



Національний університет

Міністерство освіти і науки України

Ю.П. Євресенко, Г.Г. Герасимов

НАСОСНІ СТАНЦІЇ

Інтерактивний комплекс

навчально-методичного

забезпечення

Рівне 2008



Національний університет
УДК 626.83 (075)
ББК 31.57 користування
Є22

*Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
Протокол № 12 від 28 грудня 2007 р.*

Ю.П. Євресенко, Г.Г. Герасимов
Є22

Насосні станції: інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. – Рівне: НУВГП, 2008. – 125 с.

Рецензенти: *Ю.І. Гринь*, доктор технічних наук, професор, Інститут гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук;
В.О. Орлов, доктор технічних наук, професор, НУВГП.

Навчально-методичний комплекс містить програму, вказівки щодо вивчення окремих тем, плани практичних занять, модулі перевірки знань, тренінгову тестову програму, рекомендації щодо самостійної роботи, послідовність виконання курсового проекту, термінологічний словник, список рекомендованої літератури. Комплекс може бути корисним при вивченні дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу студентами напряму підготовки 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів

УДК 626.83 (075)
ББК 31.57

© Євресенко Ю.П.
Герасимов Г.Г., 2008
© НУВГП, 2008



ПЕРЕДМОВА

Приєднання України до Болонського процесу передбачає впровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП), яка є українським варіантом ECTS.

Інженерна практика показує, що спеціалісти в області інженерних гідромеліорацій вирішують задачі, пов'язані з перекачуванням та транспортуванням води. Тому вивчення дисципліни “Насосні станції” є важливою складовою підготовки спеціалістів-гідромеліораторів.

Дисципліна „Насосні станції”; ґрунтується на раніше вивчених: гідравліці, фізиці, та знань з “гідравлічних та аеродинамічних машин”. В свою чергу на ній ґрунтується спеціальні фахові дисципліни, як “Гідротехнічні меліорації”.

1. Опис предмета навчальної дисципліни

Денна форма навчання

Курс: підготовка бакалаврів	Напря́м, спеціальність, освітньо- кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
1	2	3
Кількість кредитів, від- повідних ECTS – 4	Напря́м підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”	За вибором університету
Модулів – 2, індивідуальне науково- дослідне завдання		Рік підготовки: 3-й, семестр – 5-й
<i>Змістових модулів -2</i>		Лекції – 20 год. Практичні – 20 год.
Загальна кількість годин - 144		Самостійна робота –68 год
		Індивідуальна – 36 год
Тижневих годин: аудиторних – 4 СРС -3	Освітньо-кваліфіка- ційний рівень: Бакалавр	Вид контролю: іспит

Примітка: співвідношення кількості годин аудиторних занять та індивідуальної і самостійної роботи становить 27% до 73%.



1	2	3
Кількість кредитів, відповідних ECTS – 2,5	Напрямок підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”	За вибором університету
Модулів – 3, контрольна робота		Рік підготовки: 4-й, Семестри: 8-й.
Змістових модулів - 2		Лекції – 8 год. Практичні – 10 год
Загальна кількість годин - 144		Самостійна робота – 90 год.
	Освітньо- кваліфікований рівень: Бакалавр	Індивідуальна робота – згідно завдання - 36 год Вид контролю: Захист проекту 8 сем. Іспит в 7 сем.

Примітка: співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної і індивідуальної роботи становить 13% до 87%.

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування знань та умінь, що забезпечують вибір системи споруд для відбору води із джерела водозабору з дотриманням екологічних умов експлуатації, підведення води до насосів, вибору гідромеханічного обладнання для транспортування води водогонами, що працюють в режимі усталеного та неусталеного руху рідини.

Основними завданнями навчальної дисципліни є:

- вивчення типів насосних станцій для зрощуваних і осушуваних меліорацій;
- складання гідравлічних схем подачі води;
- обґрунтування параметрів та вибір обладнання для подачі води;
- проектування водозабірної споруди, що відповідає умові її екологічної надійності.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

Знати:

- типи насосних станцій в залежності від гідрологічних умов джерела води;
- умови роботи насосної станції та водогонів;
- вимоги до використання джерел водовідбору.



- за результатами вишукувальних робіт скласти принципу схему насосної станції;
 - обґрунтувати вибір гідромеханічного обладнання;
 - за графіком сумісної роботи насосів і водогонів визначити параметри насосної станції; обґрунтувати розрахункові параметри насосів та їх висотне розміщення;
 - за профілями траси водогонів розмістити трубопровідну арматуру, яка забезпечує функціонування системи в умовах пуску, зупинки та нормальної роботи насосної станції;
 - за гідрологічними умовами джерела вибрати тип водозабірної споруди та визначити її розміри, що забезпечують екологічну надійність акваторії водозабору;
 - використовуючи типові проекти та інструктивні матеріали розробити проект насосної станції, з використанням сучасних елементів будівель.

Навчальна програма розрахована на студентів які навчаються за освітньо кваліфікованими програмами підготовки бакалаврів.

Програма побудована за вимогами КМСОНП та узгоджена з орієнтовною структурою змісту навчальної дисципліни, рекомендованою Європейською Кредитно-Трансферною системою (ECTS).

Розподіл балів, що присвоюються студентам при поточному та підсумковому тестуванні (іспит).

Модуль 1: поточне тестування і підсумковий контроль												
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2					Сума	Підсумковий контроль	Загальна сума
30					30					60	Іспит - 40	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10			
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6			

Розподіл балів, що присвоюють студентам при виконанні індивідуальної роботи (поточне тестування) та захисті курсового проекту (підсумкове тестування).

Модуль2: поточне тестування і захист проекту										Сума	Підсумковий контроль (захист проекту)	Сума загальна
Поточне тестування - 60												
M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	60	40	100	
8	8	8	6	6	6	6	6	6				

Шкала узгодження національної системи КМСОНП з ECTS

Сума балів за всі форми навчальної діяльності	Оцінка в ECTS	Оцінка за національною шкалою	Іспит	Курсовий проект
		Залік		
90 – 100	A	5 (відмінно)		
82 – 89	B	4 (дуже добре)		
74 – 81	C	4 (добре)		
64 – 73	D	3 (задовільно)		
60 - 63	E	3 (достатньо)		
37 - 59	FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання		
1 - 36	F	2 (погано) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни		

Поточний контроль проводиться: на практичних заняттях за допомогою розроблених карток з окремих тем, на консультаціях – індивідуальним захистом самостійних робіт.



Національний університет
та природокористування

1. ПРОГРАММА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ „НАСОСНІ СТАНЦІЇ”

Тематичний план та розподіл навчального часу для денної та заочної форм навчання має такий вигляд.

Тематичний план та розподіл навчального часу

Назви тем змістовних модулів	Кількість годин				
	Лекції	Практичні заняття	Індивідуальна робота	Самостійна робота	Разом
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки	10/6	16/8	29/29	46/60	101/103
Тема 1. Параметри насосної станції	2/6	10/6	15/15	17/14+16	49/37
Тема 2. Принципи автоматизації роботи насосної станції	2/-	2	2/2	3/1	9/3
Тема 3. Допоміжне обладнання насосної станції	2/-	2/1	4/4	8/8	16/13
Тема 4. Допоміжні системи насосної станції	2	2/1	8/8	6/3+6	18/18
Тема 5. Гідралічні і аеродинамічні процеси в насосних станціях	2	-	-	12/12	14/12
Змістовний модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті емкості	10/2	4/2	7/7	22/30	43/41
Тема 6. Зрошувальні насосні станції	2/2	2	5/5	8/4+7	17/18
Тема 7. Водозабірні споруди насосних станцій	2	1/1		2/3+4	5/5
Тема 8. Рибозахисні споруди	2	1/1	2/2	4/2	9/7
Тема 9. Водовипускні споруди	2	-	-	4/2	6/4
Тема 10. Осушувальні і водопровідні насосні станції	2	-	-	4/2+2	6/4
Всього годин	20/8	20/10	36/36	68/90	144/144

Примітка. Кількість годин: чисельник – денна форма навчання, знаменник – заочна форма навчання.



Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки

Тема 1. Параметри насосної станції

Розрахункова траса закритої мережі та обґрунтування параметрів основного обладнання. Побудова характеристики закритої зрошувальної мережі. Вибір основних і допоміжних насосів, визначення режимів їх роботи і висотного розміщення.

Тема 2. Автоматизація роботи насосної станції

Класифікація принципів автоматизації насосних станцій, станцій підкачки. Структурна схема насосної станції. Технологічні схеми автоматизації насосних станцій.

Тема 3. Допоміжне обладнання насосної станції

Допоміжне технологічне обладнання: пневматична система з водоповітряним резервуаром. Схеми внутрішньо- станційних комунікацій і вибір трубопровідної арматури. Вибір підйомно-транспортного обладнання.

