

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «Засоби транспортування, зберігання та застосування
пально-мастильних матеріалів»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)

за темою № 4 - Технологічні трубопроводи та насосні станції

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник:

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.

Рецензенти:

- 1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Павленко О. В.;*
- 2. Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

План лекції

1. Основні відомості про насосні станції
2. Постанційна і транзитна системи перекачування
3. Характеристика трубопроводів. Температурні напруги в трубопроводах. Вимоги до прокладки трубопроводів
4. Загальна характеристика насосів та їх класифікація. Відцентровані насоси. Конструкція відцентрованих насосів
5. Насосна установка та кавітація в насосах. Підбирання насосів до магістралі. Паралельна та послідовна робота насосів на мережу Випробування трубопроводів
6. Вихрові та відцентрово-вихрові насоси.
7. Шестеренчасті насоси. Гвинтові насоси та струменеві насоси.

Рекомендована література:

Основна

1. Григоров А. Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз : Харків-Тернопіль : НТУ ХПІ : Крок, 2022. 184 с.
URL :<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/00644d5b-4e34-4e74-8f23-f66382bf4809/content> (дата звернення: 19.07.2023).
2. Мороз О. М. Гідравліка: курс лекцій з дисципліни «Гідравліка» (розділ «Насоси») : Харків : ХНТУСГ, 2020. 45с. URL : https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/25738/1/KL_Hidravlika%20141_23.pdf (дата звернення: 08.07.2023).

Додаткова

3. Ковальов М. О., Єгорова І. М. Гідравліка і гідропривід : конспект лекцій. Харків : УкрДУЗТ, 2017. 74 с. URL : <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/3100/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf> (дата звернення: 12.07.2023).

Текст лекції

1. Основні відомості про насосні станції.

Нафтопроводи і нафтопродуктопроводи за своєю будовою не мають суттєвих відзнак і складаються власно із трубопроводу та насосних (перекачувальних) станцій, які розташовують уздовж траси трубопроводу.

Основними спорудами магістрального нафтопроводу або нафтопродуктопроводу є: головна перекачувальна станція, у резервуари якої поступають нафта або нафтопродукти, при цьому нафта закачується по трубопроводах з нафтопромислів, а нафтопродукти – від нафтопереробних заводів; проміжні перекачувальні станції, що забезпечують подальше переміщення нафти і нафтопродуктів по трубопроводу; кінцевий пункт або

нафтобаза, де здійснюється прийом нафти або нафтопродукту з трубопроводу для подальшого відправлення споживачам, і власно трубопровід з відгалуженнями і лінійними спорудами, до яких належать будинки лінійних ремонтників та аварійно-ремонтні пункти, пристрої лінійного і станційного зв'язків, установки корозійного захисту та допоміжні споруди.

На магістральних нафтопроводах використовується в основному три види нафтоперекачувальних станцій (НПС): головні нафтоперекачувальні станції нафтопроводів (ГНПС), проміжні нафтоперекачувальні станції (ПНПС) і головні нафтоперекачувальні станції експлуатаційних ділянок нафтопроводу (ГНПС експлуатаційних ділянок). ГНПС призначені головним чином для прийняття нафти з промислів і подачі її в нафтопровід. Вони мають резервуарний парк, який грає роль буферної місткості між промислами і магістраллю і роль аварійної місткості при аварії на магістралі або промислах. ПНПС служать для поповнення втрат енергії рідини, що виникають при русі потоку нафти по магістралі. Дані станції розташовуються вздовж нафтопроводу через 100 – 150 км. ГНПС експлуатаційних ділянок нафтопроводу в основному призначені для гідродинамічного роз'єднання магістралей на відносно невеликі ділянки (400 – 600 км) з метою полегшення керування перекачуванням і локалізацією гідродинамічних збурень потоку (гідроударів у межах цих ділянок). Ця функція подібних НПС виконується за рахунок розміщення на них резервуарних парків. Останні є засобом гідродинамічного розділення магістралей на експлуатаційні ділянки. Технологічні схеми ГНПС і ГНПС експлуатаційних ділянок практично аналогічні (рис.1).

Основний шлях проходження нафти показаний суцільними лініями і стрілками. Нафта з промислів надходить на ГНПС і проходить послідовно вузол запобіжних пристроїв (ЗП), що захищають обладнання і трубопроводи від підвищеного тиску, потім – вузол обліку (ВО), де вимірюється кількість нафти, яка надходить з промислів, і далі прямує в резервуарний парк (РП). Звідси нафта відбирається насосами підпірної станції (ПНС) і подається з необхідним підпором на вхід насосів головної насосної станції (ГНС).

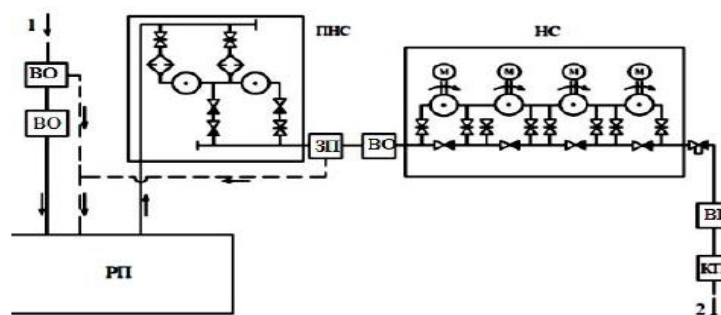


Рис. 1 – Технологічна схема ГНПС нафтопроводу

Між ПНС і ГНС нафта проходить другий вузол запобіжних пристроїв і другий вузол обліку. Другий вузол обліку використовується для вимірювання кількості нафти, що надходить у магістраль. Після ГНС нафта

через вузол регулювання тиску (ВР) і камеру пуску скребка (КП) направляється безпосередньо в магістральний нафтопровід. Вузол регулювання тиску служить для зміни продуктивності й тиску на виході ГНПС за допомогою дроселювання потоку на регулюючих заслінках або в регуляторах тиску, встановлених на вузлі. Камера пуску скребка являє собою пристрій, призначений для запуску в магістраль засобів очищення її від внутрішніх забруднень. Вузол запобіжних пристроїв (рис. 2) складається із з'єднаних паралельно охоронних клапанів підйомного типу, пружина яких відрегульована на відповідний тиск. При підвищенні тиску в трубопроводі, який захищається даними клапанами, вони відкриваються і направляють частину нафти по трубопроводу скидання в резервуарний парк РП, де для її прийняття передбачається не менше двох резервуарів. Вузли обліку існуючих ГНПС як засіб вимірювання кількості перекачуваної нафти в основному мають турбінні лічильники типу «Турбоквант» (Рис.3)

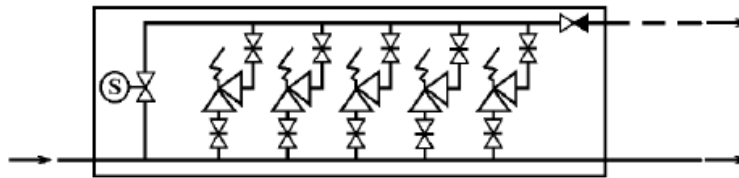


Рис. 2 – Вузол запобіжних пристроїв

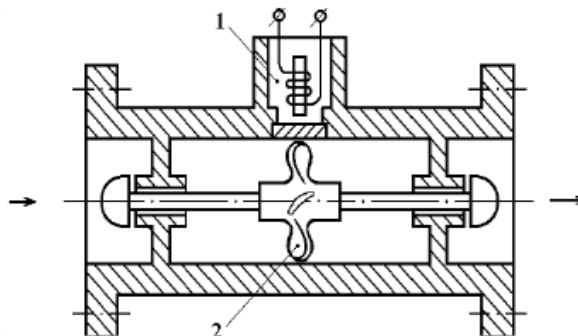


Рис. 3. Принципова схема лічильника «Турбоквант»

Число обертів крильчатки 2, яке залежить від швидкості потоку нафти (або пропускної здатності), зчитується за допомогою датчика 1. Він реагує на частоту проходження повз нього феромагнітних лопатей крильчатки 2. Точність показання лічильника «Турбоквант» досить висока лише для певного діапазону продуктивності. Тому для забезпечення вимірів високої точності при будь-якій продуктивності трубопроводу вузли обліку обладнуються кількома паралельно встановленими лічильниками (рис. 4)

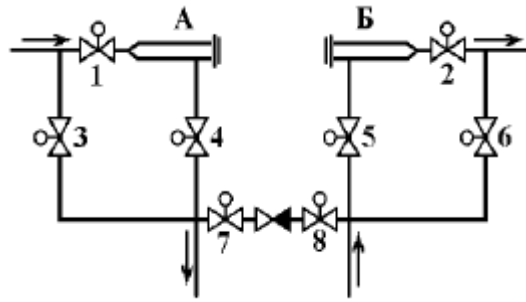


Рис. 4 - Камера пуску скребка

При цьому кількість робочих лічильників варіюється залежно від продуктивності. Лічильники розміщуються на вимірювальних лініях. Перед кожним з них на лінії знаходиться сітчастий фільтр і струменевипрямляч, які забезпечують лічильникам нормальні умови роботи. Крім робочих вимірювальних ліній, у вузол обліку входить контрольна вимірювальна лінія для перевірки робочих лічильників і турбопоршнева установка ТПУ, яка використовується для цих же цілей. Остання входить до складу комерційних вузлів обліку, якими є вузли ГНПС нафтопроводу.

Технологічна схема ПНПС показана на рис.5. Нафта від вузла підключення НПС до магістралі (ВМ) рухається на вхід насосної станції через майданчик фільтрів-брудодуловлювачів (ФБ) і систему згладжування хвиль тиску (СЗХТ), потім після НС знову надходить у магістраль через вузол регуляторів тиску (ВР) та вузол (ВМ).

Пристрій для очистки трубопроводу від забруднень і парафіну являє собою об'єднані в одне ціле камери прийняття А і пуску скребка Б (рис. 3). При нормальному режимі роботи ПНПС нафта рухається через відкриті засувки 3 і 6 (засувки 7 і 8 також відкриті).

