

Тема 10. Обладнання насосних станцій

1. Склад обладнання насосних станцій.
2. Основне обладнання насосних станцій.
3. Трубопровідна арматура, труби та фасонні частини.
4. Вантажопідйомне обладнання.
5. Системи заливки насосів.
6. Системи технічного водопостачання насосних станцій.
7. Дренажні та протипожежні насосні установки.
8. Системи осушення та видалення осаду з водоприймальних камер.
9. Контрольно-вимірювальна апаратура насосних станцій.

10.1 Для здійснення своєї головної функції – подачі води – насосна станція має велику кількість різного обладнання. Все обладнання та системи, що входять в схему насосної станції, можна розділити на такі групи:

- 1) Основне енергетичне обладнання. Воно включає насоси та приводні двигуни.
- 2) Механічне обладнання. До нього відносяться сміттєзатримуючі пристрої, арматура та вантажопідйомне обладнання.
- 3) Допоміжне обладнання. Воно складається з систем заливки насосів, технічного водопостачання, дренажу, осушення та видалення осаду, а також мастильного та пневматичного господарства, контрольно-вимірювальної апаратури та систем автоматики.
- 4) Електричні пристрої. До них належать силові трансформатори, розподільні пристрої, струмопроводи, системи контролю та власних потреб.
- 5) Протипожежні та санітарно-технічні пристрої.

10.2 Насосні станції систем водопостачання та водовідведення в залежності від потрібного напору та подачі обладнуються відцентровими, діагональними або осьовими насосами.

На водопровідних насосних станціях, як правило, застосовують насоси загального призначення, що допускають перекачування води з температурою до 85°C та вмістом твердих часток до 3 г/л при їх розмірі до 0,1 – 0,2 мм. Частіше за все на таких станціях встановлюють горизонтальні

насоси двохстороннього входу типу Д, а при подачах до $0,08 \text{ м}^3/\text{с}$ – консольні насоси типу К. На заглиблених насосних станціях першого підйому широко застосовують вертикальні відцентрові насоси типу В. При великих подачах (більше $1 \text{ м}^3/\text{с}$) та малих напорах (4 – 25 м) можуть застосовуватись осьові насоси.

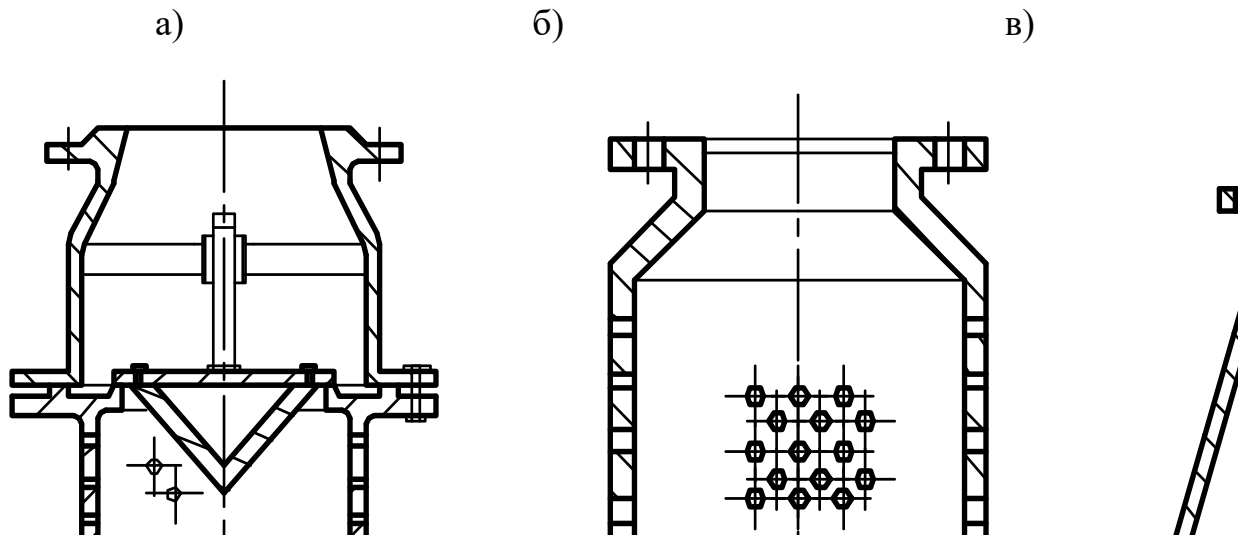
В насосних станціях систем відведення побутових стічних вод, як правило, встановлюють насоси типу СД (стічні динамічні) або СДВ (стічні динамічні вертикальні), призначені для перекачування стічних вод з $\text{pH}=6\div 8,5$, густиною до 1050 кг/м^3 , температурою до 80°C та вмістом абразивних часток до 1% по об'єму. В деяких випадках в системах водовідведення можуть бути застосовані ґрунтові насоси типів Гр та ГрУ.