Тема 4. Допоміжні системи насосної станції

Системи заповнення насосів водою /вакуумним насосом, струменевим насосом, піднятою всмоктувальною трубою/. Дренажна система..

Тема 5. Гідродинамічні процеси в насосних станціях і водогонах

Режими експлуатації насосних станцій. Гідравлічний удар і його особливості, основні розрахункові залежності. Запірна, регулююча, запобіжна і аераційна трубопровідна арматура. Розташування трубопровідної арматури на водогонах. Захист водогону від гідравлічного удару.



Тема 6. Зрошувальні насосні станції

Класифікація насосних станцій. Типи будівель насосних станцій, їх конструкції та визначення розмірів.

Тема 7. Водозабірні споруди насосних станцій

Класифікація водозаборів. Компонівка водозаборів і умов їх використання. Основи розрахунків водозаборів. Сміттєзатримувальні пристрої для насосних станцій: решітки, водоочисні касети, сітчасті струменевореактивні фільтри, конусні фільтри, пороеластові фільтри, фільтруючі дамби.

Тема 8. Рибозахисні споруди

Класифікація рибозахисних споруд. Принцип і механізм попадання риби у водозабори. Конструкції і особливості роботи рибозахисних споруд. Екологічна надійність водозабірних і рибозахисних споруд.

Тема 9. Водовипускні споруди насосних станцій

Водовипускні споруди, їх конструкції та особливості роботи. Клапани зриву вакууму сифонних водовипусків: конструкції та принцип роботи.

Тема 10. Осушувальні та водопровідні насосні станції

Обґрунтування параметрів осушувальних насосних станцій, особливості їх роботи та конструкції будівель НС. Водопровідні насосні станції I-го та II-го підйому, призначення та особливості їх роботи.



2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ МОДУЛІВ ТА ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки

Тема 1. Параметри насосної станції

План

1. Терміни.
2. Розрахункова траса закритої мережі.
3. Характеристика закритої зрошувальної мережі.
4. Основні насоси.
5. Допоміжні технологічні насоси.
6. Сумісна робота насосів і закритої мережі.
7. Висотне розташування насосів.

1.1. Терміни:

Апарат дощувальний – пристрій для отримання штучного дощу.

Вантуз – клапан, призначений для видалення повітря з водогону.

Водний режим – споживання та витрачання води рослинами, яке необхідне для процесу їх життєдіяльності.

Гідрант – пристрій для відбору води з водогону.

Гідрант диктуючий – гідрант, подача води в який вимагає найбільшого напору.

Гідромеліорація – сукупність заходів та споруд, що забезпечує поліпшення природних умов сільськогосподарського використання земель шляхом регулювання водного режиму ґрунтів.

Ділянка водогону – частина водогону з однаковою витратою води та постійним діаметром.

Дощування - зрошення рослин штучним дощем, утвореним спеціальними установками або агрегатами.

Дощувальна машина – машина, що призначена для зрошення рослин, обладнання якої спирається на саморухомі опори.

Засувка – арматура, що застосовується на водогоні для закриття і відкриття прохідного перерізу.

Зрошення – система поливів, що забезпечує рослини вологою для одержання високих врожаїв.

Зрошувальна мережа закрита – трубчата зрошувальна мережа, вкладена в ґрунт, для подачі води під тиском.

Канал – штучне відкрите русло для транспортування води.

Колектор напірний - закрита труба, що призначена для збору води.



Магістральний канал – головний канал зрошувальної системи, який транспортує воду від джерела зрошення до зрошувального масиву.

Напірний водогін – водогін, що працює під напором.

Насосна станція підкачки – комплекс споруд на зрошувальному масиві для подачі води в дощувальні машини.

Полив – штучне зволоження ґрунту з метою поповнення в ньому запасів вологи.

Похил – різниця відміток двох точок, яка віднесена до відстані між ними по горизонталі.

Траса каналу – положення вісі каналу на місцевості або на плані.

Траса розрахункова – шлях води від насосної станції до гідранта.

Техніка поливу – технічні засоби для розподілу води по зрошувальному полю та подачі її в ґрунт.

Уніфікація – приведення до одноманітних технічних характеристик виробів, документів, засобів спілкування.

1.2. Розрахункова траса закритої мережі

На плані зрошувальної ділянки знаходять джерело водозабору (річка, канал, водосховище) а також горизонталь з позначкою \downarrow 1, якій відповідає мінімальний рівень води.

Розміщують будівлю насосної станції за таких умов:

- на лінії, що перетинає зрошувальний масив, приблизно на дві однакові частини;
- в районі горизонталі, що перевищує на 1,0 м, максимальний рівень води з коливанням Δ . Від насосної станції трасують тупікову закритую мережу, яка, наприклад, зображена на рис. 1.1.

На плані нумерують гідранти мережі і визначають відмітки поверхні землі кінцевих гідрантів, використавши при цьому лінійну інтерполяцію між ближніми горизонталями.

Визначають кількість працюючих дощувальних машин, які обслуговуються ділянкою закритої мережі, яка дорівнює кількості гідрантів, що підведені до даної ділянки. Коли ця кількість перевищить значення n (максимальна кількість працюючих дощувальних машин), то приймають, що на надлишкових гідрантах дощувальні машини не працюють і наступні ділянки мережі до насосної станції обслуговують n дощувальних машин.



Витрату води на ділянці визначають за формулою

$$Q = k_n \cdot q \cdot n_i, \quad (1.1)$$

де q - витрата однієї дощувальної машини;

n_i - кількість дощувальних машин, що обслуговуються ділянкою водогону;

k_n - коефіцієнт, що враховує протічки з водогону і приймається 1,05.

Труби для закритої мережі використовують асбестоцементні та залізобетонні. Діаметр труб вибирають за витратою Q .

Для визначення *диктуючого гідранта* порівнюють значення п'єзометричної лінії у вузлах розгалуження ділянок водогонів, яка визначається за формулою:

$$ПЛ = \sqrt{3 + H_B} + \Sigma h. \quad (1.2)$$

Для визначення відмітки п'єзометричної лінії виконують:

- нумерують, починаючи від насосної станції, вузли закритої мережі, якими можуть бути зміна витрати води прилеглих ділянок, діаметри труб, матеріали стінки труб;
- визначають довжини водогонів за масштабом плану зрошувальної ділянки;
- визначають економічно вигідний діаметр труб;
- обчислюють гідравлічні втрати напору одним із способів: за допомогою таблиць Шевелева або за формулою втрат напору.

Для розрахунку втрат напору за допомогою таблиць Шевелева використовують формулу:

$$h = 1,1 \cdot 1000i \cdot L, \quad (1.3)$$

де $1,1$ - коефіцієнт, що враховує втрати напору у місцевих опорах;

L - довжина ділянки водогону, км;

$1000i$ - гідравлічний похил, що визначається за витратою Q , діаметром d і матеріалом стінки водогону;

При відсутності таблиць гідравлічні втрати напору визначають за формулою

$$h = 1,1 \cdot A \cdot L \cdot Q^2, \quad (1.4)$$

де A - питомий опір водогону, який залежить від його діаметра і матеріалу стінки;

L - довжина ділянки водогону, м;

Q - витрата води на ділянці водогону, м³/с.