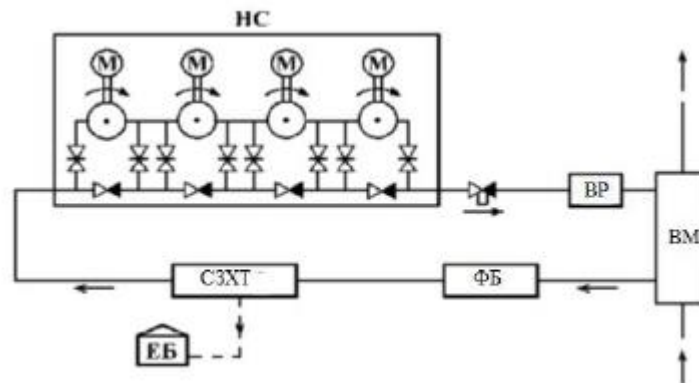


Рис. 5- Технологічна схема ПНПС

Перед отриманням скребка, запущеного на попередній станції, засувка 3 закривається і відкриваються раніше закриті засувки 1 і 4. Скребок струменем нафти заноситься в камеру А. Після цього засувки 1 і 4 знову закриваються і відкривається засувка 3, скребок з камери А вилучається через люк в її торці. За аналогічним принципом здійснюється запуск скребка через камеру Б. Камера пуску скребка ГНПС подібна камері пуску скребка ПНПС. На майданчику фільтрів-брудодуловлювачів знаходиться три паралельно

сполучених фільтри (рис. 6), що являють собою конструкцію типу «труба в трубі» (рис. 7). Очищення фільтрів проводиться через люк 1, розташований на одному з торців апарату.

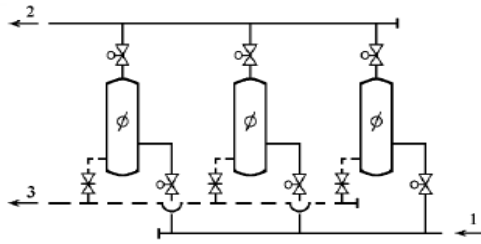


Рис. 6. Схема майданчика фільтрів

Система згладжування хвиль тиску (СЗХТ) застосовується на нафтопроводах діаметром 720 мм і вище для захисту лінійної частини магістралей і устаткування НПС від гідравлічного удару – інтенсивного наростання тиску при різкому прикритті засувки, зупинках насосів і т. п.

2. Постанційна і транзитна системи перекачування

За принципом перекачування нафти застосовують дві системи: постановційну і транзитну.

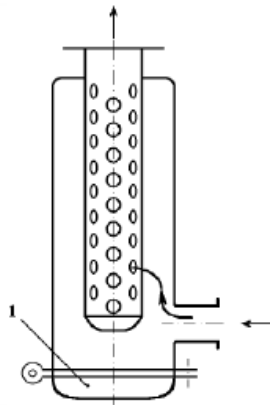


Рис. 7. Схема фільтра

Постанційна система (рис.8, а) перекачування характеризується тим, що нафта або нафтопродукти поступають у резервуари проміжних перекачувальних станцій, з яких потім їх відкачують на наступну станцію. Для забезпечення безперервності роботи трубопроводу для кожного сорту нафти або нафтопродукту на станціях передбачається не менше двох резервуарів, причому в один резервуар продукт закачується, а з іншого – одночасно відкачується і подається у трубопровід. За цією схемою для трубопроводів значної пропускної здатності необхідна велика кількість резервуарів відповідного об'єму, що пов'язано з ускладненням умов експлуатації та додатковими витратами.

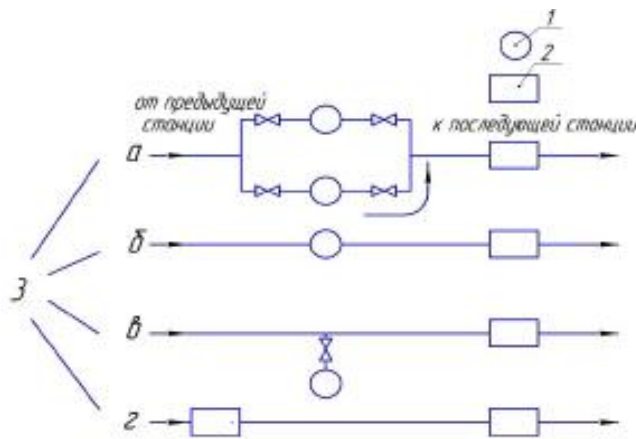


Рис. 8 – схема трубопроводного транспорту: 1 – резервуар, 2 – насосна станція, 3 – система перекачок: а – станційна, б – через резервуар, в – з підключеним резервуаром, г – з насоса в насос

Нині в основному застосовують транзитну систему перекачування (рис. 8, б – г), особливість якої полягає в тому, що перекачування здійснюється безпосередньо з насоса в насос. У цьому випадку продукт з попередньої станції поступає у всмоктувальний трубопровід даної станції і насосом перекачується до наступної.

Перекачування «з насоса в насос» є найбільш досконалою та економічною системою, оскільки при її використанні забезпечується максимальна герметизація системи і виключаються втрати від випаровування продукту в резервуарах. Останні при такій системі можуть споруджуватися з мінімальним об'ємом для вивільнення трубопроводу під час пуску та ремонту.

Як перекачувальні агрегати найбільш ефективними вважаються відцентрові насоси, які легко піддаються синхронізації та автоматичному регулюванню. У разі використання поршневих насосів для запобігання надлишкового тиску через порушення синхронності їх роботи у всмоктувальній та нагнітальній лініях встановлюють запобіжні клапани, відрегульовані на відповідний тиск. Для прийняття надлишку рідини від них передбачаються спеціальні резервуари. Іноді користуються схемою перекачування нафти «увімкнутий резервуар» (рис. 8, в). У цій схемі для перекачування нафти «з насоса в насос» передбачається відгалуження у вигляді проміжних резервуарів, у які частина нафти поступає лише в момент порушення синхронності роботи насосів. Об'єм резервуарів при цьому незначний, оскільки до них надходить лише надлишок нафти.

Головна перекачувальна станція розташовується на початковій ділянці трубопроводу (у головній частині магістралі), тобто у районі нафтових промислів або нафтопереробного заводу, оскільки вона слугує для прийняття нафти або нафтопродуктів і подальшої подачі їх у трубопровід.

Проміжні станції, що призначені для додаткового підвищення тиску рідини, розташовують уздовж трубопроводу, якщо можливо, то на рівних відстанях з урахуванням рівномірного розподілу тиску по всіх станціях трубопроводу. З економічної точки зору проміжні станції намагаються

розміщати поблизу населених пунктів, залізниць, автомобільних доріг, джерел електро- та водопостачання. Головні – на майданчиках нафтопереробних заводів і установок переробки нафти, а також поблизу резервуарних парків з використанням їх об'єму.

До складу виробничо-технологічних споруд перекачувальних станцій, окрім власно перекачувальних (основної та підпорної), входять: резервуарний парк (для головних наливних станцій), пристрої для пуску скребків або роз'єднувачів, установки для фільтрів, а також окремі місткості для збросу витоків і прийняття рідини із запобіжних систем захисту. На кінцевих (наливних) станціях та на проміжних (коли передбачено налив продуктів у залізничні цистерни) споруджують відповідні залізничні наливні пристрої (естакади).

Окрім технологічних споруд, на майданчиках розміщують виробничо-допоміжні об'єкти водоспоживання, каналізації та електропостачання, а також адміністративно-господарські споруди.

Споруди перекачувальних станцій розташовують на території у вигляді зон. Відстань між зонами та розриви між окремими будівлями у самих зонах регламентуються відповідними нормативами та правилами проектування.

Усі технологічні споруди перекачувальних станцій пов'язані між собою системою трубопроводів, яка дозволяє виконувати такі основні операції: прийняття нафти в резервуари та подачу її по магістральному трубопроводу до наступної перекачувальної станції з необхідним підпором (протиавітаційним запасом), прийняття з магістрального нафтопроводу і пуск у нього скребка без зупинки станції; автоматичний перехід на перекачування нафти по магістральному трубопроводу, обминаючи наступну станцію у разі її зупинки; скидання нафти із системи розвантаження насосів у резервуари-приймачі у разі надлишкового підвищення тиску з наступною відкачкою у приймальний трубопровід основних насосів; внутрішньопаркові перекачування, що здійснюються підпорними насосами; подачу нафти через розмивні головки з метою запобігання відкладам парафіну та зачистки резервуару.

Основні магістральні насоси на головних та проміжних станціях з резервуарами зазвичай працюють синхронно з підпорними насосами, призначеними для створення підпору на вході у насос для виключення негативного впливу парів нафти і нафтопродуктів. Підпорні насоси нерідко розміщують в окремій будівлі, що зветься підпорною станцією.

Нафтоперекачувальні насосні станції забезпечуються як основним, так і допоміжним обладнанням. До основного відносять насосні агрегати (насоси разом з двигунами), що здійснюють перекачування нафти і нафтопродуктів по магістральному трубопроводу, до допоміжного – обладнання, що обслуговує основні агрегати, наприклад: місцеві водяні та паливні насоси, компресори та інші повітророзподільні пристрої, установка мастилозабезпечення для системи змащування, вентилятори, живильні бачки, теплообмінники тощо.

Основним типом насосного агрегату є відцентровий насос (із приводом від електродвигуна), подача якого складає до 50 тис. м³/год, а напір до 200 м.

Розрахунки та практика проектування показали, що завжди ефективніша робота двох або трьох послідовно встановлених насосів (замість одного високонапірного). Тому зазвичай у магістральних насосних встановлюють груповий насосний агрегат з двох або трьох послідовно з'єднаних насосів, що забезпечують напір у 400 – 600 м із збереженням подачі кожного з насосів і мінімальної потужності електродвигунів. Кількість робочих насосів визначається, виходячи з розрахункового робочого тиску, характеристики насосів та режиму перекачування (з урахуванням автоматичного регулювання параметрів процесу).

Питання розрахунків, проектування та експлуатації трубопроводів розглядаються в інших дисциплінах.

3. Характеристика трубопроводів. Температурні напруги в трубопроводах. Вимоги до прокладки трубопроводів.

Технологічні трубопроводи, призначені для безперебійного виконання всіх операцій по прийому, зберіганню, наливу і відпуску нафтопродуктів з нафтосховища (нафтобази), які виконуються без псування якості і кількісних утрат.

Перекачування різних нафтопродуктів по технологічних нафтопроводах повинне здійснюватися відповідно до ДСТ 1510-84, нормам технічного проектування нафтобаз і вимог СНиП 11-106-79 «Склади нафти і Нафтопродуктів» і СНиП 11-89-80 «Норми проектування. Генеральні плани промислових підприємств».