В якості приводів для насосів застосовують здебільшого електричні двигуни, рідше двигуни внутрішнього згорання і ще рідше парові турбіни. Електродвигуни можуть бути асинхронними та синхронними. І ті і інші мають свої особливості, переваги та недоліки. Вони детально вивчаються в курсі „Електротехніка”. Слід лише відзначити, що при проектуванні насосних станції можна дотримуватись таких рекомендацій:

1) до потужності насосу 300 кВт приймаються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором (напругою до 380В при потужності до 100кВт і 6300В при більших потужностях).

2) якщо потужність насосу перевищує 300кВт, приймаються синхронні електродвигуни високої напруги (6300В та 10000В).

10.3 При облаштуванні насосних станцій для забезпечення їх нормальної експлуатації застосовують загальнопромислову та спеціальну арматуру. В нижній (приймальній) частині всмоктувальних трубопроводів встановлюють приймальні клапани, сітки або приймальні лійки (рис.10.1).



а) – приймальний клапан з сіткою; б) - приймальна сітка; в) - приймальна лійка

Рисунок 10.1

Приймальні клапани встановлюють, як правило, на насосних станціях із всмоктувальними трубами діаметром не більше 300 мм в тих випадках, коли вони не обладнані вакуум-насосами. Приймальний клапан складається з захисної сітки та зворотного клапана, який запобігає витіканню рідини з насосу та всмоктувального трубопроводу. На всмоктувальних лініях насосів, які перекачують чисту воду, приймальний клапан встановлюють без сітки. В тих випадках, коли насос встановлений під заливом або для заливки насосу застосовують вакуум-насос, а в перекачуваній рідині можуть знаходитись крупні забруднення, встановлюють тільки приймальну сітку. На всмоктувальних трубопроводах великих насосів встановлюють приймальні лійки, що дозволяє зменшити вхідні швидкості та гідравлічні опори на вході води в трубопровід. На всмоктувальних трубопроводах каналізаційних насосів встановлюють тільки приймальні лійки.

На напірних трубопроводах встановлюють засувки або поворотні затвори та зворотні клапани. Засувки та поворотні затвори призначені для відключення насосів або ділянок трубопроводів при зміні режиму роботи станції (наприклад, при зупинці одного з насосів). З допомогою засувок та поворотних затворів в деяких випадках здійснюється регулювання подачі.

Засувки бувають клинові та паралельні. Клинові засувки встановлюють на трубопроводах діаметром до 300 мм, а паралельні – на трубопроводах більшого діаметра. Випускаються засувки з ручним, електричним або гідравлічним приводом. Засувки з ручним приводом застосовують на невеликих неавтоматизованих насосних станціях на трубопроводах діаметром не більше 400 мм. Для трубопроводів більших діаметрів, а також на всіх автоматизованих станціях застосовують засувки з електричним або гідравлічним приводом. Поворотні затвори надійніші засувок, мають меншу металоємність та більш придатні для роботи з електричними або гідравлічними приводами. Вони мають менші розміри та ціну, але у них більший коефіцієнт місцевого опору. Крім того вони потребують влаштування обвідних труб (байпасів) для вирівнювання тиску з обох сторін при відкриванні.

