташований з ексцентриситетом е. До торців статора й ротора з малим зазором прилягають торцеві розподільні диски 5 із серпоподібними вікнами. Вікно 6 каналами в корпусі насоса з’єднується з лінією всмоктування 7, а вікно 8 – з напірною лінією 9. Між вікнами є ущільнювальні перемички 10, які забезпечують герметизацію зон усмоктування та нагнітання. Центральний кут, що утворюється цими перемичками, більший ніж кут між двома сусідніми пластинами.

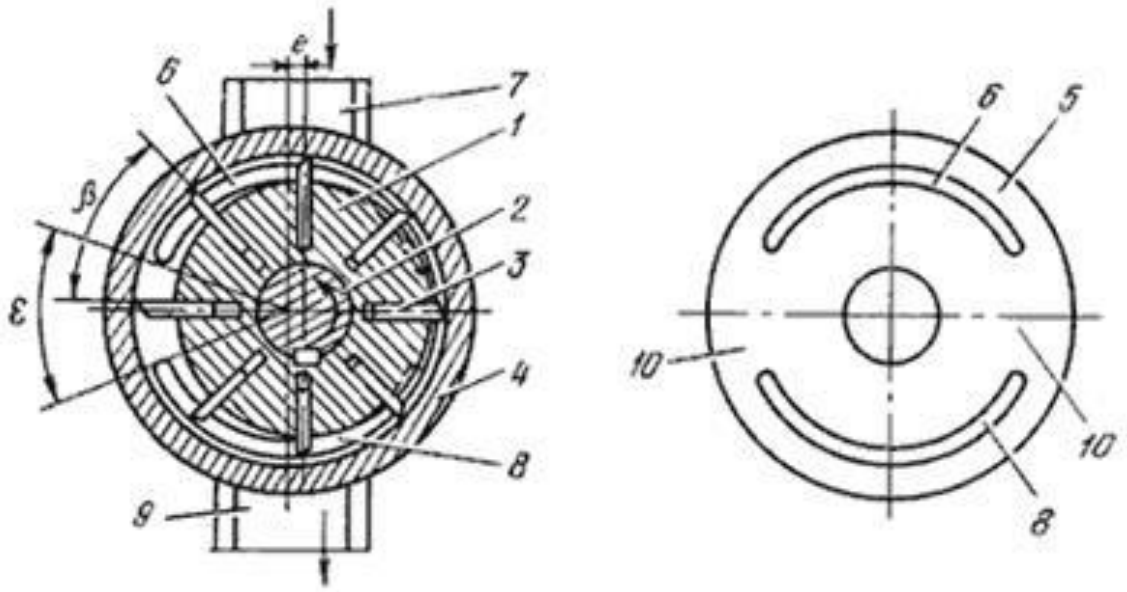


Рис. 1 – Схема пластинчастого насоса однократної дії:

1 – ротор; 2 – привідний вал; 3 – пластини; 4 – статор;5 – розподільний диск;

6, 8 – вікна; 7 – лінія всмоктування; 9 – лінія нагнітання

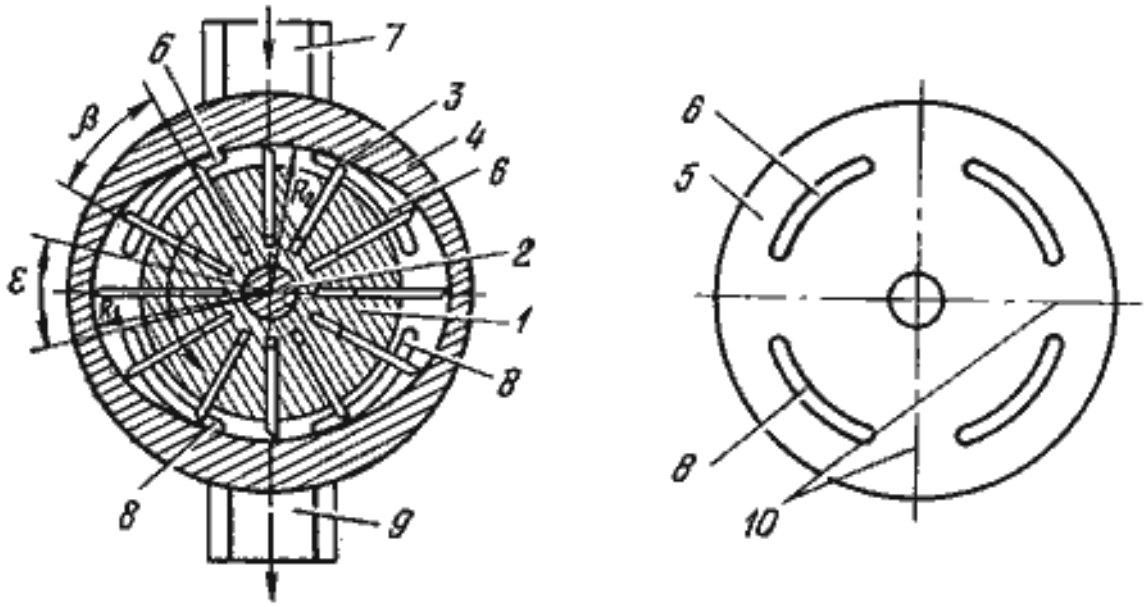


Рис. 2 – Схема пластинчастого насоса двократної дії

В насосах подвійної дії (рисунок 2) ротор 1 і статор 2 співвісні. Такі насоси мають уже по дві порожнини всмоктування що розташовані симетрично й порожнини нагнітання. Таке розміщення зон урівноважує сили, що діють із боку робочої рідини та розвантажує привідний вал 2, який буде навантажуватися лише крутним моментом. Для більшої урівноваженості кількість пластин 3 у насосах подвійної дії приймають парною. Торцеві розподільні диски 5 мають чотири вікна. Два вікна 6 каналами в корпусі насоса з'єднуються з лінією всмоктування 7, а інші два 8 – з напірною гідролінією 9. Так само, як і в насосах однократної дії, між вікнами є перемички для ущільнення 10.

Пластинчасті насоси за рахунок своєї конструкції являються компактними та простими у виробництві і надійними в експлуатації. Тому вони знайшли застосування в техніці, в першу чергу в верстатобудуванні. Максимальний тиск, створюваний такими насосами, складає 7…14 МПа. Частота обертання пластинчастих насосів в середньому знаходиться в діапазоні 900 … 1700 об/хв. Повний ККД для більшості пластинчатих насосів складає 0,60 … 0,85, а об'ємний ККД – 0,70 … 0,92.

Пластинчасті насоси застосовуються в гідроприводах металообробних верстатів, в будівельно-дорожніх машинах, в прокатному обладнанні, в автомобілях, в хімічному машинобудуванні, в харчовому машинобудуванні і т.п.

За принципом перетворення енергії пластинчасті насоси відносяться до машин об'ємного типу. У порівнянні з шестерень, пластинчасті насоси забезпечують більш рівномірну подачу, а в порівнянні з поршневими - простіше по конструкції, дешевше, менше за габаритами.

Розрізняють пластинчасті гідромашини одноразового, подвійного і багаторазового дії. У машинах одноразового дії за один оборот валу відбувається один повний цикл роботи, що включає процеси всмоктування і нагнітання. Пластинчасті гідромашини одноразового дії можуть бути регульованими. На ротор пластинчастої гідромашини одноразового дії діє неврівноважена радіальна сила, тому величина тиску в таких машинах не перевищує 105 кгс / $см^2$. У машинах подвійної дії за один оборот валу відбувається два повних цикли роботи, тобто два процеси всмоктування і два процесу нагнітання, в машинах потрійної дії - три цикли і т.д. Насоси і гідромотори подвійного і багаторазового дії виконуються тільки як нерегульовані, але тиск робочої рідини, що діє на ротор в радіальному напрямку, врівноважується, опори машини розвантажуються і вал її передає тільки крутний момент. Це є суттєвою перевагою, в значній мірі зумовлюють простоту і компактність конструкції, її малу вагу і габарити. У відомих

конструкціях насосів і гідромоторів подвійної дії робочий тиск становить 140 кгс / см^2 і більше.

Технологічна простота конструкції пластинчастого гідромашин сприяє їх серійного виробництва. У багатьох країнах вони виробляються централізовано, у великих кількостях на спеціалізованих підприємствах.

Конструкція і принцип дії насоса

На рис.1 показаний ротаційний насос подвійної дії. Насос складається з корпусу 1 з литим каналом нагнітання, кришки 2 з литим каналом всмоктування, статора 3, що має всередині криволинейную профилированную поверхню, по якій ковзають дванадцять загартованих пластин 4, вільно переміщаються в пазах ротора 5, які, з метою зменшення згинальних напружень від сил тертя, виконані похилими по відношенню до радіусів. З боку отвору всмоктування (з боку кришки 2) розташований розподільний диск 6, в якому є вікна 7 (рис.2) для всмоктування, а з боку нагнітання (з боку корпусу 1) розташований розподільний диск 8, в якому є два вікна 9 для нагнітання робочої рідини. Вікна всмоктування 7 з'єднуються в одну всмоктувальну магістраль кільцевим каналом 18, вікна нагнітання 9 з'єднуються в нагнетательную магістраль за допомогою зазору 19. Диск 8 - плаваючого типу: на початку роботи насоса він притискається до статора пружинами 10, а в процесі роботи - тиском в порожнині нагнітання. Плаваючий диск 8 має шийку, ущільнену в отворі корпусу 1 за допомогою гумового кільця 11. Застосування плаваючого розподільного диска 8 підвищує зносостійкість, спрощує збірку насоса, так як гвинти 20, що з'єднують кришку 2 насоса з корпусом 1 можна затягувати до відмови, не вдаючись до кропіткої регулюванню затягуванні гвинтів, що необхідно при жорсткому прижатии розподільних дисків 6 і 8 до статора 3 (таке виконання характерно для деяких старих конструкцій пластинчастих насосів). При цьому також виключається можливість заїдання, що трапляється під час пуску без тиску насосів, в яких розподільні диски 6 і 8 жорстко притиснуті до статора 3, так як торці розподільних дисків залишаються в цей момент без змащення. Притиск пластин 4 до внутрішньої поверхні статора 3 здійснюється за рахунок відцентрових сил і тиску робочої рідини, підведений під пластини через отвори 22 в диску 8 і кільцеву канавку 20, виконану на торцевій поверхні ротора 5, під час пуску насоса пластини притискаються до статора тільки відцентровою силою. Вал 12 насоса, на який за допомогою шліцьового з'єднання посаджений ротор 5, обертається в кулькових підшипниках 13,14. Для запобігання витоку робочої рідини по валу 12 у фланці 15 встановлена манжета 16 з маслостойкой гуми. Відведення здійснюється через штуцер 21, куди з'єднується дренажна трубка. Ущільнення між корпусом 1 і кришкою 2, а також по зовнішній поверхні

статора 3 досягається за допомогою гумового кільця 17. Насос кріпитися за допомогою чотирьох отворів у фланці 15. Для забезпечення правильного розташування розподільних дисків 6,8 і статора 3относительно один одного служить напрямна 23, яка розташована в отворах, виконаних в розподільних дисках і статорі

Насос працює наступним чином. При запуску насоса відцентровою силою викидаються пластини 4, вільно переміщаються в пазах ротора 5, і утворюються камери, кожна з яких обмежена двома сусідніми пластинами, внутрішньою поверхнею статора, зовнішньою поверхнею ротора і двома торцевими поверхнями розподільних дисків.

При обертанні ротора в кожній з камер насоса послідовно відбуваються такі процеси:

1. Процес всмоктування обсяг камер, взаємодіючих зі усмоктувальними вікнами 7, виконаними на диску 6, збільшується, в камерах утворюється розрідження, в результаті чого, камери заповнюються усмоктуваної рідиною.

2. Процес перенесення робочої рідини з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання: після закінчення процесу всмоктування, тобто проходження двома протилежними камерами вікон 7 в диску 6, рідина, укладена в цих камерах, переміщається від вікон 7 в диску 6к вікнам нагнітання 9 в диску 8. При з'єднанні камер з вікнами нагнітання 9 робоча рідина, що знаходиться в напірної магістралі під тиском нагнітання, спрямовується в відкриваються камери, заповнені робочою рідиною при низькому тиску всмоктування і стискають её.Етот процес негативно впливає на рівномірність подачі і супроводжується акустичним ефектом - характерним клацанням, який тим сильніше, чим вище тиск в порожнині нагнітання і швидкість переходу камери з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання . Послідовне чергування таких клацань викликає шум при роботі насоса. Підвищення рівномірності подачі і зменшення шуму досягається шляхом виконання на розподільному диску 8 прорізів трикутного перетину 24.

3. Процес нагнітання: обсяг камер, взаємодіючих з нагнітальними вікнами 9 в диску 8, зменшується і робоча рідина витісняється в напірну магістраль. При цьому частина рідини через отвір 22, виконано в диску 8 і кільцеву канавку 20, виконану на торцевій поверхні ротора 5, подається під пластини 4, в результаті чого здійснюється додаткових контакт пластин 4 з кривою статора 3 за рахунок сил тиску робочої рідини.

4. Процес перенесення робочої рідини з порожнини нагнітання в порожнину всмоктування: після закінчення процесу нагнітання, тобто після

проходження двома протилежними камерами вікон 9 в диску 8, рідина, укладена в цих камерах, переміщається від вікон нагнітання 9 в диску 8 до вікон всмоктування 7 в диску 6. При з'єднанні камер, в яких укладено обсяг робочої рідини при тиску нагнітання, з вікнами всмоктування 7 рідина в камері розширюється, частина її виходить з камери у всмоктувальну магістраль, і тиск в камері стає рівним тиску всмоктування. При цьому процесі умови більш сприятливі, ніж при перенесенні рідини з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання, так як в даному випадку переноситися тільки «мертвий» обсяг, в кілька разів менший обсягу, що переноситься з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання. Для здійснення більш плавного зниження тиску в камерах в даному процесі у всмоктуючих вікон 7 розподільного диска 6 можуть бути передбачені прорізи.

Основними робочими процесами в пластинчастих насосах є процеси всмоктування і нагнітання, однак процеси перенесення робочої рідини в камерах з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання і з порожнини нагнітання в порожнину всмоктування також мають велике значення, так як ці процеси в значній мірі визначають нерівномірність подачі і шум при роботі насоса.

За один оборот ротора кожна камера розглянутого насоса подвійної дії два рази виробляє нагнітання і всмоктування робочої рідини. Таке виконання насоса дозволяє врівноважити тиск робочої рідини на ротор насоса, що діє в двох порожнинах нагнітання, розташованих діаметрально протилежно, і розвантажити підшипники. Для повної врівноваженості число камер дорівнює кількості пластин, має бути парним.

Для забезпечення герметичності насоса кут, що охоплює дугу між сусідніми всмоктуючим 7 і нагнітальним 9окнамі, повинен бути трохи більше, ніж кут між пластинами.

Разборка та збирання насоса

1. Розбирання насоса:

Відвернути гвинт 25, що з'єднує кришку насоса 2 з корпусом 1, зняти кришку 2, гумове кільце 17, підшипник 13, розподільний диск 6, ротор 5, статор 3, розподільний диск 8, вийняти пружини 10; відвернути гвинти, що з'єднують фланець 15 з корпусом 1, зняти фланець 15, вийняти вал 12; вигвинтити штуцер 21 з кришки 2, вийняти пластини 4 з пазів ротора 5, зняти гумове кільце 11 з шийки диска 8.

2. Збірку насоса проводити в порядку, зворотному розбиранні.