Усі технологічні трубопроводи підлягають випробуванню на міцність і щільність після монтажу та ремонту пов'язаного зварюванням, після консервації і простою більше року.

До основних характеристик трубопроводів відносяться вид матеріалу (металічний, неметалічний), зовнішній діаметр, товщина стінки і механічні властивості (умовний, пробний і робочий тиск). При підборі арматури керуються умовним проходом (округленим внутрішнім діаметром трубопроводу). В залежності від умовного проходу використовуються труби діаметрами: 15, 20, 25, 32, 40 мм для зворотного зливу з паливороздавальних колонок, 25 мм – в якості всмоктувального і напірного трубопроводів маслороздавальних колонок, 40 мм – всмоктувального і напірного трубопроводів паливороздавальних колонок, а також замірного пристрою: 50, 70 і 80 мм – як зливний пристрій.

Приєднувальні пристрої для технічних засобів заправлення, перекачування, зливу-наливу призначені для з'єднання систем і пристроїв при виконанні зливно-наливних операцій з нафтопродуктами виготовляються декількох типів. Основні параметри і розміри пристроїв повинні відповідати вимогам ДСТУ 20772–81.

Труби з'єднуються між собою фланцями, різьбовими муфтами або за допомогою газового та електричного зварювання. Найбільш надійними і герметично міцними є зварні, тому вони одержали найбільше поширення. Однак іноді окремі ділянки трубопроводів зручніше з'єднувати за допомогою муфт із гайками. Різні типи з'єднань труб показаний на рис. 9 і рис. 10.

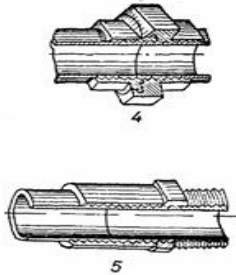
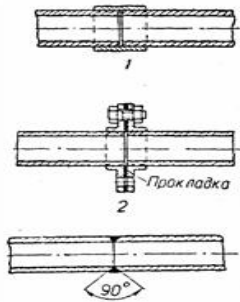


Рис. 9—Типи з'єднань труб:

1 – муфтове; 2 – фланцеве; 3 – зварне;
4 – за допомогою спеціальної муфти з гайкою; 5 – за допомогою згону

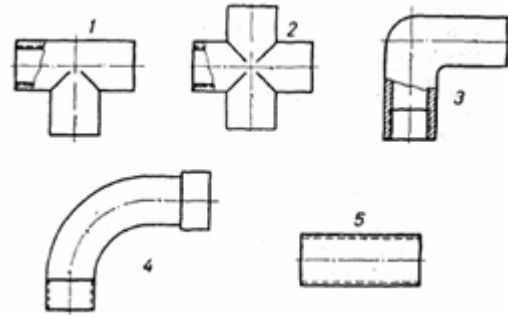


Рис. 10 – Фігурні з'єднання

1 – трійник прямий; 2 – хрестовина;
3 – кутник; 4 – відвід; 5 – ніпель

При прокладанні трубопроводів, крім прямолінійних з'єднань застосовують різні фігурні з'єднання (хрестовини, відводи, трійники і т.п.). Для запобігання ушкодженню трубопроводів під дією коливань зовнішньої температури їх укладають не прямолінійно, внаслідок чого відбувається самокомпенсація, а для трубопроводів, які мають велику довжину та при значних коливаннях температури навколишнього повітря встановлюють спеціальні компенсатори (відрізок труби у виді петлі). При прокладанні трубопроводів варто встановлювати на висоті 0,3-0,4 м від поверхні землі на опорах. Прокладка труб безпосередньо по землі скорочує їхній термін служби через корозію й ускладнює догляд за ними.

Всі трубопроводи, які постійно або періодично знаходяться під тиском рідини або її пару, повинні бути розраховані на тиск 20 МПа. З'єднання елементів трубопроводів виконуються переважно зварюванням.

У системах подачі і зливу рідини при нормальних режимах роботи не допускається швидкість рідини більше 3...4 м/с. Звичайно у всіх напірних рідинних лініях після насосів приймається швидкість $V = 3$ м/с, а для всмоктувальних ліній швидкість варто зменшити до 1...2 м/с. Загальний гідравлічний опір усієї рідинної лінії, включаючи лінійні засувки і швидкодіючі клапани, повинен бути таким, щоб забезпечити витрату через систему (при цілком відкритих засувках на кінці трубопроводу) у 2...2,5 рази перевищуючу його номінальне значення. При більшому гідравлічному опорі системи швидкодіючий клапан може не спрацювати.

У декількох місткостях вихлопні труби від запобіжних клапанів збирають у загальну мережу і відводять за межі території парку. Ці загальні трубопровідні мережі повинні бути розраховані так, щоб забезпечити пропускання вихлопних газів із всіх ємкостей при одночасному спрацюванні всіх запобіжних клапанів.

Трубопроводи для рідкої і парової фаз можуть бути прокладені на естакаді і під землею нижче глибини промерзання ґрунту, але не менш чим на 0,6 м від поверхні землі, щоб забезпечити захист трубопроводу від механічних ушкоджень при проїзді автомобілів. Уздовж траси підземного трубопроводу повинні бути прокладені пізнавальні знаки.

На трубопроводах встановлюють всі необхідні відповідно до технологічної схеми засувки, швидкісні і зворотні клапани. Арматуру допускається виготовляти тільки зі сталі. На окремих ділянках рідинних трубопроводів, що відтинаються в процесі нормальної експлуатації запірними засувками, передбачається установка запобіжних клапанів. Для можливості обслуговування запірних засувок їх необхідно встановлювати в легкодоступних місцях. Всю арматуру розраховують на робочий тиск 20 МПа.

Запірна арматура повинна бути розрахована на роботу в температурних межах от +50 до - 40° С.

Для з'єднання стаціонарних ємкостей із транспортними ємкостями і балонами при їх заповненні використовуються гнучкі шланги (гумотканеві рукави), що складаються з внутрішнього шару спеціальної гуми та шарів прогумованої тканини і зовнішнього гумового шару.

Прогумована тканина, що включається в гнучкі шланги, виготовляється із суворого лляного полотна, у якого опір розриву смужки 50х200 мм по основі та поверхні повинний бути не менш 800...1000 МПа, подовження при розриві по основі менш 14...15%, а по товщині 10...12%.

Шланги і муфти повинні витримувати тиск не менш 1,5 МПа, випробувальний гідравлічний тиск повинний бути не менш 2,5 МПа при відсутності течі, тріщин і місцевих здуттів. Тиск, при якому руйнуються шланги для зріджених газів, повинний бути не менш п'ятикратного робочого і для пропану не повинний перевищувати 8 МПа. Шланги повинні виконуватися термостійкими в межах температур від -40 до +130°С. На кінці такого шланга повинен бути зворотний клапан. При відключенні шланга цей клапан автоматично закриває вихідний чи вхідний отвір, що зменшує втрати від витоків зрідженого газу. Щоб запобігти корозії, трубопроводи повинні бути пофарбовані олійною фарбою або захищені спеціальною ізоляцією. При монтажі трубопроводів надають деякий ухил, щоб при самопливі не було затримок нафтопродуктів і скупчування води і бруду. Для зменшення забруднення на початку трубопровідних ліній влаштовують грязьові коробки, всередині яких встановлюються змінні сітчасті фільтри.

При прийомі, перекачуванні і заправленні нафтопродуктів широко використовуються гнучкі шланги. За допомогою яких з'єднують

трубопроводи або резервуари з пересувною тарою. По своєму призначенню шланги поділяються на три типи:

- всмоктуючі, обладнані в середині дротовою спіраллю для захисту їх від сплющування під дією зовнішнього тиску;
- нагнітальні, котрі працюють при великому внутрішньому тиску і мають дротову спіраль ззовні;
- шланги, призначені для роботи з невеликими тисками, виготовляються без внутрішніх і зовнішніх спіралей.

Для приєднання до кінців труб шланги обладнуються спеціальними сполучними пристроями та муфтами. Неправильне з'єднання приводить до значного спрацьовування шлангів, викликає підтікання і втрати нафтопродуктів.

Термін служби шлангів залежить від способу зберігання і догляду за ними. Шланги не рекомендується залишати зануреними в нафтопродукт, тому що вони набухають і руйнуються; не можна перегинати і здавлювати їх.

Температурні напруги в трубопроводах

Внаслідок зміни навколишньої температури і температури рідини, яка транспортується по трубопроводах, труби можуть змінювати свою довжину, зазнаючи температурне розширення.

Виниклі в трубі термічні напруги в місцях її кріплення спричиняють появу зусиль, спрямованих по осі труби.

При підземній прокладці трубопроводів частина цих зусиль (іноді й цілком) може компенсуватися за рахунок сил тертя ґрунту о поверхню труби.

У найгіршому випадку великі напруги, які виникають у трубах, можуть призвести до руйнації трубопроводів, опор і трубопровідної арматури.

Найбільш поширеним і економічно доцільним є застосування самокомпенсації, тобто використання природничих або спеціально передбачених вигинів трубопроводів при їхній прокладці.

Для звільнення трубопроводів від термічних напруг частіше за все (і найкраще при можливості) використовувати природню гнучкість трубопроводів. Для цього при прокладці трубопроводів чергують прямолінійні ділянки з криволінійними. При цьому виникає самокомпенсація. У випадку, коли такими прийомами неможливо цілком компенсувати температурні напруги, застосовують спеціальні з'єднання трубопроводів, які називають компенсаторами. Існує багато конструкцій компенсаторів, проте найбільшого поширення набули чепцеві, лінзові та гнуті.

Вимоги до прокладки трубопроводів

Залежно від призначення трубопроводи розподіляють на технологічні – для перекачування нафтопродуктів та допоміжні – для подачі води, пари, повітря.

Для виготовлення технологічних і допоміжних трубопроводів застосовують такі труби:

сталеві, безшовні, гарячекатані із зовнішнім діаметром від 25 до 800 мм (ГОСТ 8732–58);

сталеві, безшовні, холоднотягнуті із зовнішнім діаметром від 25 до 200 мм (ГОСТ 8734–58 і 8735–58);

сталеві водогазопровідні, які виготовляють з добре зварювальних сталей (ГОСТ 3362–55);

сталеві електрозварювальні діаметром до 152 мм (ГОСТ 1753–53);

сталеві електрозварювальні зі спіральним швом зовнішнім діаметром від 426 до 720 мм (ГОСТ 8996–58).

Підземна прокладка трубопроводів може здійснюватися прямо в ґрунт або в попередньо виконані канали, виготовлені з матеріалів, які не горять.

