

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для практичних занять, лабораторних робіт і самостійного вивчення
з дисципліни

«НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»

*(для студентів 3–4 курсів денної та заочної форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації для практичних занять, лабораторних робіт і самостійного вивчення з дисципліни «Насосні та повітродувні станції» (для студентів 3–4 курсів денної та заочної форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Т. О. Шевченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 37 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Т. О. Шевченко

Рецензент

М. В. Дегтяр, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 29 серпня 2016 р.

ЗМІСТ

1 Практичні заняття.....	4
1.1 Завдання-проблеми.....	5
1.2 Завдання на управління.....	8
1.3 Логічні задачі.....	10
1.4 Конструкторські завдання.....	11
2 Лабораторні роботи.....	13
Лабораторна робота № 1.....	13
Лабораторна робота № 2.....	19
Лабораторна робота № 3.....	24
Лабораторна робота № 4.....	28
3 Самостійне вивчення дисципліни.....	32
Список використаних джерел.....	37

1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Навчальні завдання, а останнім часом і тестові завдання широко використовуються при вивченні різних дисциплін. З їхньою допомогою прямо або побічно задаються цілі, умови і вимоги дисципліни, що вивчається. При вирішенні навчальних завдань виникають ситуації, які вимагають від учнів застосування отриманих раніше знань і навичок. Навчальні завдання допомагають викладачеві створити на занятті і при самостійній роботі студентів творчу атмосферу, що дозволяє студентам активно опановувати знання, навички і розвивати творчі здібності особистості.

Навчальні завдання при вивченні дисципліни «Насосні та повітродувні станції» можуть бути використані для:

- а) оволодіння новими знаннями із цієї дисципліни;
- б) оволодіння новими навичками і вміннями;
- в) контролю знань студентів;
- г) діагностики творчих здібностей студентів.

У даних методичних вказівках представлені завдання-проблеми, завдання на управління, логічні завдання [1]. Завдання–проблеми – це завдання з явно вираженим протиріччям. Ця група завдань дозволяє студентам формувати вміння бачити протиріччя і формулювати проблему. Рішення задач на управління дозволяє проводити підготовку студентів, як управлінських працівників середньої ланки. Існує кілька видів завдань на управління:

- а) на вироблення цілей і стратегії колективної діяльності;
- б) на планування;
- в) на організацію;
- г) на контроль;
- д) на оцінку результатів роботи.

Логічні завдання розвивають у учнів інтелектуально-логічні здібності. Розрізняють логічні завдання на опис явищ і процесів, а також на визначення понять.

Конструкторські завдання виховують у студентів здатність до конструювання. Дані завдання придатні як для поточного, так і для підсумкового контролю знань студентів.

Найважливішим елементом навчального процесу, що забезпечує організацію самостійної роботи студентів, є забезпечення контролю за процесом засвоєння знань, а також створення надійного способу їх самоконтролю. Цим вимогам максимально відповідають тестові завдання. Вони сформульовані у формі тверджень, які залежно від відповідей піддослідних можуть бути правильними або помилковими. Тестові завдання для здійснення поточного та підсумкового контролю знань студентів наведені у дистанційному курсі «Насосні та повітродувні станції» (посилання: <http://cdo.kname.edu.ua/course/view.php?id=2171>)

1.1 Завдання-проблеми

1. Обсяг бака водонапірної вежі, визначений за допомогою таблиці 1.1, в якій представлений режим роботи водопровідної насосної станції другого підйому (ВНС–II), становить 1970 м³. Перевірити правильність цього визначення, якщо витрата води, необхідна для гасіння пожежі, становить 40 л/с, а продуктивність водопровідної насосної станції – 30000 м³/добу.

Таблиця 1.1 – Режим роботи водопровідної насосної станції

Години доби	Ординати інтегрального графіку, %		Різниця ординат
	водоспоживання	подачі насосами	
0–1	3	1,98	–1,02
1–2	6,2	3,96	–2,24
2–3	8,7	5,94	–2,76
3–4	11,3	7,92	–3,38
4–5	14,8	11,52	–3,28
5–6	18,9	15,12	–3,78
6–7	23,4	20,15	–3,25
7–8	28,3	25,18	–3,12
8–9	33,2	30,21	–2,89
9–10	38,8	35,3	–3,5
10–11	43,7	40,33	–3,37
11–12	48,4	45,36	–3,04
12–13	52,8	50,39	–2,41
13–14	56,9	53,99	–2,91
14–15	61,0	57,59	–3,41
15–16	65,4	62,62	–2,78
16–17	69,7	67,65	–2,05
17–18	73,8	71,25	–2,55
18–19	78,3	76,28	–2,02
19–20	82,8	81,31	–1,49
20–21	87,3	86,34	–0,96
21–22	92,1	91,37	–0,73
22–23	96,7	96,4	–0,3
23–0	100	100	0

2. Обсяг приймального резервуара головної каналізаційної насосної станції (КНС), визначений за допомогою таблиці 1.2, в якій представлений режим роботи КНС, становить 96 м³. Перевірити правильність цього визначення, якщо продуктивність насосної станції становить 24000 м³/добу.

3. Максимальний годинний приплив стічних вод становить 7,5 % від добового, а мінімальний годинний приплив – 1,25%. Визначити число робочих насосів, що встановлюються в районній каналізаційній насосній станції. Прийняте рішення обґрунтувати.

Таблиця 1.2 – Режим роботи КНС

Години доби	Ординати інтегрального графіка, %		Різниця ординат
	притоку стічних вод	подачі насосами	
0–1	2,6	2,63	–0,03
1–2	5,2	5,26	–0,06
2–3	7,8	7,89	–0,09
3–4	10,4	10,52	–0,12
4–5	13,0	13,15	–0,15
5–6	17,8	17,95	–0,15
6–7	22,6	22,75	–0,15
7–8	27,4	27,55	–0,15
8–9	32,2	32,35	–0,15
9–10	37,0	37,15	–0,15
10–11	41,8	41,95	–0,15
11–12	46,6	46,75	–0,15
12–13	51,3	51,55	–0,25
13–14	56,1	56,35	–0,25
14–15	60,9	61,15	–0,25
15–16	65,7	65,95	–0,25
16–17	70,5	70,75	–0,25
17–18	75,21	75,55	–0,34
18–19	80,01	80,35	–0,34
19–20	84,81	85,15	–0,34
20–21	89,61	89,95	–0,34
21–22	94,41	94,75	–0,34
22–23	97,41	97,38	0,03
23–0	100	100	0

4. Продуктивність головної каналізаційної насосної станції становить 1800 м³/год. Як правильно провести розрахунок напірних водоводів? Відповідь обґрунтувати.

5. Приплив стічних вод на каналізаційну насосну станцію значно нижче розрахункових витрат. Про що це говорить? Які ваші дії?

6. Сталася аварія на напірному водоводі водопровідної насосної станції першого підйому. Які ваші дії?

7. Продуктивність водопровідної насосної станції другого підйому становить 2362 м³/год. Вона обладнана двома усмоктувальними трубопроводами з сталевих труб діаметром умовного проходу 1000 мм і двома чавунними напірними водоводами з діаметром умовного проходу 200 мм. При експертизі проекту даної насосної станції була виявлена помилка проектувальників. Обґрунтуйте висновок експертів. До яких наслідків призведе помилка проектувальників?

8. Повна ємність бака водонапірної вежі становить 1600 м^3 . Продуктивність водопровідної насосної станції другого підйому, що подає воду у вежу в початок водопровідної мережі населеного пункту, становить 42 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$. Максимальна позитивна різниця ординат інтегральних графіків водоспоживання і подачі становить 1,56%, а максимальна негативна різниця ординат цих графіків – 2,24%.

Витрата води на гасіння пожеж в даному населеному пункті становить 70 л/с. Пожежна інспекція зажадала від адміністрації населеного пункту провести реконструкцію водонапірної башти. Обґрунтуйте дії пожежної інспекції.

9. У водопровідній насосній станції другого підйому сталася аварія: згоріла обмотка електродвигуна потужністю 100 кВт. Безпосередньо перед аварією подача насоса, що вийшов з ладу, становила $828 \text{ м}^3/\text{год.}$, а напір – 0,45 МПа. Коефіцієнт корисної дії насоса становить 60%. У чому причина аварії? Обґрунтуйте проектне рішення, що дозволяє забезпечити безаварійну роботу цієї насосної станції.

10. Необхідно знизити напір насоса, встановленого в каналізаційній насосній станції з 60 до 53,5 м. Для цього проведена зрізка робочого колеса насоса, причому діаметр його змінився з 780 до 615 мм. Коефіцієнт швидкохідності цього насоса становить 82. Проаналізуйте дане технічне рішення.

11. Подача каналізаційної насосної станції становить $2304 \text{ м}^3/\text{год.}$ На даній насосній станції встановлено два робочих насоса. Для виготовлення всмоктуючих трубопроводів використані азбестоцементні напірні труби діаметром 150 мм. Проектна організація, яка обстежила цю насосну станцію, рекомендувала заміну всмоктуючих трубопроводів.

Обґрунтуйте прийняте рішення, визначте тип і сортамент труб, які можна використовувати для монтажу всмоктувальних трубопроводів в даному випадку.

12. На повітродувній станції, що проектується, передбачається установка трьох робочих повітродувок і двох резервних. Експерти, що дали відгук на цей робочий проект, виявили помилку проектувальників. У чому ця помилка?

13. На повітродувній станції, що подає стиснене повітря в аеротенк, продуктивність якого складає $1400 \text{ м}^3/\text{год.}$, а робоча глибина – 4,4 м, встановлені дві повітродувки (робоча і резервна). Продуктивність кожної повітродувки становить $6000 \text{ м}^3/\text{год.}$, а тиск стисненого повітря – 0,142 МПа. Питома витрата повітря, що подається в аеротенк, згідно з технологічними розрахунками становить $5 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Втрати напору за довжиною повітроводів від повітродувки до найбільш віддаленого аератора складають 0,06 м, а втрати напору в повітроводах на місцеві опори – 0,05 м. В аеротенках передбачена дрібно пухирчаста пневматична система аерації. В ході експлуатації аеротенків встановлено, що необхідна ефективність очищення стічних вод від органічних забруднень не досягається через недосконалість системи аерації. Обґрунтуйте цей висновок і дайте правильне технічне рішення.