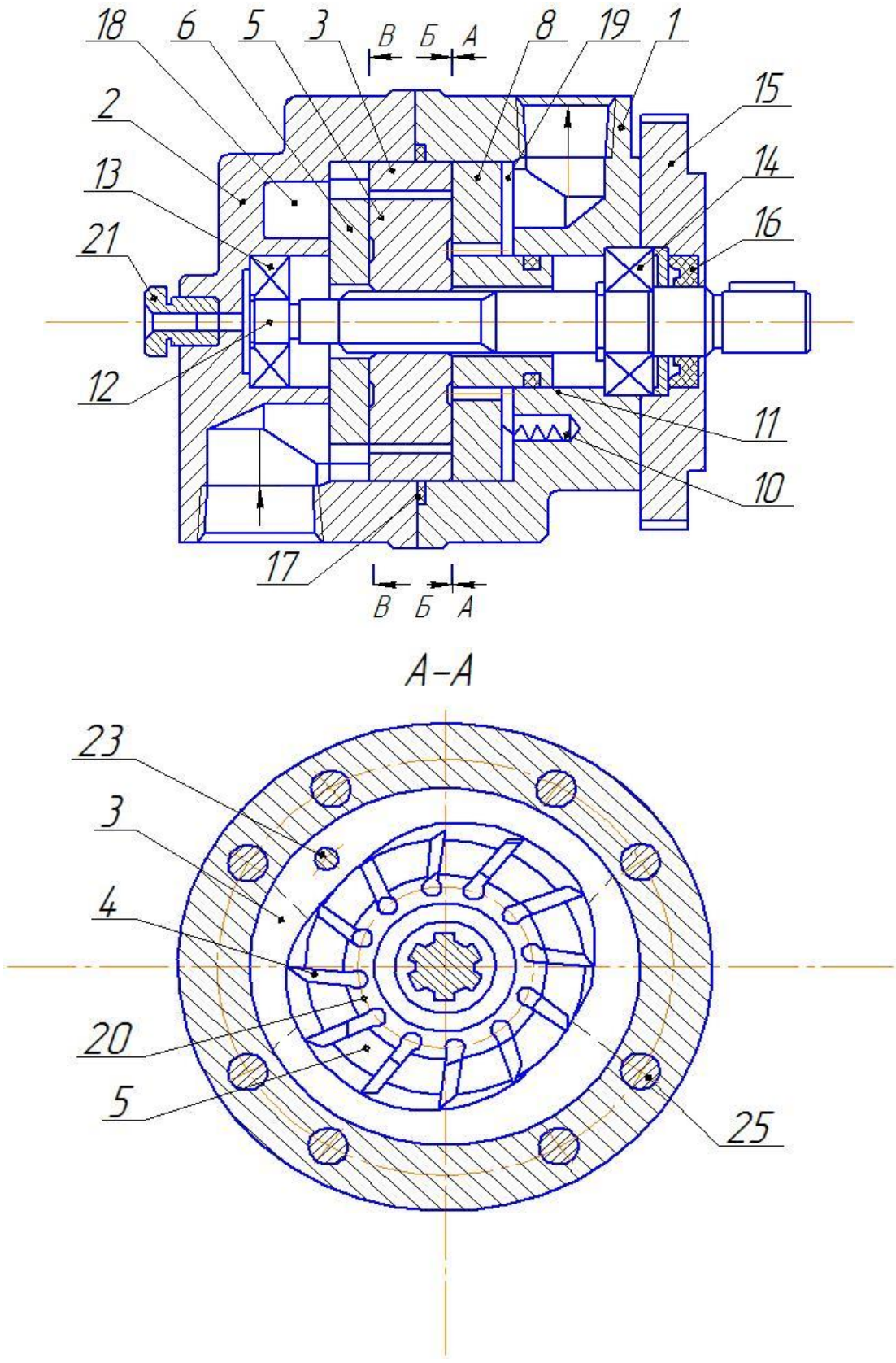


Рис. 3

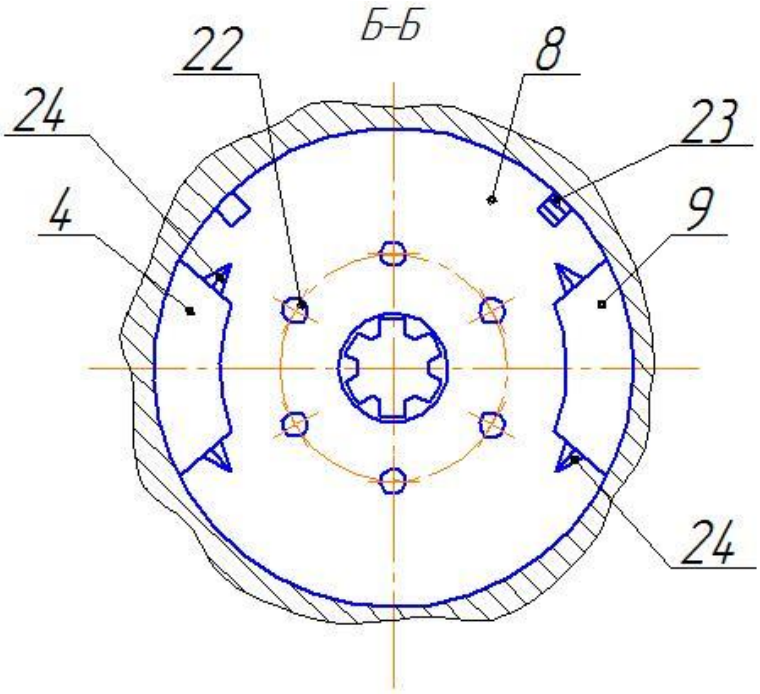


Рис. 4

2. Гідравлічні розрахунки

2.1.Визначення максимального ексцентриситету [1]

$$e_{max} = k\sqrt{\frac{Q}{\eta_0 \cdot n}} \quad (1)$$

де:

e_{max} – максимальний ексцентриситет, мм;

Q – фактичні витрати, м^3/хв;

η_0 – об'ємний ККД;

k – 0,6 ÷ 1, приймаємо $k = 0{,}575$, тому що $\eta_0 = 0{,}8$ [1]

$$e_{max} = 0{,}575\sqrt[3]{\frac{12{,}4}{0{,}82 \cdot 1450}} = 1{,}247 \text{ мм}$$

Приймаємо e_{max}=1,25 мм

2.2 Діаметр статора [1]

$$D = \sqrt{\frac{500 \cdot q}{2 \cdot \pi \cdot e_{max} \cdot k_1}} \quad (2)$$

де: q- робочий об'єм; q = $\frac{q}{n \cdot \eta_0}$;

D-діметр статора, мм;

q=$\frac{12{,}4}{0{,}82 \cdot 1450} = 10{,}4656 \cdot 10^{-3}$м;

$k_1 = 0{,}16 \div 0{,}27$ – коефіцієнт ширини, приймаємо k_1=0,27 [1]

$$D = \sqrt{\frac{500 \cdot 10{,}4656 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 1{,}25 \cdot 0{,}27}} = 49{,}68 \text{ (мм)}$$

Приймаємо Д=50 мм

2.3 Зовнішній діаметр статора

$$D_{зв} = D + 8e \quad (3)$$

де:

$D_{зв}$ – зовнішній діаметр статора;

$e_{max} = e$

$$D_{зв} = 50 + 8 \cdot 1{,}25 = 60 \text{ мм}$$

2.4 Діаметр ротора

$$d = D - 4e \quad (4)$$

$$d = 50 - 4 \cdot 1{,}25 = 45 \text{ мм}$$

де:

$d -$ діаметр ротора

2.5 Діаметр диска розподільного

$D_{диск} = D_{зб} = 60$ мм

$D_{диск} -$ діметр диска

2.6 Ширина ротора

$$b = \frac{q}{2(R-r)[\pi(R+r) - \frac{tz}{\xi}]} \quad (5)$$

де, R – радіус статора

r – радіус ратора

t – товщина пластини

z – кількість пластин

ξ – кут нахилу пластин

$$\xi = \frac{1}{2} arctg\left(\frac{12}{\pi} \cdot \frac{R-r}{R+r}\right) = \frac{1}{2} arctg\left(\frac{12}{3.14} \cdot \frac{25-22.5}{25+22.5}\right) = 10{,}95°$$

z=12

b – ширина статора ;

$$b = \frac{10,4656}{2(2,5-2,25)[3,14(2,5+2,25)-\frac{0,15\cdot 12}{cos10,95^\circ}}=1,6 \text{ см}$$

2.7 Відносна товщина пластини

$$k_2 = \frac{t}{R} = 0,01 \div 0,075 \quad (6)$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ мм}$$

Товщина пластини

$$t = k_2 \cdot R \quad (7)$$

$$t = (0.01 \div 0.075)25 = 0,25 \div 1,873$$

Приймемо t=1,5 мм

де: t – товщина пластини

k_2=0,01÷0,075 – коефіцієнт товщини

2.8 Глибина паза для пластин

$$h = (6 \div 8) \cdot e \quad (8)$$

де: $h -$ глибина паза;

приймаємо $h = 7 \cdot e$

$$h = 7 \cdot 1,25 = 8,75 \text{ мм}$$

Приймаємо $h = 9$ мм

2.9 Кут між пластинами

$$B=\frac{2\cdot\pi}{z} \quad (9)$$

де: β – кут між пластинами

$$\beta=\frac{2\cdot 3,14}{12} = 30^\circ$$

2.10 Середній діаметр вікон

$$D_{\text{с.вік.}} = d + 2e \tag{10}$$

$$D_{\text{с.вік.}} = 45 + 2 \cdot 1{,}25 = 47{,}5 \text{ (мм)}$$

2.11 Довжина перемички

$$l_{\text{п}} = \frac{\pi D}{360^\circ} \cdot \beta + 2t \tag{11}$$

$$l_{\text{п}} = \frac{3{,}14 \cdot 50}{360^\circ} \cdot 30^\circ + 2 \cdot 1{,}5 = 13{,}08 \text{ (мм)}$$

Приймаємо $l_{\text{п}} = 16$ мм

2.12 Довжина вікна

$$l_{\text{в}} = \frac{\pi d - 4 l_{\text{п}}}{4} \tag{12}$$

$$l_{\text{в}} = \frac{3{,}14 \cdot 45 - 4 \cdot 16}{4} = 19{,}3 \text{ (мм)}$$

2.13 Ширина вікна

$$в_{\text{в}} = 4e \tag{13}$$

$$в_{\text{в}} = 4 \cdot 1{,}25 = 5 \text{ (мм)}$$

2.14 Площа вікна

$$ƒ_{\text{в}} = в_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} \tag{14}$$

$$ƒ_{\text{в}} = 5 \cdot 19{,}3 = 96{,}5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

2.15 Швидкість рідини у вікні

$$\vartheta_{\text{в}} = \frac{Q}{2ƒ_{\text{в}}} \tag{15}$$

$$\vartheta_{\text{в}} = \frac{12{,}4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 96{,}5 \cdot 10^{-6} \cdot 60} = 1{,}048\ (\frac{\text{м}}{\text{с}})$$

Допустима швидкість у вікні $[\vartheta] = 2\ (\frac{\text{м}}{\text{с}})$

$\vartheta_{\text{в}} < [\vartheta]$

Розрахована швидкість є прийнятною.

3.Силові розрахунки

3.1 Сила інерції пластини

$$F_{\text{ін.}} = m \cdot j(H) \quad (16)$$

$$m = \rho \cdot V \quad (17)$$

де: -прискорення руху пластин, м/с^2

$F_{\text{ін.}}$ – сила інерції пластин, м;

m – маса пластин , кг;

V – об'єм пластин; м^3

ρ – щільність пластин, $\rho = 7800$ ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)

$$V = \delta \cdot b \cdot h \quad (18)$$

$$V = 1{,}5 \cdot 16 \cdot 9 = 216 \text{ мм}^3$$

$$m = 7{,}8 \cdot 10^3 \cdot 216 \cdot 10^{-9} = 1{,}68 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$j = r \cdot \omega^2 = \frac{d}{2} \cdot (2 \cdot \pi \cdot n)^2 \quad (19)$$

$$j \cdot \frac{45}{2} \cdot 10^{-3} \cdot (\frac{3{,}14 \cdot 1450}{30})\text{^}2 = 518{,}24 \ (\frac{\text{м}}{\text{с}^2})$$

де:

j – прискорення пластини;

r – радіус ротора;

ω – кутова швидкість;

$$F_{\text{ін.}} = 1{,}68 \cdot 10^{-3} \cdot 518{,}24 = 0{,}87 \text{ (Н)}$$

3.2 Сила тиску на торець пластини в мертвій точці

$$P_{MT} = \delta \cdot b \cdot P_{\text{н.}} \quad (20)$$

P_{MT} – сила тиску на торець пластини в мертвій точці;

$N_{\text{сп.}}$ – потужність споживача;

$P_{\text{н.}}$ – початковий тиск;

$\eta -$ загальний ККД;

$\eta_0 -$ об′ємний ККД;

$b -$ ширина пластини;

$$P_{MT} = 1{,}5 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}86 \cdot 10^{6} = 284{,}6(\text{Н})$$

3.3 Сила тертя пластини на статор

$$F_{\text{тр.}} = \mu_{\text{тр.}} \cdot (P_{MT} + F_{\text{ін.}}) \quad (21)$$

де:

$F_{\text{тр.}} -$ сила тертя пластини на статор;

$\mu_{\text{тр.}} = 0{,}02 -$ коефіцієнт тертя.

$$F_{\text{тр.}} = 0{,}02 \cdot (284{,}6 + 0{,}87) = 5{,}69\ (\text{Н})$$

3.4 Сила, яка згинає пластину

$$R_{\text{зг.}} = 2e \cdot b \cdot P_{\text{н.}} + F_{\text{тр.}} \quad (22)$$

де:

$R_{\text{зг.}} -$ сила згинання;

$b -$ ширина пластини;

$$R_{\text{зг.}} = 2 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-3} \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}86 \cdot 10^{6} + 5{,}69 = 474{,}4 + 5{,}69 = 480(\text{Н})$$

3.5 Радіальна сила, яка діє на ротор

$$R_{\text{рот.}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр.}}}{d} \quad (23)$$

$$R_{\text{рот.}} = \frac{2 \cdot 79{,}6}{45 \cdot 10^{-3}} = 3538(\text{Н})$$

де:

$R_{\text{рот.}}$ – радіальна сила ротора, Н;

$M_{\text{кр.}}$ – обертальний момент, Н ·м;

3.6 Сила, яка відтискає диск

$$R_{\text{від.}} = (2ƒ_{\text{вікна}} + \frac{\pi \cdot D^2_{\text{диск}}}{4}) \frac{P}{2} \quad (24)$$

$$R_{\text{від.}} = \left[2 \cdot 96{,}5 \cdot 10^{-6} + \frac{3{,}14 \cdot (60 \cdot 10^{-3})^2}{4}\right] \cdot \frac{11{,}86 \cdot 10^6}{2} = 17903(H)$$

де:

$ƒ_{\text{вікна}}$ – площа вікна, (м^2);

$R_{\text{від.}}$ – сила, яка відтискає диск, (Н).

$D_{\text{диск}}$ – діаметр диска, м.