При прокладці трубопроводів над землею висота розташування труб над пішохідними переходами повинна становити не менше 2,2 м, а над автотранспортними шляхами – не менше 4,5 м.

Підземні трубопроводи прокладають на відстані не менше 1 м від стін будинків. Під будинками або над ними прокладка трубопроводів для нафтопродуктів не дозволяється. Наземна прокладка трубопроводів повинна здійснюватися тільки на опорах, які не горять, і з дотриманням рекомендованих відстаней між ними. При цьому для кожного сорту авіаПММ повинен бути наданий окремий трубопровід. Для перекачування авіаційних палив рекомендується застосовувати сталеві безшовні або електрозварювальні труби зі спіральним швом. Для компенсації теплового розширення доцільно використовувати повороти та вигини, а при необхідності й П–подібні компенсатори.

При прокладці трубопроводів під штучним покриттям потрібно застосовувати тільки сталеві безшовні труби, а їхнє стикування здійснювати шляхом зварювання.

Трубопроводи, які проходять під залізничним полотном, автомобільними шляхами, злітно–посадковими смугами і руліжними доріжками, повинні бути покладені в сталеві, залізобетонні або азбестові кожухи із внутрішнім діаметром не менше ніж на 100 мм більше зовнішнього діаметра трубопроводу. Кінці кожухів повинні вводитися за підшву насипу дороги або бетонного покриття не менше ніж на 2 м, і обладнують сальниками, що герметизують внутрішній простір кожухів. Прокладка трубопроводів на перонах із штучним покриттям повинна здійснюватися в прорізах із знімними плитами або асфальтобетонним покриттям у кожухах або спеціальних колекторах.

Для звільнення трубопроводу від нафтопродукту, що міститься в ньому, їх слід укладати з деяким ухилом: для світлих нафтопродуктів ухил повинен бути не менше за 0,003, а для трубопроводів, що транспортують темні нафтопродукти – не менше за 0,004. У нижніх точках магістралі необхідно передбачити розташування устрою для повного зливу залишків нафтопродуктів, а у верхніх точках – для впускання повітря.

У разі застосування двотрубного продуктопроводу кожний з них повинен бути розрахован на 75 % загальної витрати нафтопродукту по двотрубній магістралі.

З'єднання трубопроводів може бути рознімним і нерознімним. Як нерознімне з'єднання застосовують зварювання труб. Роз'ємне з'єднання – це фланцеві та муфтові. Використання нарізних з'єднань труб на складах ПММ не допускається.

Під час укладання трубопроводів у загальному колекторі відстань між ними повинна бути в межах 0,4 – 0,5 м. З'єднання труб і встановлення арматури варто здійснювати зі зсувом до подібних на сусідній трубі. Прокладка трубопроводів авіаПММ у загальному колекторі з газо-, паро-, теплопроводами електрокабелями і трубопроводами з питною водою не допускається. При проектуванні та прокладці паливопроводів слід враховувати рекомендовані відстані по горизонталі до інших комунікацій.

Як правило, окремі труби зварюють на землі, накладається протикорозійна ізоляція й укладають на піщану подушку в заздалегідь підготовлені траншеї. Центрування труб перед їхнім зварюванням забезпечується вручну, проте спеціальні пристосування сприяють підвищенню продуктивності й якості зборки та зварювання. Арматура трубопроводів приєднується за допомогою фланців. Найбільш поширеним є сталевий плоский приварний фланець.

Як ущільнювальний матеріал застосовують:

ганчірковий картон (ГОСТ 6405–52), просочений розчином столярського клею або технічного желатина із гліцериним; вулканізований пароніт марки ЛЗ (ГОСТ 481–58); спеціальну гуму (ТУ МХП 233–Н).

Товщина прокладки повинна бути до 3 мм. Для кращої герметичності на торцевій поверхні фланців проточують канавки. Для поменшення деформацій трубопроводів при монтажі та протягом експлуатації застосовують кульові з'єднання, а для зміни напрямку прокладки трубопроводів використовують стандартні крутозігнуті сталеві трикутники і зварні крутозігнуті відводи.

4. Загальна характеристика насосів та їх класифікація. Відцентровані насоси. Конструкція відцентрованих насосів.

Насосом називається гідравлічна машина, яка призначена для переміщення рідини шляхом передачі їй механічної енергії. Насос, одержуючи механічну енергію від якогось джерела, передає її потокові рідини, що рухається. Основними параметрами насосів є напір (або тиск), подача, потужність і коефіцієнт корисної дії.

Напір являє собою збільшення питомої енергії рідини на ділянці від входу насоса до виходу з нього. Напір, утворюваний насосом, вимірюється в метрах стовпа перекачуваної рідини, що еквівалентно підйому рідини на визначену висоту h .

Подача – це об'єм рідини, який подається до трубопроводу за одиницю часу і зазвичай вимірюється в кубічних метрах за секунду ($\text{м}^3/\text{с}$), кубічних метрах за годину ($\text{м}^3/\text{год}$), літрів за хвилину (л/хвил).

Потужність характеризується витратою насосом енергії на переміщення рідини.

Коефіцієнт корисної дії враховує всі види втрат, пов'язані з перетворенням механічної енергії двигуна в енергію потоку рідини, що рухається. Як джерело механічної енергії для приводу насосів частіше за все використовують електродвигуни, рідше – двигуни внутрішнього згоряння. Існує багато насосів, які різняться між собою за принципом дії, конструкцією та потужністю. За принципом дії насоси розподіляють на динамічні та об'ємні (рис. 11).

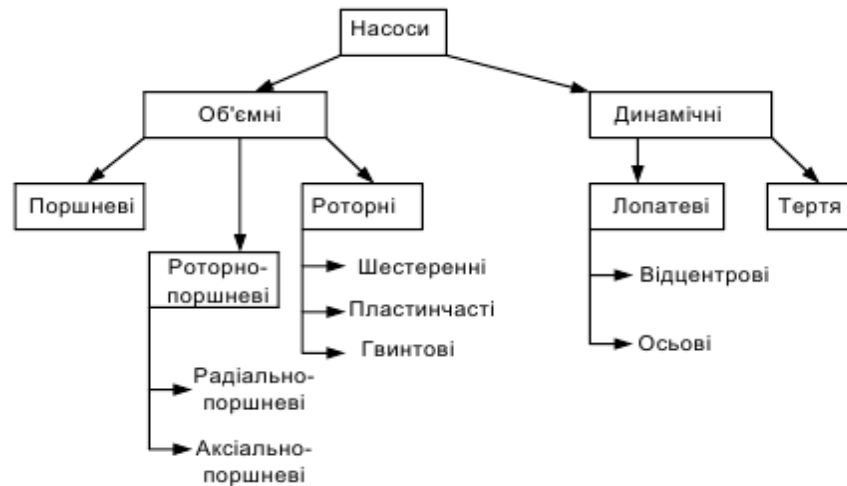


Рис. 11 – Класифікація насосів

У насосах *динамічного* принципу дії передача енергії відбувається в камері постійного об'єму, що з'єднується з вхідним і вихідним патрубком насоса. В свою чергу вони розподіляються на лопатні насоси й насоси тертя.

Об'ємні насоси забезпечують перекачування рідини робочою камерою, яка періодично змінює свій об'єм за рахунок обертального або зворотно-поступального руху робочого органу.

Найбільш поширені на складах ПММ насоси відцентрові, вихрові, поршневі, шестеренні та гвинтові.

Відцентрові насоси

Найбільш поширеним насосом на складах ПММ є відцентрові насоси. Вони характеризуються простотою конструкції та високою надійністю в роботі. Насоси добре компануються з електродвигунами в один агрегат.

Відцентрові насоси мають великий діапазон подач (від декількох кубічних сантиметрів за хвилину ($\text{см}^3/\text{хв}$) до 200 – 400 кубічних метрів за годину ($\text{м}^3/\text{год}$). Напір відцентрових насосів може досягати значення 150 – 200 м. Коефіцієнт корисної дії значних відцентрових насосів лежить у межах 0,9–0,92, а для насосів із малою подачею в межах 0,6–0,75.

Насоси у залежності від напору, створюваного ними, розрізняють на високонапірні (напір більш 60 м, середьонапірні – 20–60 м) і низьконапірні (напір менше 20 м).

Відцентровий насос, як правило складається з корпусу 2 (рис. 12) із патрубками входу 1, виходу 4 і робочого колеса 3, яке закріплено на валу. Між корпусом і валом встановлене ущільнення.

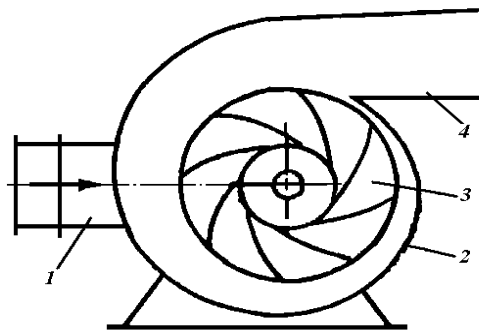


Рис. 12 – Схема відцентрового насоса: 1– вхідний патрубок; 2– корпус; 3– робоче колесо; 4– патрубок виходу рідини.

Головним робочим органом відцентрового насоса є робоче колесо, яке вільно обертається всередині корпусу.

Робоче колесо складається з двох дисків (переднього та заднього), які з'єднані в одну конструкцію за допомогою лопаток (рис. 13). Лопатки плавно відігнуті в сторону, протилежну напрямку обертання робочого колеса. Передній диск має отвір для підведення рідини, а задній – для закріплення колеса на валу.

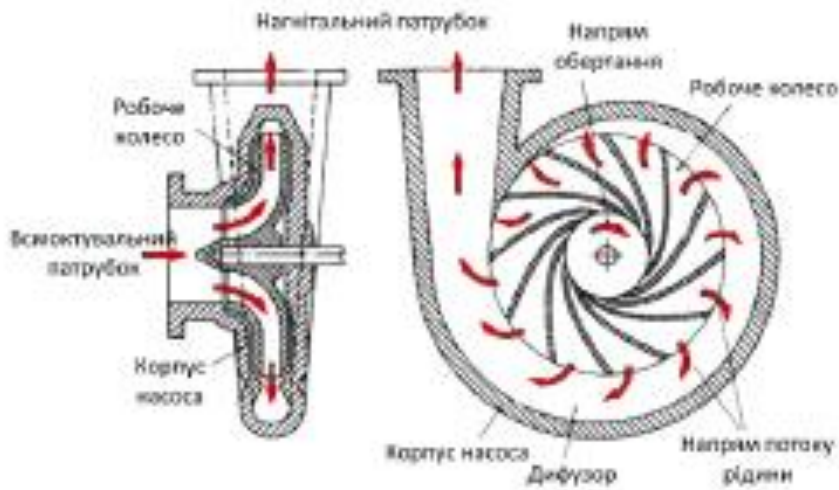


Рисунок 13 – Схема робочого колеса відцентрового насоса

Потік рідини входить в насос у осьовому напрямі, а виходить – у радіальному.