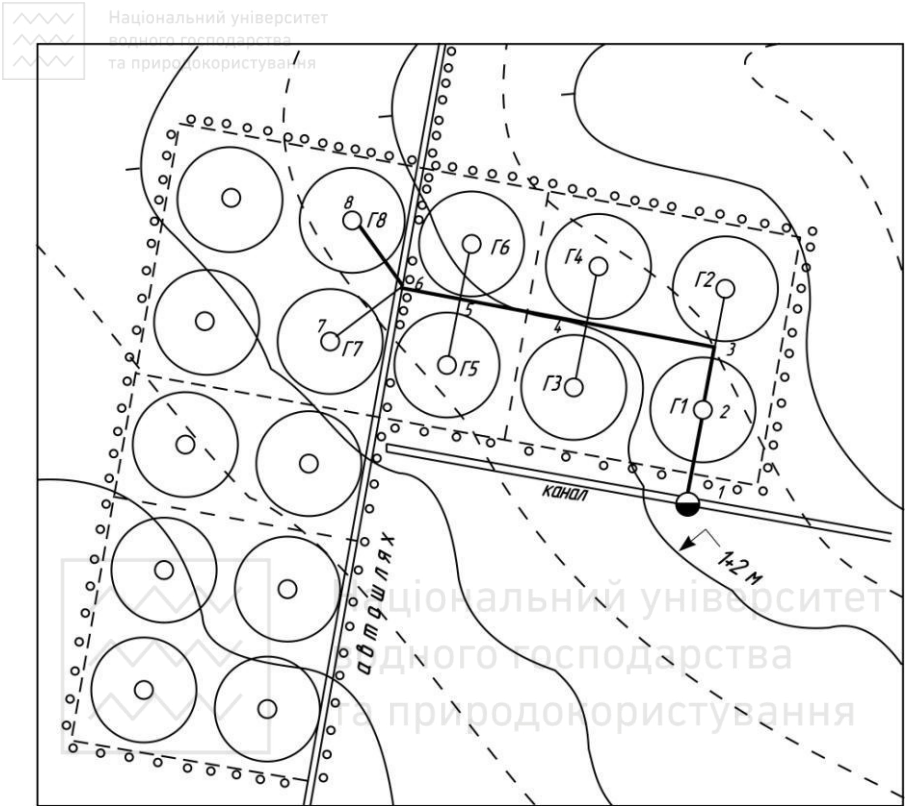


Рис. 1.1. План зрошувальної ділянки

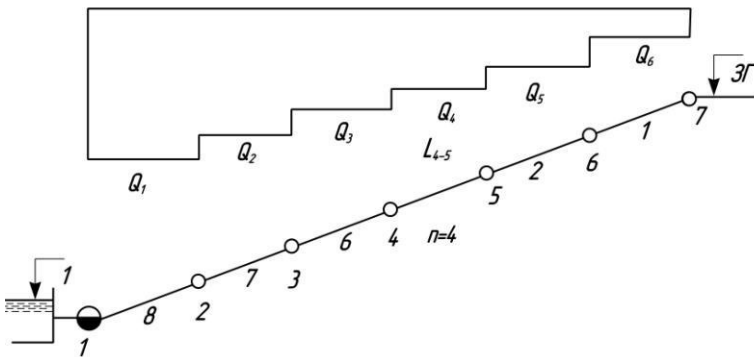


Рис. 1.2. Схема розрахункової траси і графік витрати води



Складають схему розрахункової траси (рис. 1.2) на ділянках якої вказують:

- довжину ділянки водогону;
- кількість дощувальних машин, яка обслуговує ділянку;
- витрати води через ділянку;
- діаметр та матеріал стінки водогону;
- втрати напору на один км - $1000i$;
- втрати напору на ділянці h .

На віддалених кінцевих гідрантах вказують відмітку поверхні землі.

Для вузла розгалуження (точка 6 на схемі рис. 1.2) визначають відмітки п'єзометричної лінії трас 7 — 6, 8 — 6.

Для траси 7 — 6:

- відмітка п'єзометричної лінії в кінці ділянки: $ПЛ_{7-6} = \sqrt{3.7} + H_6$;
- відмітки п'єзометричної лінії на початку ділянки: $ПЛ_{6-7} = ПЛ_{7-6} + h_{6-7}$;

Для траси 8 — 6:

- відмітка п'єзометричної лінії в кінці ділянки: $ПЛ_{8-6} = \sqrt{3.8} + H_6$;
- відмітки п'єзометричної лінії на початку ділянки: $ПЛ_{6-8} = ПЛ_{8-6} + h_{6-8}$.

Порівнюємо $ПЛ_{6-7}$ і $ПЛ_{6-8}$, і коли $ПЛ_{6-7} > ПЛ_{6-8}$, то диктуючим гідрантом буде гідрант **Г.8**, а розрахунковою траса 1–2–3–4–5–6–8. Для цієї траси складається графік витрат води (рис. 1.2).

1.3. Характеристика закритої зрошувальної мережі

Робота системи за графіком витрати води на рис. 1.2. обумовить найбільше значення напору при подачі води Q_1 на ділянці 1-2. Цей режим роботи позначимо через Р-1. Для побудови характеристики закритої мережі $Q-H$, необхідно визначити напір при одночасній роботі іншої кількості дощувальних машин.

При другому режимі роботи Р-2 відключаємо одну дощувальну машину і подача станції на ділянці 1 – 2 буде Q_2 при відключенні одного із шести гідрантів. При цьому напір для роботи закритої мережі для кожного із варіантів буде різним.



Розрахунковому режиму роботи системи Р-2 повинно відповідати таке розміщення дощувальних машин, якому відповідає найбільший напір. Ця умова виконується при зупинці дощувальної машини, що розміщена ближче до насосної станції, тобто, зупинка дощувальної машини на гідранті Г1. При цій умові розподіл витрат води на ділянках розрахункової траси буде таким:

$$Q_2 - Q_2 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6.$$

Для режиму роботи закритої мережі Р-3 найближчим до насосної станції гідрант, який треба відключити, буде гідрант Г2. Після його відключення розподіл води уздовж розрахункової траси буде таким:

$$Q_3 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6.$$

Аналогічний метод використовується для визначення витрат води і в наступних режимах роботи. Тоді для останнього режиму роботи будемо мати:

$$Q_6 - Q_6 - Q_6 - Q_6 - Q_6 - Q_6.$$

При зупиненій дощувальній машині подача насосної станції дорівнює "0", а напір буде

$$H_0 = H_e + H_z, \quad (1.5)$$

де H_z - геодезичний напір,

$$H_z = \sqrt{3.7} - \sqrt{1}. \quad (1.6)$$

Для кожного режиму роботи визначають напір насосної станції:

$$H = H_z + H_e + h_{cm} + \Sigma h_w, \quad (1.7)$$

де H_z - геодезичний напір, який дорівнює різниці відмітки поверхні землі розташування диктуючого гідранта і відмітки мінімального рівня води у джерелі водозабору;

h_{cm} - гідравлічні втрати напору у станційних комунікаціях насосної станції, які приймають 2,0 м.

H_e - вільний напір на гідранті дощувальної машини H_e , м;

Σh_w - сумарні втрати напору на ділянках розрахункової траси, м

$$h_{wi} = 1,1 A_i L_i Q_i^2,$$

де $1,1$ – коефіцієнт, що враховує місцеві втрати напору;

A – питомий опір ділянки водогону, c^2/m^6 ;

L – довжина ділянки водогону, м;

Q – витрата води на ділянці водогону, m^3/c .



Результати розрахунку заносять в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Параметри закритої мережі

Режим роботи, подача станції	Найменування параметрів	Ділянки розрахункової траси						Сумарні втрати напору, Σh , м	Напір станції H , м
		1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 8		
$P - 1$	Довжина ділянки, м								
Q_1	Витрата, Q , м ³ /с	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6		H_1
	Діаметр труби, м								
	Матеріал труби								
	Втрати напору, $1000i$								
$P - 2$ Q_2	Витрата, Q , м ³ /с	Q_2	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6		H_2
	Втрати напору, $1000i$								
	Втрати напору, h_i								
$P - 3$ Q_3	Витрата, Q , м ³ /с	Q_3	Q_3	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6		H_3
	Втрати напору, $1000i$								
$P - 4$ Q_4	Витрата, Q , м ³ /с	Q_4	Q_4	Q_4	Q_4	Q_5	Q_6		H_4
	Втрати напору, $1000i$								
	Втрати напору, h_i								
$P - 5$ Q_5	Витрата, Q , м ³ /с	Q_5	Q_5	Q_5	Q_5	Q_5	Q_6		H_5
	Втрати напору, $1000i$								
$P - 6$ Q_6	Витрата, Q , м ³ /с	Q_6	Q_6	Q_6	Q_6	Q_6	Q_6		H_6
	Втрати напору, $1000i$								
	Втрати напору, h_i								



1.4. Основні насоси

1.4.1. Вибір марки насоса. Кількість основних насосів вибирають в інтервалі 3...5 шт. Крім того доцільно, щоб один насос обслуговував одну або дві дощувальні машини, в останньому випадку кількість насосів буде $z = n/2$.

Подачу одного насоса визначають за умови забезпечення максимальної витрати закритої мережі, що відповідає режиму її роботи Р-1, тобто, подачі Q_{cm} .

Насос підбирають за максимальним напором закритої мережі, що відповідає роботі насоса в режимі Р-1, табл. 1.1 і подачею насоса:

$$Q_n = Q_{cm} / Z \quad (1.8)$$

При цьому використовують зведений графік насосів.

Перевагу віддають насосу в якого:

- а) високе значення ККД;
- б) найменше значення допустимого кавітаційного запасу або найбільше значення допустимої вакуумметричної висоти всмоктування.

Крім того повинні виконуватись наступні умови:

- в) подача насоса Q_n повинна знаходитись в межах рекомендованої робочої зони напірної характеристики насоса:

$$Q_{min} < Q_n < Q_{max};$$

- г) напір насоса повинен бути в межах робочого поля напірної характеристики

$$\Delta H = (H_x - H_n) / H_x > 0, \quad (1.9)$$

де H_x - робочий напір насоса, який визначається за формулою

$$H_x = H_\phi - S_\phi \cdot Q_n^2, \quad (1.10)$$

H_ϕ - фіктивний напір насоса;

S_ϕ - фіктивний опір насоса;

- д) насос повинен бути достатньо завантажений за витратою

$$K_z = Q_n / Q_{max} > 50\%, \quad (1.11)$$

Розглядають послідовно різну кількість 3, 4 і т.д. насосів.