3.7 Сила, яка притискає диск до ротора

$$R_{\text{прит.}} = R_{\text{від.}} \quad (25)$$

$$R_{\text{прит.}} = \frac{\pi \cdot D^2_{\text{диск}} \cdot p}{4 \cdot 2} + R_{\text{пруж.}}$$

3.8 Сила пружин

$$R_{\text{пруж.}} = R_{\text{прит.}} - \frac{\pi \cdot D^2_{\text{диск}}}{4 \cdot 2} \cdot p \quad (26)$$

$$R_{\text{пруж.}} = 17903 - \frac{3{,}14 \cdot (60 \cdot 10^{-2})}{4 \cdot 2} 11{,}86 \cdot 10^6 = 2775(H)$$

3.9 Сила однієї пружини

$$R^1_{\text{пруж.}} = \frac{R_{\text{пруж.}}}{4} \quad (27)$$

$$R^1_{\text{пруж.}} = \frac{2775}{4} = 693{,}75(\text{Н})$$

4.Розрахунки на міцність

4.1 Кутова швидкість

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \tag{28}$$

де:

$n -$ число обертів;

$\omega -$ кутова швидкість.

$$\omega = 2 \cdot 3{,}14 \cdot \frac{1450}{60} = 151{,}7(\frac{\text{рад}}{\text{хв}})$$

4.2 Крутний момент

$$\text{М}_{\text{кр.}} = \frac{N_{\text{сп.}}}{\omega} \tag{29}$$

де:

$\text{М}_{\text{кр.}} -$ крутний момент;

$N_{\text{сп.}} -$ потужність споживана.

$$\text{М}_{\text{кр.}} = \frac{12075}{151{,}7} = 79{,}6(\text{н} \cdot \text{м})$$

4.3 Умова міцності вала за обертальним моментом

Сталь 40Х

$$d_B = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot \text{М}_{\text{кр.}}}{[\tau]}} \tag{30}$$

де:

$d_B -$ діаметр вала;

$d_B = 12$ мм

$[\tau] -$ допустиме напруження на кручення.

$$[\tau] = 0{,}5 \cdot [\tau_{\text{зг.}}] \tag{31}$$

$[\tau_{\text{зг.}}] -$ допустиме напруження на згин.

$[\tau_{\text{зг.}}] = 240(\text{МПа})$

$$[\tau] = 0{,}5 \cdot 240 = 120(\text{МПа})$$

4.4 $\text{М}_{\text{кр.}}$ – обертальний момент, $(\text{Н} \cdot \text{м})$;

де:

$$\text{М}_{\text{кр.}} = \frac{N_{\text{сп.}}}{\omega}; \quad (32)$$

ω – кутова швидкість, $(\frac{\text{рад}}{\text{с}})$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \quad (33)$$

$$\omega = \frac{3{,}14 \cdot 1450}{30} = 151{,}7$$

$$\text{М}_{\text{кр.}} = \frac{12075}{151{,}7} = 79{,}6$$

4.5 Напруження на кручення

$$\tau = \frac{5 \cdot M_{\text{кр.}}}{d_6^3} \quad (34)$$

$$\tau = \frac{5 \cdot 79{,}6}{(12 \cdot 10^{-3})^3} = 230{,}3 \cdot 10^6$$

$$\tau < [\tau]$$

4.6 Умова міцності вала за потужністю

$$d_B = a\sqrt[3]{\frac{N_{\text{сп.}}}{n}} \quad (35)$$

η – загальний ККД, $n = 0{,}6$;

a – запас міцності;

$N_{\text{сп.}}$ – споживана потужність, кВт;

n – число обертів, $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

d_B – діаметр вала, на якому знаодиться шпонка;

$[a]$ – допустимий запас міцності;

$$N_{\text{сп.}} = \frac{Q_{\text{ф}} \cdot p}{n} \quad (36)$$

$$N_{\text{сп.}} = \frac{12{,}4 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}86 \cdot 10^{6}}{0{,}82 \cdot 60} = 12{,}075 \text{ кВт}$$

$$a = \frac{\sqrt[3]{\frac{12{,}075}{1450}}}{1{,}2} = \frac{17}{1{,}2} = 14{,}5 < [a]$$

4.7 Товщина корпусу із Чавуну СЧ18-36 (ГОСТ 1412-70)

$$\delta = D_{\frac{\text{диск}}{2}}\left(\sqrt{\frac{[\sigma_p]+0{,}4\cdot P_i}{[\sigma_p]-1{,}3\cdot P_i}} - 1\right) + \text{а} \qquad (37)$$

де:

δ_3 – запас на виготовлення;

δ – товщина корпусу;

$$\delta = \frac{D_{\text{фл.}} - D_{\text{диск}}}{2} \qquad (38)$$

$$\delta = \frac{65-60}{2} = 2{,}5 \text{ мм}$$

P_i – індикаторний тиск;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розтяг.

$D_{\text{фл.}}$ – діаметр фланца;

$D_{\text{диск}}$ – діаметр диска;

$$P_i = (1{,}1 \div 1{,}2) \cdot P_{\text{н}} \qquad (39)$$

приймаємо

$$P_i = 1{,}1 \cdot P_{\text{н}} \qquad (40)$$

$$P_i = 1{,}1 \cdot 11{,}86 = 13 \text{ (МПа)}$$

$$[\sigma_p] = 180 \text{ МПа}$$

$$\delta = \frac{60}{2}\left(\sqrt{\frac{180 + 0{,}4 \cdot 13}{180 - 1{,}3 \cdot 13}} - 1\right) + 0{,}53 = 2{,}5$$

$[\delta_3]$=3 мм

Для виконання умови $\delta_3 = [\delta_3]$, виконуємо округлення R5

4.8 Товщина кришки корпусу

$$\delta_{\text{кр.}} = \frac{D_{\text{диск}}}{2}\sqrt{\frac{0{,}75 \cdot P_i}{\sigma_p}} + \delta_3 \qquad (41)$$

де: δ_3 – запас на обробку деталі, $[\delta_3] = 3$;

$\delta_{\text{кр.}}$ = товщина кришки.

$\delta_{\text{кр.}} = 20$ мм

$$\delta_{\text{кр.}} = \frac{60}{2}\sqrt{\frac{0{,}75 \cdot 13}{180}} + a = 6{,}98 + a$$

$$\delta_3 = 20 - 6{,}98 = 13 \text{ мм} > [\delta_3]$$

4.9 Перевірка пластини на згин

$$\sigma_{\text{зг.}} = \frac{M_{\text{зг.}}}{W} \qquad (42)$$

де:

$\sigma_{\text{зг.}}$ – напруження згину;

$M_{\text{зг.}}$ – момент згину пластини;

W – осьвий момент опору.

$$M_{\text{зг.}} = F_{\text{зг.}} \cdot \text{e} + F_{\text{тр.}} \cdot 2\text{e} \qquad (43)$$

$$M_{\text{зг.}} = 480{,}09 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-3} + 5{,}69 \cdot 2 \cdot 1{,}25 \cdot 10^{-3} = 0{,}593 + 0{,}014 = 0{,}607 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

де: F – сила згину пластини, що виникає від тиску нагнітання .

$F_{\text{тр.}}$ – сила тертя пластини

W – момент опору

$$W = \frac{\delta^2 \cdot b}{6} \qquad (44)$$

$$W = \frac{(1{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-8}} = 0{,}06 \cdot 10^{-8}\ \text{м}^3$$

Напруження згину

$$M_{\text{зг.}} = 0{,}607(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$\delta_{\text{зг.}} = \frac{M_{\text{зг.}}}{W}, \tag{45}$$

$$\sigma_{\text{зг.}} = \frac{0{,}607}{0{,}06 \cdot 10^{-8}} = 111\ \text{МПа}$$

Допустиме напруження для сталі 65Г $[\sigma_{\text{зг.}}]$=170…101 (Мпа), отже міцність забезпечено, так як $[\sigma_{\text{зг.}}] > \sigma_{\text{зг.}}$.

4.10 Розрахунок шпильки Сталь 20

$$\left[\sigma_p\right] = \frac{\sigma_{\text{т}}}{n} \tag{46}$$

де:

$\left[\sigma_p\right]$ – допустиме напруження на розтяг;

$\sigma_{\text{т}}$ – межа текучості, $\sigma_{\text{т}} = 245$ (МПа)

n – коефіцієнт запас, $n = 2$.

$$\left[\sigma_p\right] = \frac{245 \cdot 10^6}{2} = 122{,}5 \cdot 10^6\ (\text{Па})$$

4.11 Сила, яка діє на шпильку

$$R_{\text{к}} = R_g + R_i \tag{47}$$

де:

$R_{\text{к}}$ – сила тиску на шпильку;

R_g – сила тиску на ущільнюючий жмут;

R_i – сила тиску на диск.

$$R_g = \frac{3{,}14 \cdot 60^2}{4} \cdot 11{,}86 \cdot 10^6 = 33516\ (\text{Н})$$

$$R_i = \frac{D^2_{\text{ущ.}} - D^2_{\text{диск.}}}{4} \cdot P_i \quad (48)$$

де:

$D_{\text{ущ.}}$ – діаметр положення ущільнюваного жгута.

$$D_{\text{ущ.}} = D_{\text{диск.}} + 2d_{\text{ж}} \quad (49)$$

де:

$d_{\text{ж}}$ – діаметр ущільнювального жгута.

$d_{\text{ж}} = 4$ (мм)

$$D_{\text{ущ.}} = 60 + 2 \cdot 4 = 68$$

$$R_i = \frac{3{,}14(68^2 - 60^2)}{4} \cdot 11{,}86 = 9533(\text{Н})$$

$$R_{\text{к}} = 33516 + 9533 = 43049\ (\text{Н})$$

4.12 Площа шпильки

$$ſ_{\text{шп.}} = \frac{R_{\text{к}}}{z_{\text{шп.}}[\sigma_p]} \quad (50)$$

де:

$ſ_{\text{шп.}}$ – площа шпильки;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розтяг, $[\sigma_p] = 122{,}5$ (МПа);

$z_{\text{шп.}}$ – кількість шпильок, $z_{\text{шп.}} = 8$ (шт).

$$ſ_{\text{шп.}} = \frac{\pi d^2_{\text{шп.}}}{4} \quad (51)$$

$$ſ_{\text{шп.}} = \frac{3{,}14 \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 50{,}24 \cdot 10^{-6}(\text{м}^2)$$

де:

$d_{\text{шп.}}$ – діаметр шпильки;

$d_{\text{шп.}}$ – 8 мм

$$\sigma = \frac{43049}{8 \cdot 50{,}24 \cdot 10^{-6}} = 107\text{Мпа}$$

$$\sigma < [\sigma_p]$$

4.13 Розрахунок шпонки

$$\sigma_{\text{см.}} = \frac{4M_{\text{кр.}}}{(d_B \cdot l \cdot h_{\text{шп.}})} < [\sigma_{\text{см.}}] \quad (52)$$

де:

$M_{\text{кр.}}$ – момент кручення;

$\sigma_{\text{см.}}$ – напруження зминання;

d_B – діаметр вала під шпонку;

l – висота шпонки;

$h_{\text{шп.}}$ – висота шпонки;

$[\sigma_{\text{см.}}]$ – допустиме напруження на зминання, $[\sigma_{\text{см.}}] = 210$ (МПа).

За ГОСТ 23360-78 обираємо розміри шпонки для нашого вала, при $d_B = 12$(мм) шпонка буде мати розмір 4×3.

$$\sigma_{\text{см.}} = \frac{4 \cdot 79{,}6}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 737(\text{МПа})$$

$$[\sigma_{\text{Т}}] > \sigma_{\text{см.}}$$

$$\sigma_{\text{Т}} = 785\text{МПа}$$

4.14 Розрахунок підшипників

1. Реакція сил в точці А

$$R_A = \frac{R_{\text{рот.}} \cdot l_1}{l_1 + l_2} \quad (53)$$

де:

R_A – реакція сил в точці А;

l_1 – довжина до центра ротора з точки В; $l_1 = 23$ мм;

l_2 – довжина до центра ротора з точки А; $l_2 = 35$;

$R_{\text{рот.}}$ – радіальна сила ротора.; $R_{\text{рот.}} = 3538$(Н);

$$R_{\text{A}} = \frac{3538 \cdot 23}{23 + 35} = 1403 \text{ (Н)}$$

2. Реакція сил в точці В

$$R_A = \frac{R_{\text{рот.}} \cdot l_2}{l_1 + l_2} \quad (54)$$

де:

$R_{\text{В}} -$ реакція сил в точці В;

$$R_{\text{В}} = \frac{3538 \cdot 35}{23 + 35} = 2135 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$$

3. Еквівалентне динамічне навантаження в точці А

$$R_{l_A} = (X \cdot Y \cdot R_A) \cdot K_{\text{безп.}} \cdot K_{\text{Т}} \quad (55)$$

де:

$R_{l_A} -$ еквівалентне динамічне навантаження на підшипник в точці А;

$\text{Y} = 1 -$ коефіцієнт обертання внутрішнього кільця підшипника;

$X = 1 -$ коефіцієнт обертання зовнішнього кільця підшипника;

$K_{\text{безп.}} - 1{,}2 -$ коефіцієнт безпеки;

$K_{\text{Т}} = 1 -$ температурний коефіцієнт.

$$R_{l_A} = (1 \cdot 1 \cdot 1403) \cdot 1{,}2 \cdot 1 = 1683 \text{ (Н)}$$

4.Еквівалентне динамічне навантаження в точці В

$$R_{l_{\text{В}}} = (X \cdot Y \cdot R_{\text{В}}) \cdot K_{\text{безп.}} \cdot K_{\text{Т}} \quad (56)$$

де:

$R_{l_{\text{В}}} -$ еквівалентне динамічне навантаження на підшипник в точці В;

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

$X = 1 -$ коефіцієнт обертання зовнішнього кільця підшипника;

$K_{\text{безп.}} - 1{,}2 -$ коефіцієнт безпеки;

$K_{\text{Т}} = 1 -$ температурний коефіцієнт.

$$R_{l_{\text{В}}} = (1 \cdot 1 \cdot 2135) \cdot 1{,}2 \cdot 1 = 2562 \text{ (Н)}$$

5. Вибір підшипника в точці А за ГОСТ 8338-75. Табл.1

Умовне позначення підшипника	Розміри, Мм			Вантажопідйомність, кН	
	d	D	B	C	C_0
202	15	35	11	5,97	3,54

6. Вибір підшипника в точці В за ГОСТ 8338-75. Табл.2

Умовне позначення підшипника	Розміри, Мм			Вантажопідйомність, кН	
	d	D	B	C	C_0
18	8	22	7	2,6	1,38

7. Ресурс підшипника в точці А

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{R_{l_{\text{A}}}}\right)^3 \quad (57)$$

де:

$L_{h_A} -$ ресурс підшипника в точці А, (год);

$C -$ вантажопідйомність.

$$L_{h_A} = \frac{10^6}{60 \cdot 960}\left(\frac{5970 \cdot 10^3}{1683}\right)^3 = 775 \text{ (год.)}$$

8. Ресурс підшипника в точці А

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{60 \cdot n}\left(\frac{C}{R_{l_B}}\right)^3 \quad (58)$$

де:

L_{h_B} – ресурс підшипника в точці В;

C – вантажопідйомність.

$$L_{h_B} = \frac{10^6}{60 \cdot 960}\left(\frac{2600}{2562}\right)^3 = 18 \text{ (год.)} \quad (59)$$

4.15 Розрахунок пружини

Об’ємна втрата крізь торцевий зазор

$$\Delta Q = K_1 \cdot (1 - \eta_0) \cdot Q_\text{т} \quad (60)$$

де:

K_1 – частка об′ємних втрат, яка припадає на торцеве ущільнення між ротором та дисками;

$K_1 = 0{,}7$

η_0 – об′ємний ККД;

$Q_\text{т}$ – теоретичні витрати насоса.

$$Q_\text{т} = q \cdot n \quad (61)$$

$$Q_\text{т} = 10{,}4656 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1450}{60} = 0{,}2529 \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta Q = 0{,}7 \cdot (1 - 0{,}82) \cdot 0{,}2529 \cdot 10^{-3} = 0{,}032 \cdot 10^{-3}\left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}}\right);$$

Площа зазора між диском та ротором

$$ƒ_{заз} = \frac{\Delta Q}{2 \cdot [v]} \quad (62)$$

де:

$[v]$ – допустима швидкість в зазорі;

$[v] = 5$ (м/с)

$$ƒ_{заз} = \frac{0{,}032 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 5} = 3{,}2 \cdot 10^{-6} (м^2)$$

Зазор між диском та ротором

$$\delta_{заз} = \frac{ƒ_{заз}}{в_в} \quad (63)$$

де:

$в_в$ – ширина вікна;

$в_в = 5$ мм;

$$\delta_{заз} = \frac{3{,}2 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-3}} = 0{,}64 \cdot 10^{-3} (м)$$