На вході до корпусу насоса під'єднується всмоктувальний патрубок, а на виході – нагнітальний.

Всмоктувальний трубопровід та корпус насоса перед запуском повинні бути заповнені рідиною.

Принцип дії насоса полягає в тому, що при обертання робочого колеса на кожний об'єм рідини масою m , що знаходиться в міжлопатевому каналі на відстані r від осі валу, діє відцентрова сила

$$F = mw^2r$$

де r – відстань від центра частинки до центра колеса;

$w = \frac{2\pi n}{60}$ – кутова швидкість обертання колеса;

n – число обертів робочого колеса за хвилину.

Під дією цієї сили рідина викидається з робочого колеса, в результаті чого в центрі колеса утворюється вакуум, а в периферійній його частині – підвищення тиску. Рух рідини у всмоктувальному трубопроводі відбувається внаслідок різниці тисків над вільною поверхнею рідини в нижньому резервуарі та в центральній частині колеса, де утворюється вакуум.

Відео – принцип роботи відцентрового насосу.

<https://www.youtube.com/watch?v=BaEHVpKc-1Q>

<https://www.youtube.com/watch?v=hQ-IHN6OcZM>

У відцентрових насосах можуть застосовуватися лопатки трьох типів за кривизною щодо напрямку обертів робочого колеса:

загнуті назад (рис. 14а); ті, що закінчуються радіально (рис. 14б); ті що відігнуті вперед (рис. 14 в)

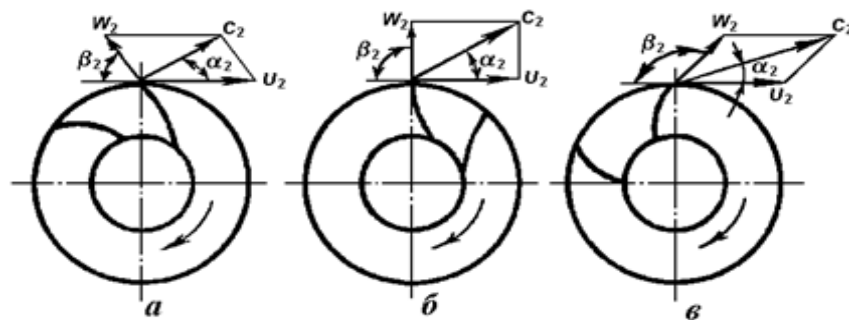


Рис. 14 – Форма лопаток робочих колес

Робочі колеса, в яких лопатки відігнуті вперед, створюють найбільший теоретичний тиск за рахунок більш високої швидкості на виході з колеса. Проте велика швидкість призводить і до підвищення опору, що суттєво позначається на дійсному тиску, який створює насос.

Залежність тиску, утворюваного насосом від прокачування, називається характеристикою насоса.

Відцентрові насоси розподіляють на тихохідні, нормальні та швидкохідні. Критерієм оцінки може бути так званий коефіцієнт швидкохідності (n_s), що погоджує між собою такі основні параметри насоса, як подачу Q , напір і частоту обертання n .

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

де Q – подача ($\text{м}^3/\text{с}$) та H – напір (м) – при максимальному КПД; n – частота обертів, об/хв.

Аналіз формули показує, що зі збільшенням напору коефіцієнт швидкохідності насоса зменшується, збільшення ж подачі, навпаки, збільшує значення коефіцієнта n_s . Залежно від значення коефіцієнта швидкохідності насоси поділяються на тихохідні ($n_s = 150\text{--}300$), нормальні ($n_s=80\text{--}150$) і швидкохідні ($n_s=150\text{--}300$). Тихохідні відцентрові насоси мають найбільше відношення діаметрів D_2/D_0 (табл. 1), тому забезпечують малу подачу, але розвивають великий напір.

Таблиця 1

Класифікація насосів за значенням n_s і коефіцієнта швидкохідності

Типи коліс				
Відцентрові насоси			Колесо діагонального типу	Колесо пропеллерного типу
Тихохідне колесо	Нормальне колесо	Швидкохідне колесо		
				
$n_s=40\text{--}50$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2,5$	$n_s=80\text{--}150$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 2$	$n_s=130\text{--}300$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1,8\text{--}1,4$	$n_s=300\text{--}600$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 1,2\text{--}1,1$	$n_s=600\text{--}1200$ $\frac{D_2}{D_0} \approx 0,8$

Колеса великої швидкохідності забезпечують великі подачі та створюють малі напори.

Конструкція відцентрових насосів

Промисловість випускає відцентрові насоси різних модифікацій із різноманітними характеристиками і для різноманітних цілей.

Залежно від кількості робочих коліс розрізняють одно–, дво– та багатоступеневі насоси. Найбільше поширення набули одноступеневі насоси з осьовим, одно– або двостороннім підведенням рідини. На рис. 15. зображений горизонтальний відцентровий насос, що має одне робоче колесо.

Через те, що робоче колесо 1 відцентрового насоса закріплено на кінці вала, насос називають консольним. До конструкції насоса так саме входять корпус 3, сальник 4 із кришкою, підшипники 5, муфта 7. Робоче колесо оснащено кільцевим ущільненням, що сприяє зменшенню внутрішніх перетікань рідини і підвищенню об'ємного ККД. Для запобігання витоків рідини крізь зазор між корпусом і валом існує сальникове ущільнення 4. Радіальне й осьове зусилля, що діють на робоче колесо насоса, сприймають шарикопідшипники 5. Змащування підшипників здійснюється маслом, залитим у корпус опорної стійки.

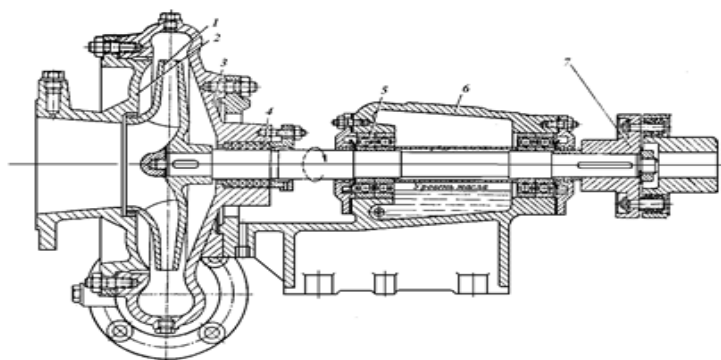


Рис. 15 – Конструкція відцентрового насоса типу НК:

1– робоче колесо; 2– всмокуючий патрубок; 3– корпус насоса; 4– сальникова набивка; 5– шарикопідшипник; 6– опорна стійка; 7– муфта

Насоси з двостороннім підведенням рідини до робочого колеса, завдяки симетрії потоку дозволяють зрівноважити осьові зусилля, які виникають на робочому колесі, і мають більш високі подачі.

Двоступеневі насоси спроможні працювати як у паралельному, так і в послідовному режимах. Зміна режиму роботи, як правило, здійснюється поворотом спеціальної рукоятки. При паралельному режимі роботи обох ступенів сумарна подача насоса дорівнює сумі подач кожної секції, а при послідовному ввімкненні сумуються їхні напори.

Маркування насосів складається з літер і цифр. Літери означають тип насоса К– консольний із горизонтальним валом і окремою стійкою; КМ– консольний моноблоковий, тобто насос, в якого корпус закріплений на електродвигуні; Д, НД із двостороннім підведенням рідини; МС– многоступеневий секційний; В– з верті–кальним валом; О – осьовий.

Перша група цифр перед літерами в позначенні визначає діаметр вхідного патрубку в міліметрах, зменшений у двадцять п'ять разів. Наступна за літерами цифра позначає коефіцієнт швидкохідності, зменшений у десять разів і округлений до цілого числа, а остання цифра характеризує число ступенів насоса. Наприклад, 8НД–6х1 – насос із двостороннім підведенням рідини, в якого діаметр вхідного патрубку дорівнює $8 \times 25 = 200$ мм, коефіцієнт швидкохідності – 60, число ступенів 1.

Основним елементом відцентрового насоса є робоче колесо, що служить для передачі енергії від робочого вала до рідини.

За конструкцією робочі колеса можуть бути з одно–бічним і дво–бічним підведенням рідини, закритого й відкритого типу (рис. 6).

Робоче колесо з двостороннім підведенням рідини складається з двох зовнішніх дисків і одного внутрішнього.

Колеса відцентрових насосів мають зазвичай шість–дванадцять лопатей. Корпус насоса може бути з торцевим розніманням, коли площина рознімання перпендикулярна осі привідного вала, або з осьовим, коли площина рознімання корпуса проходить через вісь вала.

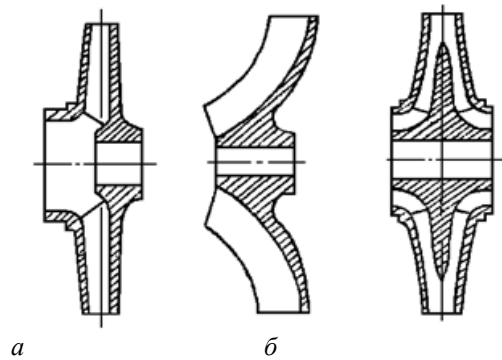


Рис. 16 – Типи робочих коліс відцентрових насосів:
a– закритого типу; *б*– відкритого типу з одностороннім підведенням рідини; *в*– закритого типу з двостороннім підведенням рідини

густина рідини, що перекачується; Крутний момент кручіння, від двигуна до робочого колеса передається валом насоса, який виготовляється з високоміцних легованих сталей (40Х, 2Х13 та ін.).

5. Насосна установка та кавітація в насосах. Підбирання насосів до магістралі . Паралельна та послідовна робота насосів на мережу

Насосною установкою (рис. 17) називається насосний агрегат з певним обладнанням, яке монтується за певною схемою і забезпечує роботу насоса.

