

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

ВИПУСКНА РОБОТА

на тему:

Розробка насоса для цукрової промисловості

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

Виконавець роботи

Шульга Тетяна Володимирівна
прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Науковий керівник

К.т.н., доцент
науковий ступінь, учене звання

Панченко В.О.
прізвище, ім'я, по-батькові

підпис, дата

Суми 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСОЛЬНИХ НАСОСІВ ...	6
2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ВИБРАНОГО НАСОСА	9
3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ	11
3.1 Розрахунок і проектування робочого колеса	11
3.2 Розрахунок спірального відводу з радіальним виходом.....	21
4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА	29
5 РОЗРАХУНК НА МІЦНІСТЬ.....	30
5.1 Розрахунок вала	30
5.2 Розрахунок осьової та радіальної сили.....	31
5.3 Вибір кінцевого ущільнення.....	33
5.4 Розрахунок насоса на кавітацію	35
5.5 Розрахунок реакцій в опорах	37
5.6 Вибір підшипників.....	39
5.7 Розрахунок вала на міцність	40
5.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання.....	41
5.9 Вибір муфт.....	45
6 РОЗДІЛ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	46
7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	54
8 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	65
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	72

					131.08ВР.000.00 ПЗ					
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка насоса для цукрової промисловості Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Шульга						4	73	
Перевір.		Панченко								
Реценз.										
Н. Контр.		Алексеєнко						СумДУ ГМз-81с		
Затверд.										

ВСТУП

Насоси відцентрові консольні типу СКМ (сокові консольні модернізовані) зазвичай застосовуються для сахарного виробництва, комунально-житлових підприємств та інших галузей промисловості. Середовище, що перекачується цими типами насосів: суспензії із вмістом твердих частинок до 30% за масою, різні соки, різноманітні сиропи, вапнякове молоко, чиста або частково забруднена вода та інші технологічні рідини.

Конструкція насоса цього типу: насос горизонтальний, консольний із осьовим підведенням перекачуваної рідини до насоса. Базовою деталлю цього насоса є корпус спіральний із опорними лапами у нижній частині корпусу. Напірний патрубок насоса розташований зверху корпусу вертикально вгору. Встановлення комбінованого кінцевого ущільнення суттєво знижує зовнішні витoki перекачуваної рідини з насоса. Необхідна під час перекачування різноманітних кристалічних середовищ промивка цього насоса після його зупинки здійснюється гарячою водяною парою без необхідності його розбирання. У якості опор ротора насоса застосовуються підшипники кочення (шарикові або роликові). Змащування підшипникових вузлів за вибором споживача – рідке або консистентне. Розвантаження підшипників від осьових навантажень здійснюється за допомогою імпелеру. Привод насоса здійснюється електричним двигуном через з'єднувальну пружну втулково-пальцеву муфту. Напрямок обертання ротора насоса за часовою стрілкою, якщо дивитися з боку приводу.

До корпусу насоса кріпиться виїмна частина, що складається із статорних та роторних деталей. До фланця кронштейна, з боку півмуфти насоса, за допомогою болтів кріпиться стойка. За допомогою стойки та лап, виконаних на корпусі, насос кріпиться до фундаментної рами, виконаної зварною із сортового прокату. Основною деталлю виїмної частини насоса є

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

кронштейн, у розточеннях якого встановлені підшипники кочення, які є опорами для ротора насоса. Ротор насоса складається з валу, робочого колеса, імпелера, захисної гільзи, півмуфти насоса, кріпильних та інших деталей.

У насосі встановлено комбіноване кінцеве ущільнення, що складається з імпелера та сальникової набивки. Розрізні кільця м'якої сальникової набивки піджимаються нажимною втулкою та фланцем.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНСОЛЬНИХ НАСОСІВ

Водяний насос консольний є якісною, перевіреною та достатньо надійною конструкцією. Його застосовують для перекачування чистої холодної або гарячої води, з допустимою невеликою кількістю твердих домішок (у концентрації до 0,1% при максимальному розмірі 0,2 мм). ККД цих насосів дорівнює 60-80%, в залежності від моделі конкретного насоса та потужності його приводного електродвигуна. Консольні моноблочні водяні насоси мають як сальникове, так і торцеве ущільнення, друге є найбільш якісними та надійним. Робоча температура насоса при сальниковому ущільненні повинна бути у межах 0-85 градусів, а при торцевому допускається до 105 градусів. ***Категорично забороняється експлуатація даних насосів на виробництвах, пов'язаних з пожежонебезпекою і вибухонебезпечністю.*** А також з їх допомогою можна перекачувати різноманітні горючі рідини.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

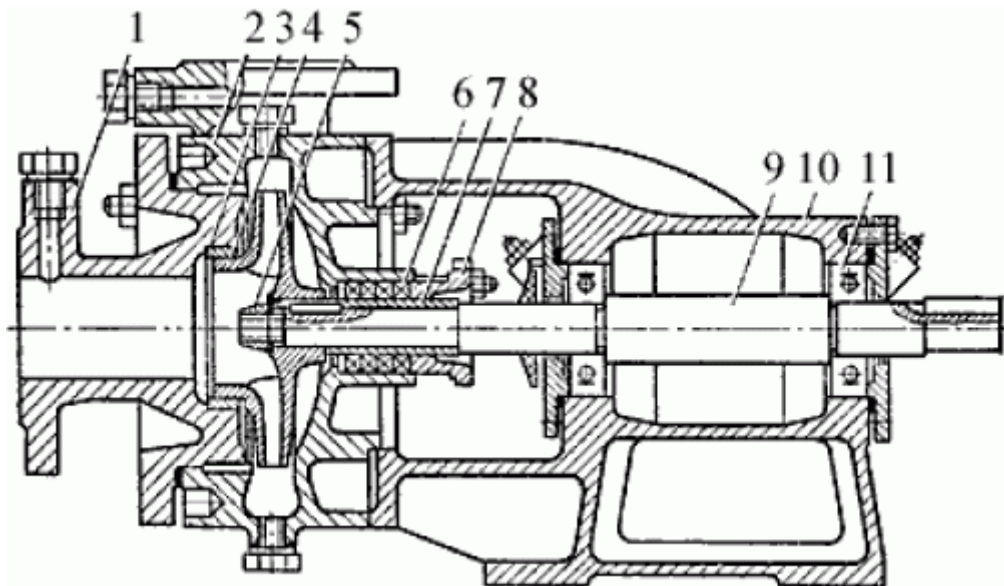


Рисунок 1.1 – Будова консольного насоса - 1. Кришка . 2 корпус. 3.Змінні ущільнюючі кільця. 4. Робоче колесо. 5. Гайка. 6. Сальникове набивання. 7. Змінна втулка. 8. Сальникове кришка. 9.Вал. 10. Опорний кронштейн. 11. Кульковий підшипник.

Моноблочні консольні насоси відрізняються тим, що робоче їх колесо знаходиться на кінці валу насоса. Це більш потужні конструкції, які називаються насосами типу "КМ". Застосовуються вони в основному на виробництві і на підприємствах в інженерній системі. Маючи такі значні переваги, дана конструкція має великі розміри, велику вагу і ненадійне ущільнення, внаслідок чого потрібно регулярно проводити огляд насоса, і вчасно усувати різні несправності. Ще однією негативною якістю цих конструкцій є складність і незручність заміни електродвигуна. Ремонт насосів типу «КМ» більш тривалий, дорогий і трудомісткий, ніж у типу «К».

Принцип дії

Принцип роботи консольних насосів нескладний, і визначається їх конструктивними особливостями.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

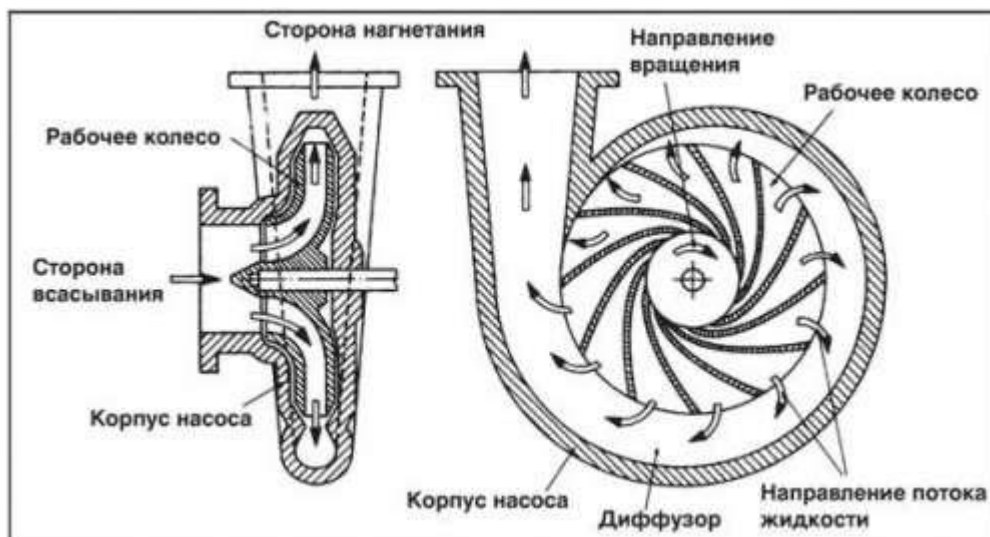


Рисунок 1.2 – Принцип дії консольного насоса

Під час включення електричного двигуна у мережу, лопаті робочого колеса починають обертання, за рахунок цього зростає тиск і вода перекачується, тим самим входячи в один отвір (вхідний патрубок) і виходячи в інший (вихідний патрубок).

Однак занадто велике число обертів двигуна, призводить до пониження тиску у вхідному патрубку, що викликає кавітацію. Вона утворюється в процесі пароутворення з подальшою конденсацією повітря, що знаходиться в робочій рідині. Тому вибирати консольний насос потрібно з урахуванням вимог до кавітаційного запасу.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ВИБРАНОВОГО НАСОСА

Конструкція насоса і використання:

Насос - відцентровий, горизонтальний, консольний насос, з сальниковим ущільненням валу. Призначений для перекачування води (крім морської), рідин схожих з водою по щільності, в'язкості і хімічній активності. Матеріал основних частин - сірий чавун. У насоса ущільнення валу - сальникове, з "рідким" мастилом підшипникового вузла.

Пристрій і принцип роботи насоса типу СКМ

Відцентрові горизонтальні консольні насоси типу СКМ з сальниковим ущільненням валу. Корпус насоса представляє чавунний виливок, в якому виконані вхідний і вихідний патрубки, спіральні-кільцевий відвід та опорні лапи.

Вхідний патрубок розташований по осі обертання, вихідний патрубок спрямований вертикально вгору і розташований в одній площині з віссю обертання. До корпусу насоса кріпиться фланець кронштейна. Кронштейн з'єднаний з корпусом ущільнення гвинтами. У корпусі ущільнення виконані отвори для подачі охолоджуючої рідини до сальникового ущільнення. При перекачуванні рідини з температурою до 333 К (60 °С), подача запірної рідини проводиться з корпусу насоса через отвір в корпусі ущільнення.

При перекачуванні рідини температурою понад 333К (600С) подача охолоджувальної (затвора) рідини проводиться від стороннього джерела холодної води.

Робоче колесо насоса типу СКМ - відцентрове, одностороннього входу, напіввідкритого типу. Підведення рідини до робочого колеса осьове. Робоче колесо розвантажено від дії осьової сили на насосах імпульсом.

Ротор насоса приводиться в обертання електродвигуном через сполучну втулочно-пальцеву муфту. Опорами ротора є два радіально - упорних підшипника, встановлені в кронштейні. Підшипники змащуються

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

консистентним мастилом прес-солідол Ж ГОСТ1033-79. Напрямок обертання ротора - за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку приводу.

Перекачується:

Технічна вода (крім морської), а також інші рідини, подібні з водою по щільності, в'язкості і хімічній активності з рН = 6: 9, з вмістом твердих часток не більше 1% за масою і розміром не більше 0,2 мм. Температура рідини: для насосів 1К80-50-200, 1К100-65-250, 1К150-125-315, К100-65-200 - від 263 до 378К (від мінус 10 ° С до 105 ° С); для насосів 1К50-32-125, 1К65-50-160 - від 263 до 358К (від 10 ° повідомлення мінус С до 85 ° С) для насосів 2К - від 263 до 378К (від 10 до повідомлення мінус + 105 ° С).

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

3 ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Розрахунок і проектування робочого колеса

Меридіанний переріз відцентрового робочого колеса відцентрового насоса наведений на рис. 4.1.

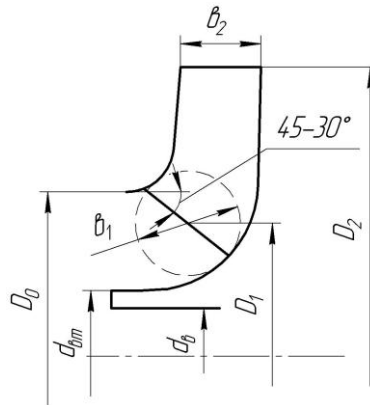


Рисунок 3.1 – Меридіанний переріз робочого колеса відцентрового насоса

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку

При проектуванні робочого колеса відцентрового насоса задані наступні основні параметри:

- тип робочого колеса відцентрового насоса : однопотокове ($\alpha = 1$), напіввідкрите;
- густина перекачуваної насосом рідини $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$;
- подача насоса $Q' = \frac{Q}{\alpha}, Q' = \frac{710}{1} = 710 \text{ м}^3/\text{ГОД}$;
- напір насоса $H = 65 \text{ м}$;
- частота обертання ротора відцентрового насоса $n = 1500 \text{ об/хв}$.

Коефіцієнт швидкохідності відцентрового насоса

$$n_s = \frac{3,65n \sqrt{\frac{Q'}{3600}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$n_s = \frac{3,65 \cdot 1500 \sqrt{\frac{710}{3600}}}{65^{\frac{3}{4}}} = 106,2 \approx 106$$

Приведений діаметр робочого колеса відцентрового насоса визначаємо за формулою Суханова, мм:

$$D_{1np} = K_{ex} \sqrt[3]{\frac{Q'}{3600n}} 10^3,$$

де $K_{ex} = 3,5 - 5,0$ - коефіцієнт вхідної воронки робочого колеса відцентрового насоса.