Результати вибору марки насоса заносять у табл. 1.2.

1.4.2. Обточка робочого колеса. Обточують робоче колесо відцентрового насоса, коли точка з робочими параметрами Q_n і H_n знаходиться нижче напірної характеристики насоса.

Для насоса з обточеним колесом визначають значення фіктивного напору $H_{\phi.обт}$:

$$H_{\phi.обт} = H_n + S_\phi \cdot Q_n^2, \quad (1.12)$$



де S_{ϕ} - фіктивний опір підбраного насоса.

Діаметр обточеного робочого колеса визначається за формулою:

$$D_{обт} = D_{\kappa} \cdot \sqrt{H_{\phi,обт} / H_{\phi}}, \quad (1.13)$$

Таблиця 1.2. Параметри вибраних насосів

№ п/п	П а р а м е т р и н а с о с а	Кількість насосів z			
		2	3	4	5
1	Подача станції $Q_{ст}, \text{ м}^3/\text{с}$				
2	Подача насоса $Q_{н}, \text{ м}^3/\text{с}$				
3	Напір насоса $H_{н}, \text{ м}$				
4	Марка насоса				
5	Число обертів робочого колеса, n , об/хв				
6	Діаметр робочого колеса $D_{\kappa}, \text{ мм}$				
7	Робоча зона подач: - мінімальна $Q_{min}, \text{ л/с}$ - максимальна $Q_{max}, \text{ л/с}$				
8	Фіктивний напір насоса $H_{\phi}, \text{ м}$				
9	Фіктивний опір насоса $S_{\phi}, \text{ с}^2/\text{м}^5$				
10	Фактичний напір насоса $H_x = H_{\phi} - S_{\phi} \cdot Q_n^2, \text{ м}$				
11	Відхилення напору $\Delta H = (H_x - H_n) / H_x \cdot 100\%$				
12	Завантаження насоса $K_z = (Q_n / Q_{max}) \cdot 100 (\%)$				
13	Діаметр патрубків, мм $D_{в}$ - всмоктувального $D_{н}$ - напірного				
14	Маса, кг				

Визначають долю обточки робочого колеса

$$\Delta = (D_{\kappa} - D_{обт} / D_{\kappa}) \cdot 100, \% \quad (1.14)$$

ї порівнюють її з допустимою:

$$\text{при } 50 < n_s < 120 \quad 15\% < \Delta < 20 \%$$

$$120 < n_s < 200 \quad 11\% < \Delta < 15 \%$$

$$200 < n_s < 300 \quad 7\% < \Delta < 11 \%$$



де n_s - коефіцієнт швидкодійності робочого колеса,

$$n_s = 3.65 \cdot n \frac{\sqrt{Q_{онм}}}{H_{онм}^{0.75}}, \quad (1.15)$$

де n - кількість обертів робочого колеса насоса;

$Q_{онм}$, $H_{онм}$ - подача (m^3/c), напір (м) насоса для оптимального режиму роботи (при максимальному ККД).

Примітка. Для насоса з двостороннім входом (тип Д) у формулу (1.15) підставляється подача $Q_{онм}/2$.

1.5. Допоміжні технологічні насоси

Допоміжні технологічні насоси (як правило два) застосовуються при черговому режимі роботи насосної станції. Ці насоси заповнюють закриту мережу водою і підтримують напір при зупиненій поливній техніці і відключених основних насосах.

Подача цих насосів залежить від вигляду напірної характеристики основних насосів. За умови, що основні насоси мають стабільну напірну характеристику, розрахункова подача допоміжного насоса приймається

$$Q_B = 0,05 \cdot Q_{см}. \quad (1.16)$$

При нестабільній напірній характеристиці основного насоса ($H_{макс}$ при $Q > 0$) передбачається установка двох допоміжних насосів із загальною подачею, що дорівнює протічкам води із мережі $0,05 \cdot Q_{см}$ та витраті дощувальної машини.

В цьому випадку подача одного бустерного насоса буде дорівнювати

$$Q_B = 0,5 \cdot (0,05 \cdot Q_{см} + q), \quad (1.17)$$

де $Q_{см}$ — подача насосної станції; q — витрата дощувальної машини.

Розрахунковий напір допоміжного насоса H_B визначається за характеристикою закритої мережі (рис. 1.3) при подачі $2 \cdot Q_B$.

Вибирають марку насоса за подачею Q_B і напором H_B , використовуючи зведений графік насосів.

1.6. Графік сумісної роботи насосів і закритої мережі

Графік сумісної роботи будують для визначення режимів роботи насосів. Для цього на характеристику закритої мережі наносять напірні характеристики допоміжних (бустерних) і основних насосів. Окремо будують графіки паралельної роботи допоміжних і основних насосів, визначають режими їх роботи при пуску та зупинці.

Напір основного насоса з обточеним колесом визначають за формулою:

$$H_{ni} = H_{ф.обт} - S_{ф} \cdot Q_i^2, \quad (1.18)$$

де $H_{ф.обт}$ - фіктивний напір насоса з обточеним колесом; $S_{ф}$ - фіктивний опір насоса; Q_i - значення подачі насоса визначають з кроком, приблизно $\Delta Q = 0,2 \cdot Q_{макс}$ ($Q_{макс}$ - максимальна подача насоса в робочій зоні) до значення, приблизно $1,2 \cdot Q_{макс}$, а також обчислюють напір при робочій подачі насоса Q_n .

Результати розрахунків заносять в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 Координати напірної характеристики основного насоса

Подача Q_i , м ³ /с	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_n	Q_6
$S_{ф} \cdot Q_i^2$							
Напір H_{ni} , м						H_n	

КОНТРОЛЬ. Напір насоса H_n повинен дорівнювати максимальному напору закритої мережі.

Графік сумісної роботи насосів закритої мережі будують після вибору масштабу для напору і подачі.

Наносять на графік характеристику насоса $Q - H$ з обточеним колесом, за таблицею 1.3.

На довільних висотах проводяться лінії рівного напору. На кожній лінії знаходять точку перетину її з напірною характеристикою насоса та відрізок до початку координат, що буде визначати подачу одного насоса, тоді подвоєний відрізок буде визначати роботу двох насосів, одержану точку позначимо цифрою 2, а потроєний відрізок – цифрою 3 і т.д. Операцію повторюємо стільки разів, скільки працює насосів. Потім з'єднують плавними лініями точки з цифрами 2, 3 і т. д. і отримують графіки сумарної роботи двох, трьох і т. д. насосів.

Характеристику закритої мережі будують за першою і останньою графами табл. 1.1.

Визначають режими роботи насосів згідно з вибраною схемою автоматизації насосної станції.

Наприклад, для змішаної схеми автоматизації (рис. 1.3.) бустерні насоси автоматизують за тиском, а основні – за подачею.



Робочі точки призначають з урахуванням того, щоб параметри для спрацювання системи автоматики для різних насосів не повторювались. Крім цього, повинні виконуватись наступні умови:

- режимні точки не повинні знаходитись нижче характеристики закритої мережі;
- режимні точки не повинні виходити за межу максимальної подачі насоса.

Виконуючи ці умови, визначаємо режими роботи насосних агрегатів.

Точка т.2 — зупинка двох бустерних насосів і пуск першого основного насоса (Q_2 — максимальна подача двох бустерних насосів).

Точка т.6 — пуск другого бустерного насоса (точка т.6 знаходиться вище т.2 на значення допустимої точності манометра $\Delta H = 2$ м.).

Точка т.7 — пуск першого бустерного насоса (точка т.7 знаходиться вище точки т.6 на допустиму точність манометра ΔH).

Точка т.8 — зупинка першого бустерного насоса (Q_8 — ліва границя робочої зони бустерного насоса).

Точка т.9 — зупинка другого бустерного насоса (точка т.9 знаходиться нижче т.8 на точність манометра ΔH).

Точка т.3 — базова точка основного насоса (права границя робочої зони першого основного насоса).

Точка т.10 — пуск другого основного насоса за витратою $Q_{10} = Q_3 + \delta Q_3$, де δ — точність витратоміру.

Точка т.4 — права границя робочої зони двох основних насосів.

Точка т.11 — пуск третього основного насоса за витратою $Q_{11} = Q_4 + \delta Q_4$.

Точка т.5 — точка перетину напірної характеристики трьох основних насосів з характеристикою закритої мережі.

Точка т.12 — пуск четвертого основного насоса за подачею $Q_{12} = Q_5 + \delta Q_5$.

1.7. Висотне розташування насоса

Визначальними параметрами при розрахунку є:

- мінімальний рівень води у джерелі водозабору, що визначається категорією надійності насосних станцій;
- всмоктувальна здатність насосів, що визначається кавітаційною характеристикою насоса - допустимим кавітаційним запасом $h_{доп}$ або допустимою вакуумметричною висотою всмоктування $H_{вак}$;



Таблиця 1.4. Забезпеченість розрахункових рівнів води

Розрахунковий рівень	Забезпеченість рівнів води в залежності від категорії надійності насосної станції, %		
	I	II	III
Максимальний	1	3	5
Мінімальний	97	95	90

Автоматизовані насосні станції підкачки відносяться до третьої категорії надійності.