Для запобігання зворотному току води через насос при його раптовій зупинці на напірних лініях встановлюють зворотні клапани. Застосовуються клапани двох основних типів: з верхньою підвіскою диска (типу „захлопка”) та з ексцентричною підвіскою („безударні”). Зазвичай рекомендується застосовувати безударні клапани. Встановлюють зворотні клапани між напірним патрубком насоса та засувкою, що дозволяє відключати клапани від напірного трубопроводу для періодичного обстеження та ремонту.

Для полегшення монтажу та демонтажу арматури на трубопроводах застосовують монтажні вставки, в якості котрих зазвичай використовують сальникові компенсатори. Монтажні вставки розташовують між зворотним клапаном та запірною арматурою.

В межах будівлі насосної станції комунікації виготовляють із сталевих труб. Окремі ділянки внутрішніх комунікацій станції з'єднуються, як правило, зварюванням з використанням фланців для приєднання до арматури та насосів.

Для влаштування на трубопроводах поворотів, відгалужень, переходів з одного діаметра на інший, а також для установки на трубопроводах арматури використовують фасонні частини. Стальні гнуті та штампозварені фасонні частини для труб діаметром до 500 мм, що з'єднуються зварюванням, серійно виготовляються промисловістю. Фасонні частини

більших діаметрів, зварені зі сталевих труб, що з'єднуються на зварюванні або фланцях, виготовляються, як правило, монтажниками на місці будівництва станції.

10.4 Для монтажу та демонтажу насосних агрегатів, арматури та іншого обладнання насосні станції обладнуються вантажопідйомними механізмами, в якості котрих використовують ручні талі (з кішками та без них), електротельфери, кран-балки, мостові крани. Для підйому вантажу без переміщення його, наприклад для транспортування через вантажну шахту вгору або вниз, застосовують талі. Якщо потрібно переміщувати вантаж в одному напрямку, то застосовують талі з кішками та електротельфери. Переміщення вантажів в двох напрямках здійснюється з допомогою кран-балок та мостових кранів. Тип вантажопідйомного механізму вибирається з урахуванням розмірів будівлі та максимальної маси вантажу. Вантажопідйомність того чи іншого механізму повинна дорівнювати або бути більшою маси найважчої деталі. При попередніх розрахунках максимальну масу деталі можна приймати в межах 50-60% загальної маси машини.

Для монтажу, ремонту та демонтажу обладнання, арматури та трубопроводів в насосних станціях передбачаються такі вантажопідйомні механізми **з ручним приводом**:

- 1) при масі вантажу до 1000 кг – кішка і таль по монорейці;
- 2) при масі вантажу до 5000 кг – підвісна кран-балка;
- 3) при масі вантажу більше 5000 кг – мостовий кран.

При підйомі вузлів та деталей на висоту більше 6 м, або при довжині машинного залу більше 18 м, або при масі вантажів більше 5000 кг рекомендується застосовувати електричні кран-балки або електричні мостові крани. Електричне вантажопідйомне обладнання приймають і в тих випадках, коли воно застосовується в технологічних операціях щоденно.

На насосних станціях відкритого та напіввідкритого типу (без верхньої будівлі) встановлюють козлові та порталні крани, які пересуваються над підземною частиною будівлі станції.

На крупних насосних станціях, розташованих в будівлях круглого перерізу в плані, застосовуються кругові мостові крани.

Детально вантажопідйомне обладнання вивчається в курсі „Механічне обладнання”.

10.5 Перед запуском відцентрових та осьових насосів в роботу їх корпус, робоче колесо та всмоктувальний трубопровід повинні бути заповнені водою. Для підвищення надійності роботи насосів та полегшення їх автоматизації відцентрові насоси, як правило, а осьові обов’язково, встановлюють з підпором при найнижчому рівні води в джерелі або приймальному резервуарі. В цьому випадку для заливки насосу достатньо відкрити засувку на всмоктувальній лінії і кран для випуску повітря в верхній точці корпусу насоса. В тих випадках, коли з тих чи інших причин відцентрові насоси встановлені вище рівня води в приймальному резервуарі на насосній станції передбачається система для їх заливки.

Існують такі способи заливки насосів:

1) з напірного трубопроводу (або з бака, або з допомогою насосу малої потужності).