Приймаємо $K_{ex} = 4,5$.

$$D_{1np} = 4,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{710}{3600 \cdot 1500}} 10^3 = 228,8 \text{ мм.}$$

Визначаємо ККД відцентрового насоса:

$$\eta = \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{mex} = 0,748 \cdot 0,841 = 0,629,$$

де η_{mex} - повний механічний к.к.д. відцентрового насоса.

$$\eta_{mex} = \eta_{\delta} \cdot \eta_u \cdot \eta_M = 0,932 \cdot 0,93 \cdot 0,97 = 0,841$$

η_M - зовнішній механічний к.к.д. відцентрового насоса (призначаємо з заданого діапазону):

$$\eta_M = 0,97 (0,95-0,99);$$

η_{δ} - внутрішній механічний к.к.д. відцентрового насоса (призначаємо з заданого діапазону):

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_o = \frac{1}{1+820 \cdot n_s^{-2}} = \frac{1}{1+820 \cdot 106^{-2}} = 0,932$$

η_H - ККД втрат в імпелері відцентрового насоса:

$$\eta_H = 0,93, \text{ (для ПРК);}$$

η_r - гідравлічний ККД відцентрового насоса:

$$\eta_r = -0,00026 \cdot \beta_2^2 + 0,0246 \cdot \beta_2 + 0,1679 = -0,00026 \cdot 50^2 + 0,0246 \cdot 50 + 0,1679 = 0,748$$

де $\beta_2 = 50^\circ$ - кут нахилу лопаті на виході робочого колеса відцентрового насоса.

Відносний торцевий зазор між лопатями робочого колеса відцентрового насоса і корпусом насоса для $\beta_2 > 50^\circ$ визначається з діапазону $\frac{\delta_m}{b_2} = (0,05-0,1)$. Приймаємо

$$\frac{\delta_m}{b_2} = 0,075.$$

Визначаємо теоретичний напір робочого колеса відцентрового насоса

$$H_m = \frac{H}{\eta_r} = \frac{65}{0,748} = 86,9 \text{ м,}$$

де гідравлічний ККД робочого колеса відцентрового насоса:

$$\eta'_r = 1 - \frac{0,42}{(\lg D_{1np} - 0,172)^2} = 1 - \frac{0,42}{(\lg 228,8 - 0,172)^2} = 0,909.$$

Подача робочого колеса відцентрового насоса:

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						13
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{pk} = \frac{Q'}{\eta_o} = \frac{710}{0,971} = 731,2 \text{ м}^3 / \text{с.},$$

де η_o - об'ємний ККД відцентрового насоса

$$\eta_o = \frac{1}{1 + 0,68n_s^{\frac{-2}{3}}} = \frac{1}{1 + 0,68 \cdot 106^{\frac{-2}{3}}} = 0,971.$$

Потужність, споживана відцентровим насосом (Вт), визначається за формулою

$$N = \frac{\rho g Q H}{3600 \eta} = \frac{1300 \cdot 9,81 \cdot 710 \cdot 65}{3600 \cdot 0,629} = 259915 \text{ Вт} = 256 \text{ кВт},$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

3.1.2 Визначення діаметра вала та втулки робочого колеса

У першому наближенні діаметр вала, мм, визначаємо з розрахунку на кручення за відомою формулою

$$d_g = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{\pi \cdot [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1655}{3,14 \cdot 15 \cdot 10^6}} = 82,52 \text{ мм} \approx 85 \text{ мм.},$$

де M - крутний момент на валу відцентрового насоса, Н·м:

$$M = \frac{N_{\max} \cdot 30}{\pi n} = \frac{285907 \cdot 30}{3,14 \cdot 1500} = 1655 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

N_{\max} - максимальна потужність відцентрового насоса, Вт;

$$N_{\max} = 1,1 \cdot N = 1,1 \cdot 259915 = 285907 \text{ Вт} = 286 \text{ кВт};$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

$[\tau_k]=15\text{МПа}$ - занижене максимальне напруження на кручення, МПа (менші значення беремо при консольному розташуванні робочого колеса відцентрового насоса).

Отримане значення діаметра валу округляємо до стандартного у більшу сторону.

Діаметр втулки, мм, орієнтовно вибираємо з виразу

$$d_{em} = (20 - 40) + d_e = (20 - 40) + 85 = 105 - 125\text{мм} \approx 110\text{мм}.$$

3.1.3 Визначення геометричних параметрів входу у робоче колесо

Діаметр вхідної воронки робочого колеса відцентрового насоса, мм, визначаємо з виразу

$$D_0 = \sqrt{D_{inp}^2 + d_{em}^2}.$$
$$D_0 = \sqrt{228,8^2 + 110^2} = 254\text{мм}$$

Отримане значення діаметру вхідної воронки робочого колеса округляємо до цілого у більшу сторону.

Швидкість потоку на вході у робоче колесо відцентрового насоса

$$V_0 = \frac{4Q_{p.k}}{3600\pi(D_0^2 - d_{em}^2)},$$
$$V_0 = \frac{4 \cdot 731,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot (0,254^2 - 0,11^2)} = 4,93\text{м/с}$$

Далі задаємо положенням вхідної кромки робочого колеса відцентрового насоса, яка, як правило, розміщується у зоні повороту потоку з осьового напрямку у радіальний під кутом 45-30° до осі відцентрового насоса (аналогічно робочим колесам із високим ККД подібних n_s). При цьому визначають радіус середньої точки $R_1 = \frac{D_1}{2}$, за яким ведеться розрахунок кута

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

поток на вході β_{1f} . Для підвищення антикавітаційних якостей робочого колеса відцентрового насоса вхідну кромку виконують криволінійною та виносять у вхідну воронку. Орієнтовно D_1 беруть таким, що дорівнює D_0 . У першому наближенні меридіанну складову швидкості V'_{1m} без урахування стиснення потоку лопатями беруть такою, що дорівнює V_0 . При вході потоку на лопать меридіанна складова абсолютної швидкості зростає та визначається виразом

$$V_{1m} = \Psi_1 V'_{1m},$$

$$V_{1m} = 1,225 \cdot 4,93 = 6,04 \text{ м/с},$$

де $\Psi_1 = 1,15 - 1,3$ - коефіцієнт стиснення потоку на вході у робоче колесо відцентрового насоса.

У загальному випадку кут потоку на вході у робоче колесо відцентрового насоса, град, розраховуємо з трикутника швидкостей за формулою

$$\beta_{1II} = \text{arctg} \frac{V_{1m}}{U_1 - V_{1W}},$$

$$\beta_{1II} = \text{arctg} \frac{6,04}{19,95} = 16,84^\circ,$$

де $U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,254 \cdot 1500}{60} = 19,95 \text{ м/с}$ - переносна швидкість на вході у робоче колесо відцентрового насоса, м/с;

V_{1W} - колова складова абсолютної швидкості на вході у робоче колесо відцентрового насоса, м/с. У консольних насосах $V_{1W} = 0$.

Кут нахилу лопаті на вході у робоче колесо відцентрового насоса, град:

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$\beta_1 = \beta_{1П} + \Delta\beta,$$

$$\beta_1 = 16,84^\circ + 5^\circ = 21,84^\circ \text{ и}$$

Цей кут повинен знаходитися у межах 15-30°. Кут атаки $\Delta\beta = 5^\circ$ вводиться з метою зменшення гідравлічних втрат в області робочого колеса відцентрового насоса та покращання його кавітаційних властивостей. У деяких випадках кут атаки $\Delta\beta$ може бути збільшений до 15°. Товщина лопаті робочого колеса відцентрового насоса $S_1 = S_2 = 7$ мм.

3.1.4 Уточнення коефіцієнта стиснення потоку

Перше наближення

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{z \cdot S_1}{2\pi R_1 \sin \beta_1}},$$

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{8 \cdot 7}{2 \cdot 3,14 \cdot 124,25 \cdot \sin 21,84^\circ}} = 1,189,$$

$$|\Psi'_1 - \Psi_1| \leq 0,01$$

$$|1,225 - 1,189| \geq 0,01.$$

Друге наближення

$$V_{1м} = 1,189 \cdot 4,87 = 5,753 \text{ м/с}$$

$$\beta_{1П} = \arctg \frac{5,753}{19,95} = 16,5^\circ$$

$$\beta_1 = 16,5^\circ + 5^\circ = 21,5^\circ$$

$$\Psi'_1 = \frac{1}{1 - \frac{8 \cdot 7}{2 \cdot 3,14 \cdot 124,25 \cdot \sin 21,5^\circ}} = 1,188.$$

$$|1,189 - 1,188| \leq 0,01$$

Визначаємо ширину робочого колеса відцентрового насоса на вході:

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
						17
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_1 = \frac{Q_{p.k.}}{\pi D_1 V_{1m} 3600}.$$

$$b_1 = \frac{721,2}{3,14 \cdot 0,249 \cdot 5,128 \cdot 3600} = 0,0448 \text{ м} \approx 45 \text{ мм}$$

3.1.5 Визначення геометричних параметрів виходу з робочого колеса

Визначаємо приблизне значення зовнішнього діаметра робочого колеса відцентрового насоса:

$$D_2' = m_2 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}{n},$$

$$D_2' = 19,57 \frac{\sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 65}}{1500} = 0,449 \text{ м},$$

де $m_2 = 19,2 \cdot \left(\frac{n_s}{100}\right)^{\frac{1}{6}} = 19,2 \cdot \left(\frac{106}{100}\right)^{\frac{1}{6}} = 19,47$ для $n_s \geq 100$.

Кут на виході робочого колеса відцентрового насоса $\beta_2 = 50^\circ$.

Колова швидкість на виході з робочого колеса відцентрового насоса:

$$U_2 = \sqrt{\frac{g \cdot H_m}{\overline{V}_{u2}}},$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 86,47}{0,8}} = 32,04 \text{ м/с}$$

де \overline{V}_{u2} - Коефіцієнт колової складової абсолютної швидкості на виході потоку з робочого колеса відцентрового насоса. Визначається за графіком 4.2 і залежить від кута лопаті на виході з робочого колеса відцентрового насоса.

$$\overline{V}_{u2} = \frac{V_{u2}}{U_2} = 0,8,$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння.

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
						18
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

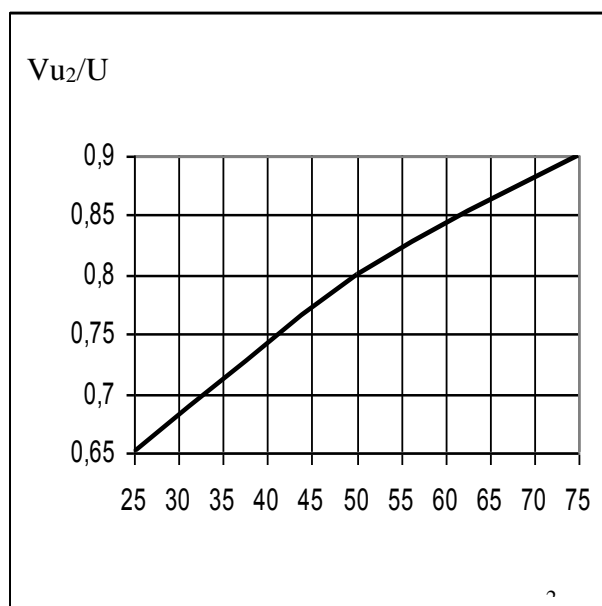


Рисунок 3.2 – Залежність коефіцієнту колової швидкості від кута встановлення лопаті на виході з робочого колеса

Кількість лопатей робочого колеса відцентрового насоса приймаємо з рекомендації. $z = 8$ при $\beta_2 = 40 - 60^\circ$.

Зовнішній діаметр на виході з робочого колеса відцентрового насоса:

$$D_2 = \frac{60U_2}{\pi n},$$

$$D_2 = \frac{60 \cdot 32,04}{3,14 \cdot 1500} = 0,398 \text{ м} = 0,4 \text{ м}$$

Коефіцієнт стиснення потоку лопатями на виході з робочого колеса відцентрового насоса

$$\psi_2 = \frac{1}{1 - \frac{z \cdot s_2}{\pi D_2 \sin \beta_2}},$$

$$\psi_2 = \frac{1}{1 - \frac{8 \cdot 7}{3,14 \cdot 400 \cdot \sin 50^\circ}} = 1,0487.$$

Ширина робочого колеса відцентрового насоса на виході залежить від зовнішнього діаметра $\frac{b_2}{D_2} = (0,04 \div 0,07)$, приймаємо $\frac{b_2}{D_2} = 0,0625$, тоді:

$$b_2 = D_2 \cdot 0,0625$$

$$b_2 = 0,4 \cdot 0,0625 = 0,025 \text{ м}$$

Визначаємо теоретичний напір відцентрового насоса при $z = \infty$:

$$H_{m\infty} = \frac{U_2 V_{U2\infty}}{g},$$

$$H_{m\infty} = \frac{32,04 \cdot 25,87}{9,81} = 82,98 \text{ м}.$$

де V_{m2} - меридіальна швидкість на виході з робочого колеса відцентрового насоса,

$$V_{m2} = \frac{Q \cdot \psi_2}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2},$$

$$V_{m2} = \frac{710 \cdot 1,0487}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,025 \cdot 3600} = 6,47 \text{ м/с},$$

де $V_{U2\infty}$ - колова складова абсолютної швидкості на виході з робочого колеса відцентрового насоса при $z = \infty$,

$$V_{U2\infty} = U_2 - \frac{V_{m2}}{\operatorname{tg} \beta_2},$$

$$V_{U2\infty} = 32,02 - \frac{6,47}{\operatorname{tg} 50^\circ} = 25,88 \text{ м/с}.$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо теоретичний напір насоса відцентрового насоса

$$H_m = y \cdot H_{m\infty},$$

$$H_m = 0,87 \cdot 82,88 = 71,98 \text{ м}$$

де $y = 0,8$ - поправка на скінчене число лопатей робочого колеса відцентрового насоса визначається по графіку 4.3.