Геодезична висота всмоктування насоса розраховується за однією із формул:

а) при кавітаційній характеристиці $Q - \Delta h_{\text{доп}}$

$$H_{ze} = H_a - H_{n.p.} - \Delta h_{\text{доп}} - h_e; \quad (1.19)$$

б) при кавітаційній характеристиці $Q - H_{\text{вак}}$

$$H_{ze} = H_{\text{вак}} - h_e - v_1^2/2g; \quad (1.20)$$

де H_a - напір води, що відповідає атмосферному тиску, $H_a = 10,33$ м;

$H_{n.p.}$ - напір води, що відповідає пружності насичених парів рідини при даній температурі, $H_{n.p.} = 0,24$ м, при $t = 20^\circ\text{C}$;

$\Delta h_{\text{доп}}$ - допустимий кавітаційний запас, що визначається за характеристикою $Q - \Delta h_{\text{доп}}$ при розрахунковій подачі насоса Q_p ;

h_e - сумарні гідравлічні втрати напору у всмоктувальній лінії при граничній подачі, які в першому наближенні приймають $h_e = 1,0$ м;

v_1 - швидкість потоку у всмоктувальному патрубку насоса при розрахунковій подачі Q_p , м³/с;

$$v_1 = 4Q_p / (\pi \cdot d_1^2), \quad (1.21)$$

де d_1 — діаметр всмоктувального патрубка насоса, м;

Відмітка осі насоса визначається за формулою

$$\sqrt{\text{oci}} = \sqrt{\text{min}} + H_{z.e.} \quad (1.22)$$

де $\sqrt{\text{min}}$ - відмітка мінімального рівня води в джерелі водозабору 90%-ї забезпеченості, м;

$H_{z.e.}$ - геометрична висота всмоктування, яка визначається для основного і допоміжного насосів за формулами 1.19 або 1.20.

Відмітка підлоги машинної зали насосної станції визначається за формулою:

$$\sqrt{\text{П.Н.С.}} = \sqrt{\text{oci}} - E - a_\phi, \quad (1.23)$$

де E - відстань від осі насоса до його опорної площини, м;



a_{ϕ} - перевищення фундаменту насоса над підлогою машинної зали будівлі насосної станції. Для основних насосів приймається $a_{\phi} = 0,2 - 0,5$, м; для допоміжних - $a_{\phi} = 0,1 - 0,2$ м.

Відмітка підлоги машинної зали будівлі насосної станції визначається окремо для основних і бустерних насосів і приймається найменшою із отриманих значень.

Визначається відмітка підшви фундаменту стін будівлі насосної станції:

$$\downarrow \overline{П.Ф.} = \downarrow \overline{П.Н.С.} - h_{np}, \quad (1.24)$$

де h_{np} - глибина промерзання ґрунту (береться із завдання), яка порівнюється із максимальним рівнем води у джерелі

$$\downarrow \overline{max} = \downarrow \overline{min} + \Delta; \quad (1.25)$$

де Δ - коливання рівня води у джерелі.

Вибирається тип будівлі насосної станції:

- коли $\downarrow \overline{П.Ф.} > \downarrow \overline{max}$, приймається наземний тип будівлі;
- коли $\downarrow \overline{П.Ф.} < \downarrow \overline{max}$, приймається камерний тип будівлі.





Тема 2. Принципи автоматизації роботи насосної станції

Особливістю насосних станцій підкачки є розподіл води за вимогою та підтримання тиску на гідрантах дощувальних машин.

Переведення насосної станції на автоматичний режим роботи поліпшує її економічність за рахунок:

- зниження втрат води;
- зменшення витрати енергії на перекачування води;
- полегшення роботи експлуатаційного персоналу.

Автоматизована насосна станція підкачки передбачає:

- роботу насосної станції без обслуговуючого персоналу в нормальному режимі;
- можливість дистанційного управління та контролю (з центрального пульта управління);
- автоматичну зупинку при виникненні аварійних ситуацій;
- автоматизацію допоміжних систем насосної станції.

Ефективна робота насосної станції буде при правильному виборі регульованих параметрів системи „Насосна станція – закрита зрошувальна мережа”.

При регулюванні порівнюються фактичні значення параметрів з основними (базовими) показниками.

На вибір регульованих параметрів впливає:

- межа вимірювання давача параметра та його відносна похибка;
- зона зміни робочих параметрів насоса або привода електродвигуна.

Рівень автоматизації насосної станції залежить від її призначення, особливостей технологічного режиму роботи, конструкції обладнання.

На насосній станції автоматизують наступні роботи:

- заповнення насосів водою;
- пуск допоміжних насосів;
- заповнення закритої мережі водою;
- підтримання тиску в закритій мережі при черговому режимі роботи;
- пуск основних насосів;
- переключення насосних агрегатів в основному режимі роботи;
- аварійна і технологічна зупинка.

Для автоматизованої насосної станції обов'язковою умовою є вибір і обґрунтування контрольованих параметрів системи насосна станція –



Із варіантів регулювання можливе регулювання: *за рівнем води, тиском, витратою, силою струму електродвигуна, змішане регулювання за струмом і тиском, за тиском і потужністю.*

Принципи автоматизації насосної станції підкачки подані на схемі рис. 2.1., схема автоматизації при керуванні за тиском і витратою – на рис. 2.2., а графік сумісної роботи насосів і мережі на рис. 2.3.

Автоматизація за тиском і витратою обумовлена технологічними режимами роботи станції (рис.2.4): різними насосами (основними і бустерними) і різним режимом їх роботи. Основні насоси забезпечують подачу води в закрити мережу, а допоміжні – підтримують тиск в системі, коли основні насоси не працюють.

Вибір керуючого параметра *витрати* або *тиску* залежить від крутизни напірної характеристики основного насоса

$$K = (H_0 - H_{opt})/H_{opt}, \quad (2.1)$$

де H_0 , H_{opt} – напір відповідно при подачі “0” і оптимальній, що відповідає максимальному ККД насоса.

Гранична крутизна при якій допустиме регулювання за тиском дорівнює 30 %. При меншій крутизні напірної характеристики регулюють роботу насосної станції за витратою.

Напір і тиск у водогоні, резервуарі контролюють за допомогою електроконтактних манометрів і мановакууметрів.

Враховуючи складність пристрою та трудомісткість обслуговування витратоміру застосовують автоматизацію за струмом (потужністю) електродвигуна.

Для відцентрових насосів із збільшенням подачі зростає також сила струму (потужність), то для керування цими параметрами застосовують перетворювачі струму і перетворювачі напруги.

Рекомендації щодо застосування параметрів регулювання:

- за рівнем води – при розміщенні відкритого резервуара на високій точці місцевості;
- за витратою – при застосуванні насосів з пологою напірною характеристикою;
- за напором (тиском) – при використанні насосів з крутою напірною характеристикою;
- за потужністю – при коливанні напруги в електричній мережі.

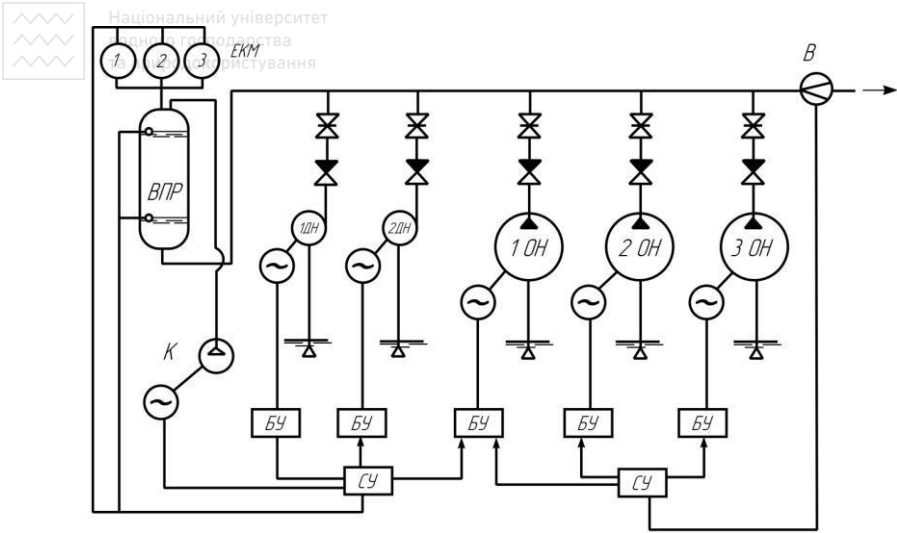


Рис. 2.2. Блок-схема керування насосними агрегатами при ступеневому регулюванні подачі основними насосами за витратою: ДН – допоміжний насос; ОН – основний насос; К – компресор; БУ – блок керування; В – витратомір; ВГР – водоповітряний резервуар; ЕКМ – електронний манометр; СУ – станція керування;