14. На повітродувній станції частішали аварії турбоповітродувок, пов'язані з інтенсивним зносом лопаток робочих коліс. Аналіз атмосферного

повітря показав, що вміст в ньому пилу досягає 120 мг/м^3 . Знайдіть причину, що викликає аварії. Обґрунтуйте технічне рішення, що дозволяє забезпечити безаварійну роботу повітрорудної станції.

15. Повітрорудна станція продуктивністю $52 \text{ тис. м}^3/\text{год.}$ має повітрязабірний пристрій, обладнаний двома коробчастими фільтрами, площею 1 м^2 кожен. З метою забезпечення безаварійної роботи повітрорудної станції було прийнято рішення дообладнати її ще двома такими ж фільтрами. Обґрунтуйте це рішення.

1.2 Завдання на управління

1. На каналізаційній насосній станції можливе застосування відцентрових і шнекових насосів. Дайте конструктивне рішення насосної станції за двома варіантами. На підставі аналізу оберіть її найбільш економічний варіант.

2. Чи правильно приведена монтажна схема всмоктувального трубопроводу на рисунку 1.1. За необхідності внесіть виправлення.

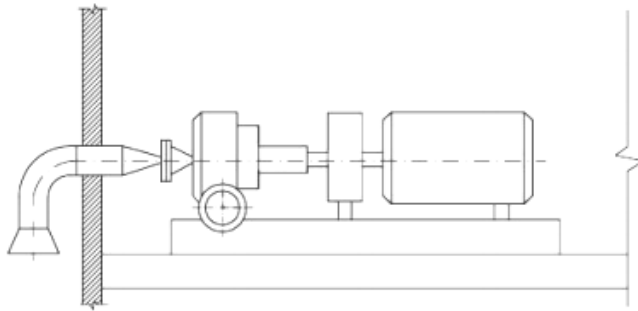


Рисунок 1.1 – Монтажна схема всмоктувального трубопроводу

3. Чи правильно представлена технологічна схема каналізаційної насосної станції, яка суміщена з прийомним резервуаром, на рисунку 1.2. За потреби внесіть виправлення.

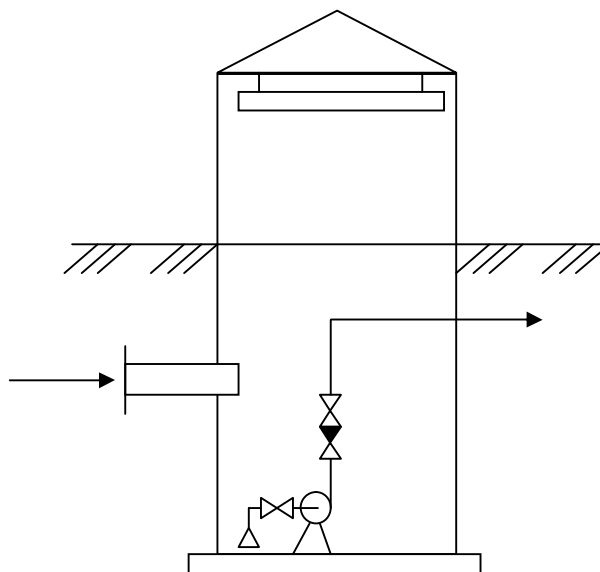


Рисунок 1.2 – Технологічна схема КНС

4. Проектувальниками запроєктована головна каналізаційна насосна станція з окремо розташованим приймальним резервуаром. Дайте оцінку цього рішення.

5. Відмітка осі насосів водопровідної насосної станції другого підйому прийнята рівною 111,25 м. Обґрунтуйте або відкиньте дане рішення з урахуванням того, що допустима геометрична висота всмоктування насоса становить 4,5 м, відмітка дна резервуара чистої води – 105,5 м.

6. Відмітка низу напірних водоводів діаметром умовного проходу 200 мм водопровідної станції другого підйому становить 135,71 м. Глибина промерзання ґрунту в районі розташування даної насосної станції становить 1,6 м. Обґрунтуйте або відкиньте дане рішення, якщо відмітка поверхні землі біля насосної станції становить 137,66 м.

7. Глибина закладення напірних водоводів каналізаційної насосної станції діаметром умовного проходу 200 мм прийнята рівною 1,3 м. Обґрунтуйте або відкиньте дане рішення, якщо глибина промерзання ґрунту в районі будівництва насосної станції становить 1,6 м.

8. Виведення дренажних вод, що утворюються в каналізаційній насосній станції, зі спеціального приямка можливе тільки зануреним або водоструминним насосом. Розробіть технологічні схеми установки видалення дренажних вод за двома варіантами. Виберіть найбільш прийнятний варіант.

9. Необхідно збільшити витрату стисненого повітря, що подається в аеротенки. Для цього потрібно збільшити число робочих повітродувок.

Розмістити нові повітродувки можливо або в приміщенні існуючої повітродувної станції, або в будівлі нової повітродувної станції.

На основі техніко-економічного порівняння варіантів виробіть оптимальне рішення даного питання, якщо капітальні витрати на розширення існуючої повітродувної станції складають 4980 тис. грн., а на будівництво нової повітродувної станції – 12650 тис. грн. При цьому експлуатаційні витрати на розширення існуючої повітродувної станції складають 2875 тис. грн., а при будівництві нової станції – 4650 тис. грн.

10. Підберіть марку повітродувки, необхідної для подачі повітря з витратою 12 м³/с. Повітря температурою + 30 °С подається до споживачів по повітропроводу діаметром 1000 мм і довжиною 125 м. Втрати напору на одиницю довжини повітропроводу становлять 0,18 мм/м, швидкість руху повітря в ньому 14,4 м/с, сума коефіцієнтів місцевих опорів – 3,58, а втрати напору у споживачів – 5,5 м.

11. Обґрунтуйте можливість заміни турбокомпресора на турбоповітродувку.

12. Відмітка осі насосів, встановлених в каналізаційній насосній станції, становить 43,5 м. Обґрунтуйте або відкиньте дане рішення, якщо відмітка лотка підвідного колектора становить 49,25 м, допустима геометрична висота всмоктування насосів – 4,15 м.

13. Водопровідна насосна станція другого підйому не обладнана підйомними механізмами. Висота надземного будови цієї станції становить 2,75

м. Обґрунтуйте або відкиньте дане технічне рішення, якщо ця водопровідна насосна станція є напівзаглибленою. Складіть її висотну схему.

14. Підберіть вакуум-насос для заливки насосів, встановлених на водопровідній насосній станції другого підйому. Довжина всмоктуючих трубопроводів становить 27,5 м, їх діаметр – 600 мм, а геометрична висота всмоктування – 2,25 м. Складіть схему підключення вакуум-насоса.

15. Підберіть марку решітки, яка встановлюється в каналізаційній насосній станції, продуктивністю 100 тис. м³/добу. Складіть схему її установки. Підберіть марку дробарки, яка встановлюється на станції, якщо норма водовідведення становить 230 л/добу на одну людину. Максимальний годинний приплив стоків становить 6,5%.

1.3 Логічні задачі

1. Визначте число робочих насосів, встановлених на каналізаційній насосній станції, якщо максимальний приплив стічних вод становить 2290 м³/год., а мінімальний – 236 л/с.

2. На водопровідній насосній станції другого підйому встановлено три насоси, які паралельно працюють. Визначте продуктивність одного насоса, якщо витрата води в годину максимального водоспоживання становить 1520 м³/год.

3. Визначте швидкість руху води у всмоктуючих трубопроводах насосів діаметром 500 мм, встановлених на каналізаційній насосній станції продуктивністю 1800 м³/год. На станції встановлено два робочих насоса.

4. Визначте довжину повітропроводу, якщо втрати напору за його довжиною складають 0,15 м при втратах напору на одиницю довжини 0,005 мм/м. Тиск стисненого повітря становить 0,15 МПа, а його температура + 40 °С.

5. Визначте довжину повітропровода, якщо загальний необхідний напір повітродувки становить 4,85 м, втрати у повітродувці на місцеві опори – 0,07 м, а втрати напору у споживачів – 4,59 м. Втрати напору в повітроводі на одиницю довжини складають 0,007 мм/м, тиск стисненого повітря – 0,12 МПа, а його температура + 30 °С.

6. Визначте довжину напірних водоводів каналізаційної насосної станції продуктивністю 3075 м³/год., якщо необхідний напір насосів цієї станції дорівнює 36 м, відмітка рівня води в приймальному резервуарі – 49,25 м, а відмітка рівня води в приймальній камері очисних споруд – 66,7 м. Каналізаційна насосна станція має два напірних водоводи діаметром 600 мм.

7. Чи припустиме зменшення діаметру робочого колеса насоса, коефіцієнт швидкодійності якого дорівнює 100, з 540 до 500 мм?

8. Визначте місцеві втрати напору у повітроводі, якщо швидкість руху повітря в ньому становить 10 м/с, тиск повітря 0,17 МПа, його температура + 30 °С, щільність – 1,8 кг/м³. На даному повітропроводі є наступні місцеві опори: перехід, коліно, засувка і трійник на прохід.

9. Визначте напір насоса з подачею 1440 м³/год., що перекачує водопровідну воду, якщо потужність його електродвигуна становить 250 кВт,

коефіцієнт запасу потужності у даного насоса дорівнює 1,15, а його ККД дорівнює 75%.

10. Визначте число аварійних переключень на двох напірних водоводах каналізаційної насосної станції продуктивністю $2454 \text{ м}^3/\text{год.}$, якщо їх діаметр дорівнює 600 мм, довжина 1900 м, а різниця між необхідним і аварійним напором становить 19,5 м.

11. Відмітка поверхні землі в точці водоспоживання для системи водопостачання з баштою на початку мережі становить 75,2 м, а відмітка дна резервуара чистої води – 44,1 м. Визначте вільний напір в диктуючій точці під час пожежі, якщо водопровідна насосна станція другого підйому з подачею при пожежі $3960 \text{ м}^3/\text{год.}$ має два напірних водоводи із сталевих труб довжиною 2,5 км і діаметром 800 мм; втрати напору в усмоктуючих трубопроводах рівні 0,45 м, а необхідний напір під час пожежі становить 54,5 м.