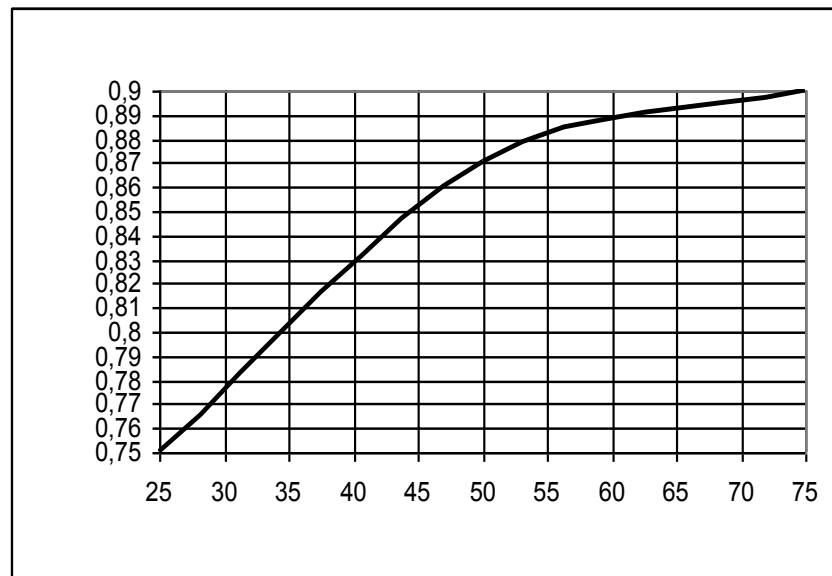


Рисунок 3.3 – Залежність $y = f(\beta_2)$

3.2 Розрахунок спірального відводу з радіальним виходом

3.2.1 Розрахунок і проектування спіральної камери

Під час руху рідини усередині спірального відвода відцентрового насоса від початкового перерізу до вихідного її витрата зростає пропорційно куту φ . При цьому витрату рідини через проміжний переріз можна оцінити за формулою:

$$Q_\varphi = \frac{Q}{360} \cdot \varphi^\circ,$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$Q_{\phi} = \frac{710}{360} \cdot 360^{\circ} = 710 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Витрата в спіральному відводі відцентрового насоса буде збільшуватися аж до вихідного перерізу, де вона дорівнюватиме подачі насоса $Q_{\text{вих}} = Q$.

Тому розрахунок спірального відвода відцентрового насоса зводиться до визначення площі вихідного (розрахункового) перерізу спіралі, через який буде забезпечена подача відцентрового насоса Q .

Вихідними даними для розрахунку є: подача насоса Q , напір H , частота обертання n , коефіцієнт швидкохідності відцентрового насоса n_s , момент швидкості на виході з робочого колеса відцентрового насоса K_2 , зовнішній діаметр робочого колеса відцентрового насоса D_2 , ширина робочого колеса відцентрового насоса на виході b_2 , гідравлічний ККД відцентрового насоса η_2 .

Значення n_s , D_2 , b_2 , η_2 визначають при розрахунку робочого колеса відцентрового насоса.

Як вже зазначалося вище, спіральний відвід відцентрового насоса (див. рис. 2.1) складається із двох елементів: камери змінного перерізу – спіральна ділянка, розміщена навколо робочого колеса, і дифузора. Перерізам спіральної ділянки в меридіанній площині надається одна з форм, поданих на рис. 2.3 (а – трапецієподібна; б – кругла; в – прямокутна). Найпоширенішою в насособудуванні є трапецієподібна форма. Але для насосів малого розміру й низької швидкохідності часто застосовується прямокутна форма. Дифузор відцентрового насоса може бути з прямою віссю (див. рис. 1 а) або непрямою віссю (див. рис. 1 б).

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						22
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

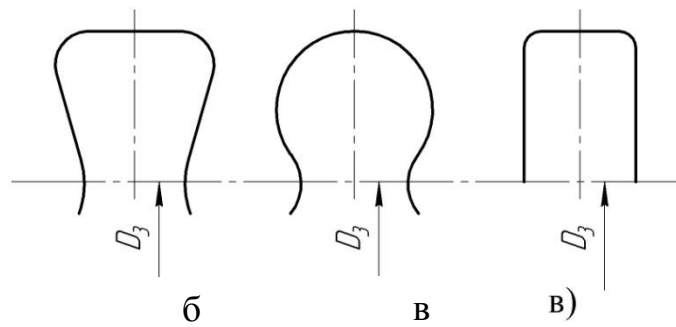


Рисунок 3.4 – Форми меридіанного перерізу спірального відвода

Діаметр початкової окружності D_3 рекомендують вибрати з умови мінімальних гідравлічних втрат у зазорі між робочим колесом відцентрового насоса і відводом і мінімальною віброактивністю насоса. Цю умову задовольняє такий вираз для D_3 , м:

$$D_3 = 2R_3 = 2(1,03 - 1,05)R_2,$$

$$D_3 = 2 \cdot (1,03 - 1,05) \cdot 0,2 = 0,412 - 0,42 = 0,415 \text{ м}.$$

Ширину b_3 вибирають залежно від ширини b_2 і діаметра D_2 на виході лопатевого колеса відцентрового насоса:

$$b_3 \approx b_2 + 0,05D_2,$$

$$b_3 \approx 0,025 + 0,05 \cdot 0,4 = 0,045 \text{ м}.$$

Нахил бічних стінок може задаватися відношенням a/h або кутом γ (див. рис. 3.5).

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

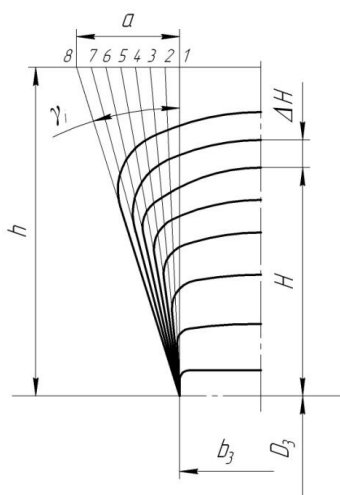


Рисунок 3.5 – Нахил бічних стінок спірального відвода

Кут нахилу бічних стінок можна задати, знаючи коефіцієнт швидкохідності.

Так, для спірального відводу відцентрового насоса з радіальним виходом приймаємо $\gamma = 25^\circ$.

Кут обхвату спіралі відцентрового насоса $\varphi_{сп} = 360^\circ$

Для визначення площі розрахункового перерізу може бути використаний графоаналітичний метод, за яким розрахункова площа розбивається на n елементарних площадок однакової висоти (див. рис. 3.6). Для більш точного розрахунку краще брати якнайменшим (як правило, беруть 1 мм). Далі визначається витрата рідини через площадки, отримані витрати підсумовуються. При цьому постійно проводиться порівняння сумарної витрати з подачею насоса. Розрахунок проводиться доти, поки сумарна витрата не перевищить значення подачі насоса ($Q_{розрах} \approx 1,05Q$).

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

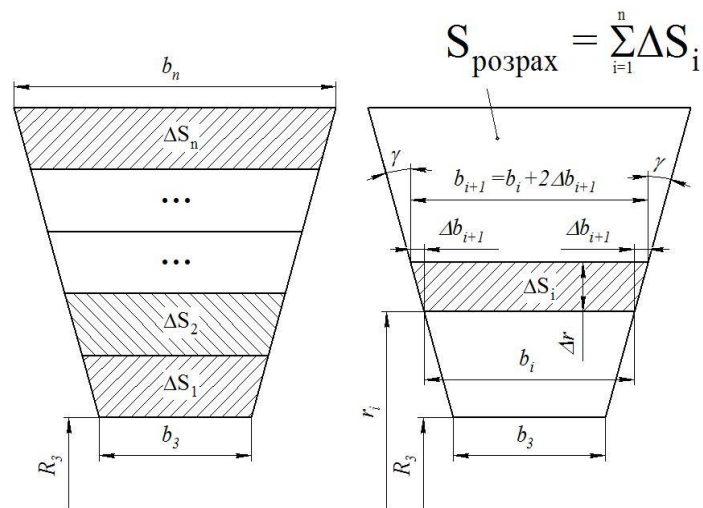


Рисунок 3.6 – Схема визначення площі розрахункового перерізу спіралі й основних розмірів елементарних площадок цього перерізу

Ширина проміжних перерізів b_{i+1} (див. рис. 2.6) визначається за формулою

$$b_{i+1} = b_i + 2\Delta b_{i+1} = b_i + 2 \cdot \Delta r \cdot \operatorname{tg}(\gamma).$$

Момент швидкості K_2 , $\text{м}^2/\text{с}$, на виході з робочого колеса для насосів типу К і В визначається так:

$$K_2 = V_{u_2} \cdot R_2 = \frac{g \cdot H_m}{\omega},$$

$$K_2 = \frac{9,81 \cdot 67,1}{157} = 4,23 \text{ м}^2/\text{с},$$

де V_{u_2} – окружна складова абсолютної швидкості потоку на виході з робочого колеса відцентрового насоса, $\text{м}/\text{с}$;

R_2 – зовнішній радіус робочого колеса, м ;

$H_m = \frac{H}{\eta_c}$ – теоретичний напір відцентрового насоса, м ;

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ – прискорення вільного падіння;

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ – кутова швидкість обертання робочого колеса відцентрового насоса, с^{-1} .

Витрата ΔQ_i , $\text{м}^3/\text{с}$, через елементарну площадку визначається за формулою

$$\Delta Q_i = K_2 \cdot \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \cdot \Delta r \cdot \frac{360}{\varphi_{\text{сп}}}$$

3.2.2 Розрахунок і проектування дифузорної ділянки

Дифузорна ділянка (див. рис. 3.7) починається від розрахункового перерізу 8 і закінчується окружністю напірного патрубку діаметром $D_{\text{вих}}$. При розрахунку дифузора можна використовувати такі рекомендації:

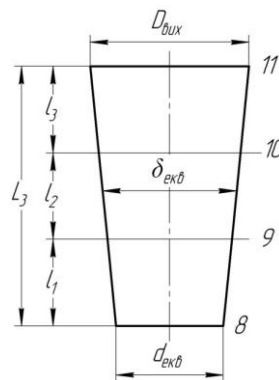


Рисунок 3.7 – Основні розміри дифузорної ділянки

- середня швидкість на виході з насоса ($V_{\text{вих}}$) повинна лежати в межах від 2 до 8 м/с;

- діаметр напірного патрубку визначається з умови нерозривності потоку з урахуванням рекомендацій попереднього пункту за формулою

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$D_{вих} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V_{вих}}},$$

$$D_{вих} = \sqrt{\frac{4 \cdot 710}{3,14 \cdot 6,48 \cdot 3600}} = 0,189 м;$$

- після розрахунку $D_{вих}$ його значення повинне бути скореговане відповідно до такого ряду: 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400 мм і т. д.. Обираємо $D_{вих} = 200 мм$

- довжина дифузора L і кут його конусності повинні визначатися з умови мінімальних гідравлічних втрат:

$$\varepsilon_{opt} = 2 \arctg \left(\frac{D_{вих} - d_{екв}}{2L} \right),$$

де $\varepsilon_{opt} = 8 - 10^\circ$ – оптимальний кут конусності дифузора;

$$d_{екв} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{розрах}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6832,4}{3,14}} = 91,95 мм \quad - \quad \text{еквівалентний діаметр}$$

розрахункового перерізу (див. рис. 2.10, 2.11).

Остаточний вибір L здійснюється з урахуванням конструктивних міркувань. Величина L повинна виражатися круглою цифрою, що закінчується на 0 або 5.

Приймаємо $L = 445 мм$.

Для виготовлення моделі корпусу необхідно задати, щонайменше, два проміжних перерізи дифузора (див. рис. 3.7, 3.7). Рекомендації з їхнього проектування такі:

а) сполучають окружність діаметром $D_{вих}$ і нижню основу дифузора таким чином, щоб центр окружності збігався із серединою висот нижньої основи (див. рис. 3.7);

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						27
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

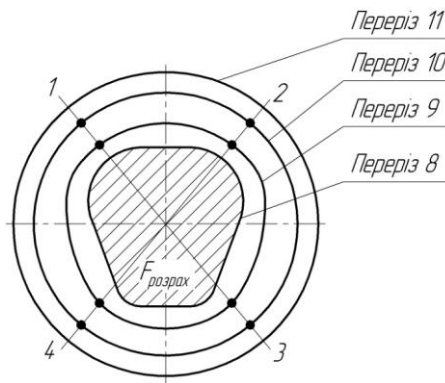


Рисунок 3.7 – Схема побудови проміжних перерізів дифузора

б) довільно проводять промені 1, 2, 3 і т. д. і ділять відрізки цих променів між контурами основ конуса (між перетинами 8 й 11) на частини, пропорційні відрізкам l_1 , l_2 і l_3 (див. рис. 3.7, 3.8). Отримані точки з'єднуються плавними кривими, які і будуть шуканими перерізами 9–9 й 10–10.

На кресленні відвода дані перерізи повинні бути позначені необхідними для побудови розмірами.

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

4 ВИБІР ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Потужність, споживана відцентровим насосом, визначається за формулою

$$N = \frac{\rho g Q H}{3600 \eta} = \frac{1300 \cdot 9,81 \cdot 710 \cdot 65}{3600 \cdot 0,629} = 229588 \text{ Вт} = 229 \text{ кВт},$$

Максимальна потужність споживана двигуном визначається за формулою

$$N_{\max} = 1,1 \cdot N,$$

$$N_{\max} = 1,1 \cdot 229588 = 252547 \text{ Вт} = 253 \text{ кВт}.$$

За каталогом вибираємо електродвигун: 4AM355M4 У3: N=315 кВт;
 $n_{\text{синх}} = 1500$ об/хв; $\eta = 94,5$ %.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						29
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРАХУНК НА МІЦНІСТЬ

5.1 Розрахунок вала

Конструювання вала відцентрового насоса починається з визначення його діаметрів (див. рис. 5.1)

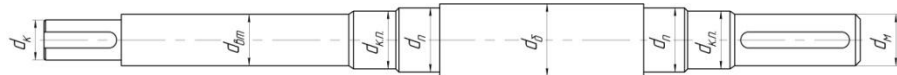


Рисунок 5.1 - Розміри діаметрів вала насоса

Діаметр вала під робочим колесом відцентрового насоса (м) визначається з розрахунку на кручення за формулою

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\max}}{\pi \cdot [\tau]}}$$

$$d_e = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1588}{3,14 \cdot 15 \cdot 10^6}} = 83,133 \text{ мм} \approx 85 \text{ мм.}$$

де $[\tau] = (10 \div 30) \cdot 10^6$ - дотичне напруження при крученні, Па.