Осадка одного витка пружини

$$\lambda = \delta_{заз} = 0{,}64 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Зусилля пружини

$$R_{пруж} = \frac{G \cdot d_{пр}^4 \cdot \lambda}{4 \cdot R_{пр}^3 \cdot n \cdot \pi} \quad (64)$$

де:

G – модуль здвига;

$G = 8 \cdot 10^{10}$Па;

$d_{пр} =$ діаметр проволоки;

$d_{пр} = 1{,}5$ мм;

$R_{\text{пр}}$ =радіус пружини;

$R_{\text{пр}} = 3$ мм;

$n =$ робоче число витків пружини;

$n = 5$;

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot R_{\text{пр}}^3 \cdot n \cdot \pi \cdot R_{\text{пруж.}}}{G \cdot \lambda}} \quad (65)$$

$$d_{\text{пр}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 5 \cdot 3{,}14 \cdot 693{,}75}{8 \cdot 10^{10} \cdot 0{,}64 \cdot 10^{-3}}} =$$

$$= 20{,}3 \cdot 10^{-4} = 2 \cdot 10^{-3}\text{м}$$

Висота пружини

$$H_{\text{пруж.}} = (\lambda + d_{\text{пруж.}}) \cdot n \quad (66)$$

$$H_{\text{пруж.}} = (0{,}64 + 2) \cdot 5 = 13{,}2 \text{ мм}$$

4.16 Розрахунок шліцевого з'єднання на жорсткість

Для вала з $d_1 = 8$ ми обираємо за ГОСТ 1139-80 шліцьове з'єднання $4 \times 8 \times 12$

Прямобічне шліцьове з'єднання перевіряють на зминання

$$\sigma_{\text{зм}} \approx \frac{M}{0{,}75 \cdot z \cdot A_{\text{см}} \cdot R_{CP}} \leq [\sigma_{\text{см}}] \quad (67)$$

де:

$M -$ передавальний крутний момент;

$0{,}75 -$ для врахування нерівномірності розподілу по шліцам;

$z -$ кількість шліців;

$z = 4$;

$A_{\text{см}} -$ розрахункова поверхня зминання;

$$\text{М}_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{сп}}}{\omega} \quad (68)$$

де:

$\text{М}_{\text{кр}} -$ кртуний момент;

$N_{\text{сп}} -$ потужність споживана.

$$\text{М}_{\text{кр}} = \frac{12075}{151,7} = 79,6\ \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$A_{\text{см}} = \left(\frac{D-d}{2} - 2ƒ\right) \cdot l; \tag{69}$$

$$A_{\text{см}} = \left(\frac{12-8}{2} - 2 \cdot 0,3\right) \cdot 16 = 22,4;$$

де:

l – довжина ступиці;

$l = 16$;

$ƒ$ – радіус округлення;

$ƒ = 0,3$;

$$R_{\text{ср}} = 0,25(D + d) \tag{70}$$

$$R_{\text{ср}} = 0,25(12 + 8) = 5$$

$R_{\text{ср}}$ – середній радіус;

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{79,6}{0,75 \cdot 4 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 0,24 \ldots 10^{6} < [\sigma_{\text{зм}}]$$

Приведений момент

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_{\text{зг.рот.}}^2} + 0,45 \cdot M_{\text{кор}}^2 \tag{71}$$

де:

$M_{\text{зг.рот.}}$ – згинаючий момент на роторі

$$M_{\text{зг.рот.}} = R_A \cdot l_A \tag{72}$$

$$M_{\text{зг.рот.}} = 1683 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 58,9\ (\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{58,9^2 + 79,6^2 \cdot 0,45} = 79,5$$

Еквівалентна напруга Сталі 45Х поліпшеної

$\sigma_{\text{зг}} = 290$ МПа, $\tau = 175$МПа

$$[\sigma_{\text{екв}}] = \frac{1}{2}(\sigma_{\text{зг}} + \sqrt{\sigma_{\text{зг}}{}^2 + 4 \cdot \tau^2}) \quad (73)$$

$$[\sigma_{\text{екв}}] = \frac{1}{2}(290 + \sqrt{290^2 + 4 \cdot 175^2}) = 297{,}8 \text{ МПа}$$

Момент інерції вертикальних шліців відносно центральної вісі

$$I_{z_1} = \frac{(в\delta_{\text{ш}}^3)}{12} + (\frac{h_1 + \delta_{\text{ш}}}{2})^2 в \cdot \delta_{\text{ш}} \quad (74)$$

Момент опору

$$w_{z_1} = \frac{в\delta_{\text{ш}}^2}{6} + \frac{h_1 + \delta_{\text{щ}}}{2} \cdot в \cdot \delta_{\text{щ}} \quad (75)$$

де:

h_1 – відстань між центром тяжіння шліца та віссю, $h_1 = d_в$;

I_z – момент інерції;

$в$ – інерція щліца, $в_{\text{ш}} = 3$ мм;

$$\delta_{\text{ш}} = \frac{D_{\text{ш}} - d_в}{2} \quad (76)$$

$D_{\text{ш}}$ – зовнішній діаметр шліців;

$D_{\text{ш}} = 12$ мм;

$d_в$ – діаметр вала;

$d_в = 8$ мм;

$\delta_{\text{ш}}$ – висота шліца;

$$\delta_{\text{ш}} = \frac{12 - 8}{2} = 2 \text{ мм};$$

$$I_{z_1} = \frac{3 \cdot 2^3}{12} + (\frac{8 + 2}{2})^2 \cdot 3 \cdot 2 + 150 = 152 \text{ мм}^4$$

$$W_{z_1} = \frac{3 \cdot 2^2}{12} + \frac{8 + 2}{2} \cdot 3 \cdot 2 = 2 + 30 = 32 \text{ мм}^3$$

Момент інерції горизонтальних шліців

$$I_{z_2} = \frac{(в\delta_ш^3)}{12} \quad (77)$$

$$I_{z_2} = \frac{3 \cdot 2^3}{12} = 2 \text{ мм}^4$$

Момент опору

$$W_{z_2} = \frac{(в\delta_ш^2)}{6} \quad (78)$$

$$W_{z_2} = \frac{3 \cdot 2^2}{6} = 2 \text{ мм}^3$$

Момент інерції вала

$$I_{z_3} = \frac{\pi d_в^4}{64} \quad (79)$$

$$I_{z_3} = \frac{3{,}14 \cdot 8^4}{64} = 201 \text{ мм}^4$$

Момент опору

$$W_{z_3} = \frac{\pi d^3}{32} \quad (80)$$

$$W_{z_3} = \frac{3{,}14 \cdot 8^3}{32} = 50{,}24$$

Сумарний момент інерції

$$\text{I} = 2I_{z_1} + 2I_{z_2} + 2I_{z_3} \quad (81)$$

$$\text{I} = 2 \cdot 152 + 2 \cdot 2 + 201 = 509 \text{ мм}^4$$

Сумарний момент опору

$$W = 2 \cdot W_{z_1} + 2 \cdot W_{z_2} + W_{z_3} \quad (82)$$

$$W = 2 \cdot 32 + 2 \cdot 2 + 50{,}24 = 118{,}24 \text{ мм}^3$$

Напруження в шліцевому з’єднанні

$$\sigma = \frac{\text{M}_{\text{пр}}}{W} \quad (83)$$

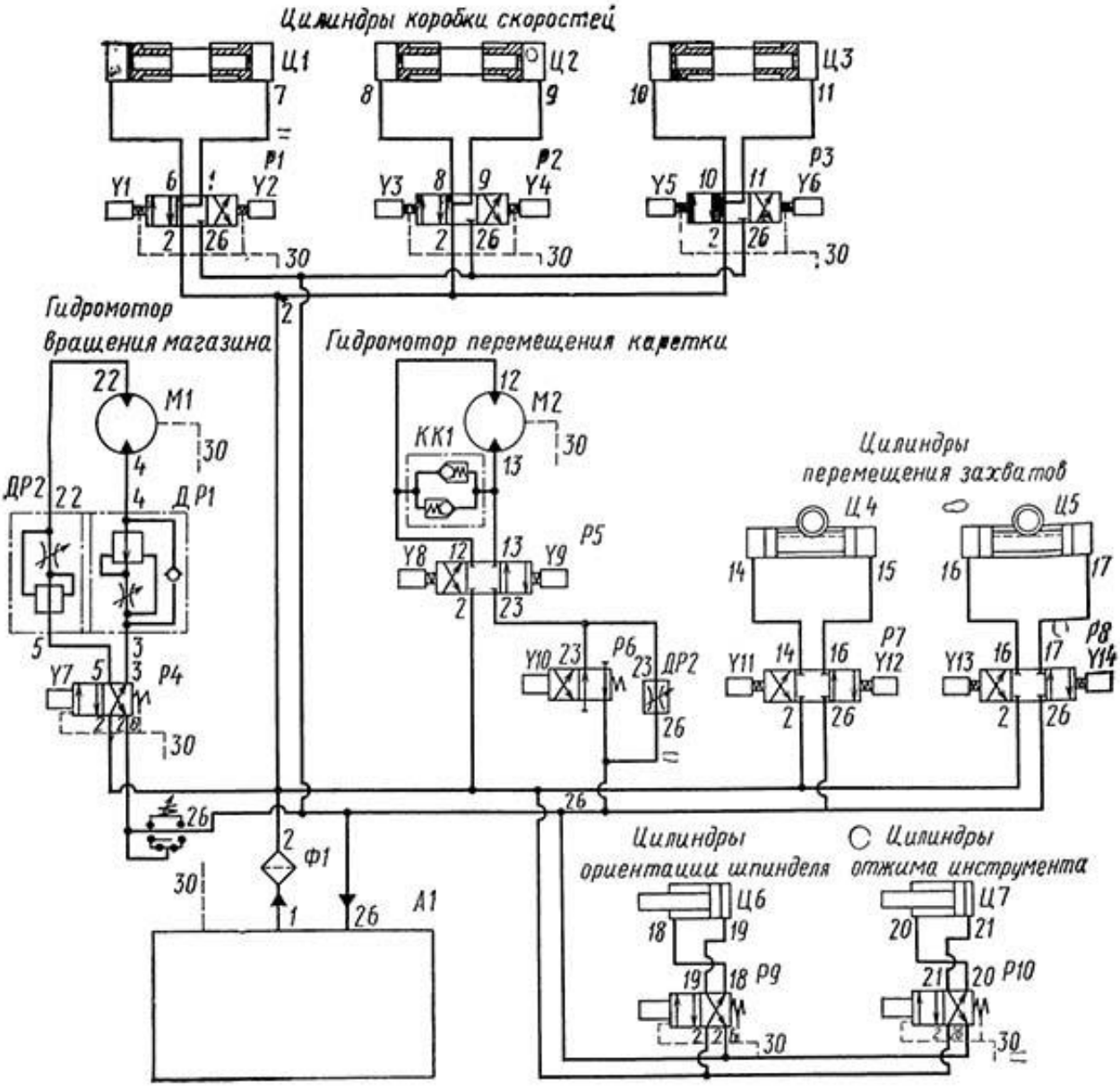
$$\sigma = \frac{79{,}5}{118{,}24} \cdot 10^{-9} = 672 \cdot 10^4 \text{ Па} < [\sigma_{\text{екв}}]$$

5. Застосування насоса в гідроприводі.

Гідропривід верстата ГФ2171 застосовується:

для приводу обертання магазину служить гідромотор 14, який через зубчасті колеса 2, 12, 11 і 10 приводить в обертання корпус 5 магазину. Натяг в зубчастих колесах забезпечується тарілчастими пружинами 13.

Гідропривід верстата служить для переміщення каретки автооператора, обертання інструментального магазину, переміщення захоплень, а також для орієнтації шпинделя, віджимання інструменту і перемикання блоків шестерень в коробці швидкостей.



Станція гідроприводу являє собою бак ємністю 63 л, на якому змонтовані насосна установка, система охолодження мастила, контрольно-регулююча апаратура і система фільтрації мастила.

Мастило від станції через фільтр Ф1 надходить до гідророзподільника. При включенні електромагніту У7 гідророзподільника Р4 відбувається швидке обертання магазину за годинниковою стрілкою; частота обертання регулюється дроселем ДР2.

Обертання магазина проти годинникової стрілки здійснюється при вимкненому електромагніті У7 гідророзподільника Р4; частота обертання регулюється регулятором ДР1 потоку.

Швидкий рух каретки автооператора до шпинделя відбувається при включеному електромагніті У8 гідророзподільника Р5, а уповільнення цього руху - при включенні електромагніта У10 гідророзподільника Р6. Швидкість переміщення при уповільненні руху каретки регулюється дроселем ДРЗ.

При включеному електромагніті У11 гідророзподільника Р7 правий захоплювач автооператора переміщається вгору, а при включеному електромагніті У12 - вниз. Гідроциліндр Ц5 при включеному електромагніті У13 гідророзподільника Р8 переміщує лівий захоплювач автооператора вгору, а при включеному електромагніті У14 - вниз.

При включеному електромагніті гідророзподільника Р9 відбувається орієнтація шпинделя, а при включеному електромагніті гідророзподільника Р10 - звільнення інструменту. Управління гідроциліндрами Ц1, Ц2, ЦЗ перемикання частоти обертання шпинделя здійснюється гідророзподільником Р1, Р2 і РЗ відповідно.

Отже, система складається трьох циліндрів коробки швидкостей(Ц1, Ц2, ЦЗ), двох циліндрів приведення в дію захоплювачів(Ц4, Ц5), циліндр орієнтації шпинделя(Ц6) та циліндр віджиму інструмента(Ц7), а також два гідромотори: переміщення каретки та обертання магазину(М1, М2)

У ролі живильного органа даної гідросистеми виступає масляна станція, на якій встановлено нерегульований пластинчатий насос двократної дії. Верстат розташований в приміщенні науково-дослідницької лабораторії кафедри прикладної гідроаеромеханіки і ми маємо змогу спостерігати, як роботу станції, так і роботу самого насосу.

Проаналізувавши роботу маслостанції в цілому та роботу пластинчатого насосу зокрема, також беручи до уваги інформацію про попередні поточні, капітальні та аварійні ремонти, було зроблено висновок, що найшвидшим по зношуванню ланцюгом в гідросистемі є насос.

Однією з першочергових задач насоса є приведення в дію споживачів: циліндрів та гідромоторів, що забезпечує коректну та безперебійну роботу верстата. Тобто для роботи верстата потрібна постійно активна масло станція. Але споживачі використовують тиск та витрату утворені насосом не постійно, а тільки при зміні інструмента та переключенні швидкості обертання шпинделя. В середньому зміна інструмента або переключення швидкості на коробці відбувається 5-10 разів за зміну, а решту часу насос працює в холосту, забезпечуючи компенсацію втрат тиску в системі та миттєве включення одного із споживачів в роботу. Перше, що спадає на думку – насос потрібно вимикати на той час, поки необхідності в його використанні немає, однак, не менш важливе завдання яке виконує насос це підтримка в системі постійного тиску і фіксація положень в циліндрах. І як наслідок постійної, зовсім не корисної роботи насоса, ми маємо періодичні ремонти. Одним із рішень даної технічної задачі можна вважати спробу вмонтувати в систему певний пристрій для акумулювання гідравлічної енергії – гідроакумулятор.

Обчислимо об’єм кожного з циліндрів та витрату на гідромотори, користуючись паспортом верстата та відео зміни верстата.