12. Відмітка осі насосів продуктивністю до $1440 \text{ м}^3/\text{год.}$, встановлених на водопровідній насосній станції другого підйому, дорівнює 138,75 м. Визначте позначку дна резервуара чистої води, якщо допустимий кавітаційний запас насосів становить 5 м. Втрати напору у всмоктуючих трубопроводах насосів складають 0,28 м, а діаметр вхідних патрубків даних насосів – 250 мм.

13. Визначте геометричну висоту всмоктування робочого насоса, встановленого на водопровідній насосній станції другого підйому, якщо для його заливки використовується вакуум-насос з подачею $4 \text{ м}^3/\text{хв.}$ Довжина всмоктувального трубопроводу становить 35 м, а його діаметр 600 мм.

14. Визначте коефіцієнт корисної дії водопровідної насосної станції другого підйому, на якій встановлено три робочих насоса. Один насос працює 6 год. на добу, два насоси – 11 год. на добу, а три – 7 год. на добу. Подача одного насоса становить $900 \text{ м}^3/\text{год.}$, а його необхідний напір 32,56 м. ККД одного насосного агрегату становить 87%, ККД одного насосного агрегату при його паралельній роботі з іншим – 85%, а ККД одного насосного агрегату при його паралельній роботі з двома іншими – 83%.

1.4 Конструкторські завдання

1. Схематично покажіть компонування машинних залів насосних станцій:

а) з однорядним розташуванням п'яти насосів;

б) з дворядним розташуванням п'яти насосів;

в) з однорядним розташуванням чотирьох насосів з напірним колектором поза машинним залом.

Обґрунтуйте шляхи зниження будівельної кубатури насосної станції. Вкажіть переваги і недоліки кожної схеми.

2. Чим визначається глибина закладення напірних трубопроводів:

а) каналізаційної насосної станції;

б) водопровідної насосної станції другого підйому.

3. Накресліть наступні схеми заливки насоса:

а) за допомогою автономного трубопроводу;

б) за допомогою обвідної труби;

в) за допомогою вакуум-насоса;

г) за допомогою струминного насоса.

4. Схематично представте компонування каналізаційної насосної станції з трьома робочими насосами:

- а) роздільне;
- б) суміщене;
- в) шахтне;
- г) зі шнековими насосами.

5. Схематично розробіть конструкцію всмоктуючого трубопроводу каналізаційної насосної станції.

6. Накресліть наступні схеми водопровідних насосних станцій першого підйому:

- а) берегова суміщеного типу;
- б) берегова роздільного типу;
- в) руслова суміщеного типу;
- г) руслова роздільного типу.

7. Представте наступні схеми водопровідних насосних станцій першого підйому, які забирають підземні води:

- а) з індивідуальними насосними установками;
- б) з груповим водозабором.

8. Схематично представте конструкцію:

- а) шестерневого насоса;
- б) поршневого насоса;
- в) ерліфта;
- г) водоструминного насоса.

9. Схематично покажіть конструкцію лопатевих насосів:

- а) відцентрового;
- б) осьового;
- в) діагонального з робочим колесом закритого типу;
- г) діагонального з робочим колесом відкритого типу.

10. Накресліть схеми розташування насосних агрегатів в насосній станції круглої форми:

- а) в один ряд;
- б) в два ряди;
- в) уступом;
- г) радіально.

11. Схематично покажіть конструкцію насосних станцій:

- а) для перекачування атмосферних вод;
- б) для перекачування осаду;
- в) підвищувальної;
- г) циркуляційної.

2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Нормальні випробування відцентрового насосу

Практична значущість лабораторної роботи

В багатьох галузях промисловості для переміщення рідини та газів по трубопроводам використовують такі гідравлічні машини як насоси. Насоси – це такі гідравлічні машини, які перетворюють механічну енергію двигуна в енергію рідини, що переміщується, підвищуючи тиск.

Сучасне виробництво характеризується визначеним динамізмом, яке пов'язане з заміною застарілого обладнання на більш ефективне, установленням в трубопроводах різної сучасної арматури (засувки, кранів, вентилів). Це приводить до зміни гідравлічного опору трубопроводів. І в кожному конкретному випадку необхідно обирати насос, основні характеристики якого повинні забезпечувати визначену продуктивність з мінімальними енергетичними витратами. Це є головною практичною задачею цієї лабораторної роботи.

Мета лабораторної роботи:

1. Вивчити конструкцію та принцип дії відцентрового насосу.
2. Вивчити методикку розрахунку головних параметрів роботи відцентрового насосу.
3. Визначити оптимальні параметри для конкретної гідравлічної системи.

Основні теоретичні положення

Насоси є найбільш поширеним видом пристроїв, які використовуються для переміщення рідини. За видом робочої камери і сполученням її з входом і виходом насоса розрізняють два основних класи насосів: об'ємні та динамічні. В об'ємних насосах рідина переміщується шляхом періодичної зміни об'єму камери, яка поперемінно з'єднується із входом і виходом насоса. Вони працюють за принципом витиснення. Різниця тиску виникає під час витиснення рідини із замкнутого простору тілами, які рухаються повертаючи-поступово або обертаючи. До об'ємних насосів належать:

- поршневі,
- мембранні,
- ротаційні.

В динамічних насосах рідина переміщується під силовою дією на неї в камері, яка постійно сполучається з виходом та входом насоса. До них відносяться такі основні типи:

- відцентрові;
- осьові (пропелерні);
- роторні;
- гвинтові;
- вихрові;

– струменеві.

Усі типи насосів характеризуються наступними головними параметрами: продуктивністю, напором, потужністю та коефіцієнтом корисної дії.

Продуктивність або подача $[Q]$, визначається об'ємом рідини, який подається насосом в нагнітальний трубопровід за одиницю часу, $[\text{м}^3/\text{с}, \text{л}/\text{с}]$:

$$Q = \frac{W}{t}. \quad (2.1)$$

Продуктивність насосу визначається геометричними параметрами робочого колеса та має загальний вигляд:

$$Q = f(D, b, Z, n), \quad (2.2)$$

де D – діаметр колеса;
 b – ширина колеса;
 Z – кількість лопатей;
 n – частота обертання.

Напір $[H]$ характеризує питому енергію, яка передається насосом одиниці ваги рідини, що переміщується. Цей параметр показує, на яку величину підвищується питома енергія рідини при проходженні через насос. Напір визначається за рівнянням Бернуллі. Напір можна уявити як висоту, на яку можна підняти 1 кг рідини за рахунок енергії, яка передається насосом, $[\text{м}]$.

Повний напір насосу можна записати, використовуючи рівняння Бернуллі:

$$H = \frac{P_n - P_{всм}}{\gamma} = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_{всм}^2 - V_n^2}{g} + H_z + h. \quad (2.3)$$

де P_n та $P_{всм}$ – тиск у просторах нагнітання і всмоктування, відповідно, Па;
 P_1 та P_2 – тиск у сосудах всмоктування та нагнітання, Па, (якщо сосуди відкриті, то $P_1 = P_2 = P_{атм}$);
 $V_{всм}$ та V_n – швидкість у всмоктувальному та нагнітальному трубопроводах, м/с; (якщо $d_n = d_{всм}$, то можна визнати, що $V_{всм} = V_n$);
 γ – питома вага рідини, $\text{Н}/\text{м}^3$;
 H_z – геометрична висота піднімання рідини, м;
 h – сумарні втрати або напір, який витрачається на створення швидкості й подолання тертя на всіх місцевих опорів у всмоктувальній і нагнітальній лініях, м;
 g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$.

Тоді рівняння (2.3) можна спростити:

$$H = H_z + h. \quad (2.4)$$

Сумарні втрати напору на тертя та місцевий опір можна визначити за формулою:

$$h = \left(\frac{\lambda l}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{V^2}{g}, \quad (2.5)$$

де λ – коефіцієнт тертя;

l – довжина трубопроводу, м;
 d – діаметр трубопроводу, м;
 V – швидкість рідини в трубопроводі, м/с;
 $\Sigma \zeta$ – сума коефіцієнтів опору, які визначаються за довідником.

Коефіцієнт тертя λ залежить від режиму руху рідини; якщо значення критерію Рейнольда $Re < 2300$ – режим руху рідини ламінарний. При таких умовах для труб круглого перетину маємо:

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (2.6)$$

Якщо режим руху рідини в гладких трубах турбулентний ($Re > 2300$), то коефіцієнт тертя визначається за виразом:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (2.7)$$

Корисна потужність на валу відцентрового насосу:

$$N_{кор} = Q \cdot H \cdot \rho \cdot g. \quad (2.8)$$

Потужність, що реально споживає насос:

$$N_{\epsilon} = \frac{N_{кор}}{\eta_n}, \quad (2.9)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії насоса.

Коефіцієнт корисної дії $[\eta]$ визначається як відношення корисної потужності до номінальної потужності двигуна та характеризує повні втрати потужності насосного агрегату:

$$\eta_n = \eta_{об} \cdot \eta_{г} \cdot \eta_{мех}, \quad (2.10)$$

де $\eta_{об}$ – об'ємний коефіцієнт корисної дії (враховує протікання рідини через нещільності);

$\eta_{г}$ – гідравлічний коефіцієнт корисної дії (являє собою відношення дійсного напору до теоретичного);

$\eta_{мех}$ – механічний коефіцієнт корисної дії (характеризує втрати потужності на механічне тертя).

Потужність, що споживає електродвигун:

$$N_{\delta\epsilon} = \frac{N_{\epsilon}}{\eta_{пер} \cdot \eta_{\delta\epsilon}} = \frac{N_{к}}{\eta_n \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{\delta\epsilon}}, \quad (2.11)$$

де $\eta_{пер}$ – коефіцієнт корисної дії передач;

$\eta_{\delta\epsilon}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна.

Значення визначених параметрів знаходяться в функціональних залежностях: $H = f(Q)$; $N = f(Q)$; $\eta = f(Q)$. Ці залежності одержують в результаті випробувань насосу при постійній частоті обертання робочого колеса або різного ступеня відкриття засувки на нагнітальному трубопроводі. Оптимальний режим роботи насосу – робота з мінімальними питомими витратами енергії $N_{\delta\epsilon}$ при максимальному значенні коефіцієнту корисно дії.