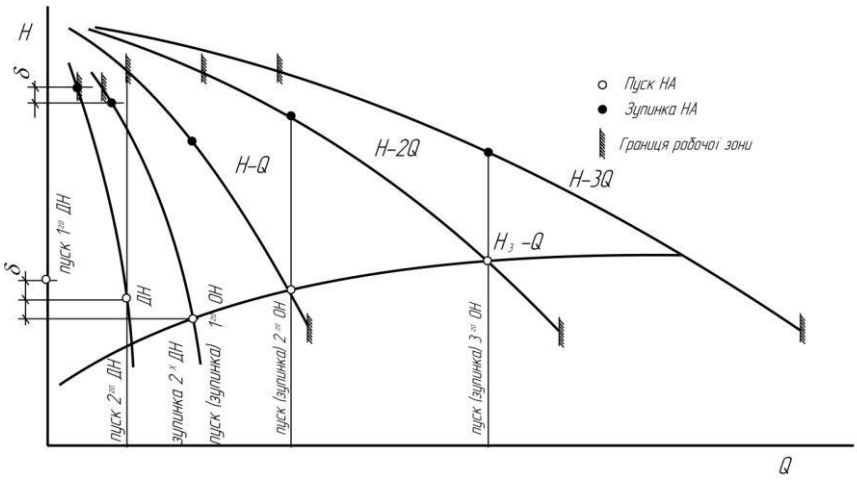
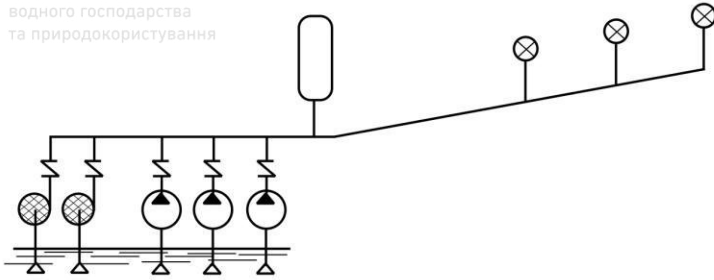


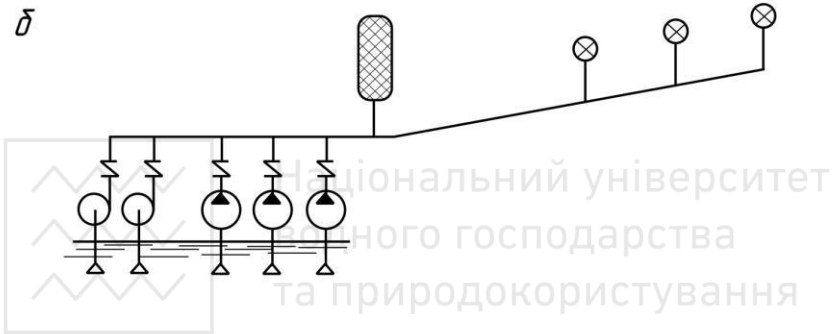
Рис. 2.3. Графік сумісної роботи насосів і мережі при регулюванні подачі насосної станції за витратою.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



б



в

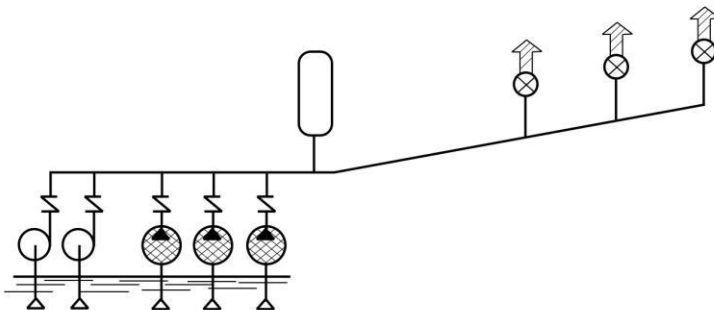


Рис. 2.4. Технологічні схеми роботи насосної станції підкачки:
а - подача води допоміжними насосами; б - підтримання тиску
водоповітряним резервуаром; в - подача води основними насосами.



План

1. Допоміжне технологічне обладнання.
2. Схеми станційних комунікацій.
3. Вибір трубопровідної арматури.
4. Підйнятно-транспортне устаткування.

3.1. Допоміжне технологічне обладнання

До цього обладнання відноситься пневматична система, яка забезпечує черговий режим роботи насосної станції.

В ній використовуються:

- компресор;
- водоповітряний резервуар (ВПР).

Водоповітряний резервуар забезпечує:

- автоматизацію роботи бустерних насосів за тиском;
- компенсацію протічок води із стикових з'єднань труб закритої мережі;
- зниження сили гідравлічних ударів при зупинці дощувальних машин і насосів.

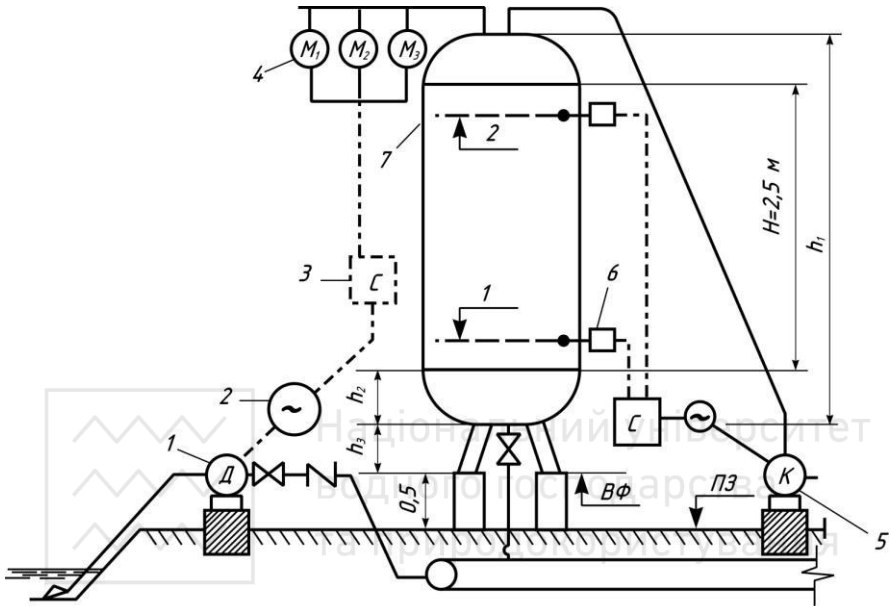
При подачі насосної станції $Q_{nc} < 500$ л/с приймається один ВПР місткістю $V=10$ м³, (рис. 3.1). З часом об'єм повітря у ВПР зменшується, бо під тиском частина повітря розчиняється у воді. При цьому рівень води у ВПР піднімається. Для підкачки повітря у ВПР використовується компресор, робота якого автоматизується залежно від рівня води у ВПР. Датчики рівня необхідно встановити на відмітках води, які відповідають мінімальному $V_1(\sqrt{2})$ і максимальному $V_2(\sqrt{1})$ об'ємам повітря у ВПР (рис. 3.1). Компресор вибирають такої марки, щоб його тиск перевищував максимальний тиск у водогінній системі. Об'єм повітря ВПР повинен забезпечити допустиму частоту вмикання допоміжних насосів, тобто не більше 4...6 пусків у годину.

Об'єм повітря у ВПР при мінімальному тиску P_0 приймається рівним 15% від його місткості $V_{min}=0,15V$. Тоді об'єм повітря (м³) при цьому тиску:

$$V_0 = V - V_{min} \quad (3.1)$$

Максимальний абсолютний тиск (МПа) при роботі допоміжного насоса, якому відповідає максимальний напір H_A :

$$P_{max} = \rho g(H_A + 10) \cdot 10^{-6}, \quad (3.2)$$



*Рис. 3.1. Пневматична система:
1-насос допоміжний; 2-електродвигун; 3-станція
керування; 4-манометр електроконтактний;
5-компресор; 6-давач рівня; 7-водоповітряний резервуар*



де ρ - густина рідини, $\rho = 1000$ кг/м³;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

Мінімальний абсолютний тиск (МПа) при роботі бустерного насоса, якому відповідає мінімальний напір бустерного насоса H_B (визначається при максимальній подачі бустерного насоса):

$$P_{min} = \rho g (H_B + 10) \cdot 10^{-6}. \quad (3.3)$$

Мінімальний розрахунковий тиск (МПа) у ВПР приймається на $2\rho g \cdot 10^{-6}$ МПа нижче мінімального тиску бустерного насоса:

$$P_0 = P_{min} - 2\rho g \cdot 10^{-6}. \quad (3.4)$$

За законом Бойля-Маріотта знаходять об'єм повітря, м³, при максимальному і мінімальному тисках допоміжного насоса:

$$V_1 = P_0 V_0 / P_{max}; \quad (3.5)$$

$$V_2 = P_0 V / P_{min}. \quad (3.6)$$

Регулюючий об'єм ВПР:

$$V_p = V_2 - V_1 \quad (3.7)$$

Бустерний насос і ВПР при сумісній роботі працюють в таких режимах:

- безперервному, коли витрата закритої зрошувальної мережі (ЗЗМ) знаходиться у межах $Q_A < Q_c < Q_B$; а напір знаходиться у межах $H_B < H_{дн} < H_A$;
- циклічному, при зменшенні витоків води із ЗЗМ до $Q_{вит} < Q_A$, (Q_A мінімальна подача бустерного насоса).