5.1)Витрати моторів за цикл

$$Q_M = \frac{q_M \cdot n_M}{60} \tag{84}$$

$$Q_M = \frac{0{,}011 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{60} = 0{,}011 \text{ л/с}$$

5.2)Тривалість цикла моторів

$$\mathrm{T_М} = \frac{Q_H}{60 \cdot Q_M} \cdot T_{Нас} \tag{85}$$

$$\mathrm{T_М} = \frac{8{,}037 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0{,}011 \cdot 10^{-3}} \cdot 60 = 12{,}77 \text{ с.}$$

5.3)Швидкість руху штоків

$$v = \frac{l_{\text{ц}}}{\mathrm{T_ц}} = 0{,}2 \frac{\text{м}}{\text{с}} = const \tag{86}$$

$$v = \frac{Q_{\text{н}}}{F_{\text{ц}}}$$

5.4)Площа циліндра

$$F = \frac{Q_{\text{н}}}{v} \tag{87}$$

$$F = \frac{8{,}037 \cdot 10^{-3}}{0{,}2 \cdot 60} = 0{,}00066975 \text{ м}^2$$

5.5)Довжина циліндрів $Ц_1$, $Ц_2$, $Ц_3$

$$l_{Ц_1} = \frac{q_{Ц_1}}{F} \tag{88}$$

$$l_{Ц_1} = \frac{0{,}054 \cdot 10^{-3}}{0{,}00066975} = 0{,}08 \text{ м.}$$

5.6)Тривалість циклу $Ц_1$, $Ц_2$, $Ц_3$

$$T_{Ц_1} = \frac{l_{Ц_{1,2,3}}}{v} \tag{89}$$

$$T_{Ц_1} = \frac{0{,}08}{0{,}2} = 0{,}4\ c. = T_{Ц_2} = T_{Ц_3}$$

5.7)Довжина циліндрів Ц4, Ц5

$$l_{Ц_1} = \frac{q_{Ц_{4,5}}}{F} \quad (90)$$

$$l_{Ц_1} = \frac{0{,}113 \cdot 10^{-3}}{0{,}00066975} = 0{,}016 \text{ м.}$$

5.8)Тривалість циклу Ц4, Ц5

$$T_{Ц_4} = T_{Ц_5} = \frac{l_{Ц_4}}{v} \quad (91)$$

$$T_{Ц_4} = T_{Ц_5} = \frac{0{,}016}{0{,}2} = 0{,}8\ c.$$

5.9)Довжина циліндра Ц6

$$l_{Ц_6} = \frac{q_{Ц_6}}{F} \quad (92)$$

$$l_{Ц_6} = \frac{0{,}173 \cdot 10^{-3}}{0{,}00066975} = 0{,}026 \text{ м.}$$

5.10) Тривалість циклу Ц6

$$T_{Ц_6} = \frac{l_{Ц_6}}{v} \quad (93)$$

$$T_{Ц_6} = \frac{0{,}026}{0{,}2} = 1{,}3\ c.$$

5.11) Довжина циліндра Ц7

$$l_{Ц_7} = \frac{q_{Ц_7}}{F} \quad (94)$$

$$l_{Ц_7} = \frac{0{,}1997 \cdot 10^{-3}}{0{,}00066975} = 0{,}03 \text{ м.}$$

5.12) Тривалість циклу $Ц_7$

$$T_{Ц_7} = \frac{l_{Ц_7}}{v} \quad (95)$$

$$T_{Ц_7} = \frac{0{,}03}{0{,}2} = 1{,}5\ c.$$

5.13) Цикл $T_ц$ циліндрів та $T_М$моторів

$$T_{Ц,М} = \sum T_{Ц_{1-7}} + 2T_{М1-2} \quad (96)$$

$$T_{Ц,М} = 3 \cdot 0{,}4 + 2 \cdot 0{,}8 + 1{,}3 + 1{,}5 + 12{,}177 = 17{,}8\ с.$$

Приймаємо $T_{Ц,М}$=20с.

Цикл обробки одного паза – 40с.

∑T=60с.

5.14) Кількість операцій

$$N = \frac{L_h}{\sum T} \quad (97)$$

$$N = \frac{18 \cdot 60 \cdot 60}{60} = 1080\ операцій$$

5.15) Робочий об′єм гідроциліндрів і моторів

$$Q_о = Q_{Ц_1} + Q_{Ц_2} + Q_{Ц_3} + Q_{Ц_4} + Q_{Ц_5} + Q_{Ц_6} + Q_{Ц_7} + Q_{М_1} + Q_{М_2} \quad (98)$$

$$Q_о = 0{,}054 \cdot 3 + 0{,}113 \cdot 2 + 0{,}173 + 0{,}1997 + 0{,}011 \cdot 2 = 0{,}7827 \cdot 10^{-3}\ м^3$$

5.16) Час необхідний для подачі рідини на одну операцію

$$\mathrm{T_A} = \frac{Q_\text{о}}{Q_\text{н}} \qquad (99)$$

$$\mathrm{T_A} = \frac{0{,}7827 \cdot 10^{-3} \cdot 60}{12{,}4 \cdot 10^{-3}} = 3{,}79 \text{ с.}$$

5.16) Кількість операцій з акумулятором

$$N_A = \frac{L_h}{\mathrm{T_A}} \qquad (100)$$

$$N_A = \frac{18 \cdot 60 \cdot 60}{3{,}79} = 17097 \text{ операцій}$$

5.17) Вартість акумулятора

Без застосування акумулятора станок зробить N операцій. З акумуляторома станок може зробити N_A операцій.

N=1080 операцій без акумулятора

N_A =17097операцій з акумулятором

Ц=15000 – ціна насоса

X – ціна акумулятора

$$\mathrm{X} = \frac{\mathrm{Ц_н} \cdot N_A - N \cdot \mathrm{Ц_н}}{N}$$

$$\mathrm{X} = \frac{15000 \cdot 17097 - 1080 \cdot 15000}{1080} = 222458\text{грн.}$$

Вартість акумулятора повинна бути не вище 222458грн., що дорівнює вартісті 15 насосів.

6. Оцінка вартості маркетингової інформації

Маркетингова інформація, - це результат здійснення маркетингових досліджень, які є необхідним аспектом отримання конкурентної переваги на ринку. А саме вони дозволяють знизити ступінь ризику, визначити і запобігти змінам у зовнішньому середовищі, координувати стратегії і тактики. Придбання маркетингової інформації пов'язано з додатковими витратами. При цьому невідомо наскільки прибуток, який можливо отримати від залучення інформації, перевищує витрати на її отримання. Під час визначення вартості маркетингової інформації потрібно врахувати наскільки прибуток, перевищує витрати, який можливо отримати від залучення інформації на її отримання. При залишковому принципі граничну вартість інформації можна визначити, як мінімальну ціну, яку можна заплатити за придбання відповідної інформації.

Дізнаємося доцільність придбання маркетингової інформації для пластинчатого насоса який виготовляють на кафедрі ПГМ.

Максимальна партія насосів, яку виготовляла кафедра складає :

30 шт. (max партія) – якщо маркетингове середовище буде незмінним і споживачі нададуть перевагу даному типорозміру насоса;

15 шт. (min партія) – якщо частина споживачів переорієнтуються на власне виробництво насосів або нададуть перевагу іншим постачальникам насосів з подібними технічними показниками.

Два запропоновані варіанти поставки насосів споживачу є ймовірними. Тоді вірогідність кожного з варіантів складає ½=0,5.

У разі укладення контракту на 30 насосів, ціна одного насоса складатиме 15750.гр.., але якщо у контракті буде замовлено тільки 15 насосів, ціна одного насоса збільшиться до 16,5тис. гр. Маркетолог буде продавати насоси

за ціною 17,25 тис. гр. Всі нереалізовані насоси можуть бути повернені на підприємство за ціною 15000 гр. за насос.

Ціни для цієї задачі взяті з документації кафедри ПГМ, де рентабельність насоса приблизно дорівнює 7%, при оптовій закупівлі насосів ціна зменшується на 2,5% та під час повернення насоса на підприємство ціна змінюється на 5%.

При укладанні контракту маркетолог буде діяти так, що можливий продаж 30 шт. (max партія) насосів із вірогідністю 50% або продаж 15 шт. (min партія) насосів також з вірогідністю 50%.

Без додаткової інформації маркетолог надасть перевагу контракту в якому 30 насосів (умова підприємницького ризику). У цьому разі прибуток маркетолога буде знаходитись у межах максимальної і мінімальної величини. У випадку відсутності ризику перевага буде надана контракту на 15 насосів. При таких умовах маркетолог заздалегідь будете знати величину прибутку.

Щоб підрахувати вартість додаткової інформації, необхідно припустити, що з такою інформацією можна заключити правильний контракт на насоси незалежно від того, яким може бути продаж.

Порядок розрахунку

Таблиця 3. – Вихідні дані

Можливий обсяг продажу, гр.		Ціна продажу одного насоса, гр. Цпот	Ціна одного насоса за контрактом, гр.		Ціна повернення одного насоса на підприємство Цпов
Пmin партія	Пmax партія		Цmin партія	Цmax партія	
15	30	17250	16500	15750	15000

Визначення прибутку маркетолога у разі відсутності додаткової інформації

Варіант 1- укладання контракту на 30 насосів.

Визначимо прибуток, який можна одержати за нижченаведеними умовами:

1.1 Придбання та продаж 30 шт. насосів:

Дохід від продажу:

$$Ц_{1дох}^{вді} = Ц_{nom} \cdot П_{max} \quad (101)$$

$$Ц_{1дох}^{вді} = 17250 \cdot 30 = 517500(гр)$$

Витрати на придбання:

$$Ц_{1вит}^{вді} = Ц_{max} \cdot П_{max} \quad (102)$$

$$Ц_{1вит}^{вді} = 15750 \cdot 30 = 472500(гр)$$

Прибуток:

$$Ц_{1пр}^{вді} = Ц_{1дох}^{вді} - Ц_{1вит}^{вді} \quad (103)$$

$$Ц_{1пр}^{вді} = 517500 - 472500 = 45000(рн.)$$

1.2) придбання max партії – 30 шт. насосів та продаж min партії – 15 шт. насосів:

дохід від продажу:

$$Ц_{2дох}^{вді} = Ц_{ном} \cdot П_{min} \quad (104)$$

$$Ц_{2дох}^{вді} = 17250 \cdot 15 = 252750(гр)$$

Дохід при поверненні насосів:

$$Ц_{2пов}^{вді} = Ц_{пов} \cdot П_{min} \quad (105)$$

$$Ц_{2пов}^{вді} = 15000 \cdot 15 = 225000(рн.)$$

Витрати на придбання

$$Ц_{2вит}^{вді} = Ц_{max} \cdot П_{max} \quad (106)$$

$$Ц_{2вит}^{вді} = 15750 \cdot 30 = 472500(гр)$$

Прибуток

$$Ц_{2пр}^{вді} = Ц_{2дох}^{вді} + Ц_{2пов}^{вді} - Ц_{2вит}^{вді} \quad (107)$$

$$Ц_{2пр}^{вді} = 252750 + 225000 - 472500 = 5250(гр)$$

Варіант 2- укладання контракту на 15 насосів.

Визначимо прибуток, який можна одержати за нижченаведеними умовами:

2.1) Придбання та продаж 15 шт. насосів:

Дохід від продажу:

$$Ц_{Здох}^{вді} = Ц_{nom} \cdot П_{min} \quad (108)$$

$$Ц_{Здох}^{вді} = 17250 \cdot 15 = 258750(гр)$$

Витрати на придбання:

$$Ц_{Звит}^{вді} = Ц_{min} \cdot П_{min} \quad (109)$$

$$Ц_{Звит}^{вді} = 16500 \cdot 15 = 247500(гр)$$

Прибуток:

$$Ц_{Зпр}^{вді} = Ц_{Здох}^{вді} - Ц_{Звит}^{вді} \quad (110)$$

$$Ц_{3пр}^{вді} = 258750 - 247500 = 11250(гр)$$

Таким чином, маркетолог за умови невизначеності (у разі відсутності додаткової інформації) при укладенні контракту на 15шт. насосів може одержати прибуток 45000 грн. або 5250 грн. Очікуване значення прибутку для варіанта 1 (з урахуванням вірогідності 0,5) буде дорівнювати:

$$Ц_{1прв}^{вді} = Ц_{1пр}^{вді} \cdot 0{,}5 + Ц_{2пр}^{вді} \cdot 0{,}5 \quad (111)$$

$$Ц_{1прв}^{вді} = 45000 \cdot 0{,}5 + 5250 \cdot 0{,}5 = 25125(гр)$$

Але при укладенні контракту на 15шт. насосів маркетолог може одержати прибуток 30 000 грн. Тому очікуване значення прибутку для варіантів 1 та 2 (з урахуванням вірогідності 0,5) буде складати:

$$Ц_{2прв}^{вді} = Ц_{1прв}^{вді} \cdot 0{,}5 + Ц_{3пр}^{вді} \cdot 0{,}5 \quad (112)$$

$$45000 \cdot 0{,}5 + 11250 \cdot 0{,}5 = 28125(гр)$$

Дані розрахунків заносяться до табл. 3 та 4.

Таблиця 4. – Прибуток від продажу насосів, тис.гр. у разі відсутності додаткової інформації (Варіант 1)

Варіант 1							
Відсутність додаткової інформації (max куплено та max продано)			Відсутність додаткової інформації (max куплено та min продано)				Очікуване значення прибутку для варіанта 1
дохід від продажу	витрати на придбання	прибуток	дохід від продажу	дохід при поверненні насосів	витрати на придбання	прибуток	
517,5	472,5	45	252,75	225	472,5	5,25	25,125

Таблиця 5. – Прибуток від продажу насосів, тис. гр. у разі відсутності додаткової інформації (Варіант 2)

Варіант2			Очікуване значення прибутку для варіанта 1 та 2
Відсутність додаткової інформації (min куплено та min продано)			
дохід від продажу	витрати на придбання	прибуток	
252,75	247,5	11,25	28,125

Визначення прибутку маркетолога у разі наявності додаткової інформації

Варіант 1- укладання контракту на 30 насосів.

Визначимо прибуток, який можна одержати за нижченаведеними умовами:

Придбання та збут 30 шт. насосів:

Дохід від продажу:

$$Ц_{1дох}^{зді} = Ц_{nom} \cdot П_{max} \quad (113)$$

$$Ц_{1дох}^{зді} = 17250 \cdot 30 = 517500(гр)$$

Витрати на придбання:

$$Ц_{1вит}^{зді} = Ц_{max} \cdot П_{max} \quad (114)$$

$$Ц_{1вит}^{зді} = 15750 \cdot 30 = 472500(гр)$$

Прибуток:

$$Ц_{1пр}^{зді} = Ц_{1дох}^{зді} - Ц_{1вит}^{зді} \quad (115)$$

$$Ц_{1пр}^{зді} = 517500 - 472500 = 45000(гр)$$

Варіант 2- укладання контракту на 15 насосів.

Визначимо прибуток, який можна одержати за нижченаведеними умовами:

Придбання та збут 15 шт. насосів:

Дохід від продажу:

$$Ц_{2дох}^{зді} = Ц_{nom} \cdot П_{min} \quad (116)$$

$$Ц_{2дох}^{зді} = 17250 \cdot 15 = 258750(грн)$$

Витрати на придбання:

$$Ц_{2вит}^{зді} = Ц_{min} \cdot П_{min} \quad (117)$$

$$Ц_{2вит}^{зді} = 16500 \cdot 15 = 247500(гр)$$

Прибуток:

$$Ц_{2пр}^{зді} = Ц_{2дох}^{зді} - Ц_{2вит}^{зді} \quad (118)$$

$$Ц_{2пр}^{зді} = 258750 - 247500 = 11250(гр)$$

Так як вищенаведені варіанти укладання контракту однаково можливі, то очікуваний прибуток маркетолога за умови визначеності (у разі наявності додаткової інформації) буде дорівнювати:

$$Ц_{1прв}^{зді} = Ц_{1пр}^{зді} \cdot 0{,}5 + Ц_{2пр}^{зді} \cdot 0{,}5 \qquad (119)$$

$$Ц_{1прв}^{зді} = 45000 \cdot 0{,}5 + 11250 \cdot 0{,}5 = 28125(гр)$$

Результати розрахунків заносяться до табл.10

Гранична вартість маркетингової інформації

Для більш детального визначення можливої ситуації на ринку маркетологу пропонується придбати додаткову інформацію.