Опис експериментальної установки

Установка працює у замкнутому циклі (рис. 2.1). Робоче колесо насоса (1) знаходиться на одному валу з електродвигуном (2). Насос вмикається пусковою кнопкою (3). Вода подається з баку (4) та по всмоктувальному трубопроводу поступає у насос, з нього по нагнітальному трубопроводу рухається послідовно через колектор (5), через кран (6), діафрагму (7) та заповнює мірний циліндр (8). З мірного циліндру через вентиль (9) вода повертається до баку (4).

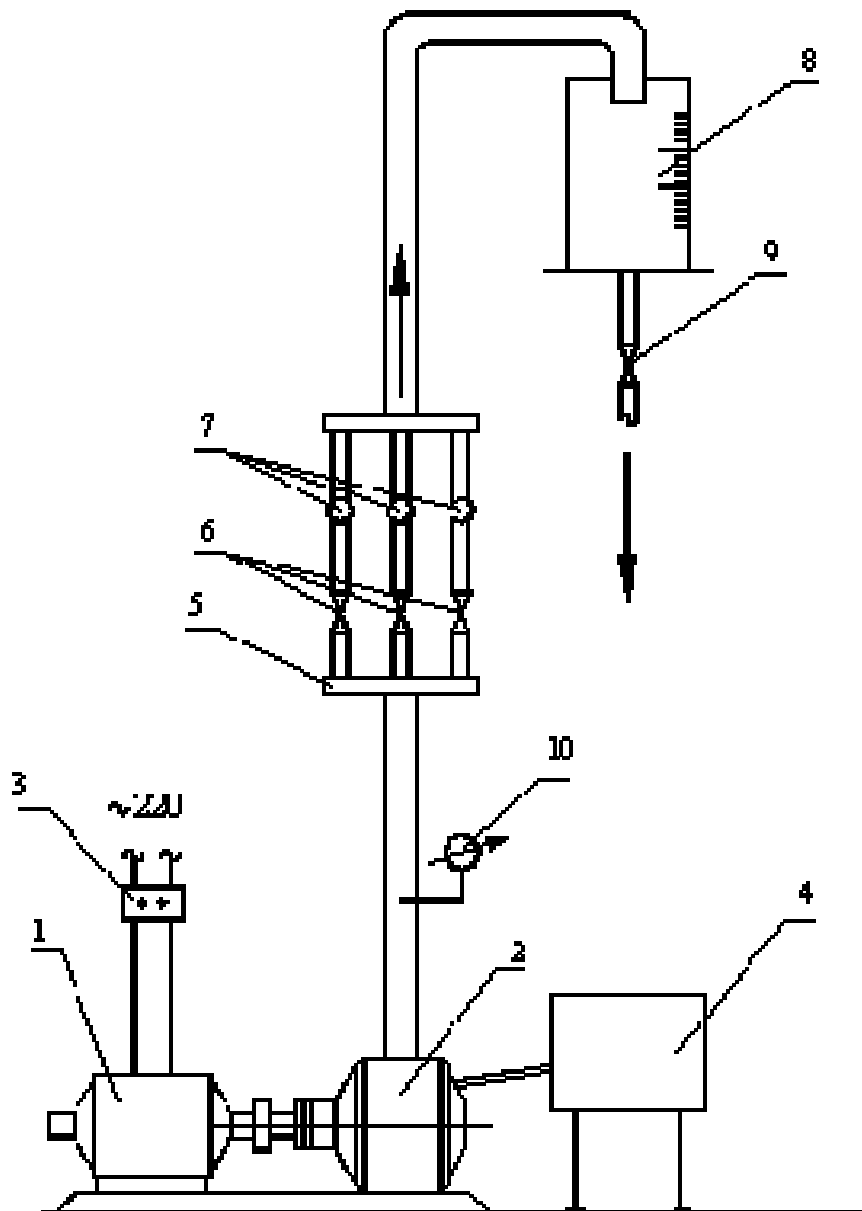


Рисунок 2.1 – Схема установки насосного агрегату:

*1 – насос; 2 – електродвигун; 3 – пускова кнопка; 4 – живлячий бак;
5 – загальний напірний колектор; 6 – кран; 7 – діафрагма; 8 – мірний циліндр;
9 – вентиль; 10 – манометр*

Методика проведення дослідження

Викладач видає студентам індивідуальні вихідні дані:

- час роботи насосу або об'єм у мірному циліндрі;
- одну з трьох діафрагм.

Потім студенти починають виконувати дослідження. Закриваються усі крани, потім один з кранів відкривають. Закривають вентиль (9) зливу води з верхнього мірного циліндру (8). Включають насос, в момент появи води у мірному циліндрі включають секундомір. Згідно завданню, у визначений час необхідно виключити насос та замірити об'єм у мірному циліндрі. Коли працює насос, необхідно замірити потужність ватметром. Отримані дані заносять у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Отримані дані вимірювань

Величини виміру	Точка заміру 1	Точка заміру 2	Точка заміру 3
Час, с			
Об'єм рідини у мірному циліндрі, м ³			
Потужність насосу, Вт			

Відкривають кран (9) та зливають рідину у бак (4). Повторюють експеримент при різному положенню крана (напіввідкритий, повністю відкритий). Заміряють об'єм рідини у мірному циліндрі та заносять дані в таблицю 2.1. Проводять розрахунки.

Обробка результатів дослідження

1. Заміряючи об'єм у мірному циліндрі, треба правильно провести переведення з розмірності (мм) у (м³).

2. Визначають продуктивність або подачу рідини за формулою (2.1).

3. Визначають площу перетину трубопроводу при діаметрі $d = 15$ мм за рівнянням $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$.

4. Визначають швидкість руху рідини за рівнянням $V = \frac{Q}{\omega}$.

5. Визначають коефіцієнти місцевих опорів. Для цього треба скласти схему роботи установки. Визначити, який опір зустрічає рідина у своєму русі трубопроводом. За допомогою даних довідника або таблиці 2.2 порахувати сумарний коефіцієнт опору.

6. Визначають втрату напору за формулою (2.5).

7. Визначають напір, корисну потужність та ККД насосу.

8. За визначеними даними будують графіки $H = f(Q)$, $N = f(Q)$, $\eta = f(Q)$ та роблять загальний висновок.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти місцевих опорів

Вид опору	Значення коефіцієнта місцевого опору, ξ				
Вхід в трубу	з гострими краями: $\xi = 0,5$ з закругленими краями: $\xi = 0,2$				
Вихід з труби	$\xi = 1$				
Діафрагма у прямій трубі	Значення ξ визначається за даними:				
	m	0,28	0,3	0,4	0,6
	ξ	22,3	18,2	8,25	2,0
	$m = \frac{d_0}{d}$ де d_0 – діаметр отвору діафрагми, м; (у схемі лабораторної установки використовують діафрагми діаметром: $d_{01} = 12$ мм, $d_{02} = 10$ мм, $d_{03} = 8$ мм; d – діаметр труби, м				
Коліно (кут) поворот 90°	Умовний прохід, мм	12,5	25	37	50
	ξ	2,2	2	1,6	1,1
Кран пробковий	Умовний прохід, мм	13	19	25	32
	ξ	4	2	2	2
Раптове розширення	$\xi = 0,64$				
Раптове звуження	$\xi = 0,4$				

Питання для самоконтролю

1. Для чого використовують насоси?
2. За яким принципом класифікують насоси?
3. Як працює відцентровий насос?
4. Які параметри характеризують роботу насосу?
5. Поясніть фізичну сутність поняття «напір насосу», що він показує.
6. На що витрачається напір, який створює насос?
7. Як визначається напір насосу?
8. На що вказують сумарні втрати напору?
9. Від чого залежить коефіцієнт тертя?
10. Поясніть фізичну сутність коефіцієнта корисної дії насосу.
11. Як визначається потужність насосу?
12. Поясніть, як впливає на потужність зміна подачі та напору насоса.
13. У якому випадку насос буде працювати в оптимальних умовах?
14. Визначте достоїнства та недоліки відцентрових насосів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Кавітаційні випробування лопатевого насосу

Мета роботи: вивчити динаміку зміни кавітаційного запасу при зміні подачі насосного агрегату.

Загальні теоретичні відомості

Явище кавітації в текучій рідині виникає в тих випадках, коли статичний тиск в якій-небудь області потоку падає нижче тиску насиченої пари рідини. Реальна рідина не може сприймати розтягуючих зусиль, які виникають при падінні в ній тиску, нижче тиску насиченої пари. Тому у вказаних областях відбувається її скипання і порушується суцільність потоку з утворенням чисельних парових бульбашок і стійких каверн, що примикають до стінок (*caverna* (лат.) – порожнина; звідси виходить і назва «кавітація»).

Як тільки парові бульбашки, які рухаються разом з потоком рідини, потрапляють в область, де статичний тиск вище пружності насиченої пари, пара конденсується і бульбашки зникають. У районі зникнення бульбашок відбувається сильний гідравлічний удар, в результаті якого миттєвий місцевий тиск може досягати декількох десятків МПа. Наявність чисельних гідравлічних ударів приводить до періодичного коливання розмірів знов виникаючих бульбашок при їх русі в потоці рідини. Весь процес кавітації зазвичай супроводжується шумом і вібраціями.

Якщо зникнення бульбашок відбувається поблизу стінки, то через деякий час починає руйнуватися поверхня стінки, де відбуваються як хімічні, так і теплові та електричні процеси, що посилюють руйнівну дію кавітації. Механічний процес руйнування матеріалу називається *ерозією*. Хімічне руйнування металу в зоні кавітації киснем повітря носить назву *корозії*.

Виникнення кавітації відбувається поетапно. Первинна кавітація у вигляді локальних вогнищ не міняє загальної структури потоку і не порушує нормальної роботи насоса. Вона зазвичай виявляється або візуально (при прозорих стінках насоса), або акустичним способом, інколи за незначною зміною амплітудно-частотних характеристик насоса.

Наступний етап розвинутої кавітації в насосі при зниженні P_v виникнення першого критичного режиму, при якому починають змінюватися зовні характеристики насоса: знижуються його напір і потужність. Проте насос здатний ще подавати рідину споживачеві, хоча швидкість кавітаційної ерозії в насосі може значно зрости.