Діаметр вала під захисну втулку, мм:

$$d_{om} = (20 - 40) + d_e$$

$$d_{om} = (20 - 40) + 85 = 105 - 125 \text{ мм} \approx 110 \text{ мм}$$

Діаметр вала під напівмуфту, мм:

$$d_m = 0,8 \div 1,2 d_{os}$$

$$d_m = 68 - 102 \approx 90 \text{ мм}$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

де $d_{\text{де}}$ - вихідний кінець вала обраного двигуна, мм.

Діаметр вала під манжету, розміщену у кришці підшипника:

$$d_{\text{к.п.}} = d_{\text{м}} + (5 \div 10),$$

$$d_{\text{к.п.}} = 90 + (5 \div 10) = 114 \text{ мм}.$$

Після розрахунку діаметр уточнюють за стандартним розміром манжет.

Діаметр посадочної поверхні підшипника, мм:

$$d_{\text{п}} \geq d_{\text{к.п.}} + 2 \cdot t,$$

$$d_{\text{п}} \geq 114 + 2 \cdot 3 \geq 120 \text{ мм}$$

де $t = 3$ мм – висота буртика.

Діаметр буртика для упору підшипника, мм:

$$d_{\text{б}} \geq d_{\text{п}} + 3 \cdot r,$$

$$d_{\text{б}} \geq 120 + 3 \cdot 4 \geq 132 \text{ мм}$$

де $r = 4$ мм – координата фаски підшипника.

5.2 Розрахунок осьової та радіальної сили

Визначаємо число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{nD_2^2}{\nu},$$

Де ν – кінематична в'язкість робочої рідини.

$$\text{Re} = \frac{1500 \cdot 0,4^2}{60 \cdot 4,69 \cdot 10^{-6}} = 0,79 \cdot 10^6$$

Коефіцієнти для розрахунку $\beta=0,8$ та $\psi_r=0,38$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Кутова швидкість обертання ротора відцентрового насоса:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 (c^{-1})$$

Розраховуємо відносний радіус втулки:

$$\bar{R}_{em} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\bar{R}_{em} = \frac{0,174}{0,4} = 0,435$$

Приймаємо коефіцієнт $k=0,486$

Визначаємо результуючу осьову силу:

$$A = \pi \rho g H \left[\beta (R_2^2 - R_{em}^2) - \Psi_z (R_2^2 - R_1^2) \right] - \frac{\pi}{4} k^2 \rho R_2^4 \omega^2 (1 - \bar{R}_{em}^2)^2$$

$$A = 3,14 \cdot 1300 \cdot 9,81 \cdot 65 \cdot \left[0,79 (0,18^2 - 0,054^2) - 0,41 (0,18^2 - 0,091^2) \right] - \frac{3,14}{4} \cdot 0,501^2 \cdot 1300 \cdot 0,18^4 \cdot 156,5^2 \cdot (1 - 0,428^2)^2 = 34885 (H)$$

Радіальну силу визначаємо за формулою:

$$R = k_r \left(1 - \left(\frac{Q}{Q_{onm}} \right)^2 \right) \rho H D_2 b_2 g$$

Де $k_r=0,2$ – коефіцієнт для радіальної сили насосі

$$R = 0,2 \cdot 1300 \cdot 65 \cdot 0,18 \cdot 0,044 \cdot 9,81 = 1344,3 (H)$$

Осьова сила на імперелері відцентрового насоса

$$T_{\text{л}} = \frac{3}{8} \rho g \left(\frac{\pi D_{2u}^2}{4} - \frac{\pi d_{em1}^2}{4} \right) \left(\frac{U_2^2 - U_{em}^2}{2g} \right);$$

де D_{2u}^2 – зовнішній діаметр імперелера відцентрового насоса

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

d_{em1} – внутрішній діаметр імпелера відцентрового насоса

Розраховуємо швидкості за формулами

$$U_2 = \frac{\pi \cdot n \cdot D_{2u}}{60}$$

$$U_{em} = \frac{\pi \cdot n \cdot d_{em1}}{60}$$

де U_2, U_1 – швидкості на виході та на вході в імпелері відцентрового насоса.

$$U_2 = \frac{3,14 \cdot 1500 \cdot 0,244}{60} = 19,2 (м/с)$$

$$U_{em} = \frac{3,14 \cdot 1500 \cdot 0,125}{60} = 9,85 (м/с)$$

$$T_n = \frac{3}{8} \cdot 1300 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 0,251^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,118^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{20,04^2 - 10,07^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 2433 (Н)$$

Осьова сила, яка діятиме на ротор відцентрового насоса:

$$\Delta A = A - T_n$$

$$\Delta A = 34885 - 2433 = 32452 (Н)$$

5.3 Вибір кінцевого ущільнення

Для обраної конструктивної схеми відцентрового насоса у якості кінцевого ущільнення вала використовуємо сальникове ущільнення (рис. 5.2).

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

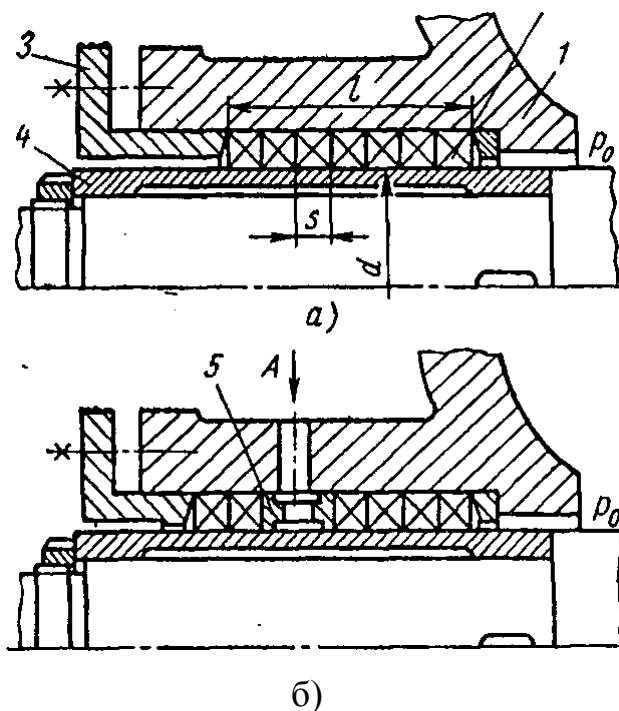


Рисунок 5.2 - Схема сальникового ущільнення
а)-без промивки; б)-з промивкою;

Вибираємо сальникове ущільнення відцентрового насоса за схемою- б).

Для надійної роботи насоса необхідно забезпечити підпір на вході в насос. Підпір, виміряний у всмоктуючому патрубку, повинен бути не менше 1 м. З метою захисту сальникового ущільнення від зносу у вузол ущільнення подається запірна рідина під тиском, який перевищує тиск на виході з насосу на 0,05 МПа. У якості запірної рідини використовується технічно чиста вода з температурою не вище 40°C. Витрати води, яка подається до сальника 0,01м³/год. Згідно [3] товщина кільця набивки:

$$s = \sqrt{d}$$

Де d – діаметр вала відцентрового насоса в місці набивки сальника (d = 120 мм)

$$s = \sqrt{120} = 10,9(мм)$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Приймаю $S = 10\text{мм}$.

Довжина сальникового ущільнення рівна:

$$L = iS ,$$

Де i – кількість кілець набивки ($i=3$)

$$L = 4 \cdot 10 = 40 \text{ (мм)}$$

Згідно ГОСТ 5152-84 обираємо сальникову набивку з одношаровим обплетенням марки АГИ 10х10.

5.4 Розрахунок насоса на кавітацію

Для розрахунку відцентрового насоса на кавітацію приймають коефіцієнт Руднева.

$$c = \frac{5,62 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{\Delta h^{\frac{3}{4}}},$$

$$c = \frac{5,62 \cdot 1500 \cdot \sqrt{\frac{710}{3600}}}{5,21^{\frac{3}{4}}} = 1101,$$

де n – частота обертання відцентрового насоса, об/хв.;

Q – подача відцентрового насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

Δh – критичний кавітаційний запас відцентрового насоса, м.

Виникнення кавітації у лопатевих насосів насамперед пов'язано з висотою всмоктування. Перед пуском насоса в роботу трубопровід повинен бути заповнений водою. Перший критичний режим відноситься до появи перших ознак впливу кавітації на характеристику насоса. Практично

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

кавітація наступає раніше, але носить локальний характер. Коефіцієнт C змінюється в межах 800...1000.

Знаходимо значення критичного кавітаційного запасу відцентрового насоса для першого критичного режиму.

Розрахуємо кавітаційний запас відцентрового насоса за формулою:

$$\Delta h = \lambda_1 \frac{V_0^2}{2g} + \lambda_2 \frac{W_1^2}{2g},$$
$$\Delta h = 1,18 \cdot \frac{5,014^2}{2 \cdot 9,81} + 0,29 \cdot \frac{16,02^2}{2 \cdot 9,81} = 5,21 \text{ м}$$

де W_1 - відносна швидкість на вході в робоче колесо відцентрового насоса, м/с;

λ_1, λ_2 - середні значення коефіцієнтів при безударному вході. Беруть такими, що дорівнюють $\lambda_1 = 1,2$ та $\lambda_2 = 0,3$.

Швидкість W_1 визначають за формулою:

$$W_1 = \frac{V_{1m}}{\sin \beta_1},$$
$$W_1 = \frac{6,021}{\sin 22} = 16,02 \text{ м/с}$$

де β_1 - кут установлення лопаті на вході в робоче колесо відцентрового насоса;

V_{1m} - меридіанна складова абсолютної швидкості на вході в робоче колесо відцентрового насоса, м/с.

Кут β_1 визначається з теоретичного креслення робочого колеса відцентрового насоса.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

5.5 Розрахунок реакцій в опорах

Із попередніх розрахунків відцентрового насоса маємо значення радіальної сили: $R=1398,5$ Н.

Осьову силу визначаємо як суму сил (гідравлічної сили та ваги ротора)

$$A = \Delta A + m_p \cdot g,$$

де $m_p=140$ кг – маса ротора відцентрового насоса.

$$A = \Delta A + m_p \cdot g = 32452 + 152 \cdot 9,81 = 33943 \text{ Н}$$

Розраховуємо реакції опор відцентрового насоса за схемою:

Для визначення реакції в підшипникових опорах відцентрового насоса складаємо рівняння моментів сил відносно точок опор.

R_A и R_B – реакції в опорах А та В.

Розміри вала: $l_1 = 362$ мм; $l_2 = 312$ мм;

$$\Sigma M_A = R \cdot l_1 - R_B \cdot l_2 = 0;$$

$$R_B = \frac{R \cdot l_1}{l_2} = \frac{1407,2 \cdot 362}{312} = 1722,3 \text{ (Н)}$$

$$\Sigma M_B = R \cdot (l_1 + l_2) - R_A \cdot l_2 = 1407,2 \cdot (362 + 312) - 3122 \cdot 312 = 0;$$

$$R_A = \frac{R \cdot (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{1407,2 \cdot (362 + 312)}{312} = 3122 \text{ (Н)}$$

Перевірка

$$\Sigma F = 0;$$

$$R - R_A + R_B = 0;$$

$$1407,2 - 3122 + 1722,8 = 0$$

Умова виконується.

$M_{зг. \max}$ - максимальний згинальний момент, Н·м.:

$$M_{зг. \max} = R \cdot l_1 = 1407,2 \cdot 0,362 = 511 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

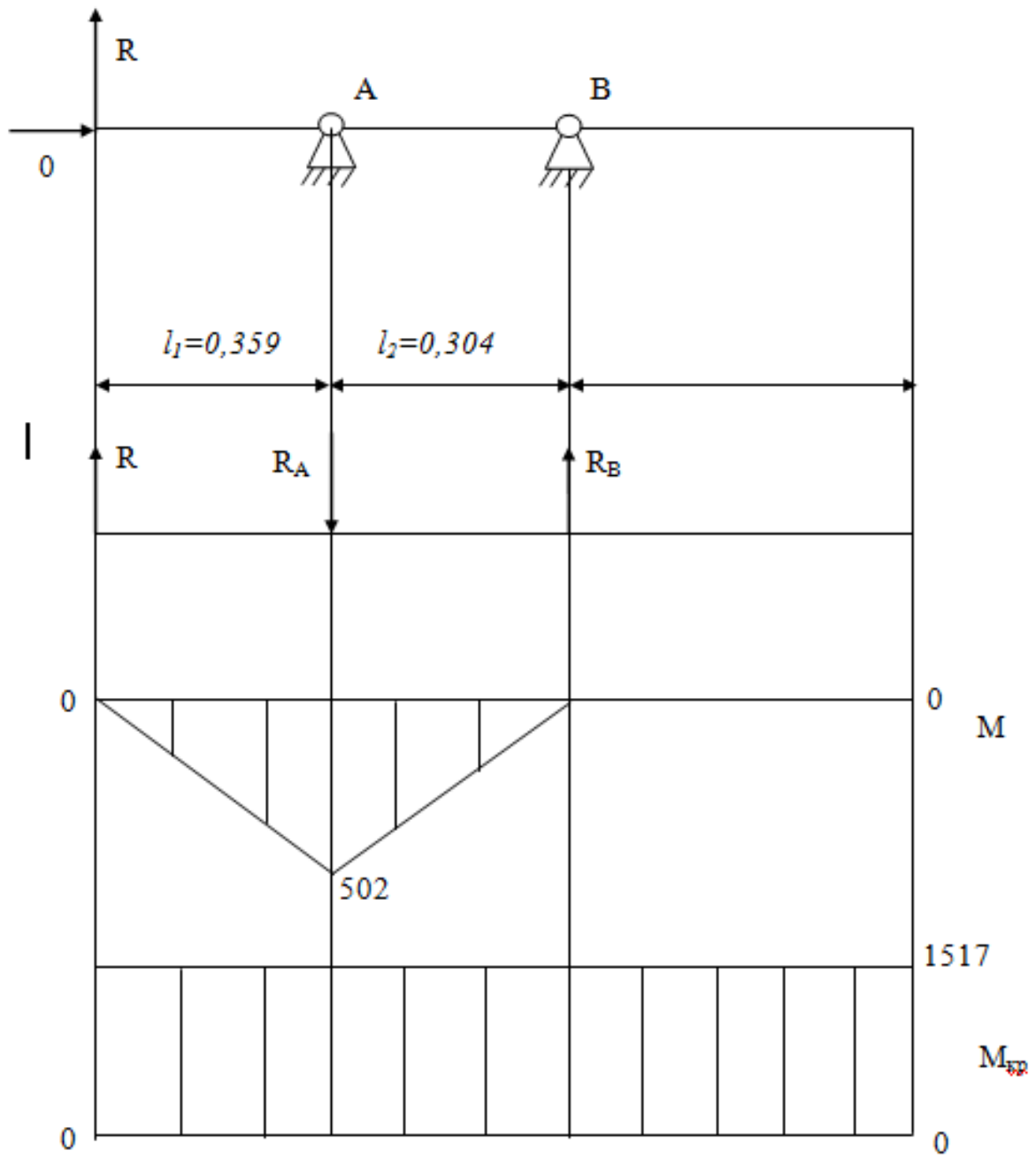


Рисунок 5.3. - Приблизний розрахунок вала

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

5.6 Вибір підшипників

Підбираємо підшипники відцентрового насоса по більш навантаженій опорі А.