При розрахунках та проектуванні насосної установки найважливішими є такі задачі: визначення напору насоса H , потужності насоса N та перевірка процесу всмоктування.

Необхідний напір насоса визначається за формулою

$$H = H_g + h_v + h_n ,$$

де H_g – геодезичний напір (висота підймання рідини);

h_v – втрата напору у всмоктувальному трубопроводі;

h_n – втрата напору в нагнітальному трубопроводі.

Геодезичний напір складається з геометричної висоти всмоктування $H_{г.в}$ та геометричної висоти нагнітання $H_{г.н}$.

$$H_g = H_{г.в} + H_{г.н} .$$

Потужність, що споживається насосом, визначається за формулою

$$N_H = \frac{\rho g Q H}{\eta_n} ,$$

де ρ –

Q – подача, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напір, м ;

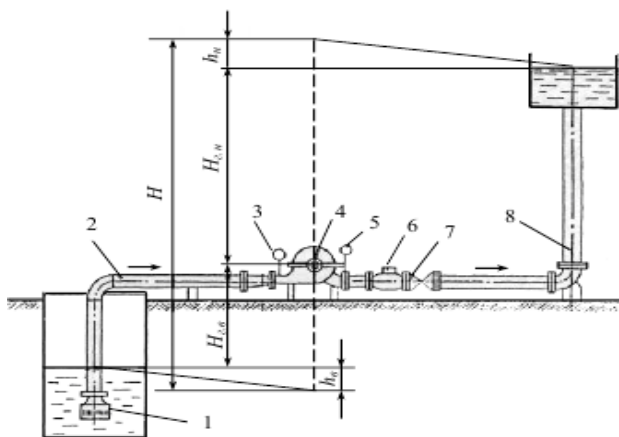


Рисунок 17 – Схема насосної установки

1 – приймальна сітка зі зворотним клапаном; 2 – всмоктувальний трубопровід; 3 – вакуумметр; 4 – насос; 5 – манометр; 6 – зворотний клапан; 7 – засувка; 8 – напірний трубопровід.

Коефіцієнт корисної дії насоса визначається як добуток трьох коефіцієнтів, що характеризують окремі види втрат енергії в насосі

$$\eta_n = \eta_g \eta_{об} \eta_{мех},$$

де η_g – гідравлічний ККД насоса;

$\eta_{об}$ – об'ємний ККД насоса;

$\eta_{мех}$ – механічний ККД насоса.

Значення ККД сучасних лопатевих насосів знаходиться в межах 0,6...0,9.

Кавітація в насосах

Явище кавітації являє собою процес порушення суцільності течії рідини, який виникає там, де тиск знижуючись досягає тиску насичених парів рідини. Це явище супроводжується утворенням великої кількості бульбашок. Рухаючись в потоці рідини бульбашки об'єднуються і перетворюються у великі бульбашки (каверни). Потоком рідини каверни переносяться до області підвищеного тиску, де вони руйнуються. При цьому, оточуюча їх рідина, рухається до центру каверни зі значною швидкістю. В центрі кожної каверни відбувається співударяння частинок рідини, що призводить до виникнення гідравлічного удару, тиск в цих центрах може підвищуватись до 100 атмосфер. Під дією змінного місцевого тиску бульбашки різко стискаються та розширюються і відповідно температура газу всередині бульбашок коливається в широких межах і може досягати декількох сотень градусів за Цельсієм. Хімічна агресивність газів у бульбашках викликає ерозію матеріалів, з якими стикається рідина в стані кавітації.

При виникненні кавітації робота насоса супроводжується значним характерним шумом, з'являється вібрація, зменшуються гідроенергетичні параметри насоса (подача Q , напір H , потужність N та ККД), а в деяких випадках припиняється подача насоса внаслідок зменшення густини рідини, що перекачується.

Якщо руйнування каверн відбувається на поверхні робочого колеса або корпусу насоса, то це призводить до кавітаційної ерозії цих поверхонь.

Причинами виникнення кавітації є такі фактори:

- високе розміщення насоса по відношенню до рівня рідини, що перекачується;
- збільшення частоти обертання робочого колеса;
- пуск насоса при відкритій засувці на напірній лінії та спорожненому напірному трубопроводі;
- збільшення гідравлічних втрат напору у всмоктувальному трубопроводі;
- підвищення температури рідини, що перекачується.

Відео: кавітація в насосах –

<https://www.youtube.com/watch?v=rqPXTcbM2go>

Підбирання насосів до магістралі

Для підбирання насоса до магістралі необхідно знати гідравлічну характеристику магістралі і характеристику насоса. Таке підбирання насоса здійснюється графічним шляхом.

Для визначення режиму роботи насоса на одному і тому ж графіку будується основна робоча характеристика насоса $H=f_1(Q)$ та гідравлічна характеристика трубопроводу. На цю залежність накладають характеристику насоса. Точка перетину (т. А) основної робочої характеристики насоса та гідравлічної характеристики трубопроводу називається робочою точкою насосної установки (рис. 18). Положення робочої точки визначає подачу та напір насоса, а також інші робочі параметри насоса (N , μ , $N_{\text{вак}}^{\text{доп}}$ або $\Delta h_{\text{доп}}$).

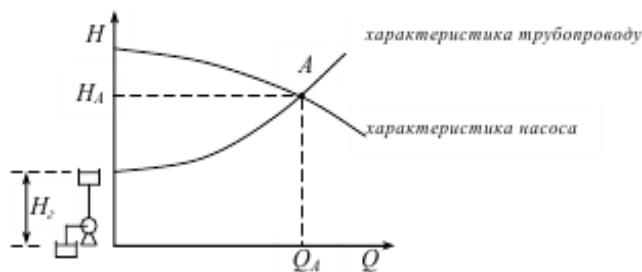


Рисунок 18 – Визначення робочої точки насосної установки

Регулювання режиму роботи насоса

Режим роботи даного насоса на даний трубопровід визначається положенням робочої точки. Якщо необхідно змінити подачу Q , тобто зменшити її, то це можливо зробити двома способами:

- 1) зміною гідравлічної характеристики трубопроводу;
- 2) зміною характеристики насоса.

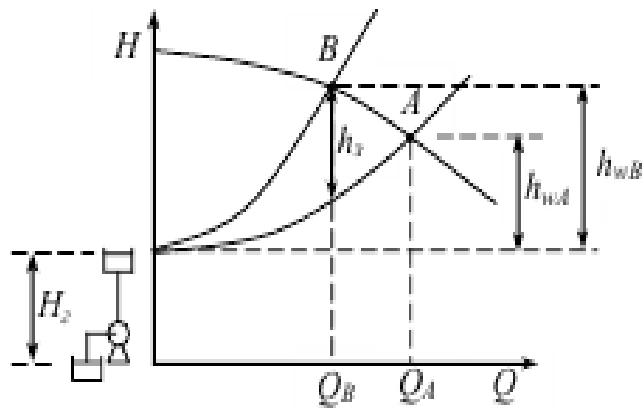
1-й спосіб. Змінити характеристику трубопроводу можна змінивши значення коефіцієнта S , а його можна змінити за рахунок збільшення коефіцієнта опору засувки, тобто збільшивши S . При цьому характеристика трубопроводу, зберігаючи початкове положення стає більш крутою (рис. 19)

Таке регулювання неекономічне, тому що приводить до збільшення втрат напору на величину h_3 і відповідно зменшує ККД насосної установки,

тому що на засувці витрачається частина потужності приводного двигуна.

Цей вид регулювання часто застосовується внаслідок простоти його здійснення.

2-й спосіб. Регулювання подачі Q відцентрового насоса здійснюється шляхом зміни робочої характеристики самого насоса, що реалізується за рахунок зміни частоти обертання робочого колеса (рис. 20). Таке регулювання можливе, якщо можна змінювати оберти приводного двигуна насоса. Найбільш економічно ефективним способом зміни частоти обертання робочого колеса насоса є використання частотних перетворювачів.



h_z – втрати напору на засувці; h_{wA} та h_{wB} – відповідно втрати напору в трубопроводі для робочих точок А та В

Рисунок 19 – Регулювання подачі насоса за допомогою засувки

Управління насосними агрегатами базується на стабілізації тиску на виході з насосної станції. У якості сигналу зворотного зв'язку використовуються датчики тиску або витрати води. Перевагами частотно-регульованого електроприводу насосів є економія електричної енергії до 60%, запобігання виникнення гідравлічних ударів, відсутність пускових струмів, робота електричних двигунів та пускової апаратури зі зниженим навантаженням, що значно збільшує термін служби електродвигунів, значна економія води за рахунок оптимізації тиску в мережах.

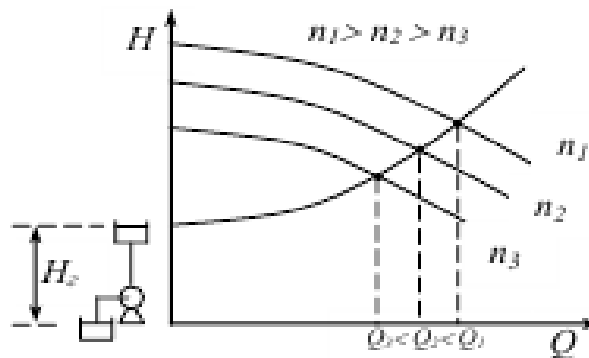


Рисунок 20 – Регулювання подачі відцентрового насоса

шляхом зміни частоти обертання робочого колеса

Паралельна та послідовна робота насосів на мережу

Робота декількох насосів на загальний напірний трубопровід називається паралельною роботою (рис. 21,а).

Послідовним з'єднанням називається таке включення насосів коли перший насос подає рідину у всмоктувальний патрубок наступного, а останній – в нагнітальний трубопровід (рис. 21,б).

Паралельна робота насосів використовується з метою збільшення подачі і у тих випадках, коли споживання рідини змінюється з часом. Спільна характеристика, паралельно працюючих насосів, будується шляхом додавання подач при однакових напорах. Паралельна робота насосів доцільна при пологій гідравлічній характеристиці трубопроводу. При паралельній роботі двох однакових насосів подача не збільшується в два рази ($Q_2 < 2Q_1$), внаслідок того, що гідравлічна характеристика трубопроводу має вигляд параболи.