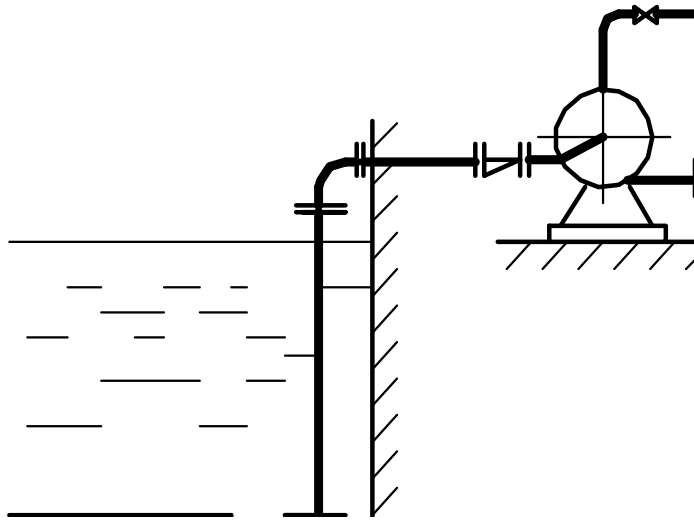


Рисунок 10.2

В цих схемах на всмоктувальній лінії обов'язково повинен бути приймальний клапан, а це приводе до різкого збільшення опору комунікацій, а з іншого боку, може стати причиною багатьох експлуатаційних ускладнень. Тому такі схеми застосовують на насосних станціях III категорії надійності при діаметрі всмоктувальної лінії до 200 мм.

2) з допомогою струминного насосу.

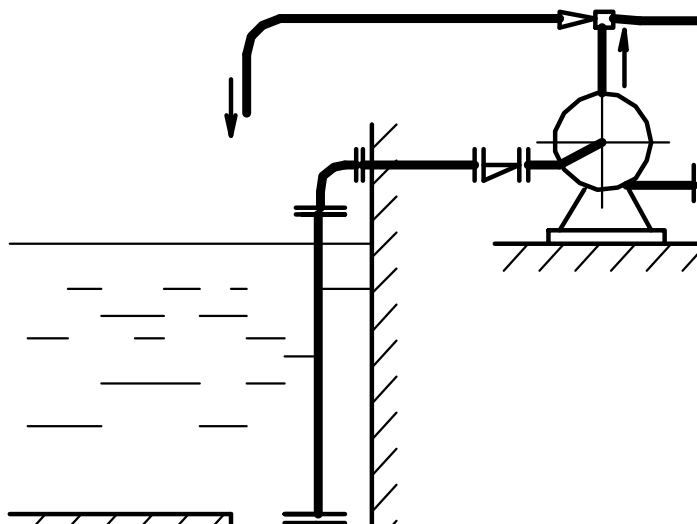


Рисунок 10.3

Струминний насос може працювати від напірного трубопроводу або автономного джерела. Приєднується він до верхньої точки насосу. Крім води, в якості робочого тіла можуть застосовуватись пара або стиснене повітря. Перед пуском струминного насоса засувку на напірному трубопроводі закривають. Оскільки в цій схемі вода піднімається з резервуару в насос, приймальний клапан не потрібен. Схема може застосовуватись для заливки насосів, що перекачують забруднену рідину.

3) з допомогою вакуум-насосу. Схема використовується на крупних насосних станціях, обладнаних потужними насосами. Розрідження, необхідне для підйому води з резервуару в насос, створюється вакуум-насосом, з'єднаним з корпусом основного насоса через циркуляційний бачок.