Попередньо обираємо радіально-упорні роликові підшипники 1036924 : $d=120$ мм, $D=260$ мм, $B=69$ мм, $C=737$ кН, $C_0=685$ кН.

Еквівалентне навантаження знаходимо за формулою:

$$P = (XVR_A + YA)k_\sigma k_m$$

$V=1,45$ – коефіцієнт для обертання внутрішнього кільця;

$X=0,4$ – коефіцієнт вибраний за табл. 9.18 [2 стр. 212];

$k_\sigma=1,4$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.19 [2, стр. 214];

$k_T=1,35$ – коефіцієнт вибраний із табл. 9.20 [2 стр. 214];

$Y=1$ –

$$P_E = (0,35 \cdot 1,52 \cdot 3123 + 1 \cdot 343579) \cdot 1,39 \cdot 1,41 = 70255 (H)$$

Розрахункова довговічність в млн. об. знаходиться за формулою:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3}$$

$$L = \left(\frac{737000}{70255} \right)^{10/3} = 3107 (\text{млн.об})$$

Визначаємо довговічність підшипника відцентрового насоса в год.:

$$L_n = \frac{10^6 L}{60n} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

$$L_n = \frac{10^6}{60 \cdot 1500} \cdot 3107 = 34122 \text{ год.}$$

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

5.7 Розрахунок вала на міцність

Крутний момент у попеченому перетині $M = 498(\text{Н} \cdot \text{м})$. Діаметр вала відцентрового насоса рівний $d=90$ мм. Діаметр під підшипниками відцентрового насоса $d_{\text{п}}=120$ мм.

Перетин А-А. У цьому перетині концентрацію напружень викликає наявність пазу для шпонки.

Коефіцієнт запасу міцності вала відцентрового насоса:

$$s = s_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_v + \psi_{\tau} \tau_m}$$

Де амплітуда та середнє напруження від нульового циклу

$$\tau_v = \tau_m = \frac{\tau_{\max}}{2} = \frac{M}{2W_k}$$

При $d=90$ мм, $b=24$ мм, $t_1=5,4$ мм.

$$W_k = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{b t_1 (d - t_1)^2}{2d}$$

$$W_k = \frac{3,14 \cdot 95^3}{16} - \frac{22 \cdot 5,5 \cdot (95 - 5,5)^2}{2 \cdot 95} = 140255 (\text{мм}^3)$$

Тоді розраховуємо напруження:

$$\tau_v = \tau_m = \frac{1702 \cdot 10^3}{2 \cdot 140255} = 6,11 (\text{МПа})$$

Приймаємо $k_{\tau}=1,68$, $\varepsilon_{\tau}=0,61$ та $\psi_{\tau}=0,1$.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$\sigma_{-1} = 0,35 \cdot \sigma_B + (70 \div 120) = 0,35 \cdot 840 + 90 = 387,2, \text{ МПа,}$$

де $\sigma_B = 850 \text{ МПа}$ – межа міцності матеріалу вала (Сталь 40Х).

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 387,2 = 215,22, \text{ МПа;}$$

Розраховуємо:

$$s = s_\tau = \frac{221,22}{\frac{1,71}{0,64} \cdot 6,12 + 0,15 \cdot 6,12} = 12,3;$$

12,3) [S]

Так як [s]=2,5, то умова виконується.

5.8 Перевірка міцності шпонкового з'єднання

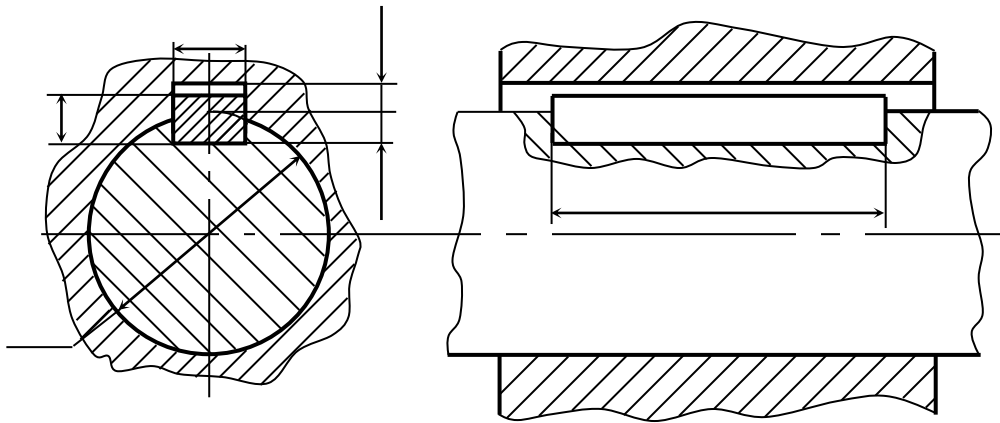


Рисунок 5.4 – Схема шпонкового з'єднання

5.8.1 Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з колесом

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал вала - Сталь 40Х;

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- матеріал шпонки – Сталь 45.

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

Під час розрахунку шпонкового з'єднання вала з робочим колесом відцентрового насоса визначається напруження на зминання, МПа:

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

де $t_1 = 5,2 \text{ мм}$ – глибина паза вала (вибирається за довідковою літературою), мм;

$h = 12 \text{ мм}$ – висота шпонки, мм;

$d = d_k = 80 \text{ мм}$ – діаметр вала, мм;

$M_{\max} = 1702 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - підставляється в Н·м;

l_p – робоча довжина шпонки, мм:

$$l_p = l - b = 110 - 20 = 90 \text{ мм},$$

де $l = 110 \text{ мм}$ - довжина шпонки, мм;

$b = 20 \text{ мм}$ - ширина шпонки, мм.

Допустиме напруження на зминання:

$$[\sigma]_{зм} = 0,56 \cdot \sigma_{0,2} = 0,56 \cdot 351 = 201 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 1702 \cdot 10^3}{80 \cdot 95 \cdot (12 - 5,2)} = 49,8 \text{ (МПа)}$$

де $\sigma_{0,2} = 343$ МПа - межа текучості матеріалу шпонки.

При розрахунку на зминання повинна виконуватися умова

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$\sigma_{з.м} \leq [\sigma]_{з.м} .$$

Перевірка шпонки на зріз, МПа:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M_{\max}}{d \cdot l \cdot b} \cdot 10^3 .$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 1702}{80 \cdot 110 \cdot 20} \cdot 10^3 = 14,1 \text{ МПа}$$

Значення d , l , b підставляються в мм.

При розрахунку шпонки на зріз повинна виконуватися умова

$$\tau_{зр} \leq [\tau]_{зр} .$$

Допустиме напруження на зріз шпонок $[\tau]_{ср} = 70 \dots 100$ МПа

$$13,7 \leq 70$$

Отже, обираємо Шпонку 25×14×115 ГОСТ 23360-78.

5.8.2 Розрахунок на міцність шпонкового з'єднання вала з напівмуфтою.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал вала - Сталь 40Х;
- матеріал шпонки – Сталь 45.

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

Під час розрахунку шпонкового з'єднання вала з робочим колесом відцентрового насоса визначається напруження на зминання, МПа:

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

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

де $t_1 = 5,2 \text{ мм}$ – глибина паза вала відцентрового насоса (вибирається за довідковою літературою), мм;

$h = 12 \text{ мм}$ – висота шпонки, мм;

$d = d_k = 95 \text{ мм}$ – діаметр вала відцентрового насоса, мм;

$M_{\max} = 1702 \text{ Н} \cdot \text{м}$ - підставляється в Н·м;

l_p – робоча довжина шпонки, мм:

$$l_p = l - b = 100 - 20 = 80 \text{ мм},$$

де $l = 100 \text{ мм}$ - довжина шпонки, мм;

$b = 20 \text{ мм}$ - ширина шпонки, мм.

Допустиме напруження на зминання:

$$[\sigma]_{зм} = 0,56 \cdot \sigma_{0,2} = 0,56 \cdot 351 = 201 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 1702 \cdot 10^3}{95 \cdot 80 \cdot (12 - 5,2)} = 60,2 \text{ (МПа)}$$

де $\sigma_{0,2} = 343$ МПа - межа текучості матеріалу шпонки.

При розрахунку на зминання повинна виконуватися умова

$$\sigma_{зм} \leq [\sigma]_{зм}.$$

Перевірка шпонки на зріз, МПа:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M_{\max}}{d \cdot l \cdot b} \cdot 10^3.$$

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
						44
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 1702}{98 \cdot 100 \cdot 20} \cdot 10^3 = 15,1 \text{ МПа}$$

Значення d , l , b підставляються в мм.

При розрахунку шпонки на зріз повинна виконуватися умова

$$\tau_{зр} \leq [\tau]_{зр}.$$

Допустиме напруження на зріз шпонок $[\tau]_{ср} = 70 \dots 100 \text{ МПа}$

$$15,1 \leq 70$$

Отже, обираємо Шпонку $25 \times 14 \times 90$ ГОСТ 23360-78.

5.9 Вибір муфт

Для з'єднання вала електродвигуна з валом відцентрового насоса муфту пружну втулково-пальцеву МУВП-2200-80-2-90-1-УЗ ГОСТ 21424-84.

Оскільки момент, що передається муфтою $M = 1702 \text{ Н} \cdot \text{м}$ не перевищує допустимий $[M] = 2200 \text{ Н} \cdot \text{м}$, перевірочний розрахунок муфти не виконуємо.

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

6 РОЗДІЛ 3 ОХОРОНИ ПРАЦІ

Захист від дії вібрації на організм людини

Основні заходи, які застосовують для захисту людини (працівника) від шкідливої та небезпечної дії вібрації у виробничих умовах під час роботи на виробництві можна поділити на технічні, організаційні і лікувально-профілактичні, а також на колективні та індивідуальні.

До технічних заходів слід віднести наступні:

– зниження вібрації у самому джерелі її виникнення (вибір на стадії проектування кінематичних і технологічних схем обладнання та устаткування, які значною мірою знижують динамічні та інші види навантаження в устаткуванні та ін.);

– зниження вже діючої вібрації від роботи працюючого технологічного обладнання на шляху його розповсюдження безпосередньо від джерела його виникнення (вібропоглинання вібрації, віброгасіння вібрації, віброізоляція технологічного обладнання).

До організаційних заходів слід віднести наступні:

– організаційно-технічні заходи зниження вібрації (проведення своєчасного ремонту та обслуговування технологічного та іншого обладнання за технологічним регламентом, контроль величини гранично допустимих рівнів вібрації обладнання та устаткування, дистанційне управління вібронебезпечним обладнанням);

– організаційно-режимні заходи зниження вібрації (забезпечення відповідного режиму праці та відпочинку працівників (робітників), заборону залучення до проведення вібраційних робіт особам, молодшим за 18 років, тощо).

До лікувально-профілактичних заходів зниження вібрації необхідно віднести наступні:

– періодичні медичні огляди працівників (персоналу);
– лікувальні процедури для працівників (фізіологічні процедури, вітамінно- та фітотерапія).

Найважливіший напрям захисту працівників (робітників) від вібрації – це застосування конструктивних (на стадії проектування) методів зниження вібраційної активності машин (обладнання, устаткування, приладів) та механізмів, наприклад, за рахунок зменшення до припустимих величин діючих змінних сил у конструкції обладнання (устаткування) та зміні її

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

основних параметрів (жорсткості конструкції, приведеної маси обладнання, сили тертя у парах тертя, використання демпфувальних пристроїв).

Для зниження шкідливої та небезпечної дії вібрації на обладнання (устаткування) та людину (працівника, робітника) також широко використовують метод віброізоляції обладнання (устаткування), який полягає у введенні в коливальну систему додаткового пружного зв'язку. Цей додатковий зв'язок призначений для послаблення передавання вібрації від джерела вібрації до об'єкту, який підлягає захисту від шкідливої та небезпечної дії вібрації. Для віброізоляції технологічного обладнання з вертикальною збуджувальною силою зазвичай використовують віброізолювальні опори у вигляді пружин, пружних прокладок, наприклад із гуми, та їх різноманітні комбінації.

Якщо за рахунок застосування різноманітних технічних засобів не вдається зменшити рівень вібрації технологічного обладнання до припустимої норми, то у цьому випадку передбачають забезпечення робітників (персоналу) засобами індивідуального захисту. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) можна застосовувати як для всього тіла працюючої людини, так й окремо для її ніг та її рук. Як такі засоби можна використовувати віброізолювальні рукавиці та віброізолювальне взуття, які мають у своїй конструкції пружні прокладки, які захищають робітника (персонал) від небезпечного та шкідливого впливу високочастотної місцевої вібрації технологічного обладнання. Ефективність від застосування таких рукавиць і взуття не є дуже високою, оскільки товщина таких віброізолювальних прокладок не може бути дуже великою. Саме через це вони не можуть дати відчутного зменшення шкідливої та небезпечної вібрацій на низьких частотах, а на високих (більш ніж 100 Гц) ефективність їх застосування зменшується за рахунок хвильових властивостей біологічних тканин людського тіла. Загалом засоби, призначені для індивідуального захисту від шкідливого та небезпечного впливу загальної та локальної вібрації (взуття, рукавиці тощо), обов'язково повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.4.024–76. «ССТБ. Обувь специальная виброзащитная» та ГОСТ 12.4.002–74 «ССБТ Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования».