Гранична вартість інформації розрахується, виходячи з наступних міркувань:

- очікуваний прибуток за умовами визначеності (у разі наявності додаткової інформації) – 28125 гр;
- очікуваний прибуток за умови невизначеності (у разі відсутності додаткової інформації) – 25125 гр

Вартість повної додаткової інформації може бути розрахована як різниця між очікуваним прибутком за умовами визначеності та очікуваним прибутком за умовами невизначеності:

$$Ц_{гр} = Ц_{1прв}^{зді} - Ц_{2прв}^{вді} \qquad (120)$$

$$Ц_{гр} = 28125 - 25125 = 3000 \text{ (гр)}$$

Таким чином, для отримання точного прогнозу по продажу насосів доцільно придбати додаткову інформацію за ціною не більше 3000 гр. Навіть якщо прогноз не зовсім точний, може виявитися вигідним вкладати кошти у вивчення ринку для забезпечення кращого прогнозу збуту в наступному році. Якщо ж інформація коштує більше 3000 гр, то її придбання, навіть при абсолютно точному прогнозі, зменшить прибуток, одержуваний в умовах визначеності, у порівнянні з прибутком, одержуваним в умовах невизначеності. У цьому випадку додаткову інформацію купувати недоцільно.

Результати розрахунків заносяться до таблиці 6

Таблиця 6 – Прибуток від продажу насосів, тис. гр. у разі наявності додаткової інформаці

Варіант 1			Варіант 2			Очікуване значення прибутку для варіанта 1 та 2	Вартість повної додаткової інформації
Наявність додаткової інформації (max куплено та max продано)			Наявність додаткової інформації (min куплено та min продано)				
дохід від продажу	витрати на придбання	прибуток	дохід від продажу	витрати на придбання	прибуток		
517,5	472,5	45	258,75	247,5	11,25	28,125	3

7. Охорона праці

7.1. Вимоги безпеки при експлуатації насоса

Насоси

Лопатеві(відцентрові); тиск в них створюється відцентровою силою, що діє на рідину при обертанні робочих (лопатевих) колес;

Об'ємні-тиск створюється при витісненні рідини із замкнутого простору при зворотно-поступальному русі робочого органу; в цю групу входять поршневі і ротаційні (шестерні, пластинчасті, гвинтові);

Вихрові- енергія вихорів, що утворюються в рідині при обертанні робочого колеса, перетворюється в енергію тиску;

Осьові- дія заснована на переміщенні рідини, що виникає при обертанні пристрою типу гребного гвинта;

Струменеві- переміщення рідин проводиться рухомою струменем повітря, пари або води.

Основними параметрами будь-якого насоса є продуктивність, тиск, потужність.
Продуктивність (подача) – Q м3/с; визначається об'ємом рідини, що подається насосом в нагнітальний трубопровід в одиницю часу.
Напір-н, м; характеризує питому енергію, яка повідомляється насосом одиниці ваги рідини, що перекачується; показує на яку величину зростає питома енергія рідини при проходженні її через насос; визначається за допомогою рівняння Бернуллі. Напір можна характеризувати як висоту, на яку можна підняти 1 кг рідини, що перекачується за рахунок енергії, що повідомляється їй насосом. Напір не залежить від щільності (питомої ваги) рідини.

Потужність.
Розрізняють: корисну потужність; потужність на валу; номінальну і настановну потужність двигуна.
Корисна потужність – (Nп) - потужність витрачається насосом на повідомлення рідини енергії тиску
Потужність на валу – (Nв) - у зв'язку з втратами енергії в насосі більше корисної потужності; відносна величина втрат оцінюється за допомогою к. к. д. насоса
Потужність, споживана двигуном(Номінальна потужність) - Nдв; вона більше потужності на валу на величину механічних втрат в передачі від електродвигуна до насоса і в самому двигуні; ці втрати враховують за допомогою к. к. д. передачі і к.п.д. двигуна

Відцентрові насоси

Поділяють на одно-і багатоступінчасті, що відрізняються кількістю робочих колес на валу насоса , і мають відповідно одне або кілька (до5) робочих колес, укладених в загальний корпус. Рідина з всмоктуючого трубопроводу потрапляє на лопатки робочого колеса, набуває обертальний рух і відкидається в канал між корпусом і робочим колесом. Тиск, що розвивається насосом, залежить від швидкості обертання колеса. Напір для одноступінчатих насосів зазвичай н / б 50 м, а для багатоступінчастих – пропорційний числу колес (без урахування втрат).

Насоси встановлюють на загальній опорній плиті разом з електродвигуном і з'єднують з ним пружною муфтою. Крім того, використовують моноблочні насоси, корпус яких кріпиться до торця корпусу електродвигуна, а робоче колесо насаджено на вал електродвигуна (наприклад, насоси для перекачування хімічно активних речовин і ЛЗР); мастилом для підшипників таких насосів і охолодженням для двигуна служить перекачується рідина.

Одним з важливих вузлів осьових насосів є ущільнення валів; для цих цілей використовують торцеві ущільнення або сальники з м'якою (еластичною) набивкою; при виході з ладу ущільнення можливе виникнення пожеж, опіків, отруєнь тощо, у зв'язку з цим розроблені конструкції безсальникових насосів(крім робочого колеса встановлено додаткове колесо з радіальними лопатками, що забезпечує відкачування рідини , що потрапила за робоче колесо). Розгерметизація можлива при неточності центрування, ненадійності кріплення деталей, відсутності мастила, знос деталей і т. п. Руйнівну дію на насос надає вібрація, зокрема кавітація.

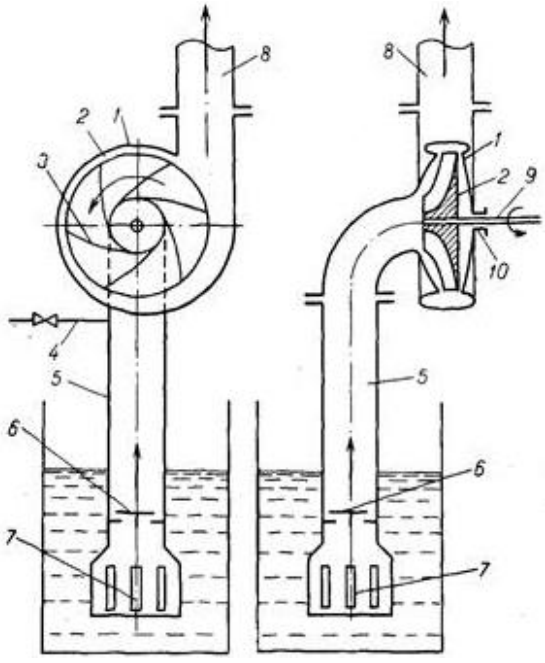


Рис.6. Відцентровий насос:
1- корпус; 2- робоче колесо; 3- лопасті; 4- лінія заливу насоса перед запуском; 5- всмоктувальний патрубок; 6- обратний клапан; 7- фільтр; 8- напорний трубопровід; 9- вал; 10- сальник.

Для характеристики насосів використовують графіки залежності напору, потужність і к.к.д. від продуктивності при постійному числі оборотів, або універсальні характеристики, що показують залежність напору і к.к.д. від продуктивності при зміні числа обертів. Графічні характеристики допомагають визначити оптимальний режим роботи насоса. При виборі насоса необхідно поєднати характеристики насоса і мережі (апаратів, трубопроводів).
Відцентрові насоси найбільш поширені в наших галузях завдяки своїм перевагам:

- високої продуктивності і рівномірності подачі;
- компактності і швидкохідності, можливості безпосереднього приєднання до електродвигуна;
- простоті пристрою;
- можливості перекачування рідин, що містять зважені частинки;
- високому к.к.д. (для насосів великої продуктивності-0,75-0,90).

Недоліки відцентрових насосів:

- відносно низькі напори;
- зменшення продуктивності при збільшенні опору мережі;
- різке зниження ККД. при зменшенні продуктивності.

Поршневі насоси
Всмоктування і нагнітання рідини в поршневих насосах відбувається при зворотно-поступальному русі поршня в циліндрі насоса; при цьому при русі поршня в одну сторону в циліндрі створюється розрідження і відкривається клапан у всмоктуючому трубопроводі (клапан на лінії нагнітання закритий); при зворотному ході поршня – створюється тиск в циліндрі і відкривається клапан на лінії нагнітання (всмоктуючий клапан закритий).

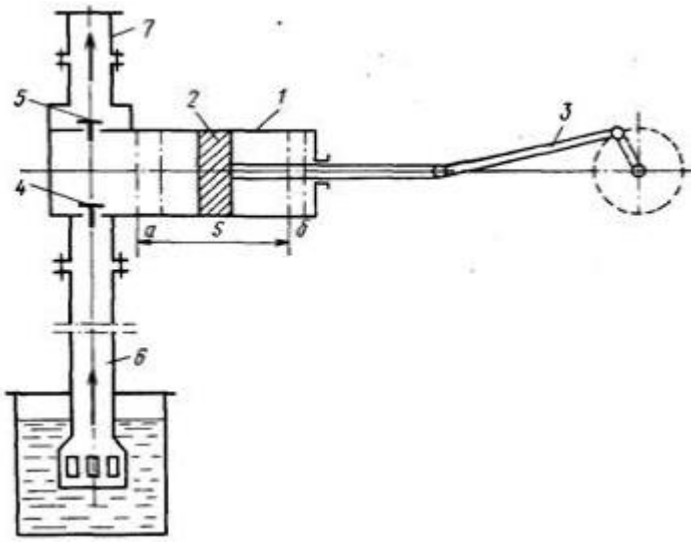


Рис.7- Горизонтально-порщневий насос простої дії:
1.- циліндр; 2.- поршень (S- хыд порщня); 3- кривошипно-шатунний механізм;
4 та 5- всмоктувальний та напорний клапани; 6, 7- всмоктувальний та напорний трубопроводи; а- кіннева точка ходу поршня; б- початкова точка ходу поршня.

За кількістю всмоктувань і нагнітань, здійснюваних за один оборот кривошипа, що приводить в рух поршень, розрізняють насоси простого і подвійної дії; в залежності від конструкції основного елемента розрізняють власне поршневі і Плунжерні (скальчаті) насоси. Поршень забезпечений кільцями ущільнювачів, пришліфованими до внутрішньої поверхні циліндра, а плунжер не має кілець ущільнювачів великим відношенням довжини до діаметру. Ущільнення в плунжерних насосах здійснюється за рахунок сальників.

Переваги їх в порівнянні з поршневими :

- не потрібно ретельне підгонка плунжера і циліндра;
- не потрібна ретельна обробка поверхні циліндра;
- можна перекачувати забруднені і в'язкі рідини;
- можна використовувати більш високі тиску.

Основний недолік поршневих і плунжерних насосів – нерівномірність подачі рідини, для усунення цього недоліку використовують насоси подвійного або потрійного дії (триплекс-насоси).

Насоси даної групи поділяють за кількістю оборотів кривошипа на :

- тихохідні (число обертів 45-60 хв-1);
- нормальні (60-120 хв-1);
- видкохідні (120-180 хв-1).

Поршневі насоси доцільно використовувати при відносно невеликих подачах при високих тисках (5-10 МПа) для перекачування високов'язких. Пожежо - та вибухонебезпечних рідин.
Несправності в роботі поршневих насосів-знос гільзи циліндра, поршня, поршневих кілець, зокрема, поломка кілець, що може привести до руйнування циліндра, клапанної коробки і розгерметизації. Характерна несправність також – поломка клапанів і сідел (можна визначити за характерним звуком), що призводить до різкого падіння параметрів роботи насоса.

КОМПРЕСОР

Машини, призначені для переміщення і стиснення газів, називають компресорними машинами. Їх поділяють в залежності від ступеня стиснення і за принципом дії. З урахуванням 1-ї ознаки розрізняють такі типи машин: Вентилятори, газодувки, Компресори, вакуум-насоси.
З огляду на принцип дії розрізняють поршневі, ротаційні, відцентрові і осьові машини.
Залежно від створюваного робочого тиску всі Компресори діляться на вакуумні (початковий тиск газу нижче атмосферного), низького тиску (кінцевий тиск газу 0,115—1,0 МПа), високого (кінцевий тиск 10-100 МПа) і надвисокого тиску (кінцевий тиск понад 100 МПа).
Кінцевий тиск може створюватися компресором з одним щаблем (одноступінчастий компресор) або ж з послідовно працюючими декількома ступенями (багатоступінчастий компресор). Основними параметрами, що характеризують роботу компресора, є об'ємна подача (продуктивність), початкове і кінцеве тиску, ступінь стиснення, потужність на валу компресора.

Пуск насоса.

Перед пуском насоса необхідно зробити наступне:
1- перевірити обертання ротора від руки (при цьому ротор повинен обертатися легко без заїдання);
2- перевірити напрямки обертання електродвигуна при від'єднаній муфті (напрямок обертання має бути за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку електродвигуна);
3- видалити з насоса всі сторонні предмети, перевірити, чи немає пошкоджень частин насоса, чи немає ослаблених болтів в обв'язці насоса;
4- перевірити наявність і якість масла в підшипниках, справність системи змащення, а також змастити рухомі частини в місцях їх з'єднання;
5- перевірити установку огорож на муфтах зчеплення і їх кріплення;

6- перевірити стан сальників, чи немає перекосу грундбукси і чи достатньо сальники набиті і затягнуті;
7- перевірити догляд ротора в сторону всмоктування по ризику (мал.7.2), перевірку положення ризики проводити при роторі, зрушеному до упору в сторону всмоктування. Ризику повинна бути врівень з торцевою площиною передньої кришки 1 переднього кронштейна. Догляд ротора повинен становити не більше 3 мм;
8- перевірити наявність і справність манометрів на викиді насоса і приймальному трубопроводі;
9- переконатися в наявність заземлення насоса і електромотора;
10- користуючись спеціальним ключем закрити засувку на нагнітальному трубопроводі і відкрити на приймальному трубопроводі (якщо Управління засувками автоматичне – закриття і відкриття запірної арматури необхідно проводити шляхом натискання кнопок «пуск» і «стоп» на пульті управління);
11- зробити заливку насоса продуктом, повітря з насоса стравити через дренажну лінію.
У зимовий час при тривалих зупинках насосів необхідно пускати їх в роботу після підігріву обв'язки парою або гарячою водою і пробної прокачування рідини по трубах. Забороняється прогрівати обв'язку насоса відкритим джерелом вогню.
Пуск насоса необхідно проводити тільки при закритій нагнітальної засувці. Перед запуском переконайтеся, що тиск на прийомі насоса відповідає режимним параметрам. Пуск насоса здійснюється натисканням кнопки» Пуск " на щиті управління насосом.
Після пуску насоса, як він набрав повне число обертів, необхідно поступово відкривати на напірному трубопроводі запірну засувку і домогтися отримання необхідних подачі і напору, регулюючи ступінь відкриття засувки.

Суворо забороняється:
1.- працювати при закритій засувці більше 5 хвилин, так як це призводить до значного нагрівання рідини в насосі;
2.- відкривати швидко і повністю засувку на нагнітальній лінії, так як це може привести до зриву подачі рідини;
3.- пускати насос в роботу без попередньої його заливки продуктом, навіть на дуже короткий час;
4.- проводити регулювання продуктивності і тиску насоса засувками на приймальному трубопроводі.
Після пуску слід додатково послухати і оглянути насос: чи немає в ньому постійних стукотів.

Якщо всі параметри насоса відповідають режимним, його залишають в роботі, при цьому на ньому повинна знаходитися табличка: «Агрегат в роботі».

Вимоги безпеки при експлуатації насоса.