При подальшому пониженні P_v зростають розміри кавітаційних зон, міняється їх вигляд, а при деякому значенні P_v виникає так званий другий критичний режим, що характеризується початком різкого падіння напору, потужності та ККД насосу.

Перевищення повного напору рідини у вхідному патрубку насоса над тиском її насиченої пари називається *запасом кавітації* Δh та обчислюється за формулою:

$$\Delta h = \frac{P_6}{\rho g} + \frac{V_6^2}{2g} - \frac{P_{н.н.}}{\rho g}, \quad (2.12)$$

де P_6 та V_6 – тиск та швидкість на вході в робоче колесо.

Оскільки абсолютний тиск у вхідному патрубку насоса дорівнює

$$\frac{P_6}{\rho g} = \frac{(P_a - P_{вак})}{\rho g}. \quad (2.13)$$

Тоді рівняння (2.12), набирає вигляду

$$\Delta h = \frac{(P_a - P_{вак})}{\rho g} + \frac{V_6^2}{2g} - \frac{P_{н.н.}}{\rho g}, \quad (2.14)$$

де P_a – атмосферний тиск;

$P_{вак}$ – вакуумметрична висота всмоктування.

Щоб виключити роботу насоса в режимі кавітації, допустимий кавітаційний запас $\Delta h_{дон}$ має бути не менше величини, яка визначається за формулою:

$$\Delta h_{дон} = (1,1 \div 1,3) \Delta h_{кр}. \quad (2.15)$$

Критичний кавітаційний запас визначається при найбільшій висоті вакууму для даного насоса.

Для встановлених насосних агрегатів дотримується рівняння

$$H_{вс} = \frac{P_a}{\rho g} - (h_{вс} + h_t + \Delta h_\phi), \quad (2.16)$$

де $H_{вс}$ – геометрична висота всмоктування, м;

$h_{вс}$ – втрати напору у всмоктувальній лінії, м вод. ст.;

h_t – тиск насиченої пари рідини при температурі t , м вод. ст.

$$h_t = \frac{P_{н.н.}}{\rho g}, \quad (2.17)$$

Δh_ϕ – фактичний запас напору.

З вираження (2.16) фактичний запас напору у всмоктуючому патрубку насоса

$$\Delta h_\phi = \frac{P_a}{\rho g} - H_{вс} - h_{вс} - h_t. \quad (2.18)$$

Оскільки під час випробувань із зміною витрати, що подається, змінюється лише $h_{вс}$, то $\Delta h_\phi = f(Q)$.

Щоб при всіх змінах витрат на наставало явище кавітації, необхідне дотримання умови

$$\Delta h_\phi \geq \Delta h_{дон}. \quad (2.19)$$

Таким чином, запас напору у всмоктуючому трубопроводі є величиною змінною. Динаміку зміни цього запасу можна оцінити за формулою (2.12), вимірюючи вакуумметром тиск на вході в насос при зміні витрати води, що подається ним, або за формулою (2.18).

Порядок виконання роботи

Схема лабораторної установки наведена на рисунку 2.2.

Лабораторна робота виконується в наступній послідовності:

- підготувати установку до запуску;
- залити насос з водопроводу;
- запустити насосний агрегат і після набору двигуном повного числа обертів відкрити повністю вентиль на напірному трубопроводі;
- виміряти об'ємним методом витрату води, що подається насосом. Необхідні дані і покази вакуумметра В записати в таблицю 2.3;
- виконати ступеневе зменшення подачі до повного припинення подачі, вимірюючи на кожному рівні витрату води Q і покази вакуумметра В. Результат вимірів занести в таблицю 2.3;
- виміряти діаметр вхідного патрубку насоса;
- виміряти атмосферний тиск;
- виміряти температуру води;
- зробити необхідні розрахунки і заповнити таблицю 2.3;
- побудувати графік залежності $\Delta h_{\phi} = f(Q)$.

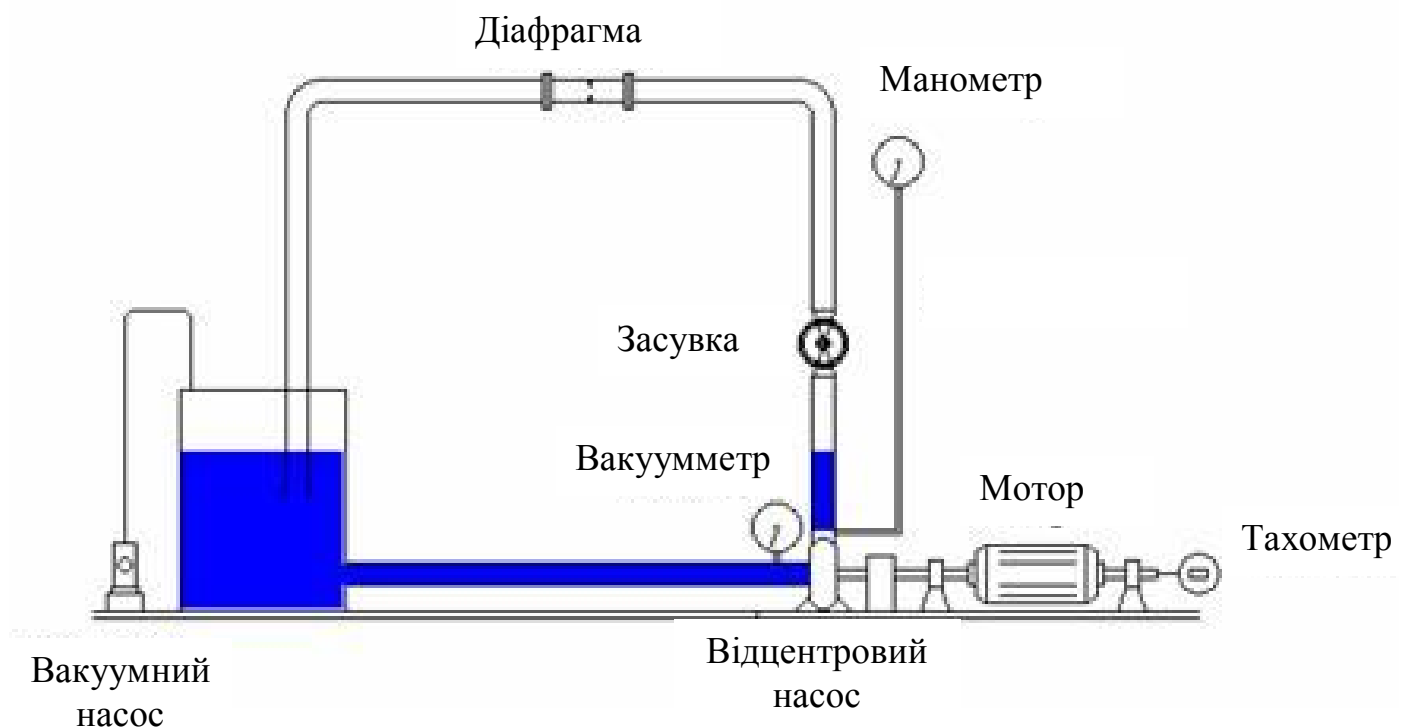


Рисунок 2.2 – Схема лабораторної установки

Таблиця 2.3 – Визначення запасу кавітації у всмоктуючому патрубку насоса

№ досліду	Подача			Показання вакуумметра		Діаметр вхідного патрубка, D_B , м	Швидкість у всмоктуючому патрубку насоса, V_i , м/с	Тиск насиченої пари h_c , м вод.ст	Атмосферний тиск P_a , м вод.ст.	Температура води, t , °C	Кавітаційний запас	
	Об'єм води у мірному баку, W_i , л	Час наповнення бака t_i , с	Витрата, Q_i , л/с	B , кгс/см ²	P_B , м вод.ст.						Δh , м вод.ст.	Δh_{ϕ} , м вод.ст.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Обробка результатів вимірювань

Результати вимірювань слід занести в графи 1–3, 5, 8, 9 таблиці 2.3. Останні графи заповнюють в такій послідовності.

Графа 4: визначається подача насоса в i -му досліді, л/с:

$$Q_i = \frac{W_i}{t_i}.$$

Графа 6: покази вакуумметра (графа 5) переводять в метри водяного стовпа за формулою:

$$P_e = 10B.$$

Графа 8: визначають швидкість руху води у вхідному патрубку насоса, м/с:

$$V_i = \frac{4Q_i}{\pi D_e^2}.$$

Дані для заповнення графи 9 визначають за таблицею 2.4 залежно від температури води.

Таблиця 2.4 – Залежність тиску насиченої пари і питомої ваги води від температури

$t, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{н.п.}}/\rho g,$ м.вод.ст.	$\rho g, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$P_{\text{н.п.}}/\rho g,$ м.вод.ст.	$\rho g, \text{кг/м}^3$
5	0,0889	1000	35	0,5733	993,9
10	0,1251	999,6	40	0,7520	992,2
15	0,1738	998,9	45	0,9771	990,1
20	0,2383	998,2	50	1,2578	988,0
25	0,3229	996,9	55	1,6051	985,6
30	0,4325	995,6	60	2,0320	983,2

Графа 12: визначають кавітаційний запас Δh за формулою (2.12).

Графа 13: визначають кавітаційний запас Δh_ϕ за формулою (2.18).

При розрахунках за формулою (2.18) використовують дані попередніх лабораторних робіт. Порівнюють по рядках значення кавітаційних запасів Δh і Δh_ϕ . За відсутності помилок у вимірах і обчисленнях відхилення не повинне перевищувати 5...10%.

На підставі даних графи 12 на міліметровій шкалі необхідно побудувати графік залежності $\Delta h_\phi = f(Q)$.

Питання для самоконтролю

1. Що таке кавітація?
2. В яких випадках виникає явище кавітації?
3. Що таке кавітаційний запас?
4. Яка умова повинна виконуватись для запобігання явища кавітації?
5. З чого складається лабораторна установка?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Випробування насосів при паралельній роботі

Мета роботи: Ознайомитися з паралельною роботою відцентрових насосів. Побудувати характеристики двох відцентрових насосів при паралельній роботі.