Для зниження небезпечного та шкідливого впливу локальної вібрації, що діє на працівників (персонал) під час їхньої роботи з перфораторами та відбійними молотками, обов'язково використовують спеціальні захисні пристрої до органів керування. Ними можуть бути пристрої, до складу яких входять елементи пружності, які згинаються, стискаються або ж

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

скручуються, або спеціальні пристрої із телескопічними чи шарнірними елементами.

Під час оцінювання вібраційного навантаження на працівника (робітника) кращим параметром є віброприскорення.

Шкідливі та небезпечні наслідки від дії вібрації зростають зі збільшенням швидкохідності машин (обладнання, устаткування) та механізмів, оскільки енергія їхнього коливального процесу зростає пропорційно квадрату частоти коливань (або частоти обертання валу технологічної машини).

За способом передавання на працівника (робітника) відрізняють загальну та локальну вібрації.

Загальна вібрація зазвичай передається через опорні поверхні (ступні ніг або сідниці) на тіло працюючої людини, яка сидить або ж стоїть.

Локальна вібрація зазвичай передається через руки працюючої людини.

Організм працюючої людини є особливо чутливим до вертикальних струсів, тобто коли людина стоїть і коливання від працюючого обладнання поширюються від ніг людини до її голови.

Залежно від її тривалості, інтенсивності її дії, її частоти, а також умов праці вібрація від працюючого технологічного обладнання спричиняє стійкі патологічні зміни в нервовій системі працюючої людини (порушення процесів збудження та гальмування), опорно-руховому апараті працюючої людини (деформація суглобів, втрата сили м'язів) та кровоносній системі працюючої людини (звуження або розширення периферійних судин).

Особливо небезпечними для працюючої людини є коливання технологічного та іншого обладнання з частотою 4-8 Гц, що збігаються із власною частотою коливань цілої низки внутрішніх органів працюючої людини, які пружно закріплені на скелеті працюючої людини (серце, печінка, нирки тощо), і близько 30 Гц (частота власних коливань тіла працюючої людини).

Найбільш шкідливим та небезпечним для працюючої людини є одночасний вплив вібрації, шуму та низької температури оточуючого повітря, а оскільки у виробничих умовах (на підприємстві, установі) шум та вібрація завжди є супутниками, то їхній спільний шкідливий вплив може призвести до виникнення професійного захворювання людини – віброшумової хвороби працівника. Ця небезпечна хвороба дуже важко піддається лікуванню і може стати причиною виникнення інвалідності працівника. Особливо небезпечною та шкідливою ця професійна хвороба є для працюючих жінок через ризик втрати ними репродуктивної функції.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Гігієнічне нормування допустимого рівня вібрації у виробничому приміщенні проводять згідно із ГОСТ 12.1.012-90 окремо для загальної вібрації у виробничому приміщенні та для локальної вібрацій у виробничому приміщенні.

Для забезпечення вібраційної безпеки праці у виробничому приміщенні запроваджені наступні критерії оцінки несприятливого та шкідливого впливу вібрації на працівників у виробничому приміщенні:

1) критерій "безпека", який забезпечує непорушність здоров'я оператора у виробничому приміщенні, а також виключає можливість виникнення у виробничому приміщенні травмонебезпечних або аварійних ситуацій унаслідок шкідливого та небезпечного впливу вібрації у виробничому приміщенні. Застосовується для оцінювання транспортної вібрації у виробничому приміщенні;

2) критерій "зниження" продуктивності праці працівників (робітників), що забезпечує у виробничому приміщенні підтримку нормативної (встановленої) продуктивності праці оператора (працівника), яка не зменшується внаслідок розвитку втоми оператора (працівника) під впливом вібрації у виробничому приміщенні. Застосовується для оцінювання транспортно-технологічної та технологічної вібрації у виробничому приміщенні;

3) критерій "комфорт" працівників (робітників), який забезпечує оператору (працівнику) відчуття комфортності умов праці у виробничому приміщенні при повній відсутності впливу вібрації у виробничому приміщенні, який йому заважає. Застосовується для оцінювання вібрації у виробничому приміщенні на робочих місцях працівників (робітників) розумової праці та персоналу (робітників), що не займається фізичною працею у виробничому приміщенні.

Засоби захисту працівників (робітників) від вібрації у виробничому приміщенні поділяються на колективні та індивідуальні. Засоби колективного захисту робітників (працівників), у свою чергу, бувають:

- 1) ті, що впливають на джерело збудження у виробничому приміщенні;
- 2) засоби захисту від вібрації у виробничому приміщенні на шляхах її поширення.

До першої групи засобів захисту від вібрації належать такі засоби захисту:

- динамічне зрівноважування у виробничому приміщенні;
- антифазна синхронізація у виробничому приміщенні,

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- змінювання характеру збурюючих впливів у виробничому приміщенні;
- зміна конструктивних елементів джерела збудження у виробничому приміщенні;
- зміна частоти коливань у виробничому приміщенні.

Вони використовуються у виробничому приміщенні, зазвичай, на етапі проектування або виготовлення машини у виробничому приміщенні.

Вібродемпферування. Це процес зменшення вібрацій захищеного об'єкта у виробничому приміщенні шляхом перетворення енергії механічних коливань якоїсь коливальної системи у виробничому приміщенні на теплову енергію.

Збільшення втрат енергії у системі у виробничому приміщенні може бути пов'язане з:

- використанням новітніх конструктивних матеріалів із великим внутрішнім тертям;
- нанесенням на віброуючі поверхні у виробничому приміщенні шару пружнов'язких матеріалів, що мають великі втрати на внутрішнє тертя у виробничому приміщенні;
- застосуванням поверхневого тертя у виробничому приміщенні (при коливаннях згину двох пластин у виробничому приміщенні, які скріплені та щільно прилягають одна до одної у виробничому приміщенні);
- переведенням механічної коливальної енергії у виробничому приміщенні в енергію струмів Фуко або електромагнітного поля у виробничому приміщенні.

Віброізоляція, Цей спосіб захисту у виробничому приміщенні полягає у зменшенні передачі коливань від джерела збудження захищеного об'єкта у виробничому приміщенні за допомогою пристроїв у виробничому приміщенні, що розташовуються у виробничому приміщенні між ними. Віброізоляція здійснюється введенням до коливальної системи у виробничому приміщенні додаткового пружного зв'язку у виробничому приміщенні, який перешкоджає передаванню вібрацій у виробничому приміщенні від машини — джерела коливань - до основи або суміжних елементів конструкції у виробничому приміщенні; цей пружний зв'язок у виробничому приміщенні може також використовуватися для послаблення передавання вібрації у виробничому приміщенні від основи на людину або на захищений агрегат у виробничому приміщенні. Ефективність віброізоляції у виробничому приміщенні визначають коефіцієнтом передачі КП у

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
						50
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробничому приміщенні, який має фізичний зміст відношення амплітуди вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення захищуваного об'єкта у виробничому приміщенні або діючої на нього сили до такої самої амплітуди джерела збудження у виробничому приміщенні при гармонічній вібрації у виробничому приміщенні.

Динамічне віброгасіння у виробничому приміщенні найчастіше проводиться шляхом установаження у виробничому приміщенні агрегатів на фундаменти або обладнанням динамічних віброгасителів у виробничому приміщенні.

Серед динамічних віброгасників у виробничому приміщенні найбільшого поширення у машинобудуванні набули ті, що зменшують рівень вібрації захищуваного об'єкта у виробничому приміщенні за рахунок дії на нього реакції віброгасника у виробничому приміщенні. Динамічні віброгасники у виробничому приміщенні — це додаткова коливальна система у виробничому приміщенні, власна частота якої настроєна на основну частоту коливань агрегата у виробничому приміщенні.

Віброгасник у виробничому приміщенні жорстко закріплюється на агрегаті у виробничому приміщенні, що вібрує, тому в ньому будь-якої миті збуджуються коливання у виробничому приміщенні, які перебувають у протифазі з коливаннями агрегата у виробничому приміщенні.

До засобів індивідуального захисту у виробничому приміщенні від вібрації належать засоби захисту рук у виробничому приміщенні: рукавиці, рукавички, а також віброзахисні прокладки або пластини, які кріпляться до рук у виробничому приміщенні. При роботі у виробничому приміщенні в умовах загальної вібрації у виробничому приміщенні використовується спецвзуття на товстій підошві.

Із метою профілактики у виробничому приміщенні віброшумового захворювання для працівників з обладнанням у виробничому приміщенні, що вібрує, рекомендується спеціальний режим праці у виробничому приміщенні (обмеження часу контакту з віброінструментом у виробничому приміщенні, додаткові перерви тощо).

Джерелом вібрації у виробничому приміщенні є механічні, пневматичні й електричні інструменти ударної або обертальної дії, обладнання у виробничому приміщенні, встановлене у виробничому приміщенні без достатньої амортизації та віброізоляції, а також транспортні і сільськогосподарські машини у виробничому приміщенні. За характером впливу на організм розрізняють загальну та локальну вібрацію у виробничому приміщенні. Загальна вібрація у виробничому приміщенні

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

викликає тремтіння всього тіла людини у виробничому приміщенні, локальна — залучає до коливання лише окремі частини тіла у виробничому приміщенні (руки, передпліччя, ноги).

Вібрація у виробничому приміщенні завдає великої шкоди здоров'ю людини у виробничому приміщенні — від перевтоми організму у виробничому приміщенні та незначних змін функцій організму у виробничому приміщенні до струсу мозку, розриву тканин, порушення серцевої діяльності і нервової системи, деформації м'язів та кісток, порушення чутливості шкіри і кровообігу тощо у виробничому приміщенні. Вібрації у виробничому приміщенні частотою понад 200 Гц перевантажують нервову систему людини, потребують підвищеного психічного напруження у виробничому приміщенні.

Систематичний вплив у виробничому приміщенні на людину довготривалої та інтенсивної дії вібрації у виробничому приміщенні може стати причиною вібраційної хвороби. Локальні вібрації у виробничому приміщенні викликають деформацію та зменшення рухомості суглобів. Класи умов праці у виробничому приміщенні залежно від рівня вібрації у виробничому приміщенні поділяються на допустимі, які відповідають ГДР — ДСН 3.3.6.037-99, шкідливі та небезпечні.

Вживаються колективні та індивідуальні заходи щодо боротьби з вібрацією у виробничому приміщенні. Найпоширенішим інженерним методом захисту від вібрації у виробничому приміщенні є віброгасіння. Віброуючі машини у виробничому приміщенні з динамічним навантаженням (вентилятори, насоси, агрегати) встановлюють у виробничому приміщенні на окремі фундаменти. Джерела коливань у виробничому приміщенні ізолюють від опорних поверхонь у виробничому приміщенні гумовими, пружинними або комбінованими віброізоляторами.

Для зниження вібрацій у виробничому приміщенні, що передаються на несучу конструкцію у виробничому приміщенні, застосовуються пружинні або гумові віброізолятори у виробничому приміщенні. Віброізоляція у виробничому приміщенні зменшує рівні вібрації у виробничому приміщенні, що передаються від джерела у виробничому приміщенні на тіло працюючого у виробничому приміщенні. Вібропоглинання у виробничому приміщенні може бути здійснено: використанням конструктивних матеріалів у виробничому приміщенні з великим внутрішнім тертям; нанесенням на поверхню виробу у виробничому приміщенні шару пружнов'язких матеріалів, що мають потужне внутрішнє тертя.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Вібропоглинання у виробничому приміщенні здійснюється покриттям машин у виробничому приміщенні в'язкими матеріалами (мастикою), використанням масляних ванн у виробничому приміщенні для зубчастих зчеплень. Дистанційне керування у виробничому приміщенні дозволяє виключати постійне знаходження людини у виробничому приміщенні в зоні шкідливих вібрацій.

До засобів індивідуального захисту у виробничому приміщенні від вібрації відносяться: спеціальне віброзахистне взуття у виробничому приміщенні, рукавиці з м'якими надолонниками.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Виробнича структура підприємства, цеху

Промислове підприємство зазвичай може складатися з виробничих та іншого типу структурних підрозділів (виробництв, цехів, відділень, дільниць, бригад, бюро, лабораторій тощо), а також інших функціональних структурних підрозділів виробництва апарату управління (управлінь, відділів, бюро, служб тощо).

Усі функції, права й обов'язки усіх структурних підрозділів промислового підприємства зазвичай визначаються внутрішніми положеннями про них, які обов'язково затверджуються в порядку, визначеному статутом даного конкретного підприємства або іншими установчими документами даного конкретного підприємства.

Промислове підприємство зазвичай самостійно визначає свою власну організаційну структуру, самостійно встановлює необхідну чисельність (кількість) своїх працівників і свій власний штатний розклад, а також воно має право створювати свої власні філії, свої представництва, свої відділення та інші свої відокремлені структурні підрозділи, при цьому погоджуючи питання про розміщення таких своїх підрозділів підприємства з відповідними державними органами місцевого самоврядування в заздалегідь установленому законодавством України порядку. Такі окремі відокремлені структурні підрозділи зазвичай не мають самі статусу юридичної особи і діють лише на підставі внутрішнього положення про них, затвердженого конкретним промисловим або іншим підприємством. Вони також можуть відкривати власні грошові рахунки в установах державних або комерційних банків відповідно до діючого законодавства України.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Основним і головним змістом комерційної діяльності кожного промислового підприємства є технологічний виробничий процес виготовлення промислової продукції.

Виробничий процес підприємства — це така визначена сукупність взаємопов'язаних основних, допоміжних, обслуговуючих та іншого типу процесів, у результаті реалізації яких вихідні матеріали, покупні вироби й напівфабрикати гарантовано перетворюються на готову якісну промислову продукцію підприємства.

Виробничі технологічні процеси на промисловому підприємстві зазвичай здійснюються у відповідних структурних підрозділах, склад яких характеризує виробничу технологічну структуру промислового або іншого типу підприємства.