Під час роботи насоса необхідно:

1.- систематично підтримувати рівень масла в підшипниках, перевіряти температуру підшипників і сальників, яка повинна бути не вище + 70 0С;

2.- підтримувати нормальний тиск на нагнітальній лінії, а також продуктивність насоса;

3.- систематично стежити за показаннями приладів;

4.- стежити за режимами роботи насоса і електрообладнання;

5.- стежити за витоком продукту через сальник, кількість рідини, що протікає назовні, має бути від 0,012 до 0,03 м3 / ч. відсутність витоку показує, що сальник занадто туго набитий, при цьому необхідно послабити натяг грундбукси;

6.- стежити за відходом ротора в сторону всмоктування, він повинен становити не більше 3 мм;

7.- перевіряти роботу гідравлічної п'яти. З ніпеля має витікати 1,5-6% перекачується рідини від номінальної подачі насоса.

В процесі роботи необхідно стежити за чистотою агрегату, допоміжного обладнання та робочого майданчика.

Регулирование параметров работы насоса должно осуществляться регулирующей задвижкой, установленной на нагнетательном трубопроводе насоса.

Основні операції, які виконує оператор ООУ при обслуговуванні насосів – зміна сальників і набивання мастила в підшипникові камери. Набивка сальників проводиться в разі потреби, а мастила в залежності від напрацювання насоса.

Поповнення підшипникової камери мастилом повинно проводитися не рідше, ніж через 200 годин роботи насоса, а повна заміна мастила – через 500 годин.

Зупинка насоса.

Насос слід зупинити негайно в наступних випадках:

1.- при пропуску продукту через фланцеві або торцеві з'єднання насоса;

2.- при збільшенні температури підшипників вище 70 0С;

3.- при сильній вібрації;

4.- при відхиленні робочого тиску від режимних параметрів.

При зупинці насоса необхідно:

1.- Закрити засувку на викиді насоса;

2.- Вимкнути електродвигун;

3.- Закрити приймальну засувку і відкрити дренажний вентиль для зняття тиску з насоса.

Якщо зупинка агрегату сталася в разі, передбаченому системою захисту, слід виявити і усунути причину зупинки.

У насосному блоці передбачено кілька систем захистів при відхиленні параметрів роботи насосів:

1. Автоматичне відключення насосів при аварійному зниженні або збільшенні тиску в нагнітальній лінії. Контроль здійснюється за допомогою електроконтактних манометрів.
2. Автоматичне відключення насосів при аварійному збільшенні температури підшипників насосів або електродвигунів. Контроль здійснюється за допомогою датчиків температури.
3. Автоматичне перекриття засувок на викиді насосів в разі їх відключення.
4. Автоматичне включення витяжної вентиляції при перевищенні гранично допустимої концентрації газу в насосному приміщенні, при цьому насоси повинні автоматично відключатися.

При зупинці агрегату необхідно стежити за закриттям зворотного клапана і запірної арматури на напірному трубопроводі, при необхідності закрийте засувку на викиді насоса вручну. У разі неповного закриття зворотного клапана можливе розкручування насоса і електродвигуна в зворотну сторону.

Про всі відключення в роботі насоса необхідно зробити запис у вахтовому журналі, а про проведений ремонт зробити позначку в паспорті насоса.

Насосний агрегат слід встановлювати екстрено при появі диму, іскор, запаху перегрітої ізоляції електродвигуна, при розривах фланцевих з'єднань і труб напірного трубопроводу.

При аварії необхідно викликати чергового Електрика, знеструмити електродвигун і вивісити плакат " Не включати! Працюють люди".

Про зупинку насоса на ремонт проводиться відповідний запис у вахтовому журналі.

Якщо ремонтні роботи будуть проводитися з розкриттям порожнини насоса, то після зняття тиску в насосі і відключення електроенергії двигуна (повинна бути розібрана пускова схема насоса) проводиться установка заглушок на викиді і прийомі насоса.

Після закінчення ремонтних робіт проводиться запис у вахтовому журналі про проведені роботи і про результат обкатки за підписом оператора.

7.2. Техніка безпеки при проведенні ремонтних робіт на насосному обладнанні

7.2.1.1. Періодичність профілактичних випробувань та оглядів, поточних і капітальних ремонтів визначається планами і графіками ремонту обладнання.

Графіки ремонту, профілактичних випробувань та оглядів обладнання встановлюються щорічними планами, які затверджуються керівництвом станції
7.2.1.2. При проведенні ремонтів повинні виконуватися також заходи, спрямовані на підвищення надійності роботи устаткування, поліпшення техніко-економічних показників і вдосконалення обладнання шляхом модернізації окремих елементів і вузлів, з урахуванням передового досвіду і нових розробок (обточування, профілювання і шліфовка робочих коліс насосів, вдосконалення витратомірного господарства , затворів, клапанів, заміна застарілого обладнання та інш.)
7.2.1.3. До виведення в ремонт агрегатів і механізмів повинні бути проведені підготовчі роботи "
а) складені відомості обсягу робіт і кошторис, які уточнюються після розкриття та огляду агрегату,
б) складено графік проведення ремонту, заготовлено необхідні матеріали та запасні частини,
в) складена і затверджена технічна документація на виконання робіт з модернізації устаткування, наміченої в період ремонту,
г) укомплектовані та приведені в справний стан інструменти, пристосування, такелажне обладнання та підйомно-транспортні механізми;
д) підготовлені робочі місця для ремонту, проведена планування ремонтної площадки із зазначенням місць розміщення частин і деталей;
е) укомплектовані і проінструктовані ремонтні бригади
7.2.1.4. Документація по капітальному ремонту затверджується головним інженером станції і узгоджується з керівництвом ремонтного підприємства (у разі виконання ремонту підрядними організаціями)
7.2.1.5. Встановлене на станції обладнання повинно бути забезпечено запасними частинами і матеріалами Повинен вестися облік наявного на станції запасного обладнання та запасних частин. При зберіганні запасних частин і устаткування повинні бути вжиті заходи по збереженню їх працездатності (оберігання від корозії, зволоження і забруднення).
7.2.1.6. Станція повинна розташовувати кресленнями для замовлення запасних деталей і вузлів устаткування.
7.2.1.7. Конструктивні зміни основного обладнання та зміни гідравлічних та інших схем можуть вироблятися в установленому на підприємстві порядку з узгодженням заводів-виробників і проектних організацій.
7.2.1.8. Ремонт обладнання повинен здійснюватися відповідно до діючих інструкцій
7.2.1.9. Результати центрування і балансування насосних агрегатів, величини

зазорів і інші виміри, пов'язані зі зміною стану деталей, особливо діаметри робочих коліс насосів, після їх обточування, повинні заноситися в ремонтний журнал або паспорт ремонтованого насоса
7.2.1.10. У процесі ремонту агрегатів особи, призначені керівництвом станції, повинні здійснювати приймання з ремонту окремих вузлів і допоміжних механізмів
7.2.1.11. При прийманні основного обладнання з ремонту повинно бути перевірено виконання всіх робіт, перерахованих у відомості, і дана попередня якісна оцінка ремонту і зовнішнього вигляду устаткування (фарбування, чистота, стан майданчиків обслуговування, перил і т д.)
7.2.1.12. Знову вводиться після ремонту обладнання випробовується відповідно до діючих інструкцій
7.2.1.13. Основне обладнання, після попередньої приймання і випробувань, перевіряється під навантаженням протягом часу вказаного заводом-виготовлювачем, але не менше 72 годин
При відсутності дефектів у роботі протягом цього періоду обладнання вводиться в експлуатацію
Якщо будуть виявлені дефекти, капітальний ремонт не вважається закінченим. Після усунення дефектів устаткування піддається повторній перевірці під навантаженням на колишніх умовах
7.2.1.14. Всі роботи, виконані при капітальному ремонті основного обладнання, приймаються за актом, до якого повинна бути прикладена технічна документація з ремонту Акти з додатками зберігаються у паспортах обладнання
Про роботах, виконаних при капітальному ремонті решти устаткування, повинна бути зроблена докладна запис у паспорті обладнання або в спеціальному ремонтному журналі

7.2.2. Експлуатація насосних агрегатів та допоміжних механізмів

7.2.2.1. Експлуатація насосних агрегатів та допоміжного обладнання здійснюють на основі інструкцій з експлуатації, затверджених головним інженером насосної станції.
7.2.2.2. На кожен агрегат повинен бути заведений технічний паспорт, який повинен містити відомості про технічні параметри агрегату, про ремонти та результати експлуатаційних випробувань, про зміни, внесені в його конструктивні параметри (обточування діаметру робочого колеса, розмір зазорів і т п)
7.2.2.3. На кожному агрегаті, механізмі, апараті повинна зберігатися

заводська паспортна табличка із зазначенням заводу-виробника і технічними характеристиками
При фарбуванні обладнання повинні бути вжиті заходи до збереження заводських паспортних табличок в такому стані, щоб була можливість їх прочитання.
7.2.2.4. На всіх насосних агрегатах, засувках, затворах та інших механізмах повинні бути нанесені фарбою добре видимі порядкові номери, відповідні оперативної документації На трубопроводах та інших комунікаціях повинна бути нанесена умовна маркування, що вказує їх призначення
7.2.2.5. В інструкції з експлуатації насосних агрегатів повинна бути відображена послідовність операцій пуску і зупинки насосних агрегатів, способи регулювання їх робочих параметрів, допустимі температури підшипників та інших вузлів агрегатів, діапазон зміни рівня масла в підшипникових ваннах, тиску масла в маслосистемі, перелік основних несправностей та спосіб їх усунення
7.2.2.6. Допустиме кількість включень і відключень насосних агрегатів регламентується місцевими інструкціями з експлуатації, відповідно до рекомендацій заводів-виготовлювачів насосів, електродвигунів і комутаційних апаратів (вимикачів, контакторів) 647. Перед пуском насосного агрегату в роботу повинні бути перевірені
а) стан напірних і всмоктуючих засувок,
б) заповнення корпусу насоса водою або стоками;
в) стан сальників, муфтових з'єднань, захисних огороджень;
г) стан контрольно-вимірювальних приладів і засобів управління і пускових пристроїв,
д) наявність масла в підшипниках і підп'ятника
7.2.2.8. Пуск насосів може здійснюватися двома способами на відкриту або на закриту засувку Спосіб пуску для конкретного об'єкта визначається місцевою експлуатаційної інструкцією на підставі рекомендацій спеціалізованих організацій, виданих після виконання необхідних розрахунків та експериментів на даному об'єкті
Як правило, при довгих напірних водоводах, а також при великій статичної складової напору, пуск відцентрових насосів може здійснюватися на відкриту засувку При цьому насос повинен бути оснащений зворотним клапаном
При коротких водоводах і малої статичної складової напору пуск відцентрових насосів здійснюється на закриту засувку
При великому перепаді тисків до засувки і після засувки, наприклад при введенні станції в експлуатації або заповненні напірного водоводу, пуск насоса доцільно здійснювати на частково відкриту засувку, так як

одностороннє тиск на диск засувки може створити значний момент опору, який не дозволить відкрити засувку Ступінь відкриття засувки в цьому випадку визначається розрахунковим або дослідним шляхом
При виборі способу пуску насосів враховується, також конструкція запірно-регулюючої арматури (засувка, поворотний затвор, конусний затвор і т.п.) Усмоктувальна засувка при будь-яких способах пуску повинна бути завжди повністю відкрита.
7.2.2.9. Зупинку насосних агрегатів, в нормальних умовах, рекомендується здійснювати на попередньо закриту засувку
При аварійному відключенні електроживлення відбувається неконтрольована зупинка агрегатів на відкриту напірну засувку
Тому, в ході експлуатації рекомендується передбачати заходи щодо зменшення величини гідравлічного удару, якщо вони не передбачені проектом. До таких заходів відносяться установка клапанів для впускання повітря на водоводах, установка лічильників води із сповільненою посадкою, пропуск потоку води через насос у зворотному напрямку і т п
Конкретні заходи щодо зниження величини гідравлічного удару розробляються спеціалізованими організаціями за результатами розрахунків і експериментів
7.2.2.10. Тривала робота насосів при закритій напірній засувці або закритому зворотному клапані не допускається.
У зв'язку з цим експлуатаційний персонал повинен уважно контролювати паралельну роботу низьконапірних і високонапірних насосів, не допускаючи тривалої роботи низьконапірних насосів при закритому зворотному клапані
7.2.2.11. Не допускається робота насосних агрегатів в ненормальних режимах: перевантаження, кавітації, помпажу, поза зоною оптимальних ККД, при підвищеній вібрації, перегріві підшипників та інших вузлів агрегатів
7.2.2.12. Насосні агрегати повинні працювати в економічному режимі
Економічний режим роботи насосних станцій забезпечується.
а) роботою насосів в зоні оптимальних значень ККД, ті в прийнятою робочому діапазоні змін водоподачі і тиску,
б) контролем зносу обладнання (насосів, затворів, засувок, клапанів) і усуненням виявленого зносу,
в) підтриманням відповідності режиму роботи насосних станцій режиму роботи водопровідних і каналізаційних мереж.
7.2.2.13. Контроль зносу обладнання, здійснюється при виконанні щорічних планів профілактичних оглядів і ремонтів устаткування, а також порівнянням фактичних робочих характеристик насосів (QH, NQ, п-Q) з вихідними або каталожними характеристиками.

Для зняття фактичних характеристик повинна бути забезпечена можливість постійного або періодичного поагрегатного вимірювання водоподачі і потужності насосних агрегатів
Періодичність та спосіб перевірок характеристик насосів визначається керівництвом насосних станцій або Водоканалів
7.2.2.14. Приведення у відповідність режиму роботи насосних станцій з режимом роботи водопровідних або каналізаційних мереж здійснюється різними способами:
а) правильним підбором складу насосних агрегатів для мінливих режимів водоподачі. Для цього розрахунковим і дослідним шляхом підбираються найбільш економічні робочі комбінації різнотипних насосів для різних діапазонів водоподачі. При необхідності, у деяких насосів підрізаються робочі колеса;
б) регулюванням режиму роботи окремих насосних агрегатів, шляхом дроселювання насосів напірними засувками, зміни кута повороту лопатей робочих коліс осьових насосів або напрямних апаратів (при їх наявності), скидання води з напірних ліній насосів в приймальні резервуари або під усмоктувальні лінії насосів Регулювання відцентрових насосів усмоктувальними засувками забороняється;
в) регулюванням частоти обертання робочих коліс насосів за допомогою регульованого приводу, а також поєднанням цього способу з вищеназваними способами.
7.2.2.15. Для ефективного регулювання режимів роботи на кожній станції повинні бути завчасно розроблені режимні карти і типові графіки, що регламентують умови застосування різних способів регулювання в залежності від реальних режимів водоспоживання або припливу стічних вод При відповідному технічному забезпеченні, типові графіки та зміст режимних карт повинні вводитися в комп'ютери, встановлені на щитах керування насосних станцій.
7.2.2.16. Використання регульованого електроприводу, як правило, повинно здійснюватися в складі систем автоматизованого управління (САУ) режимами роботи насосних станцій в цілому, а не окремих агрегатів.
7.2.2.17. Ефективне використання систем автоматизованого управління (САУ) насосних установок, оснащених регульованим електроприводом, забезпечується
а) дотриманням інструкцій по обслуговуванню САУ, підготовлених підприємством-розробником і затверджених керівництвом насосної станції,
б) зміною заданих значень регульованих параметрів (тиску на напірному колекторі або в диктують точках водопровідної мережі, рівня в резервуарах,

витрати в подавальних водоводах і магістралях) за розпорядженням вищого чергового диспетчера,
в) зміною складу працюючих насосних агрегатів і правильним вибором точки виміру регульованого параметра у відповідності з реальними режимами роботи систем водоподачі і водовідведення
7.2.2.18. Порядок виконання операцій по п6417, б), в) визначається режимними картами і графіками, розробленими для даної станції або вказівками вищестоящого чергового персоналу (диспетчера підприємства, диспетчера ВКГ)
7.2.2.19. Агрегат негайно (аварійно) відключається при
а) нещасний випадок (або загрозу його) з людиною, що вимагає негайної зупинки електродвигуна,
б) появі явного і неусувне стуку й шуму в агрегаті,
в) появі диму або вогню з двигуна агрегату або його пускорегулювальної апаратури,
г) вібрації понад допустимі норми, яка загрожує цілісності агрегату,
д) поломці агрегату,
е) нагріві підшипника понад допустиму температури, зазначеної в інструкції заводу-виготовлювача;
ж) падіння тиску в маслосистемі
Після аварійного відключення несправного агрегату замість нього в роботу включається резервний агрегат
7.2.2.20. На насосних агрегатах повинні бути нанесені стрілки, що вказують напрямок обертання двигуна і механізму (насоса)
На всіх механізмах, запірно-регулюючих і пускорегулювальних пристроях повинні бути нанесені написи, номери і знаки, що вказують, до якого агрегату йди механізму вони відносяться, а також написи "пуск" і "стоп"
7.2.2.21. Обертові частини агрегатів і механізмів (шківи, муфти та ін.) Повинні бути закриті огородженнями, зняття яких під час роботи забороняється
7.2.2.22. Агрегати, що знаходяться в резерві, повинні бути постійно готові до негайного пуску, періодично оглядатися і випробуватися за затвердженим графіком
7.2.2.23. Вібрація агрегатів, виміряна на кожному підшипнику, не повинна перевищувати значень, вказаних у заводській документації.
7.2.2.24. Обертові сітки водопровідних насосних станцій повинні промиватися вручну за графіком або автоматично за тимчасовою програмою. Час промивки визначається місцевою інструкцією залежно від ступеня забрудненості вод.