Опис експериментальної установки

Лабораторна установка представляє собою циркуляційну систему (рис. 2.3). Відцентрові насоси 2 однієї марки забирають воду усмоктувальними трубопроводами 4 з резервуара 1 і подають її на висоту геометричного напору, а потім через мірний бак 4 вода скидається в той же резервуар 1. На усмоктувальних трубопроводах 4 установлені приймальні клапани 5 і вакуумметри 6. На напірному трубопроводі 7 установлені манометри 9 й регулювальний 8 вентиль. За показниками вакуумметрів 6 і манометрів 9 визначається напір насосів. Подача насосів 2 визначається об'ємним способом, за допомогою мірного бака 11.

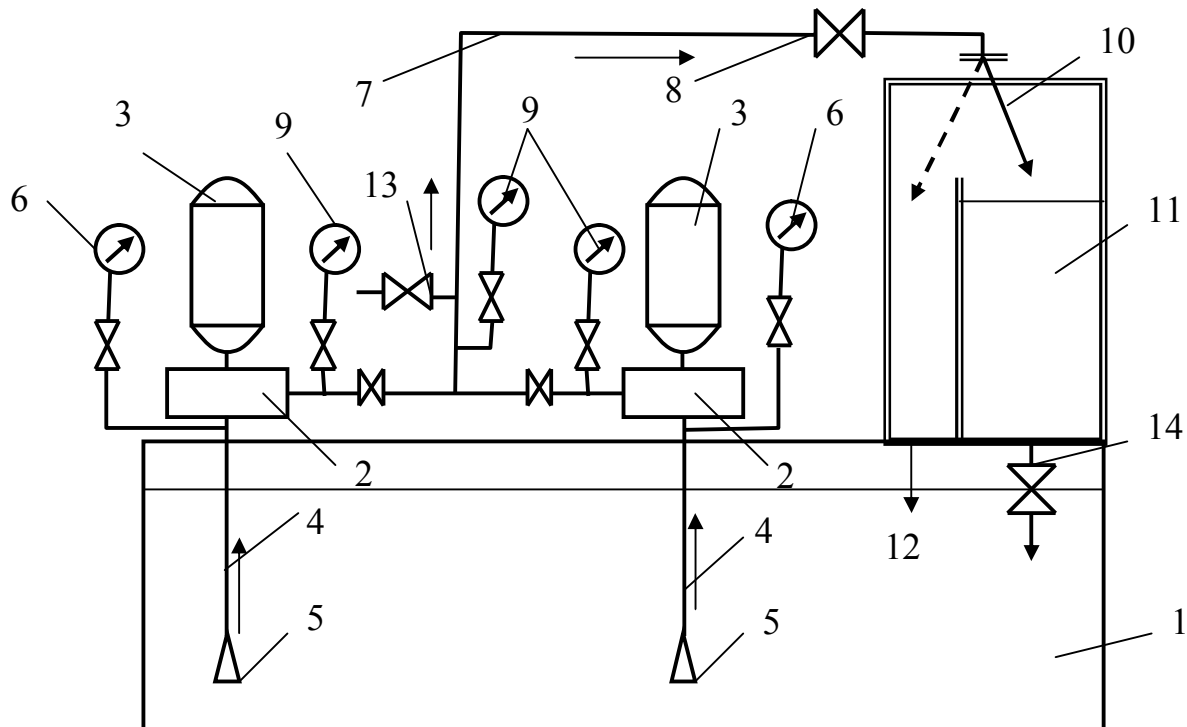


Рисунок 2.3 – Схема лабораторної установки паралельної роботи насосів:
1 – стенд – резервуар; 2 – відцентровий насос; 3 – електродвигун;
4 – усмоктувальний трубопровід; 5 – приймальний клапан; 6 – вакуумметр;
7 – напірний трубопровід; 8 – вентиль регулювальний; 9 – манометр;
10 – патрубок перекидний; 11 – мірний бак; 12 – зливний патрубок;
13 – кран для заливання насосів перед пуском; 14 – кран для зливу води з мірного бака (після визначення витрати води)

Послідовність експерименту

Пуск насосного агрегату:

1. Включаються прилади: манометри 9 і вакуумметри 6.
 2. Закриваються пусковий і регулювальний 8 вентиля на напірному трубопроводі 7.
 3. Заливаються водою насоси 2 та усмоктувальні трубопроводи 4 через кран 13.
 4. Включаються електродвигуни 3 насосів.
 5. Включаються прилади: вакуумметри 6 і манометри 9.
- Проводяться випробування.

Проведення випробувань і зняття показань приладу

Передбачається проведення двох циклів дослідів:

- випробування двох паралельно працюючих насосів;
- випробування одного з насосів цієї установки.

У кожному із двох циклів дослідів рекомендується проведення 7–8 дослідів, що розрізняються величиною подачі насоса Q .

У кожному досліді визначаються:

- показання вакуумметрів 6,
- показання манометрів 9,
- час наповнення напірного бака 11.

Перший дослід проводиться при закритому регулювальному вентилі 8 (подача насоса дорівнює нулю).

Нове завдання в кожному наступному досліді встановлюються за допомогою регулювального вентиля 8

При проведенні другого циклу дослідів необхідно відключати один з насосів системи, закривши пусковий вентиль.

Зупинка насосного агрегату:

1. Включаються вакуумметри 6 і манометри 9.
2. Закривається регулювальний вентиль 8
3. Вимикаються електродвигуни 3.

Обробка результатів досліджень

Визначення основних параметрів (напору H , подачі Q , потужності N , ККД η) виконується за методикою, яка викладена в лабораторній роботі 1.

Результати досліджень обробляються за допомогою таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні параметри насосів при їх паралельній роботі

№ дослідю	Визначення напору					Визначення подачі		Потужність		ККД
	Показання манометра M		Показання вакуумметра V		Напір H	W	T	Q	N	η
	кг/см ²	м вод. ст.	мм рт. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	л	с	л/с	кВт	%
Паралельна робота двох насосів										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
Робота одного насоса										
1										
2										
3										
4										
5										
6										

Побудова характеристик відцентрових насосів

На підставі експериментальних досліджень відцентрових насосів необхідно:

- побудувати характеристики спільної роботи двох насосів при паралельній роботі (за результатами першого циклу дослідів);
- побудувати характеристики одного з насосів (за результатами другого циклу дослідів);
- використовуючи характеристики одного насоса, побудувати сумарні характеристики двох паралельно працюючих насосів графічно й зіставити їх з характеристиками, отриманими експериментально.

У першому циклі дослідів за даними таблиці 2.5 будуються характеристики двох паралельно працюючих насосів.

У другому циклі дослідів за даними таблиці 2.5 будуються характеристики одного відцентрового насоса, а потім виконується їхнє графічне підсумовування (рис. 2.4).

Так, для одержання головної сумарної характеристики двох насосів однієї марки варто скласти абсциси крапок кривої $H = f(Q)$ обох насосів, узятих при одній і тій же ординаті, тобто варто скласти криві напорів $Q-H_{I,II}$ обох насосів по горизонталі.

Шляхом побудови отримані експериментально та графічно характеристики спільної роботи двох насосів, що працюють паралельно.

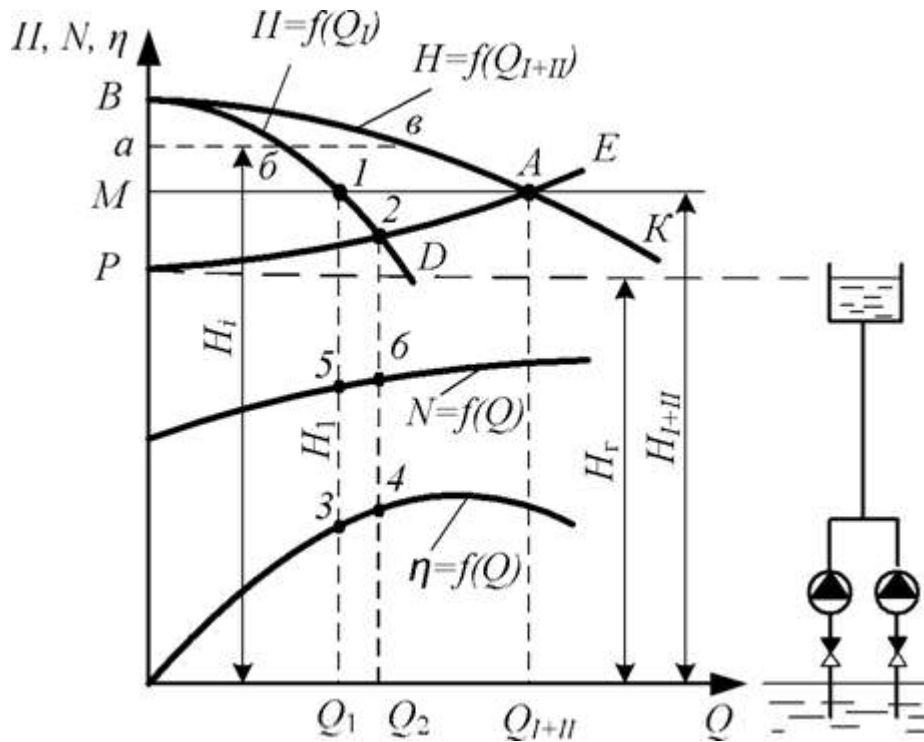


Рисунок 2.4 – Характеристики паралельної роботи двох однакових насосів

Питання для самоконтролю

1. Що називається паралельною роботою насосів?
2. Яка умова є головною під час побудови паралельної роботи декількох насосів?
3. Яка характеристика системи збільшується у разі паралельної роботи насосів і чому?
4. Паралельна робота яких насосів є більш надійною – з однаковими чи різними характеристиками?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Випробування насосів при послідовній роботі

Мета роботи: Ознайомитися з послідовною роботою відцентрових насосів. Побудувати характеристики двох насосів при послідовній роботі.

Опис експериментальної установки

Лабораторна установка представляє собою циркуляційну систему (рис. 2.5).

Відцентрові насоси 2 однієї марки, встановлені послідовно, забирають воду усмоктувальним трубопроводом 4 з резервуара 1 і подають її по напірному трубопроводі 7 на висоту геометричного напору, а потім через мірний бак 11 вода скидається в той же резервуар 1.