Виробнича структура промислового підприємства зазвичай характеризує кількісне співвідношення і основні розміри внутрішніх структурних підрозділів даного конкретного підприємства, а також внутрішній встановлений механізм їхнього взаємозв'язку та взаємодії у межах виробничого процесу.

Основні види виробничих промислових структур:

— цехова структура (головним виробничим підрозділом промислового підприємства є цех — адміністративна відокремлена частина промислового підприємства, в якій зазвичай виконується заздалегідь визначений комплекс промислових робіт відповідно до прийнятої на даному конкретному виробництві внутрішньозаводської спеціалізації);

— безцехова структура (основою для побудови структури є промислова виробнича ділянка підприємства);

— корпусна структура (основним підрозділом для побудови структури є корпус — це об'єднання у конгломерат однотипних цехів виробничого підприємства);

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

— комбінатська структура (застосовується на тих підприємствах, де зазвичай здійснюються багатостадійні технологічні процеси промислового виробництва).

Промислова структура зазвичай залежить від характеру вироблюваної продукції, яку виробляє дане конкретне промислове підприємство, рівня його спеціалізації і кооперування з іншими виробничими або іншого типу підприємствами, прийнятого на підприємстві технологічного процесу, наявних на підприємстві виробничих потужностей тощо. Як правило, промислове підприємство має основні технологічні цехи, в яких безпосередньо виготовляють промислову продукцію, та допоміжні промислові цехи та служби, які обслуговують основне промислове виробництво та забезпечують безперервну стійку роботу основних виробничих цехів промислового підприємства.

Спеціалізовані промислові підприємства зазвичай мають досить просту виробничу структуру, а універсальні підприємства — складну структуру. На невеликих за обсягом вироблюваної на них продукції підприємства підприємствах, як правило, існує безцехова організаційна структура, а на великих промислових підприємствах більш доцільними є укрупнені виробничі цехи. Виробнича організаційна структура сільськогосподарських підприємств зазвичай має свої окремі внутрішньогосподарські підрозділи і служби: відділки, ферми, бригади різного призначення.

Отже, таким чином, виробнича організаційна структура виробничого підприємства є певною формою організації виробничого процесу промислового підприємства підприємства. Виробничі технологічні процеси, за допомогою яких різні предмети праці перетворюються на готовий до уживання споживачем продукт, є основними за своїм значенням й утворюють на виробничому підприємстві основне технологічне виробництво. Матеріальними об'єктами технологічної виробничої структури промислових підприємств зазвичай є цехи підприємства, дільниці підприємства, лабораторії підприємства. У них зазвичай виробляється, проходить

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

необхідний технічний контроль і випробовується готова до уживання споживачем кінцева промислова продукція, комплектуючі вироби, різноманітні основні і допоміжні матеріали і напівфабрикати, готові запчастини до продукції підприємства, перетворюються різні види енергії під час виконання технологічних операцій виробничого процесу.

Виробничі промислові процеси, які забезпечують визначені необхідні умови для ритмічного та стабільного функціонування основного промислового виробництва, зазвичай називаються допоміжними процесами і в комплексі вони разом утворюють допоміжне промислове виробництво. Головна (основна) функція цих допоміжних об'єктів зазвичай полягає у всебічному обслуговуванні та ритмічному і стабільному забезпеченні основного промислового виробництва необхідним технологічним інструментом, необхідною енергією, необхідним паливом, ремонтом основного і допоміжного технологічного обладнання, транспортуванням вантажів у межах виробництва тощо. Слід також підкреслити, що організаційна виробнича структура кожного окремого промислового підприємства має свою власну унікальну специфіку, бо вона зазвичай визначається передусім способом та характером поділу праці між основними та допоміжними суб'єктами його внутрішніх структурних підрозділів на конкретному підприємстві.

Провідне місце у організаційній виробничій структурі на підприємстві зазвичай належить виробничому цеху. Виробничий цех є основною структурною виробничою одиницею підприємства, його відокремленою структурною ланкою, в якій зазвичай реалізуються основні та допоміжні виробничі процеси підприємства. Тип виробничого цеху зазвичай визначається характером його внутрішнього виробництва. Є чотири основні типи виробничих цехів: основні цехи, допоміжні цехи, побічні цехи, підсобні цехи. Основними зазвичай називаються такі цехи, де виробляється різноманітна спеціалізована промислова продукція для даного конкретного типу промислового підприємства. Основні виробничі цехи зазвичай

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						57
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поділяються на заготівельні цехи, обробні цехи, складальні цехи. До заготівельних виробничих цехів зазвичай відносять ливарні цехи (сірого чавуну, ковкого чавуну, кольорового, сталюого, фасонного, точного та іншого типу литва), ковальсько-пресувальні цехи та іншого типу цехи. До обробних виробничих цехів зазвичай належать, зокрема, механообробні цехи, деревообробні цехи, термічні цехи, гальванічні цехи, лакофарбові цехи, до складальних цехів — цехи із складання готових промислових виробів, їх фарбування, комплектації готових промислових виробів запчастинами тощо.

Допоміжні виробничі цехи зазвичай забезпечують промислове виробництво всім необхідним для нормального функціонування промислового підприємства. Є такі основні види допоміжних промислових цехів: інструментальні цехи, енергетичні цехи, тепло- та паросилові цехи, модельні цехи, ремонтні цехи, транспортні цехи, санітарно-технічні промислові цехи.

Побічні виробничі цехи зазвичай забезпечують перероблення відходів основного промислового виробництва.

Підсобні виробничі цехи зазвичай виробляють тару, необхідну для пакування готової промислової продукції, друкують докладні інструкції щодо її використання тощо.

Крім названих виробничих цехів, майже на кожному промисловому заводі обов'язково є цехи, служби і відділи, які зазвичай обслуговують комунальне, культурно-побутове, житлове та інше необхідне для нормальної життєдіяльності господарство.

Чільне місце у внутрішній організаційній структурі виробничих підприємств займають склади, очисні споруди, різного виду та типу комунікації: електромережі, газопроводи, опалення, вентиляційне обладнання, обладнання кондиціонування, освітлення, дорожня та іншого типу інфраструктура.

У внутрішній виробничій організаційній структурі промислового підприємства важливу роль завжди виконують конструкторські й

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						58
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічні підрозділи. Тут зазвичай розробляються нові промислові вироби, новітні технології для одержання та виготовлення цієї промислової продукції, проводяться різноманітні експериментальні та дослідно-конструкторські роботи.

Також до складу виробничих цехів входять основні й допоміжні технологічні виробничі дільниці підприємств.

Виробнича дільниця — це найменша структурна адміністративно-виробнича ланка підприємства, в якій колектив працівників (робітників) зазвичай виконує однотипні технологічні роботи з виробництва готового до уживання споживачем однотипного промислового продукту.

Кожна окрема виробнича промислова дільниця складається з сукупних робочих місць на певній визначеній території. Сукупне робоче місце на певній визначеній території складається з конкретних індивідуальних робочих місць працівників. Робоче місце працівника заздалегідь оснащується необхідними йому у процесі роботи основними та допоміжними засобами праці відповідно до характеру його технологічної спеціалізації у виробничому процесі. Оснащення та розташування на території робочого місця на промисловій виробничій площі обов'язково повинні забезпечувати досить високу продуктивність їхньої праці, гарантувати безпеку під час виконання роботи, відповідати прийнятим у даній галузі фізіологічним, естетичним та санітарно-гігієнічним нормам та вимогам іншої нормативної та нормативно-правової документації.

Виробнича організаційна структура колективних аграрних сільських господарств зазвичай складається з окремих самостійних внутрішньогосподарських підрозділів, частина із яких зазвичай виробляє основну сільськогосподарську продукцію: відділки, ферми, бригади тощо. Інші організаційні структурні підрозділи зазвичай мають обслуговуючий або підсобний характер робіт: ремонтні майстерні для сільськогосподарської техніки, електростанції, автопарки, перероблюванні допоміжні підприємства.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Залежно від установленого характеру спеціалізації промислового або іншого типу виробництва розрізняють виробничу організаційну структуру підприємства: предметну, технологічну та предметно-технологічну. Предметна організаційна виробнича внутрішня структура зазвичай має певний ступінь своєї замкнутості. Так, щодо автомобільного заводу, то це будуть виробничі цехи з виробництва двигунів автомобілів, шасі автомобілів, кузовів автомобілів та інших вузлів автомобілів. Предметна організаційна внутрішня структура підприємства зазвичай визначає послідовність використання основних та допоміжних засобів праці у технологічному процесі промислового виробництва, застосування новітнього високопродуктивного обладнання, технологічних інструментів, штампів, устаткування тощо.

Технологічна організаційна виробнича внутрішня структура підприємства визначає чітку технологічну його відокремленість. У кожному конкретному технологічному підрозділі зазвичай здійснюються лише тільки однорідні технологічні процеси з виробництва різного за своїм типом і призначенням кінцевого готового до уживання споживачем продукту. Так наприклад, взуттєві та швейні підприємства, ливарні підприємства, механічні та інші за призначенням цехи машинобудівних заводів. Ця організаційна структура значно спрощує управління усім цехом, дає змогу широко маневрувати розміщенням працівників на підприємстві, значно полегшує перехід з однієї встановленої номенклатури промислових виробів на іншу номенклатуру.

Предметно-технологічна організаційна виробнича внутрішня структура характеризує наявність на одному й тому ж самому промислового підприємстві основних промислових цехів, які організовані та функціонують за визначеними предметним та технологічним принципом. Так наприклад, заготівельні цехи виробничого підприємства організовуються за встановленим технологічним принципом (ливарні сірого чавуну, ливарні ковкого чавуну, ковальсько-пресові цехи), а оброблювальні та складальні

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цехи — за предметним принципом. Така прийнята організаційна внутрішня виробнича структура підприємства зазвичай переважає у машинобудуванні, взуттєвій, швейній, меблевій та іншого типу галузях промисловості.

У рамках усталеної ринкової економіці усі підприємства вільні у своєму виборі тієї чи іншої внутрішньої організаційної структури. Головне — це домогтися наявності ефективної за результатами праці відповідного структурного підрозділу підприємства.

На виробничу організаційну структуру промислового підприємства впливає цілий ряд факторів. Головні із них будуть:

— галузева належність підприємства, номенклатура вироблюваної продукції, її техніко-економічні та інші особливості, використані під час виробничого процесу ресурси;

— тип промислового виробництва, рівень спеціалізації виробництва і кооперування підприємства;

— структура використовуваних засобів праці і технології, застосовувані під час виробничого процесу;

— ступінь складності конструкції і рівень технологічності вироблюваної на підприємстві продукції;

— організація на підприємстві обслуговування основного і допоміжного обладнання, його поточний та капітальний ремонт і модернізація;

— мобільність прийнятого виробничого процесу, тобто його спроможність (здатність) оперативно та швидко переходити на ефективний випуск нової промислової продукції;

— характер протікання відтворювального процесу в підрозділах промислового підприємства.

Ці фактори наведені вище визначають специфіку виробничої структури промислового підприємства в різних галузях економіки. Ринкові умови господарювання зазвичай потребують передусім використання нової виробничої структури, відтворення основних та допоміжних фондів

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

підприємства. Основні визначені шляхи для вдосконалення організаційної виробничої структури промислового підприємства:

1. Визначення оптимальної величини промислового або іншого типу підприємства. Оптимальна величина промислового підприємства — це така його прийнята величина, яка за даного прийнятого рівня розвитку сучасної техніки та технології, а також за конкретних визначених умов його місцезнаходження і оточуючого середовища забезпечує промислове або іншого типу виробництво і реалізацію його готової до ужитку продукції з мінімальними грошовими витратами.

На оптимізацію максимальної прийнятої величини промислового підприємства значно впливають різного типу чинники, що однозначно визначають технічні та економіко-організаційні умови роботи промислового підприємства, а також всіляко сприяють підвищенню його максимальної ефективності. До таких чинників зазвичай належать:

а) продуктивність і потужність наявних на промисловому підприємстві засобів праці;

б) прогресивність технологічного процесу, прийнятого на даному промисловому підприємстві;

в) поєднання різних виробничих процесів на промисловому підприємстві;

г) прийняті методи організації основного та допоміжного виробничого процесу на підприємстві.

2. Поглиблення спеціалізації основного промислового виробництва. Ступінь удосконалення виробничої структури промислового виробництва значним чином залежить від вибору форми спеціалізації основних та допоміжних виробничих ланок промислового підприємства. Ці форми виробничих ланок мають строго відповідати типу і масштабу промислового виробництва і також мають бути єдиними для однакових економічних умов на виробництві. Іншими словами, можна сказати, що удосконалюючи організаційну структуру промислового підприємства, необхідно

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						62
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати лише одні й ті самі критерії у виборі форм спеціалізації промислових цехів та технологічних дільниць, економічно обґрунтовувати процес створення кожного нового організаційно-структурного підрозділу підприємства.

3. Розширення кооперації промислових підприємств із обслуговування основного та допоміжного виробництва. Ефективна та чітка робота основного промислового виробництва зазвичай потребує постійного чіткого й безперебійного його технічного обслуговування — ремонту основних та допоміжних фондів, забезпечення технологічним інструментом, енергією, іншими видами товарів та послуг. Завданням промислового підприємства є виробництво кінцевої готової до ужитку продукції, а тому саме основне промислове виробництво має переважати у організації не тільки за часткою виготовленої ним готової промислової продукції, а й за кількістю залучених до роботи працівників, основних засобів праці.

Підвищення частки із обслуговування технологічного та іншого типу обладнання при технологічному вдосконаленні підприємства і високому рівні технізації основного промислового виробництва зазвичай пов'язане зі збільшенням різних видів та типів допоміжних і обслуговувальних підрозділів промислового підприємства. При цьому відомо, що абсолютна кількість допоміжних і обслуговувальних працівників зазвичай повинна неухильно зменшуватись під впливом удосконалення рівня організації промислового виробництва і підвищення рівня кваліфікації його працівників (робітників).

4. Забезпечення високого рівня якості вироблюваної підприємством готової до ужитку продукції і послуг, наданих підприємством.