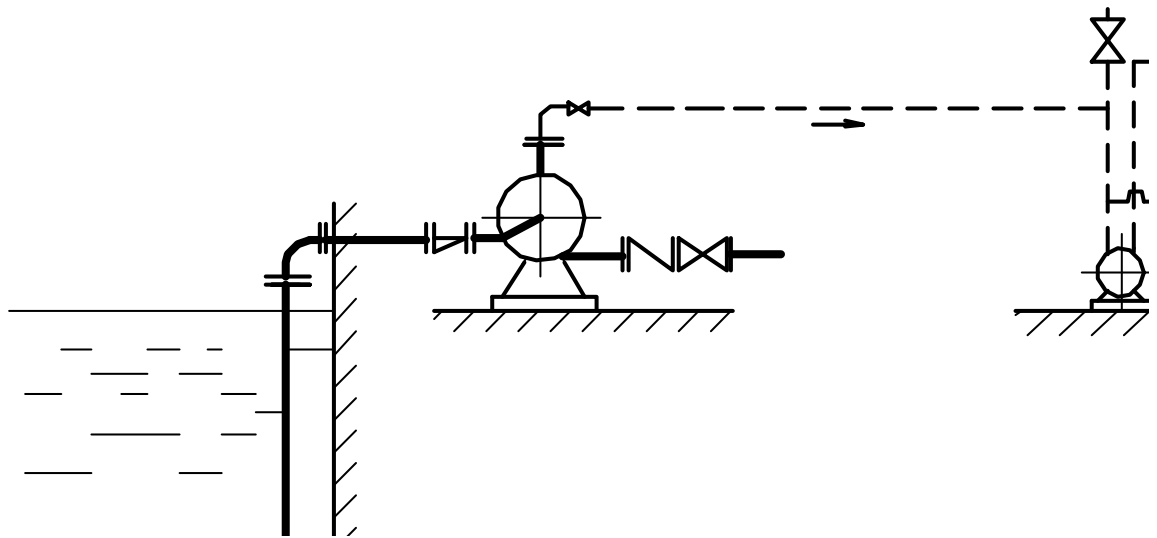


Рисунок 10.4

Потрібну подачу вакуум-насоса визначають, виходячи з часу, необхідного для створення розрахункової величини розрідження, та сумарного об'єму повітря в корпусі насоса та всмоктувальному трубопроводі, за формулою:

$$Q_a = \frac{(W_{\partial\partial} + W_i) H_{\partial\partial}}{t(H_{\partial\partial} - H_s)} K,$$

Q_v – подача вакуум-насоса, м³/хв;

W_n, W_{mp} – об'єм повітря в корпусі насоса та всмоктувальному трубопроводі відповідно, м³;

H_{am} – напір, що дорівнює атмосферному тиску, м (приймається 10 м);

H_s – геометрична висота всмоктування насоса, рахуючи від осі насоса до найнижчого рівня води в резервуарі, м;

t – розрахунковий час для створення потрібного вакууму, хв. Приймається не більше двох хвилин для протипожежних насосів та до 3-5 хвилин для насосів іншого призначення;

K – коефіцієнт запасу, який враховує можливість проникнення повітря крізь нещільності та сальники. Приймається 1,05÷1,1.

Як правило, на насосних станціях встановлюють два вакуум-насоса (один – робочий, другий – резервний) з одним циркуляційним бачком. В таких системах застосовують водокільцеві насоси КВН, ВВН, РМК. Перевагою цієї схеми, крім інших, є можливість повної автоматизації процесу заливки та запуску насосів.

Слід зауважити, що схему рекомендується застосовувати при роботі насосної станції на чистій рідині.

10.6 Система технічного водопостачання насосної станції призначена для подачі технічно чистої води до пристроїв водяного змащування підшипників та сальникових ущільників, а також до теплообмінників допоміжного обладнання (компресорів, крупних електродвигунів, мастилонапірних установок, тощо). Технічна вода повинна бути хімічно чистою і не руйнувати трубопроводи та насоси. Джерелом живлення системи технічного водопостачання, як правило, є:

- 1) в водопровідних насосних станціях I підйому – їх напірні водоводи. Якщо вода не задовольняє вище названим умовам, її очищують на фільтрах, або використовують воду з господарсько-питного водопроводу;
- 2) в водопровідних насосних станціях II підйому – їх напірні водоводи;

- 3) в каналізаційних насосних станціях – господарсько-питний водопровід з баком розриву струменя.

Витрату в системі технічного водопостачання орієнтовно можна приймати 0,5 – 1 л/с на кожний робочий насосний агрегат. Напір в технічному водопроводі повинен бути на 2 – 10 м вище напору основних насосів. Якщо в напірному водоводі насосної станції тиск недостатній, для його підвищення застосовують самовсмоктувальні вихрові насоси типів ВК і ВКС або відцентрові консольні насоси типу К. При кількості основних насосів до чотирьох приймають один робочий агрегат і один резервний. При більшій кількості основних насосів – два робочих та один резервний.