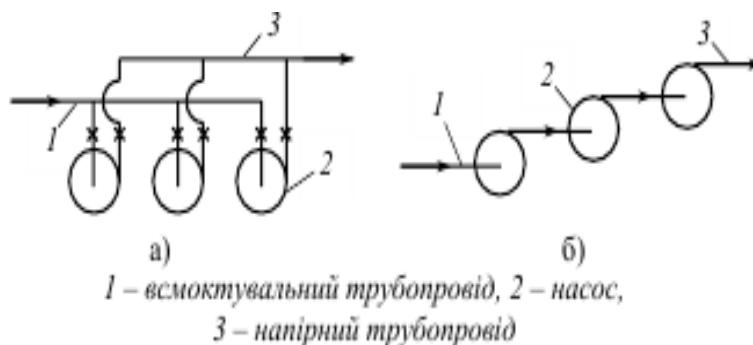


Рисунок 21 – Паралельне та послідовне включення насосів

Послідовна робота насосів використовується з метою збільшення напору. Спільна характеристика, послідовно включених насосів, будується шляхом додавання напорів при однакових подачах.

При послідовному з'єднанні насосів можна отримати значні напори, але потрібно враховувати той фактор, що корпус насоса розрахований на певний тиск і коли він перевищить допустимий, то це призведе до його руйнування. Подібні схеми включення насосів застосовуються в пожежних системах, в системах опалення та в трубопроводах значної довжини.

Випробування трубопроводів

Трубопроводи випробують перед здачею їх в експлуатацію. Випробування проводять гідравлічним, пневматичним та комбінованим способами на окремих ділянках, кінці яких закривають заглушками.

Гідравлічні випробування здійснюють у 2 етапи:

- попередні випробування на міцність;
- заключні випробування на герметичність.

При попередніх випробуваннях довжина ділянок – 800...1200м.

Значення тиску при випробуваннях p_v встановлюють в залежності від матеріалу трубопроводу та робочого тиску p_p .

Так для сталевих трубопроводів при

$$p_p \leq 2 \text{ МПа} \quad p_v = p_p + 0,5 \text{ МПа},$$

а при

$$p_p > 2 \text{ МПа} \quad p_v = 1,25 p_p.$$

Тиск в трубопроводах створюють за допомогою пресувальних агрегатів. Воду трубопроводи заповнюють за допомогою пересувних насосних станцій. Тривалість витримання трубопроводу під тиском залежить від матеріалу трубопроводу (в середньому 30 хв.). Попередні випробування здійснює будівельно-монтажна організація.

Заключні випробування трубопроводів на герметичність проводять після закінчення усіх робіт і не раніше ніж через 24 години після засипання траншеї, а для залізобетонних труб – через 72 години. При заключних випробуваннях тиск в трубах збільшується до необхідного значення і витримують протягом 30 хвилин. Після цього визначають об'єм рідини, що витік з трубопроводу, і цей об'єм не повинен перевищувати допустимий.

Допустимі значення втрат води (л/хв/1 км) залежать від діаметра трубопроводу та його матеріалу і наводяться в довідниках.

Заключні випробування оформляють актом приймальної комісії, до складу якої входять представник замовника, головний інженер будівельної організації та виконроб.

6. Вихрові та відцентрово-вихрові насоси.

Конструктивна схема вихрового насоса складається з робочого колеса 3 (рис. 22), з плоскими радіальними лопатками 5, що створюють криволінійний канал 2. Внутрішній виступ 4 у каналі служить для відокремлення потоків всмоктування й подачі.

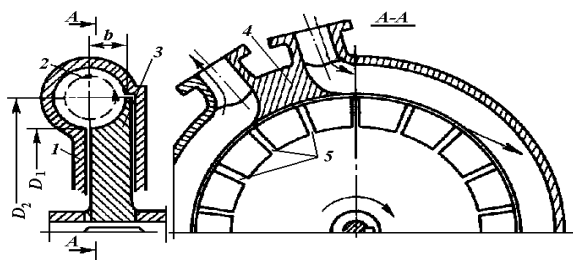


Рис. 22 – Конструктивна схема вихрового насоса:
1–корпус; 2– канал; 3– робоче колесо; 4– роздільник потоків; 5 – лопатки

На рідину, що заповнює міжлопатні канали, при обертанні робочого колеса діють відцентрові сили, які спричиняють обертальний рух у міжлопатному каналі. Внаслідок у відводі утворюється вихрова течія, напрямок якої показаний на рис. 22 пунктирною лінією зі стрілкою, і кругова течія,

обумовлена тим, що маси рідини захоплюються лопатками в бік обертів робочого колеса.

Отже, робота вихрового насоса полягає в тому, що енергія рідини, яка протікає через міжлопатні канали робочого колеса, підвищується за рахунок дії відцентрових сил у ній. Рідина з підвищеною енергією виноситься вихровим потоком у відвід і виштовхується в напірний патрубок. На її місце відбувається безперервний притік рідини через вхідний патрубок.

У вихрових насосах, як і у відцентрових, є об'ємні, гідравлічні та механічні втрати енергії. Об'ємні втрати енергії обумовлені перетіканням рідини крізь зазори між поверхнями роздільника і кромками лопатей робочого колеса з порожнини нагнітання в порожнину всмоктування. Вони у вихровому насосі досить значні й становлять до 20 % енергії, яку підводять до вала насоса.

Гідравлічні втрати енергії в насосі пов'язані з тертям рідини при поступальному і циркуляційному рухах у криволінійному каналі насоса. Оскільки ці швидкості значні, гідравлічні втрати енергії становлять до 30 % енергії, споживаної насосом.

Механічні втрати у вихрових насосах, як і у відцентрових насосах, обумовлені механічним тертям у підшипниках і ущільненнях, а також тертям неробочих поверхонь колеса насоса о рідину в осьових зазорах. Ці втрати становлять до 10 % підводжуваної до насоса енергії.

Таки значні втрати енергії призводять до того, що для вихрових насосів на режимах високої подачі ККД у кращих конструкціях не перевищує 0,5.

Колесо працюючого вихрового насоса випробує подовжню і поперечну сили, що передаються на вал.

Подовжня сила виникає як наслідок різниці тисків, що діють на торцеві поверхні колеса. Ця сила сприймається радіальним кульковим підшипником. У разі застосування колеса симетричної форми подовжня сила відсутня.

Напір вихрового насоса в 3...6 разів більший ніж відцентрового насоса при тих же розмірах і частоті обертання робочого колеса. Завдяки компактності, високим напорам, здатності самозасмоктування (тобто здатності при запуску засмоктати рідину без попереднього заповнення рідиною всмоктувального трубопроводу та корпусу насоса) вихрові насоси використовуються для перекачування суміші рідини та газу, легколетучих рідин (бензин, спирт), кислот, скраплених газів і т.п.

Недоліком вихрових насосів є їх низький ККД, не більше 45%, та те що вони не придатні для перекачування рідин з великою в'язкістю, тому що при збільшенні в'язкості напір та ККД різко зменшується.

Подача вихрових насосів до 12 л/с, напір до 250 м.

У зв'язку з тим, що у вихрових насосах рідина підводиться до робочого колеса на його периферії, тобто в зоні високих швидкостей, ймовірність виникнення кавітації на вході до вихрового колеса надто велика. Для попередження виникнення кавітації на валі вихрового насоса встановлюють додаткове робоче колесо відцентрового типу. Це підвищує тиск на вході до вихрового колеса. Насос, що складається з двох послідовно ввімкнених коліс –

відцентрового й вихрового – називають відцентрово-вихровим. Високі експлуатаційні показники мають відцентрово-вихрові насоси, в яких поєднані позитивні якості відцентрових та вихрових насосів. Такі насоси представляють собою з двох насосів – відцентрового та вихрового, які зібрані на одному валу і з'єднані між собою послідовно по ходу рідини, що перекачується. Насос має осьове підведення води, на всмоктувальній лінії його встановлюється відцентрове колесо, яке забезпечує висоту всмоктування до 5...7м. Потім вода попадає до камери вихрового насосу де вона отримує високий напір. Такі насоси мають подачу 14...36 м³/год, напір до 280 м та ККД 0,45...0,48.

Широке застосування на складах ПММ одержав самовсмоктуючий відцентрово-лопатевий насос СЦЛ–20–24, який призначений для перекачування бензину, гасу, води й спирту. Насос складається з корпусу, відцентрового й вихрового робочих коліс, посаджених на загальний вал. Рідина спочатку підводиться до відцентрового колеса, а потім – на вхід вихрового колеса.

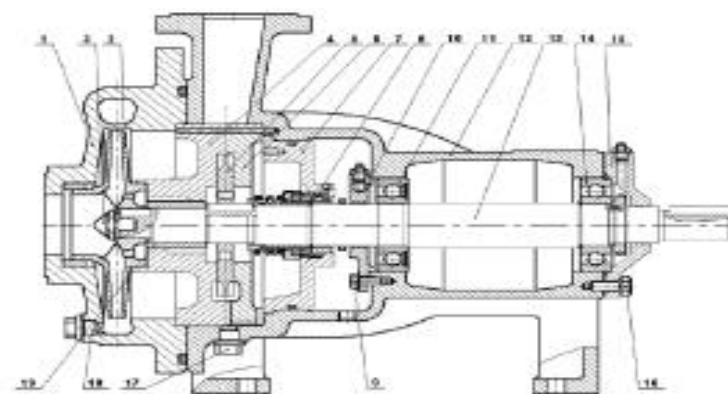


Рисунок 23 – Відцентрово-вихровий консольний насос

- 1,7,15 – кришка; 2 – відцентрове колесо; 3 – гайка для закріплення колеса на валу; 4,6 – вставка; 5 – вихрове колесо; 8 – ущільнення; 9,16 – болт; 10 – кришка; 11,14 шарикопідшипникова опора; 12 – корпус; 13 – вал насоса; 17,18 – пробки; 19 – сальникове ущільнення.

7. Шестеренчасті насоси. Гвинтові та струменеві насоси.

Найбільше поширені шестеренні насоси із шестірнями зовнішнього зачеплення, оскільки вони найпростіші і застосовуються в системах, де не потрібне регулювання витрат рідини. Максимальний тиск, який розвивають ці насоси, зазвичай не перевищує 200 кг/см², при цьому продуктивність може становити 400 – 500 л/хв.

Зазвичай частота обертання таких насосів становить:

для насосів із подачею від 70 до 200 л/хв – 300 об/хв;

від 200 до 800 л/хв – 2500 об/хв;

від 800 до 1200 л/хв – 1500 об/хв.

Шестеренні насоси найчастіше застосовують для перекачування в'язких рідин і при низькому тиску.