5. Організація з проведення аналітичної роботи різних за призначенням лабораторій на підприємстві: аналіз ефективності від використання закуповуваної сировини і основних та допоміжних матеріалів; контрольно-вимірювальна діяльність на підприємстві; перевірка технологічних інструментів, приладів, виробничого устаткування; випробування готових

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

комплектних виробів підприємства; аналіз причин виникнення поломок, простоїв основного та допоміжного обладнання.

6. Забезпечення високого рівня якості функціонування систем кругообігу на підприємстві та обороту основних його фондів.

Таким чином можна вважати, що механізм дії ринкової економіки зазвичай визначається організаційною структурою функціонування економіки в цілому і виробничих та іншого типу промислових підприємств зокрема.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

8 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Класифікація технологічних виробничих процесів та форми технологічної документації виробничих процесів

Залежно від конкретних умов конкретного промислового виробництва на практиці використовують різні види та типи виробничих технологічних процесів (ТП), які зазвичай класифікують за наступними ознаками.

За призначенням ТП зазвичай поділяють на одиничні виробничі технологічні процеси та уніфіковані виробничі технологічні процеси (типовий технологічний процес або груповий технологічний процес).

Одиничний – це ТП із виготовлення або ремонту промислового виробу одного найменування, типорозміру і виконання незалежно від прийнятого типу його виробництва.

Типовий – це ТП із виготовлення цілої групи однорідних або подібних між собою виробів, для яких зміст і логічна послідовність у більшості виробничих технологічних операцій та технологічних переходів повністю або здебільшого збігаються. Вони зазвичай застосовуються як типова інформаційна база виробництва для розроблення у подальшому одиничних ТП, а також галузевих стандартів на типові ТП.

Типізація (класифікація) ТП зазвичай базується на класифікації промислових виробів за ознаками їхньої спільності у конфігурації промислових виробів та і єдності виробничих технологічних завдань, вирішення яких конче необхідно для промислового виготовлення певного переліку типів промислових виробів.

Наприклад, проф. А.П. Соколовський у своїх працях зазвичай виділяв наступні основні типи промислових деталей: вали, осі, втулки, диски, плити, станини, рами тощо. Типізація ТП на практиці дозволяє проєктантам узагальнити вже існуючі на даний час передові ТП, поширити передовий

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

досвід із впровадження прогресивного сучасного оснащення, інноваційного інструменту. Ця ідея із впроваджена на багатьох виробничих підприємствах масового типу промислового виробництва.

Груповий – це ТП виготовлення цілої групи промислових виробів із багатьма різними конструктивними, але при цьому загальними технологічними виробничими промисловими ознаками. Автор такої групової промислової технології - проф. С.П. Митрофанов. Запропонована ним групова промислова технологія є за своєю суттю розвитком вже відомої ідей типізації промислових процесів і має на своїй меті своїм основним завданням таку побудову промислової технології виготовлення або складання промислових виробів, за якої значно знижуються витрати виробничого часу на переналагодження промислового обладнання. В основу цієї запропонованої групової виробничої технології також покладено класифікацію промислових виробів і комплектування груп промислових виробів. Але конструктивна та технологічна подібність промислових виробів при цьому є лише вторинною ознакою. При груповій виробничій технології технологічний сучасний процес проектується на конкретну комплексну промислову деталь, що є зазвичай або вже реально існуючою та найбільш складною промисловою деталлю цілої промислової групи, або ж штучно створюється як промислова деталь, що має у собі абсолютно усі оброблювані поверхні окремих деталей цієї промислової групи, наприклад (дивись рисунок 7.1). Комплексна промислова деталь –це деталь А. На ній відповідними номерами позначені елементарні оброблювані поверхні окремих деталей цієї промислової групи.

Розроблений та прийнятий на виробництві для промислової комплексної деталі ТП є, як правило, надлишковим для конкретних промислових деталей, тому що він може містити у собі промислові технологічні операції і технологічні переходи для обробки відсутніх у неї технологічних поверхонь. На основі прийнятого на промисловому виробництві групового ТП зазвичай розробляють окремі одиничні виробничі

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
						66
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічні процеси шляхом повного або часткового виключення із групового технологічного процесу зайвих для цієї конкретної деталі технологічних операцій і технологічних переходів, уточнюючи промислове технологічне оснащення, існуюче на даному виробництві. На цьому основному принципі побудована прийнята на виробництвах методологія одного із основних напрямків САПР ТП – це автоматичне проектування одиничних виробничих технологічних процесів виготовлення деталей на основі прийнятого уніфікованого виробничого технологічного процесу.

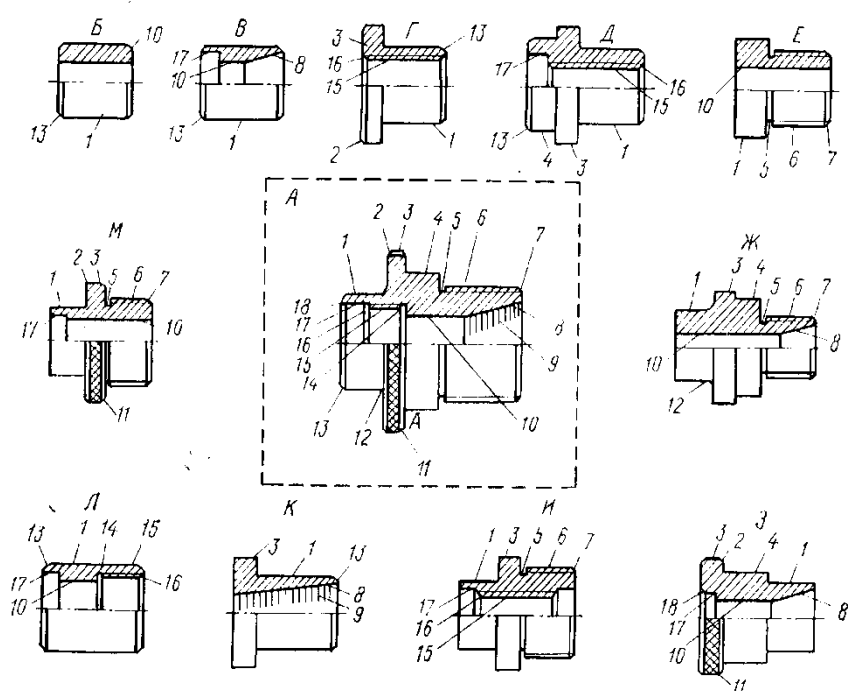


Рисунок 9.1 – Схема формування комплексної деталі

За рівнем своєї відповідності існуючим сучасним досягненням науки, промисловості та техніки ТП зазвичай поділяють на робочий технологічний процес та перспективний технологічний процес.

Робочий технологічний процес- це ТП, виконуваний за прийнятою на конкретному виробництві робочою документацією, що відображає можливості окремого конкретного промислового виробництва.

Перспективний технологічний процес– це ТП, що містить у собі різноманітні технічні виробничі рішення, які повністю або частково у

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

подальшому ще необхідно буде впровадити на конкретному промисловому підприємстві (це нові верстати, нові способи обробки, нове оснащення та ін.).

Крім цих перелічених вище ознак, ТП можуть бути також додатково класифіковані як тимчасові технологічні процеси та комплексні технологічні процеси.

Тимчасовий технологічний процес- це ТП, застосований на конкретному промисловому підприємстві протягом обмеженого періоду часу через ремонт промислового обладнання, промислового оснащення або в зв'язку з аварією промислового обладнання на підприємстві.

Комплексний технологічний процес- це ТП, який містить у собі не лише тільки промислові технологічні операції, які пов'язані з безпосередньою зміною різноманітних властивостей предмета промислової праці, а й також операції із очищення заготовок майбутніх деталей, їх переміщення у межах виробництва, тривалого або тимчасового зберігання, контролю якості, пакування виробів на підприємстві для подальшого відправлення замовнику і т. ін.

За ступенем деталізації прийнятих промислових технічних рішень

Усі перелічені вище промислові технологічні процеси можуть бути розробленими на виробництві з різним ступенем деталізації прийнятих у процесі розробки технічних рішень.

Відповідно залежно від цього промислові технологічні процеси зазвичай записують на різних формах стандартних бланків технологічної документації на підприємстві, що передбачена прийнятими та затвердженими стандартами єдиної системи технологічної документації (ЄСТД).

Найбільш поширеними з цих стандартних бланків є: маршрутні карти (МК), карти технологічного процесу (КТП), операційні карти (ОК), карти ескізів (КЕ).

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Відповідно до ГОСТ 3.1109-82 передбачені такі основні види опису промислових технологічних процесів на виробництві:

Маршрутний опис технологічного процесу на виробництві являє собою скорочений опис на стандартних бланках МК усіх запланованих під час виготовлення деталі технологічних виробничих операцій у прийнятій послідовності їх виконання без зазначаються технологічних переходів і промислових технологічних режимів. При цьому зазвичай вказуються номери і найменування технологічних операцій, застосовуване промислове обладнання, розряд конкретного виду роботи, норма виробничого часу на виконання конкретної технологічної операції на виробництві. Маршрутний опис ТП є обов'язковим для усіх типів промислових типів виробництв.

Маршрутно-операційний опис промислового технологічного процесу на виробництві, як і маршрутний процес, являє собою дещо скорочений опис всіх технологічних операцій у прийнятій послідовності їх виконання на виробництві. Але при цьому також найбільш складні технологічні операції розписують під час планування до рівня технологічних переходів із зазначенням конкретних розмірів механічної обробки, а в необхідних випадках ще й режимів механічної обробки та технологічного оснащення на виробництві.

Такий опис промислового технологічного процесу зазвичай виконують на бланках КТП або МК. Для вже описаних на рівні технологічних переходів технологічних операцій також обов'язково оформлюють стандартні карти ескізів на бланках КЕ.

Під час комплектування промислової технологічної документації на виробництві маршрутно-операційного ТП КЕ розміщують після всіх стандартних бланків МК або КТП.

Маршрутно-операційний опис ТП зазвичай застосовують на підприємстві в одиничному виробництві, дрібносерійному виробництві, середньосерійному виробництві і навіть у дослідному виробництві під час виготовлення різноманітних складних типів промислових деталей.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Карти ескізів – це стандартний технологічний документ, що зазвичай виконують на стандартних бланках карт ескізів (КЕ). На них зазвичай зображують заготовку промислової деталі в положенні її механічної обробки на даній технологічній операції, проставляють прийнятими умовними позначеннями схему її базування під час оброблення із зазначенням форми установчих технологічних елементів технічного пристрою і кількість позбавлених при цьому процесі ступенів вільності деталі, а також ще й одержувані на даній технологічній операції геометричні розміри з допусками, шорсткість оброблених поверхонь та інші технічні вимоги та умови.

Операційний опис промислового технологічного процесу на виробництві, який містить у собі опис усіх прийнятих технологічних операцій на рівні технологічних переходів із зазначенням застосовуваного промислового оснащення (різноманітних пристроїв, різних різальних, допоміжних і вимірювальних технічних інструментів), а також прийнятих режимів механічної обробки, основний час, допоміжний час і штучний часи.

Цей опис виконується на стандартних бланках ОК. Операційний опис промислових технологічних процесів завжди доповнюється необхідними маршрутним описом технологічних операцій і стандартними картами ескізів оброблюваної деталі. Він є обов'язковим для умов великосерійного виробництва та масового типу промислового виробництв, а для особливо складних промислових деталей - і в більш дрібних типах промислового виробництва.

Під час комплектування промислової технологічної документації на виробництві такого опису ТП обов'язково треба дотримуватися такої прийнятої послідовності:

- стандартні маршрутні карти (МК) промислового технологічного процесу;

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

- промислові далі розміщують на стандартну карту ескізу (КЕ) на першу промислову технологічну операцію та відповідні цій технологічній операції стандартні операційні карти (ОК);

- потім розміщують стандартну карту ескізу КЕ на другу промислову технологічну операцію та відповідні цій технологічній операції стандартні операційні карти ОК;

- і так далі, для всіх прийнятих промислових технологічних та контрольних операцій у прийнятій послідовності їх виконання на виробництві.

Для усіх прийнятих видів опису ТП обов'язковим під час виготовлення деталей документом також є титульний аркуш, на якому зазвичай зазначають назву організації (установи) розробника технічних документів, позначення промислового виробу, тип промислового технологічного документа, уповноважених осіб, які розробляли, погоджували та затверджували на виробництві конкретну технічну документацію.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ржебаева Н.К., Ржебаев Э.Е. Расчет и конструирование центробежных насосов: Учебное пособие – Сумы: Изд-во СумГУ, 2009. – 220с.
2. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. Пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов/С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1988. – 416с. ил.
3. Справочник конструктора-машиностроителя. В3-х т. Т.2 – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. -584с., ил.
4. Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектування зі спеціальності 05050205 «Гідравлічні машини, гідроприводи та гідропневмоавтоматика» /укладачі: Е. В. Колісніченко, В.О.Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 48с.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту зі спеціальності «Розрахунок та проектування консольного насоса з використанням теорії подібності» / укладачі: Е. В. Колісніченко, В. О. Панченко. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 37 с.
6. Технологія машинобудування: конспект лекцій / Укладач О.У. Захаркін. - Суми: Вид-во СумДУ, 2010.-260с.
7. Насосы консольные типа К, 1К, 2К [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.agrovodcom.ru/konsol_pump.php.
8. Економіка підприємства [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
http://pidruchniki.com/15220122/ekonomika/virobnichiy_tsikl_yogo_harakteristika_struktura.
9. Параметри та види вібрації, її дія на організм людини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

					131.08ВР.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

http://pidruchniki.com/15800119/bzhd/parametri_vidi_vibratsiyi_diya_organizm_lyudini.

10. Шварцбурд Б.И. «Технология производства гидравлических машин», Москва, «Машиностроение», 1978г. – 352с.
11. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. вузов].- 4-е изд., перераб. И доп.,- Мн.:Выш. Школа, 1983.-256 с, ил.
12. Михайлов А.К. Малюшенко В.В. Лопасные насосы. Теория, расчет и конструирование. М., «Машиностроение» 1977.
13. Биргер И.А. и др. Расчёт на прочность деталей машин: Справочник/ И.А. Бюргер, Б.Ф. Шор, Г.Б. Иосилевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979.-702с.
14. Справочник металлиста. Под редакцией Чернавского. Том 1. М.; Машиностроение, 1976, 768с.

					131.08BP.000.00 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73