На усмоктувальному трубопроводі 4 установлений п'ятовий клапан 5 і вакуумметр 6.

На напірному трубопроводі 4 установлені манометри 9 і пусковий 15 і регулювальний 8 вентиля.

За показниками вакуумметра 6 і манометра 9 визначається напір насосів.

Подача насосів визначається об'ємним способом, за допомогою мірного бака 11.

Трубопровід, що перебуває між I й II насосами, є напірним для I насоса й усмоктувальним для II насоса.

Послідовність експерименту

Пуск насосного агрегату:

1. Вимикаються прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закриваються пусковий 15 і регулювальний 8 вентиля.
3. Заливаються водою насоси 2 й усмоктувальні трубопроводи 4 через кран 13.
4. Включаються електродвигуни 3 насосів.
5. Включаються прилади: вакуумметр 6 і манометр 9.
6. Проводяться випробування.

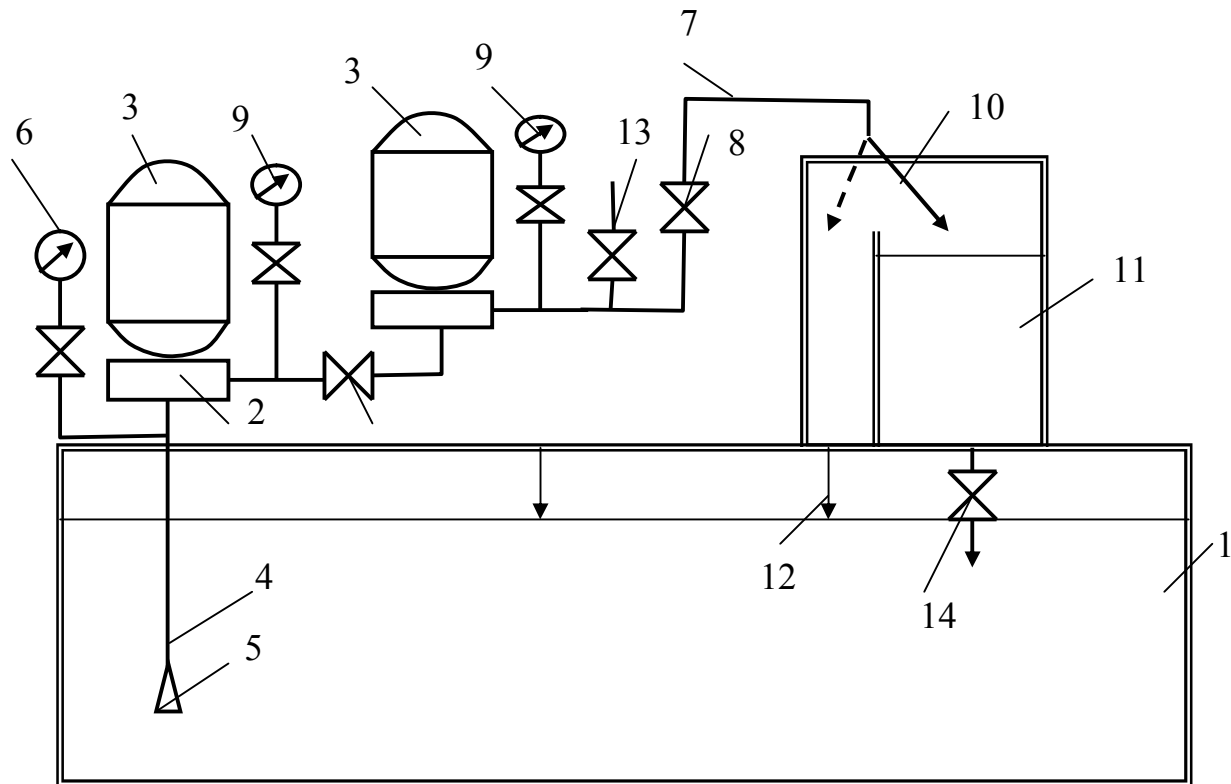


Рисунок 2.5 – Схема лабораторної установки послідовної роботи насосів:
 1 – стенд-резервуар; 2 – відцентровий насос; 3 – електродвигун;
 4 – усмоктувальний трубопровід; 5 – прийомний клапан; 6 – вакуумметр;
 7 – напірний трубопровід; 8 – вентиль регульовальний; 9 – манометр;
 10 – патрубок перекидний; 11 – мірний бак; 12 – зливальний патрубок;
 13 – кран для заливання насоса перед пуском;
 14 – кран для зливу води з мірного бака

Проведення випробувань і зняття показань приладів

Передбачається проведення двох циклів дослідів:

- випробування двох послідовно працюючих насосів;
- випробування одного з насосів цієї установки.

У кожному із двох дослідів рекомендується проведення 7–8 дослідів, що розрізняються величиною подачі насоса Q .

У кожному досліді визначаються:

- показання вакуумметра 6,
- показання манометрів 9,
- час наповнення мірного бака 11.

Перший дослід проводиться при закритому регульовальному вентилі 8 (подача насоса дорівнює 0).

У кожному наступному досліді нова подача встановлюється за допомогою регульовального вентиля 8.

При проведенні другого циклу дослідів один з насосів установки відключається.

Зупинка насосного агрегату:

1. Вимикається вакуумметр 6 і манометр 9.
2. Закривається регулювальний вентиль 8.
3. Вимикаються електродвигуни 3.

Обробка результатів досліджень

Визначення основних параметрів (напору H , подачі Q , потужності N , ККД η) виконується за методикою, яка викладена в лабораторній роботі № 1.

Результати досліджень обробляються і заносяться у таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати досліджень у разі послідовної роботи насосів

№ досліду	Визначення напору					Визначення подачі		Потужність		ККД
	Показання манометра M		Показання вакуумметра V		Напір H	W	T	Q	N	η
	кг/см ²	м вод. ст.	мм рт. ст.	м вод. ст.	м вод. ст.	л	с	л/с	кВт	%
Послідовна робота двох насосів										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
Робота одного насоса										
1										
2										
3										
4										
5										
6										

Побудова характеристик відцентрових насосів

На підставі експериментальних випробувань відцентрових насосів необхідно побудувати:

- характеристики спільної роботи двох насосів при послідовній роботі (за результатами першого циклу дослідів);

– характеристики одного з насосів (за результатами другого циклу дослідів);

– використовуючи характеристики одного насоса, побудувати сумарні характеристики двох послідовно працюючих насосів графічно й зіставити їх з отриманими експериментами.

У першому циклі дослідів за даними таблиці 2.6 будуються характеристики спільної роботи двох послідовно працюючих насосів.

У другому циклі дослідів за даними таблиці 2.6 будуються характеристики одного відцентрового насоса, а потім виконується їхнє графічне підсумовування (рис. 2.6).

Так, для одержання сумарної головної характеристики двох насосів однієї марки, що працюють послідовно, складаються ординати крапок кривій $H = f(Q)$ обох насосів, узятих при одній і тій же абсцисі, тобто складаються криві напорів $Q - H_{I, II}$ обох насосів по вертикалі.

Рівняються характеристики спільної роботи двох насосів, що працюють послідовно, отриманих експериментально й графічно, шляхом побудови.

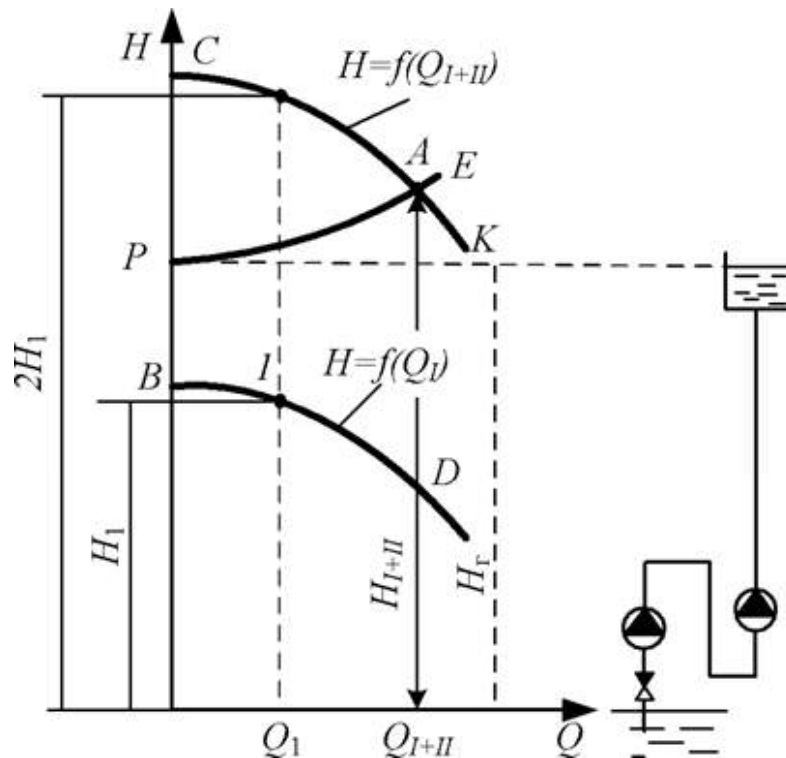


Рисунок 2.6 – Характеристики послідовної роботи двох однакових насосів

Питання для самоконтролю

1. У яких випадках необхідно включати у послідовну роботу насоси?
2. Для яких мереж доцільно застосування послідовно працюючих насосів?
3. Як збільшиться напір установки у порівнянні з напором одного насоса?
4. Наведіть особливості включення насосів у послідовну роботу.

3 САМОСТІЙНЕ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ»

Змістовий модуль 1. Насосні станції

Тема 1 Класифікація насосних станцій

Насосні станції систем водопостачання і каналізації. Основне устаткування насосних станцій. Галузі застосування насосів, класифікація.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення мають насосні станції водопостачання?
2. Яке призначення мають насосні станції водовідведення?
3. Назвіть основні параметри, якими характеризують насоси.
4. Назвіть основні групи і типи насосів.
5. Чим характеризуються лопатеві насоси?
6. Перерахуйте основні групи насосів за їх призначенням?