7.3. Організація роботи служби оповіщення і звязку на підприємстві.

Закон України «Про охорону праці» передбачає, що роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці умови праці та забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці та несе безпосередню відповідальність за порушення вимог з охорони праці на підприємстві.
На підприємстві з кількістю працюючих 50 і більше
осіб роботодавець створює службу охорони праці відповідно до типового положення, що затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці.
На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва особи, які мають виробничий стаж не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці.
На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають відповідну підготовку.
Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю.
Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своєю посадою і заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб.
Спеціалісти служби охорони праці мають право:
видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;
вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимог нормативно-правових актів з охорони праці;
зупиняти роботу виробництва, дільниці, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих;
надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці;
за поліпшення стану безпеки праці вносити пропозиції про заохочення працівників за ктивну працю.

Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.
Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається, поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах.
Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від фонду оплати праці за попередній рік.
На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, розмір витрат на охорону праці встановлюється у колективному договорі з урахуванням фінансових можливостей підприємства, установи, організації.
Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.
Роботодавець зобов’язаний інформувати працівників або осіб, уповноважених на здійснення громадського контролю за дотриманням вимог нормативно-правових актів з охорони праці, та Фонд соціального страхування України про стан охорони праці, причину аварій, нещасних випадків і професійних захворювань і про заходи, яких вжито для їх усунення та для забезпечення на підприємстві умов і безпеки праці на рівні нормативних вимог.
Працівникам забезпечується доступ до інформації та документів, що містять результати атестації робочих місць, заплановані роботодавцем профілактичні заходи, результати розслідування, обліку та аналізу нещасних випадків і професійних захворювань і звіти з цих питань, а також до повідомлень, подань та приписів органів державного нагляду за охороною праці.
Органи державного управління охороною праці у встановленому порядку інформують населення України, працівників про реалізацію державної політики з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих чи регіональних програм з цих питань, про рівень і причини аварійності, виробничого травматизму і професійних захворювань, про виконання своїх рішень щодо охорони життя та здоров’я працівників.

Для надійного та сталого управління визначається порядок застосування діючих каналів зв’язку об’єкту.
Розкриваються питання забезпечення управління, зв’язку та оповіщення при загрозі виникнення і в ході ліквідації НС на всіх її етапах.
Управління діями ЦО полягає в цілеспрямованій готовності щодо підготовки сил, засобів до виконання завдань по призначенню, керівництві ними в ході проведення рятувальних та невідкладних аварійно-відновлювальних робіт.
Система управління включає:
органи управління;
пункти управління (диспетчерські служби) з засобами зв’язку.
Органами управління діями ЦО є:
а) в режимі повсякденної діяльності та підвищеної готовності:
начальник ЦО - керівник господарства;
начальник штабу ЦО.
б) в режимі надзвичайної ситуації:
уповноважений керівник з ліквідації НС.
При виникненні НС об'єктового рівня керівник підприємства призначає відповідальну особу уповноваженим керівником з ліквідації НС.
Керівництво діями ЦО здійснюється з пунктів управління ЦО (диспетчерських служб) до яких відносяться:
адміністративний будинок (робоче місто керівника або диспетчерська)- при звичайному стані навколишнього середовища;
захищений пункт управління (вказати місце його розташування) - при забрудненні навколишнього середовища радіоактивними (хімічними) речовинами або не можливості здійснювати управління з робочого місця керівника (диспетчерської).
Пункт управління обладнується засобами зв’язку, системами життєзабезпечення та захисту:
коефіцієнт захисту___, на _____осіб;
система освітлення_____;
система водозабезпечення _____;
система опалення_____;
система каналізації_____;
час приведення в готовність___хвилин.
Відповідальний_____.
На пункті управління (диспетчерській) встановлено_ телефонів, радіостанцій типу___.
Номери телефонів та позивні:
начальника ЦО № телефону_____, позивний_____;
начальника штабу ЦО № телефону_____,позивний_____;
оперативного чергового № телефону_____,позивний_____;

коменданта № телефону_____, позивний_____;
У разі виникнення загрози НС (режим підвищеної готовності) керівництво об’єкту:
займає пункт управління в адмінбудинку; Строк ____хвилин;
перевіряє працездатність засобів зв’язку та оповіщення. Строк ____хвилин;
оповіщає необхідних посадових осіб органу управління /штабу. Строк ____хвилин;
організує цілодобове спостереження за розвитком ситуації і, при необхідності, чергування відповідних працівників у денний і нічний час. Строк ____хвилин.
Організація зв’язку
Зв’язок об’єкту базується на загальноміській системі телефонного зв’язку і зв’язку по Факсу. На об'єкті функціонує місцева телефонна мережа. Також можливе встановлення зв’язку з абонентами міста, областіта держави по телеграфу №_____ . Відповідальний_____
Організація оповіщення
Здійснюється службою охорони або черговим диспетчером у неробочий час; штабом ЦО – у робочий час. Відповідальний_____
У робочий час - оповіщення про виникнення НС проводиться вмиканням сирени мовного звучання (місце розташування). Відповідальний_____, а також по внутрішньому телефонному зв’язку.
У неробочий час- служба охорони (черговий диспетчер) проводить оповіщення про виникнення НС:
міські сили негайного реагування на НС (служби 0.1,02,03,04, РЕМ);
чергового по міськвиконкому;
керівництво об’єкту; та, по вказівці, керівників структурних підрозділів по затвердженій схемі телефонного оповіщення, або шляхом направлення посильних згідно встановленому порядку та по затвердженим маршрутам.
Для оповіщення про загальноміські НС на підприємствах використовуються____шт. абонентських радіоприймачів.
Додатки:
1.Схема організації зв’язку (додаток №18).
2. Схема телефонного оповіщення (додаток №19).
3. Схема оповіщення посильними (додаток №20).
Такіосновні вимоги до плану ЦО (дій органів управління та сил ЦО) об’єкта господарської діяльності з запобігання і ліквідації НС , його структура та зміст.

Начальник штабу ЦО ОГД _____
(підпис, приз віще, ініціали)

Додатки
до плану ЦО (дій органів управління та сил ЦО) об’єкта господарської діяльності:
Додаток № 1
Затверджую
Начальник ЦО-керівник_____
(назва господарства) _____
(підпис, прізвище, ініціали) “___”_____202__р
План – схема (карта - схема) території _____

(план розробляється у форматі А-4 або А-3)
На плані відображається:
- план забудівлі ОГД;
- місця находження поруч: потенційно небезпечних об’єктів та природної інфраструктури, відстань до них;
- місця розташування лінії: енергопостачання, водопостачання, газопостачання та інженерні мереж із визначенням їх технічних характеристик;
- місця розташування пожеже, -хімічно, енергетично небезпечних цехів та структурних підрозділів з кількістю тон небезпечних речовин;
- місця розташування ПУ (диспетчерської служби), захисних споруд та їх характеристика, медичного пункту та його характеристика, складів з засобами цивільного захисту;

Начальник штабу ЦО ОГД _____
(підпис, прізвище, ініціали)

Додаток № 2
Затверджую
Начальник ЦО-керівник_____
(назва господарства)
_____
(підпис, прізвище, ініціали) “___”_____202__р
План/схема/

Система оповіщення ЦО на об`єкті організовується з урахуванням структури державного управління, характеру і рівня надзвичайних ситуацій, наявності і місця розташування сил, які можуть залучатися до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.
Оповіщення організовується за розробленою схемою, яка затверджєна начальником цивільної оборони об`єкта.

Система оповіщення ЦО складається на об`єті об'єктових систем оповіщення, систем циркулярного виклику.
На випадок загрози або виникнення надзвичайної ситуації об`єктового рівня створюється загальнодержавна система централізованого оповіщення органів місцевого самоврядування.
У системах централізованого оповіщення використовуються апаратура і технічні засоби оповіщення ЦО, канали та засоби зв'язку, мережі радіомовлення і телебачення (канали звукового супроводження) підприємства.
Ці системи забезпечують оповіщення і подальше інформування:
чергових служб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади по службових телефонах;
чергових служб місцевих органів виконавчої влади;
чергових аварійно-рятувальних служб;
сил цивільної оборони;
населення, яке знаходиться в зоні можливого ураження.
Централізоване оповіщення здійснюється оперативним черговим територіального органу ЦО та НС -- керівного складу та чергових служб місцевих органів виконавчої влади, населення, що знаходяться на території об`єкта.
Система централізованого оповіщення ЦО забезпечує можливість циркулярного та вибіркового оповіщення керівників підрозділів об`єкта.
Для підвищення надійності централізованого оповіщення на об`єкті здійснюється дублювання передавання сигналів за рознесеними трасами та напрямками в обхід підприємства.
Оповіщення населення на об`єкті здійснюється дистанційно за допомогою електросирен, мережі радіомовлення всіх діапазонів частот та телебачення.
Тексти звернення до населення передаються державною мовою.
Тексти звернень записуються на магнітних стрічках на весь обсяг касети з обох сторін. Фонограми і друковані тексти звернень зберігаються в запечатаних конвертах в оперативних чергових ЦО, які в необхідних випадках доводять їх до населення. Дублікати фонограм і друкованих текстів звернень зберігаються в запечатаних конвертах на радіотрансляційних вузлах, в апаратних радіомовлення, студіях телебачення і використовуються в разі виходу з ладу апаратури оповіщення або аварії на з'єднувальній лінії зв'язку.
На території об`єкта створені об'єктові системи оповіщення. До їх складу входять абонентські радіоточки і вуличні гучномовці державної мережі радіомовлення та відомчих радіовузлів, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, телефони, включені до системи централізованого виклику, та інші технічні засоби (у разі необхідності).

Об'єктові системи оповіщення повинні забезпечувати оповіщення:
керівників та інших працівників підприємства;
оперативних чергових аварійних служб, відповідних територіальних органів ЦО та НС, територіальних органів МВС по прямих телефонах.
Оповіщення керівників та інших працівників а також керівників та працівників підприємств, установ, організацій і населення, які знаходяться в зоні локальної системи оповіщення, на об`єкті здійснює черговий диспетчер або особа, яка виконує його обов'язки.
Оповіщення працівників підприємств, установ, організацій та населення, які знаходяться за межами локальної системи оповіщення, покладається на оперативних чергових територіальних органів ЦО та НС, для чого можуть залучатися сили та засоби відповідних органів МВС. У населених пунктах, де немає цілодобового чергування територіальних органів ЦО та НС, їх функції з оповіщення можуть покладатися на чергових відповідних органів МВС.
З метою своєчасного оповіщення і перевірки достовірності прийнятого повідомлення (команди) встановлюють прямий телефонний зв'язок потенційно небезпечного цеху з черговим диспетчером і керівником підприємства, а також чергового диспетчера з оперативним черговим територіального органу ЦО та НС, органу МВС за рахунок підприємства.
Для оповіщення чергових служб центральних і місцевих органів виконавчої влади, керівного складу територіальних органів ЦО та НС створені на об`єкті системи циркулярного виклику.
Для своєчасного оповіщення керівників місцевих органів виконавчої влади, керівного складу центрального і територіальних органів ЦО та НС створена на об`єкті загальнодержавна система пейджерного зв'язку та оповіщення ЦО, яка може охоплювати і оповіщення керівного складу потенційно небезпечних підприємств.
Для функціонування систем централізованого оповіщення за заявками відповідних органів ЦО та НС Держкомзв'язку виділяє канали зв'язку. На регіональних системах оповіщення ці канали зв'язку забороняється використовувати для надання транзитних з'єднань за межі області.
Готовність системи оповіщення забезпечується шляхом:
організації цілодобового чергування в центральному і територіальних органах ЦО та НС (якщо такого чергування немає, можуть задіюватися відповідні чергові служби органів МВС);
налагодження прямого телефонного зв'язку чергових служб потенційно небезпечних підприємств, зона ураження яких може поширюватися на заселені території або території інших підприємств, установ, організацій, сейсмічних станцій, гребель водосховищ (диспетчерів чи начальників змін гідроелектростанцій) з черговими службами відповідних територіальних органів ЦО та НС;

завчасної підготовки персоналу чергових служб до дій у надзвичайних ситуаціях;
впровадження автоматизованих систем оповіщення з використанням сучасних технологій;
якісного експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та системи зв'язку ЦО.
Керівництво підприємства бере на себе виконання певних зобов'язань:
забезпечити встановлення електросирен з можливістю централізованого запуску (місце їх встановлення визначає відповідний орган ЦО та НС з урахуванням озвучення території);
забезпечити встановлення вуличних гучномовців в місцях масового скупчення працівників та населення (за погодженням з відповідним органом ЦО та НС);
забезпечити всі виробничі, службові та адміністративні приміщення, а також приміщення навчальних і лікувальних закладів радіотрансляційними точками (радіоприймачами відповідного діапазону для районів, де немає дротового мовлення) для гарантованого приймання програм державного радіомовлення;
безперешкодно допускати працівників, які здійснюють експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦО, за пред'явленими ними посвідченнями особи на територію та в приміщення своїх підприємств, установ і організацій для проведення ремонту або інших робіт, пов'язаних з технічною експлуатацією та обладнанням систем оповіщення.
Забороняється відключати радіотрансляційні точки та абонентські лінії, через які здійснюється запуск електросирен від мереж державного радіомовлення, демонтувати вуличні гучномовці без погодження з відповідними органами ЦО та НС.
Для забезпечення роботи систем оповіщення на підприємстві використовуються:
місцеві мережі зв'язку;
мережі дротового (ефірного) радіомовлення та телебачення (канали звукового супроводження);
постійно діючі мережі радіозв'язку;
системи пейджерного зв'язку;
електросирени і технічні засоби оповіщення.

Список літератури

1. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника: у 3-х т 8 изд., перераб. і доп. Під ред. І.Н.Жестковой. М. Машинобудування, 2001.

2. Перель Л.Я. Підшипники кочення: Розрахунок, проектування та обслуговування опор: довідник.- М .: Машинобудування, 1983.

3. Б.М. Бім-Бад, М.Г. Кабаков, В.Н. Прокоф'єв, С.П. Стесін Атлас конструкцій гідромашин і гідропередач.М, «Машинобудування», 1990.

4. Барекян А.Ш. Основи гідравліки і гідропневмоприводів: Навчальний допомога. - 1-е изд. Твер: 2006. - 84с.

5. .Чупраков Ю.І. Гідропривід і засоби гідроавтоматики. - М .: Машинобудування, 1979. -232с.