Час наповнення ВПР, с:

$$t_n = 1000 V_p / (Q_c - Q_{вит}), \quad (3.8)$$

де Q_c - середня подача допоміжного насоса, л/с;

$$Q_c = 0,5(Q_a + Q_b), \quad (3.9)$$

$Q_{вит}$ - витрата витоків із ЗЗМ (л/с) визначається в залежності від подачі насосної станції:

$$Q_{вит} = Q_{cm}(0,02...0,03). \quad (3.10)$$

Час випорожнення ВПР (с):

$$t_n = 1000 / Q_{вит}. \quad (3.11)$$

Частота пусків допоміжного насоса:

$$N_{дн} = 3600 / (t_n + t_e). \quad (3.12)$$

Якщо $N_{дн} > 6$, то необхідно збільшити об'єм ВПР і повторити розрахунки.

Для визначення рівня води у резервуарі необхідно обчислити геометричні об'єми його складових частин.



Висота циліндричної частини ВПП місткістю 10 м^3 дорівнює $h_u = 2,5 \text{ м}$. Об'єм цієї частини (м^3) буде:

$$V_u = 0,25(\pi h_u D^2). \quad (3.13)$$

Тоді об'єм кожної з двох опуклих частин ВПП складає:

$$V_{on} = 0,5 (V - V_u). \quad (3.14)$$

Відмітка верха фундаментів ВПП (м) складає:

$$\downarrow B\Phi = \downarrow ПП + 0,5. \quad (3.15)$$

Відмітка $\downarrow 1$, якій відповідає зупинка компресора, визначається так:

$$\downarrow 1 = \downarrow B\Phi + h_2 + h_3 + 4 (V - V_2 - V_{on}) / (\pi D^2). \quad (3.16)$$

Відмітку $\downarrow 2$, якій відповідає пуск компресора, можна знайти за формулою:

$$\downarrow 2 = \downarrow 1 + 4V_p / (\pi D^2). \quad (3.17)$$

Відмітка $\downarrow 3$, якій відповідає аварійний стан компресорної установки, визначається з умови підвищення рівня води на 10 см .

$$\downarrow 3 = \downarrow 2 + 0,1. \quad (3.18)$$

Контроль: Знайдені відмітки регулювання роботи компресора повинні знаходитись у межах:

$$\downarrow \text{дна ВПП} = \downarrow ПП + 0,5 + h_3, \quad (3.19)$$

$$\downarrow \text{верха ВПП} = \downarrow ПЗ + 0,5 + H_1, \quad (3.20)$$

3.2. Станційні комунікації насосної станції

3.2.1. Терміни

Вставка монтажна - коротка труба, що розміщується між трубопровідною арматурою, або між насосом і трубопровідною арматурою.

Засувка - трубопровідна арматура для перекривання водогону.

Клапан зворотний - трубопровідна арматура, що автоматично перекриває водогін при зупинці насоса.

Колектор напірний - ділянка труби для прийому води від насосів.

Коліно - елемент водогону, в якому змінюється напрямок руху потоку.

Колектор розподільний - ділянка труби для розподілу потоку води між насосами.

Компенсатор - елемент водогону, що забезпечує компенсацію теплових деформацій, сприймання ударних та вібраційних навантажень.



Комунікації станційні - водогони з арматурою на них через які рухається вода в насосній станції.

Перехід косий - перехід трубний з одного діаметра на інший, який розміщується перед усмоктувальним патрубком насоса. Перехід виконується з горизонтальною верхньою твірною для безперешкодного руху повітря, що знаходиться у воді.

Перехід прямий - трубний симетричний перехід з одного діаметра на інший.

Резервуар водоповітряний - резервуар, що приєднується до напірного водогону для захисту його від гідравлічних ударів, а також короткочасного поповнення водою закритої мережі при зупинках бустерних насосів.

Стояк вакуумний - стояк з верхньою герметичною кришкою, що розміщений на розподільному колекторі для зменшення інерційного напору потоку при пуску насоса.

3.2.2. Станційні комунікації

Станційні комунікації - це схема всмоктувальних і напірних ліній з трубопровідною арматурою, на яку впливають:

- тип та кількість насосів;
- геодезична висота всмоктування та коливання рівня води у джерелі;
- довжина всмоктувальної лінії та кількість напірних водогонів.

Труби станційних комунікацій виконуються сталевими.

Всмоктувальні комунікації можуть бути:

- вакуумними (рис 3.2,а);
- вакуумними із засувкою (рис. 3.2,б), коли максимальний рівень води перевищує кришку насоса;
- колекторними (рис. 8) при заборі води із каналу, коли на насосній станції встановлено більше трьох насосів.

Коли всмоктувальна лінія розміщена вище рівня води водозабору, то потік у ній знаходиться під вакуумом, що спричиняє виділення повітря із води, яке негативно впливає на робочий процес насоса.

Основною вимогою до конструкції вакуумних всмоктувальних ліній є забезпечення їх герметичності, що унеможливорює проникнення повітря до насоса.

Раціональна конструкція всмоктувальної лінії повинна забезпечити:

- найменшу кількість фланцевих з'єднань;



• поступове піднімання до насоса траси всмоктувальної лінії у вертикальній площині з похилом не менше 0,005;

• при розміщенні коліна 90^0 перед насосом між ним та насосом передбачають циліндричну вставку не менше двох діаметрів коліна;

• вузол з'єднання всмоктувальної лінії з патрубком насоса повинен виконуватись конусним переходом з верхньою горизонтальною твірною, що забезпечує безперервне транспортування повітря.

Напірна лінія складається із фасонних елементів, трубопровідної арматури та напірних водогонів, що транспортують воду у магістральний водогін.

На напірній лінії послідовно від насоса розміщують (рис. 3.2, б, в):

• плавне симетричне розширення (дифузор) з діаметром на вході, що дорівнює діаметру напірного патрубка насоса, а на виході – діаметру, що дорівнює діаметру напірної лінії;

• компенсатор, що виключає передачу зусиль, від зворотного клапана, що виникають від гідравлічних ударів при зупинці насосного агрегата;

• зворотний клапан;

• монтажну циліндричну вставку;

• засувку або затвор;

• напірну лінію – пряму або з поворотами;

• стикове з'єднання у формі трійника або колектора.

Діаметр всмоктувальної і напірної ліній знаходять за формулою:

$$d = \sqrt{4Q_n / \pi \cdot v} , \quad (3.21)$$

де Q_n - подача насоса;

v - швидкість руху води у всмоктувальному або напірному водогоні за табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Швидкість руху води у станційних водогонях

Діаметр труби, мм	Швидкість руху води у водогоні, v , м/с	
	всмоктувальному	напірному
< 250	0,6 – 1,5	0,8 – 2,0
300 – 800	0,8 – 1,5	1,0 – 3,0
> 800	1,2 – 2,0	1,5 – 4,0