10.7 Дренажні насосні установки призначені для відкачування із підземної частини насосної станції ґрунтових вод, які фільтруються через стіни будівлі, а також витоків через сальники та води, яка виливається при ремонті обладнання. Для збору дренажних вод в машинному залі, як правило, під монтажним майданчиком влаштовується дренажний колодезь. Його об'єм приймають таким, що дорівнює 10 – 15 хвилинній подачі дренажного насоса. Вода до колодезя підводиться дренажними лотками, розташованими вздовж стін. Підлога влаштовується з ухилом 0,002 – 0,005 в бік лотків. Подачу дренажних насосів визначити розрахунком важко. Тому в попередніх розрахунках її приймають:

- для насосних станцій малої потужності – 1 л/с;
- для насосних станцій середньої потужності – $3,5 \div 5$ л/с;
- для насосних станцій великої потужності – $8 \div 10$ л/с.

Напір дренажних насосів визначається глибиною насосної станції. Втрати напору приймаються 2 – 4 м. При визначенні напору слід враховувати, що в насосних станціях I підйому з відкритого джерела дренажна вода відкачується в водоймище, в насосних станціях водовідведення – в приймальний резервуар, а в насосних станціях II підйому – в зовнішню систему водовідведення.

В якості дренажних зручно використовувати насоси ВКС або занурені відцентрові моноблочні каналізаційні насоси ЦМК. Кількість дренажних насосів – не менше двох (один – робочий, один – резервний). Насоси ВКС

встановлюють на фундаментах, а ЦМК – опускають в дренажний приямок. Пуск та зупинка насосів здійснюється автоматично від поплавкових реле рівня в дренажному колодязі.

Насосні станції з розміром машинного зала 6х9м і більше повинні бути обладнані внутрішніми протипожежними установками з подачею не менше 2,5л/с.

10.8 Для видалення води із всмоктувальних трубопроводів та приймальних камер основних насосів, а також з машинного зала у випадку його затоплення при аварії, в насосних станціях влаштовуються системи осушення. Подача насосів системи осушення визначається за формулою:

$$Q_{oc} = W / t ,$$

де W – об'єм води, що знаходиться в трубопроводі та приймальній камері м³;

t – розрахунковий термін відкачування води, який зазвичай приймається 5 ÷ 8годин.

Як правило, на насосних станціях в системах осушення встановлюють два насоси, причому обидва робочих. Резервні насоси не потрібні, оскільки осушувальні насоси працюють періодично. В якості осушувальних застосовують горизонтальні відцентрові або артезіанські насоси. Для спрощення експлуатації осушувальні насоси встановлюють поруч з дренажними. На крупних насосних станціях осушувальні насоси виконують і функції дренажних. В цьому випадку збірний колодязь є і дренажним.

В водоприймальних камерах насосних станцій I підйому накопичується осад. Для його видалення застосовуються відцентрові фекальні насоси типу СД або водоструминні насоси. Дно камери повинно мати ухил 0,05 – 0,1 до приямку, в якому знаходяться всмоктувальні труби.

10.9 Для забезпечення нормальної роботи насосних станцій необхідно контролювати такі технологічні параметри: витрату рідини, тиск на напірних колекторах (або водоводах) та на кожному насосі, рівні води в приймальних резервуарах, вакуум у всмоктувальних лініях, для крупних насосів – температуру підшипників. З цією метою застосовуються прилади

технологічного контролю, а саме: витратоміри, манометри, рівнеміри, вакуумметри і таке інше. Крім цих приладів, на насосних станціях використовують електровимірювальні прилади: амперметри, ватметри, фазометри, лічильники електроенергії. Ці прибори вивчаються в курсі „Електротехніка”.

Основними показниками роботи насосної станції є подача та тиск, тому і основними вимірювальними приладами є витратоміри та манометри.