Зазвичай шестеренні насоси не мають пристроїв регулювання подачі, хоча це можливо. Відомі шестеренні насоси з регульованою подачею, яке здійснюється шляхом осьового зсуву однієї шестеренні щодо іншої, тобто зміною робочої ширини шестерень (довжини зуба). Такі насоси широкого поширення не набули внаслідок технічної складності їхньої конструкції.

Шестеренні насоси відрізняються простотою виготовлення й експлуатації, малими габаритами і масою, довговічністю і компактністю, а також іншими позитивними властивостями. Вони допускають високу частоту обертання, яка доходить до 10000 об/хв, а також короткочасні перевантаження по тиску, значення, а і тривалість яких визначаються лише конструкцією підшипників.

Спрощена конструкція шестеренного насоса складається з пари шестерень – ведуча та ведена

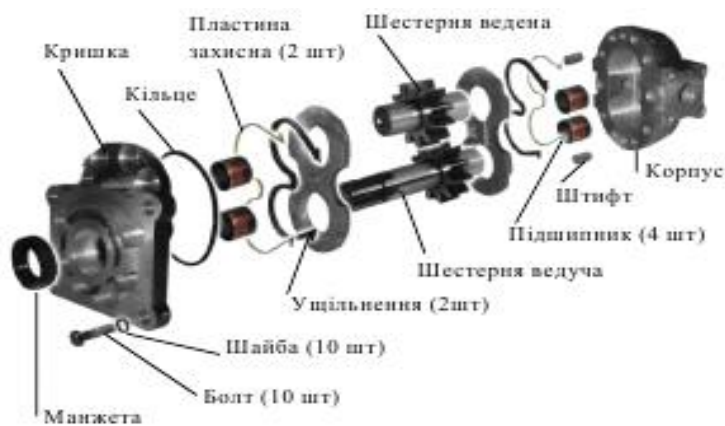


Рисунок 24 – Будова шестеренного насоса

Зуби шестерень переміщують рідину з області всмоктування в область нагнітання (рис. 25). Ці області ізолюються одна від іншої за рахунок зачеплення шестерень. Всмоктування забезпечується за рахунок того, що рідина захоплюється впадинами зубчатих коліс і переміщується з порожнини всмоктування в порожнину нагнітання до місця зчеплення колес, де зубці одного колеса витісняють рідину з впадин іншого.

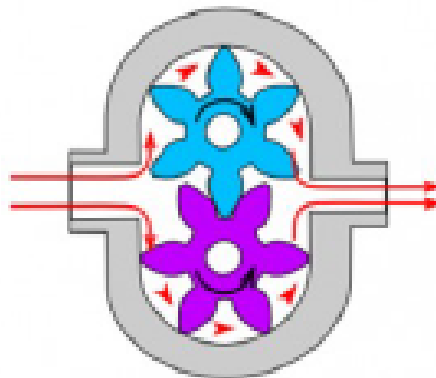


Рисунок 25 – Принцип роботи НШ

При обертанні шестерень рідина, яка знаходиться в западинах зубів, переноситься з камери всмоктування в камеру нагнітання. У області нагнітання зуб шестеренні, входячи в западину між зубами іншої шестеренні витісняє рідину, яка там знаходиться.

Для визначення подачі шестеренного насоса існує ряд емпіричних і теоретичних формул. Проте похибки розрахунку за теоретичними формулами часто перевищує похибки розрахунку, виконаного за емпіричними формулами.

Для наближених розрахунків подачі насоса із шестернями однакових розмірів можна застосовувати емпіричну формулу, отриману за припущення, що насос за кожне обертання подає кількість рідини, яка дорівнює сумі об'ємів западин обох шестерень і за умови, що об'єм западин дорівнює об'єму зуба.

Для зменшення габаритів насоса при всіх інших однакових умовах число зубів бажано вибирати яко можна меншим.

Із зменшенням числа зубів застосовуваних шестерень, знижується ймовірність запірання рідини в западинах, проте при цьому знижується міцність зубів внаслідок підрізання їхніх ніжок і погіршується зачеплення. Збільшується амплітуда пульсацій витрати. Втрати потужності в шестеренному насосі складаються з витрат на тертя й об'ємних витрат (витоків) рідини. Від обсягу цих витрат залежать об'ємне і механічне ККД.

Із збільшенням в'язкості рідини витокі в насосі зменшуються, отже, об'ємний ККД насоса підвищується.

На об'ємний ККД шестеренного насоса також впливає різниця коефіцієнтів теплового розширення деталей, виготовлених із різних металів, а також зміна зазорів через деформацію деталей насоса під тиском рідини.

Гвинтові насоси

Рідина в цих насосах переміщується вздовж вісі по впадинах між гвинтовими поверхнями, які герметично відокремлюють всмоктувальну порожнину від напірної. Гвинтові насоси надійні, компактні та безшумні в роботі. Вони відрізняються рівномірною (без пульсацій) подачею рідини, допускають частоту обертання до 18000 об/хв і випускаються на подачу від 3 до 12000 л/хв із привідною потужністю більше 1000 кВт.

Насоси спроможні працювати при тиску до 200 кг/см². Вони можуть також використовуватись в режимі роботи гідромотора.

Достоїнствами гвинтових насосів є здатність самозасмоктування рідини, строго рівномірна подача, безшумність при роботі, мала маса, придатні для перекачування рідин з високою в'язкістю, до 35000 сСт (бітум, гудрон, мастильні оливи, жири, сиропи, мед і т.п.). Ці насоси мають подачу від 0,3 до 1700 м³/год при тиску нагнітання 0,5...25 МПа та ККД 60...80%. Перевагою насосів цього типу є компактність і мінімальний дисбаланс ротора. Ці насоси бувають двогвинтові і тригвинтові. Причому останній тип більше поширений.

Тригвинтовий насос (рис. 26) складається з трьох гвинтових роторів, з яких середній є ведучим, а два бічних – веденими. Передаточне відношення між

ведучим і веденими роторами дорівнює одиниці. Нарізка гвинтів прийнята зазвичай двозахідною, профіль – циклоїдальний.

Як вихідну величину і при розрахунках цих насосів приймають діаметр основної окружності гвинтів, через який виражені всі інші розміри. Найбільш раціональними співвідношеннями між окремими розмірами гвинтів можна прийняти такі:

$$D_B = d_3; \quad d_B = 1/3 d_3; \quad t = 10/3 d_3; \quad d_b = 1/3 d_3; \quad D_H = 5/3 d_3$$

де D_B – внутрішній діаметр нарізки ведучого гвинта; D_3 – основний діаметр гвинтів або зовнішній діаметр веденого гвинта; d_B – внутрішній діаметр нарізки веденого гвинта; t – крок нарізки гвинтів; d_3 – зовнішній діаметр ведучого гвинта.

Довжина гвинтів визначається, виходячи з умов забезпечення необхідної герметичності. Для забезпечення постійного перекриття між усмоктувальною і нагнітальною камерами мінімальну довжину вибирають такою, що дорівнює $1,25t$. Для тригвинтового насоса довжина зазвичай вибирається залежно від тиску в межах:

- для тиску $15 - 20 \text{ кг/см}^2$ – $l = (1,5 - 2,0) t$;
- для тиску $50 - 75 \text{ кг/см}^2$ – $l = (3 - 4) t$;
- для тиску $150 - 200 \text{ кг/см}^2$ – $l = (6 - 8) t$.

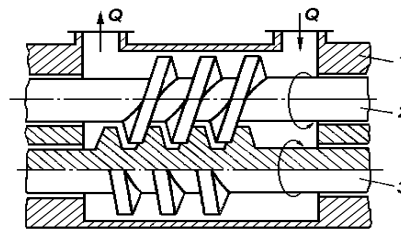


Рис. 26 – Схема гвинтового насоса:
1 – корпус; 2 – ведучий гвинт; 3 – ведений гвинт

Струменеві насоси.

Струменеві насоси (рис. 27) мають просту конструкцію, в якій відсутні рухомі частини. Робота їх побудована на передачі енергії від потоку робочої рідини, що рухається з великою швидкістю, до рідини, що перекачується, за рахунок сил тертя.

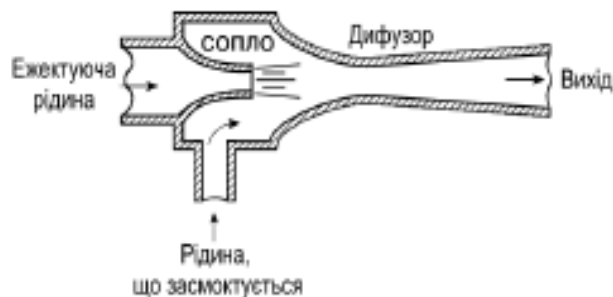


Рис. 27 – Струменевий насос

Робоча рідина подається до сопла насоса, де внаслідок звуження, швидкість руху струменю збільшується, а тиск, у відповідності з рівнянням

Бернуллі, зменшується. В результаті цього в камері всмоктування утворюється вакуум, внаслідок чого до неї засмоктується рідина, що перекачується. Потокм ежектууючої рідини, рідина, що поступила в камеру всмоктування, переноситься в дифузор, де відбувається інтенсивне перемішування цих рідин та перетворення кінетичної енергії потоку рідини в потенціальну енергію тиску, під дією якого вона рухається в напірному трубопроводі.

ККД таких насосів – не більший 30%. Глибина підймання води таким насосом 6...7 м. Використовуються вони для перекачування забруднених рідин зі значним вмістом абразивних частинок.

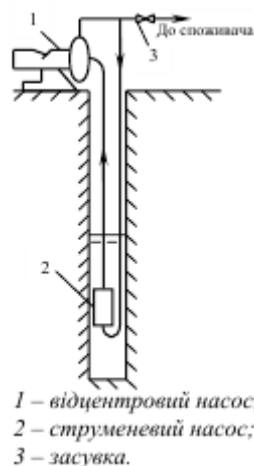


Рис. 28 – Водоструменева установка

В системах водопостачання використовуються водоструменеві установки які складаються з відцентрового та струменевого насосів (рис. 28). Струменевий насос розміщується в колодязі нижче динамічного рівня води і з'єднується з відцентровим насосом колонами труб. З відцентрового насоса вода подається до струменевого насоса і при проходженні через нього підсмоктує рідину з колодязя. Сумарна витрата поступає в насос, після проходження якого, вона ділиться на два потоки, один потік поступає в струменевий насос, а другий – до споживача. Такі водоструменеві установки мають велику надійність і використовуються для підйому води з глибини до 40 м.