Тема 2 Насосні станції систем водопостачання

Класифікація насосних станцій водопостачання. Схеми і принцип дії відцентрових насосів, що використовуються у системі водопостачання. Класифікація насосів. Визначення необхідного напору насоса. Кавітація в потоці. Перерахування характеристик на інші оберти. Розрахунок діаметра підрізки робочого колеса. Визначення режимної точки роботи насоса. Робота насоса на розгалужену мережу.

Питання для самоконтролю

1. Як розрахувати витрату насосної станції першого підйому?
2. Що таке добовий графік водоспоживання?
3. Як визначити тиск (напір) насосної станції другого підйому?
4. Наведіть схему напівзаглибленої насосної станції.
5. Де встановлюють зворотні клапани на насосній станції другого підйому?
6. Які ви знаєте особливості проектування та роботи насосної станції першого підйому?
7. Які групи насосів за призначенням мають бути встановлені на насосній станції другого підйому?
8. Як визначається режим роботи насосної станції другого підйому?

Тема 3 Підвищувальні, циркуляційні та пересувні насосні станції

Конструктивні особливості та принцип роботи підвищувальних насосних станцій. Мета влаштування та принцип роботи циркуляційних насосних станцій. Принцип дії, особливості влаштування та галузь застосування пересувних насосних станцій.

Питання для самоконтролю

1. З якою метою влаштовують підвищувальні насосні станції у містах та в окремих будівлях?
2. Назвіть особливості роботи підвищувальних насосів та принцип їх розрахунку та підбору.
3. З якою метою влаштовують циркуляційні насосні станції і на яких об'єктах?
4. Наведіть принцип дії, особливості влаштування та галузь застосування пересувних насосних станцій.

Тема 4 Класифікація насосних станцій водовідведення

Класифікація насосних станцій водовідведення. Схеми і принцип дії відцентрових насосів, що використовуються у системі водовідведення.

Конструкція вертикальних відцентрових насосів. Конструкція каналізаційних насосів і насосів для агресивних рідин.

Графіки припливу і відкачки стічних вод. Резервне устаткування. Особливості і проектування каналізаційних насосних станцій. Грати, приймальні резервуари. Допоміжне устаткування до насосної станції.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть схему каналізаційної насосної станції з окремо розташованим резервуаром.
2. Наведіть схему каналізаційної станції з резервуаром, сполученим з машинним залом.
3. Наведіть класифікацію насосних станцій водовідведення.
4. Опишіть пристрій приймального резервуара, яке він має містити обладнання?
5. Які недоліки і переваги насосних станцій з окремо розташованими резервуарами?
6. Поясніть, як побудувати графік припливу стічних вод до приймального резервуара.
7. Поясніть, як побудувати графік відкачки стічних вод з приймального резервуара.
8. Як розрахувати об'єм приймального резервуара?
9. Які ви знаєте особливості проектування каналізаційних насосних станцій?
10. Які грати застосовують на каналізаційних насосних станціях?
11. Що таке грати-дробарки?
12. Назвіть допоміжне обладнання приймальних резервуарів.
13. Як змивають осад у приймальному резервуарі?

Тема 5 Насосні станції з насосами зануреного типу

Принцип дії та конструкція насосів зануреного типу. Суха та мокра установка насосів зануреного типу. Основні параметри роботи КНС з насосами зануреного типу.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть принцип дії та конструкцію насосів зануреного типу.
2. Чим відрізняються суха та мокра установка насосів зануреного типу?
3. Наведіть особливості влаштування та роботи КНС з насосами зануреного типу.

Тема 6 Каналізаційні насосні станції зі скловолокна

Конструкція КНС, виконаної зі скловолокна, порівняння техніко–економічних показників традиційної КНС та КНС, виконаної з полімерних матеріалів.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть конструкцію КНС, виконану зі скловолокна, у чому полягають особливості її роботи?
2. Назвіть особливості будівництва та влаштування КНС зі скловолокна.
3. У чому полягають відмінності у роботі традиційної КНС та КНС, виконаної зі скловолокна?
4. Назвіть основні параметри, які необхідно знати для проектування КНС з полімерних матеріалів.

Тема 7 Насосні станції перекачування мулу

Сфера застосування насосних агрегатів різного призначення на очисних спорудах системи водовідведення.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення мають і де влаштовують насосні станції перекачування мулу?
2. Які типи насосів застосовують на насосних станціях перекачування мулу?
3. Назвіть, які відмінні особливості має мул як рідина?

Змістовий модуль 2 Будівництво та експлуатація насосних станцій

Тема 8 Параметри насосних станцій. Розташування насосних агрегатів

Трасування усмоктувальних і напірних трубопроводів. Вимоги до будівельної частини. Особливості проектування насосних станцій.

Питання для самоконтролю

1. Як влаштовують всмоктуючі лінії у разі невеликої кількості насосів?
2. Яку кількість всмоктуючих ліній приймають?
3. На яких лініях влаштовують колектори?
4. Який ухил за довжиною до насосу треба влаштовувати?
5. Дайте схему розташування всмоктувальних ліній.
6. Які швидкості мають бути у всмоктувальних трубах?
7. Які швидкості мають бути в напірних трубах?
8. Як влаштовують напірні лінії у межах насосних станцій та поза ними? Яка кількість напірних ліній має бути?
9. Яке обладнання має бути встановлено на напірних лініях, його призначення?

Тема 9 Обладнання насосних станцій

Основне, допоміжне, механічне та інше устаткування насосних станцій.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основне обладнання насосних станцій.
2. Які типи вантажопідйомних механізмів застосовують на насосних станціях?
3. Перерахуйте типи допоміжного обладнання насосних станцій.
4. Для чого влаштовують дренажні насоси на насосних станціях, система заливки насосного агрегату.
5. Наведіть схему технічного водопостачання, у чому полягає її призначення?

Тема 10 Визначення місткості приймального резервуара

Методи визначення об'єму приймального резервуару КНС.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть основні методи розрахунку приймального резервуару КНС, у чому їх особливості?
2. Які гідравлічні особливості потоку стічних вод необхідно враховувати під час розрахунку приймального резервуару КНС?

Змістовий модуль 3 Повітродувні станції

Тема 11 Класифікація повітродувних станцій

Повітродувна станція систем водовідведення та водопостачання. Класифікація. Техніко–економічне обґрунтування розрахунків та проектування повітродувних станцій. Використання ПК під час розрахунку повітродувних станцій.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію повітродувних станцій.
2. Назвіть особливості конструкції повітродувних станцій.

3. Як визначити кількість повітря, яку має подавати повітродувна станція системи водовідведення?

4. Як визначити кількість повітря, яку має подавати повітродувна станція системи водопостачання?

Тема 12 Обладнання повітродувних станцій

Повітродувні станції з об'ємними гідромашинами. Повітродувні станції з лопатевими гідромашинами.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть особливості проектування та роботи компресорних станцій з поршневыми агрегатами.

2. Поясніть індикаторну діаграму робочого процесу поршневого компресора.

3. Як проводять регулювання витрати компресора?

4. Наведіть схему системи охолодження поршневого компресору.

5. Назвіть основні характеристики турбоповітродувки.

6. Поясніть нестійку роботу турбоповітродувки.

7. Як регулюють витрату турбоповітродувки?

8. Як виконують компонування повітродувних станцій з турбоповітродувками?

Тема 13 Регулювання роботи повітродувного обладнання

Методи регулювання продуктивності повітродувних станцій.

Питання для самоконтролю

1. Як регулюють витрату турбоповітродувки?

2. Охарактеризуйте дроселювання як метод регулювання витрати.

3. Як виконується регулювання витрати кількістю обертів?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Учебные задачи, тестовые задания и игровые занятия для дисциплины «Насосные и воздухоудные станции»: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» / Сост. : А. В. Бусарев, А. С. Селюгин, Н. С. Урмитова. – Казань : Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2015. – 39 с.
2. Ілюха М. Г. Процеси та апарати харчової промисловості. Лабораторний практикум / М. Г. Ілюха, О. О. Новосельцев, Т. А. Лазарева. – Харків : УПА, 2008. – 100 с.
3. Гідравліка, гідро– та пневмопривод : навчально–методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА / В. К. Тарасов, О. В. Новокщонава. – Запоріжжя : Видавництво ЗДІА, 2010. – 132 с.
4. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Беляєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2014. – 195 с.
5. Комков В. А. Насосные и воздухоудные станции / В. А. Комков, Н. С. Тимахова. – М. : Инфра–М, 2010. – 256 с.
6. Березин С. Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. / С. Е. Березин. – М. : Стройиздат, 2008. – 160 с.
7. Гідравлічні і аеродинамічні машини / О. М. Романюк, Г. П. Вербицький, М. І. Колотило, В. Д. Колотило, Ф. М. Клепіков. – Кіровоград, 1997. – 176 с.
8. Колотило М. І. Насоси, повітродувки, компресори : навчальний посібник для ВНЗ / М. І. Колотило. – Харків : ХДТУБА, 1997. – 128 с.
9. Hydraulics. Hydraulics machines / E. Krasowski, I. Nikolenko, J. Gliński, A. Dashchenko S. Sosnowski. – Lublin : Polish Academy of Sciences Branch in Lublin, 2011. – 350 p.
10. Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : Справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М. : Стройиздат, 1984. – 116 с.
11. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: «УкрНДІводоканалпроект», розробники: О. Оглобля, Г. Пархомович, О. Буланій та інш. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 280 с.
12. ДБН В.2.5 – 75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: «УкрНДІводоканалпроект», розробники: О. Оглобля, Г. Пархомович, О. Буланій та інш. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 128 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
для практичних занять, лабораторних робіт та самостійного вивчення
з дисципліни

« НАСОСНІ ТА ПОВІТРОДУВНІ СТАНЦІЇ »

*(для студентів 3–4 курсів денної та заочної форм навчання напрямів
підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси) (фахове спрямування
«Раціональне використання і охорона водних ресурсів») та
6.060101 – Будівництво (фахове спрямування «Водопостачання та
водовідведення»); спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **ШЕВЧЕНКО** Тамара Олександрівна

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Т. О. Шевченко*

План 2017, поз. 111 М

Підп. до друку 04.04.2018. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,17.
Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.