Для вимірювання створюваного насосами тиску застосовуються пружинні манометри. Їх встановлюють на напірних патрубках насосів, а також на напірних трубопроводах, що відходять від станції. На крупних насосних станціях застосовують манометри – самописці, які безперервно реєструють тиск на кругових або стрічкових діаграмах. На автоматизованих станціях застосовують електроконтактні манометри, які вмикають мережі управління або сигналізації при досягненні встановлених меж тиску (максимального або мінімального).

При виборі манометрів слід мати на увазі, що верхня межа шкали приладу завжди повинна бути більшою тиску, створюваного насосом. Наприклад, якщо насосна станція створює тиск 0,75мПа, манометри необхідно встановлювати з верхньою межею 1 мПа.

Розрідження у всмоктувальних трубопроводах вимірюють з допомогою вакуумметрів, встановлених на всмоктувальних патрубках насосів. Якщо у всмоктувальних патрубках може виникнути надлишковий тиск, наприклад, коли насоси деякий час працюють під заливом, то на цих патрубках встановлюють мановакуумметри, які можуть вимірювати і вакуум і тиск. В цих випадках можна також застосовувати також манометри абсолютного тиску.

На каналізаційних насосних станціях манометри приєднують до насосів через спеціальну роздільну камеру, яка виключає попадання в прилад стічної води.

Для вимірювання витрати рідини, що подається насосами, використовують витратоміри, а для вимірювання кількості рідини, поданої за певний період часу – водолічильники.

Водолічильники конструктивно бувають крильчастими та турбінними. На насосних станціях, як правило, застосовують турбінні водолічильники. Їх використовують для обліку кількості поданої води на водопровідних насосних станціях з подачею до 3400 м³/доб або при рівномірній подачі до 140 м³/год. Для установки турбінного водолічильника потрібна пряма ділянка трубопроводу, яка дорівнює 5÷8 діаметрам труби перед ним та 2÷3 діаметрам після нього.

Витрату та кількість води в трубопроводах великих діаметрів вимірюють витратомірами перемінного перепаду тиску. При цьому в якості звужуючих пристроїв застосовують діафрагми, сопла Вентурі та труби Вентурі.

Діафрагми викликають великі втрати напору (30÷60% перепаду), тому їх встановлюють на трубах невеликого діаметра або в тих випадках, коли додаткові втрати напору не мають суттєвого значення в загальному енергетичному балансі.

Сопла Вентурі не створюють великих втрат напору і, крім того, вони надійніші за діафрагми, оскільки в них не затримуються забруднення. Але вони набагато дорожчі.

Труби Вентурі мають мінімальні втрати напору (10÷12% перепаду). Але вони мають значні розміри, тому їх встановлюють за межами будівель насосних станцій і використовують для вимірювання великих витрат води або витрат дуже забруднених рідин (наприклад, стічних вод).

Точність вимірювання витрат з допомогою звужуючих пристроїв залежить від наявності прямих ділянок на трубопроводі довжиною, яка дорівнює 10-30 діаметрам труби перед ними та 3-5 діаметрам після них. Тому ці пристрої встановлюють в спеціальних камерах за межами будівель насосних станцій.

Для вимірювання перепаду тисків застосовуються дифманометри – витратоміри, які приєднуються до звужуючих пристроїв імпульсними трубками діаметром 12-20мм.

Контрольні питання

1. Як вибирають основні робочі агрегати насосних станцій?
2. До яких насосних станцій ставлять найвищі вимоги по резервному обладнанню?
3. Як приймається кількість резервних агрегатів насосних станцій?
4. Як треба встановлювати насоси, розташовані під заливом?
5. Яке обладнання застосовується для вимірювання створюваного насосами тиску?

Література

1. Новохатній В.Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів. П. ПНТУ, 2019. 102 с. URL : <https://www.twirpx.com/file/3063065/>.
2. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005. 338 с.
4. Холоменюк М. В., А.В. Ткачук А. В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навч. посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
5. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, компресори): підручник. Львів: Вища школа, 2005. 338 с.
6. Шевченко Т.О., Ярошенко Ю.В. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник. Харків : нац. ун-т міськ. госв ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2015. 195 с URL : <https://core.ac.uk/reader/33755331>.