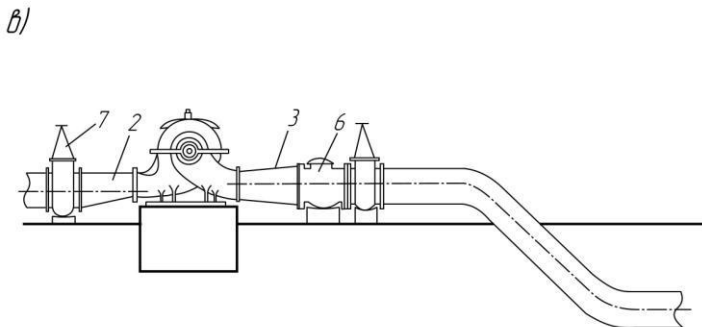
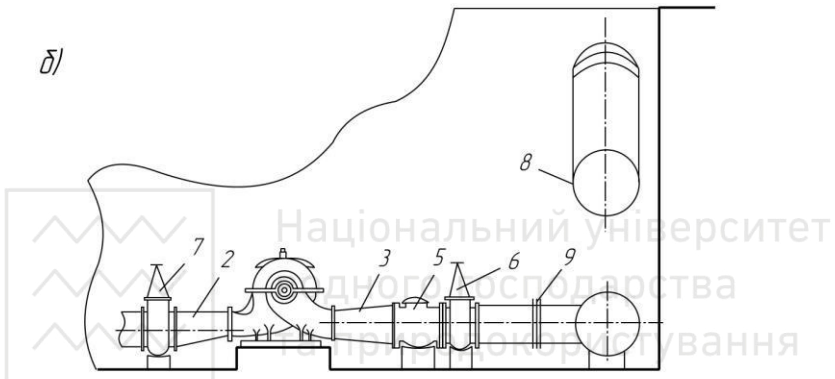
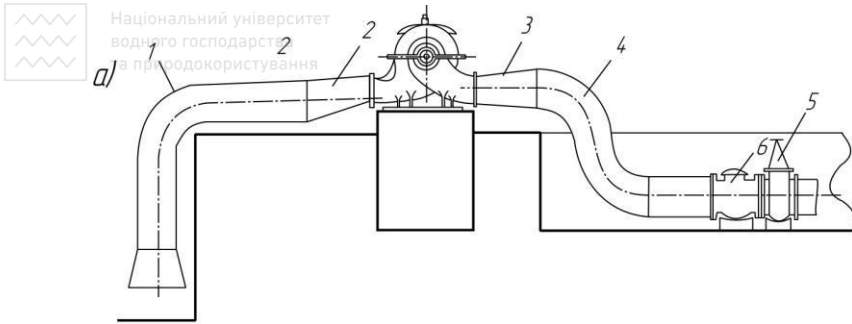


Рис. 3.2. Схеми трубопровідних станційних комунікацій:
 1 – коліно; 2 – дифузор; 3 – конфузор; 4 – коліно подвійне; 5 – засувка; 6 – клапан зворотний; 7 – затвор; 8 – колектор напірний; 9 – компенсатор.



Діаметр труб приймають стандартними, крім діаметрів 350, 450, 700 мм.

Діаметри колекторів приймають наступними:

- напірного, рівним діаметру труби на ділянці 1 - 2 розрахункової траси закритої мережі;
- всмоктувального, рівним діаметру транспортуючої лінії $d_{m.p.}$ до насосної станції, яка визначається за умови, що прокладають дві транспортуючі лінії

$$d_{m.p.} = \sqrt{4 \cdot (0,5 \cdot Q_{cm}) / (\pi \cdot v)}, \quad (3.22)$$

де v - швидкість, що приймається за таблицею 3.1, як для всмоктувальної лінії.

Матеріал транспортуючих ліній - бетонні чи залізобетонні труби.

3.2.3. Уточнення відмітки вісі насоса

Для прийнятих типу водозабора і схеми станційних комунікацій уточнюються втрати напору у всмоктувальній лінії.

Втрати напору у місцевих опорах всмоктувальних комунікацій визначають за формулою:

$$h_m = \xi \cdot v^2 / 2g, \quad (3.23)$$

де ξ — коефіцієнт місцевого опору;

v - швидкість у розрахунковому перерізі при розрахунковій подачі Q_p :

$$v = 4Q_p / \pi \cdot d^2, \quad (3.24)$$

де d - розрахунковий діаметр труби місцевого опору.

Втрати напору по довжині приймають рівними 10% від місцевих втрат напору.

Результати розрахунку заносять в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Втрати напору у всмоктувальній лінії

Найменування місцевого опору і його характеристика	Коефіцієнт місцевого опору, ξ	Діаметр водогону D , мм	Середня швидкість потоку v , м/с	Втрати напору $h = \xi v^2 / 2g$, м
1	2	3	4	5

Примітка. Якщо сумарні втрати напору у всмоктувальній лінії і водозаборі не перевищують раніше прийняте значення $h_g = 1$ м, то відмітку вісі насоса не змінюють.



Коли втрати напору $h_v > 1$ м, то зменшують відмітку вісі насоса і відмітку підлоги машинної зали на перевищення над одним метром сумарних втрат напору.

3.3. Трубопровідна арматура

Трубопровідну арматуру вибирають за:

- призначенням (переходи, засувки, клапани зворотні, компенсатори, коліна, трійники);
- умовним діаметром;
- розрахунковим тиском.

Підбрану арматуру зводять в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Трубопровідна арматура.

Найменування	Ескіз	Діаметр, мм		Довжина, мм	Маса, кг	Позначення
		Вхід	Вихід			
1	2	3	4	5	6	7
Всмоктувальна лінія						
.....
.....
Напірна лінія						
.....
.....

3.4. Вантажопіднімальне обладнання

Вантажопіднімальне обладнання підбирається за:

- за типом;
- шириною будівлі;
- масою монтажної деталі.

Для насосних станцій підкачки з висотою наземною частини будівлі 4,2 м рекомендується приймати ручну підвісну кран-балку, яка розміщується в будівлі шириною 6,0 м або 8,0 м. Маса монтажної деталі не повинна перевищувати 5,0 т.



План

1. Системи заповнення насосів водою;
2. Дренажна система;
3. Системи автоматизованого заповнення водою закритої зрошувальної мережі;

4.1. Системи заповнення насосів водою

Заповнення насосів водою може бути виконане наступними способами:

- системою з вакуумним резервуаром;
- вакуумною системою з вакуумним котлом;
- струминним насосом;
- за допомогою піднятої всмоктувальної труби;
- самопливом без спеціальних пристроїв шляхом відкриття засувки на всмоктувальній лінії і випуском повітря з корпусу насоса, якщо корпус насоса повністю знаходиться під мінімальним рівнем води у джерелі водозабору.

4.1.1. Система з вакуумним резервуаром

Система з вакуумним резервуаром (рис. 4.1,а) складається із вакуумної підвідної лінії 1, яка приєднана до верхньої частини вакуумного резервуара 2, з верхнім 3 і нижнім 4 патрубками.

Резервуар попередньо заповнюється водою через верхній патрубок 3, який для герметизації системи закривається заглушкою.

Працездатність системи забезпечується за умови, що ємкість частини резервуара W , яка розміщена над кришкою насоса, буде перевищувати на 50% приведеній об'єм підвідної лінії діаметром d і висотою H до верха насоса і висотою h_1 між верхом насоса і кришкою резервуара. При цьому об'єм $0.375 \cdot \pi \cdot (H+H_1) \cdot d^2$ знаходиться під атмосферним тиском $\rho \cdot g \cdot H_a$, а об'єм W під тиском $\rho \cdot g \cdot (H_a - H)$.

Конструктивно приймають, що висота верхньої частини резервуара відповідає його діаметру.

4.1.2. Вакуумна система з вакуумними насосами і вакуумкотлом

Вакуумні насоси (ВН) необхідно вибирати так, щоб було забезпечене потрібне відносне розрідження p та розрахункова подача насоса Q .



Відносне розрідження (%) визначається відповідно до рис. 4.1. за формулою:

$$P = \left(1,1 \frac{H_{ГВ} + \Gamma + H_{ВК}}{H_a} \right) \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де $H_{ГВ}$ - геометрична висота всмоктування (м) основного насоса при найбільшій подачі, Q_{max} і мінімальному рівні води у джерелі водозабору;

Γ - відстань від осі до верхньої точки корпусу насоса, м;

$H_{ВК}$ - перевищення мінімального рівня (м) у вакуумному котлі (ВК) над корпусом основного насоса;

H_a - напір води, м, який відповідає атмосферному тиску. В розрахунках приймають $H_{вк}=0,7...0,8$ м, $H_a=10$ м.

Подача вакуум-насоса (м³/хв) визначається за формулою:

$$Q = \frac{H_a \cdot W \cdot k \cdot k_1}{T \cdot (H_a - 1,15 \cdot H_{ГВ})}, \quad (4.2)$$

де W - об'єм повітря у всмоктувальному водогоні (від мінімального рівня води у джерелі водозабору) і корпусі насоса, м³;

k - коефіцієнт запасу, $k = 1,1...1,15$;

k_1 - коефіцієнт, який враховує режим роботи НС, при наявності чергового режиму $k_1 = 1$; у інших випадках $k_1 = Z_a$ (Z_a -кількість основних насосів);

T - час, необхідний для створення потрібного вакууму, приймають $T=7...10$ хв.

Об'єм повітря W для всмоктувальних труб наближено знаходять так:

$$W = \frac{\pi \cdot L_e \cdot D_e^2}{4} + \frac{abc}{3}, \quad (4.3)$$

де D_e, L_e - відповідно діаметр і довжина всмоктувального водогону, м;

a, b, c - відповідно довжина, ширина і висота основного насоса, м.

Для складних всмоктувальних комунікацій при визначенні значення W враховують об'єм усіх ділянок труб, у тому числі і об'єм водоповітряних ковпаків, якщо вони є на всмоктувальному колекторі, а також приймають $k_1=1$.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

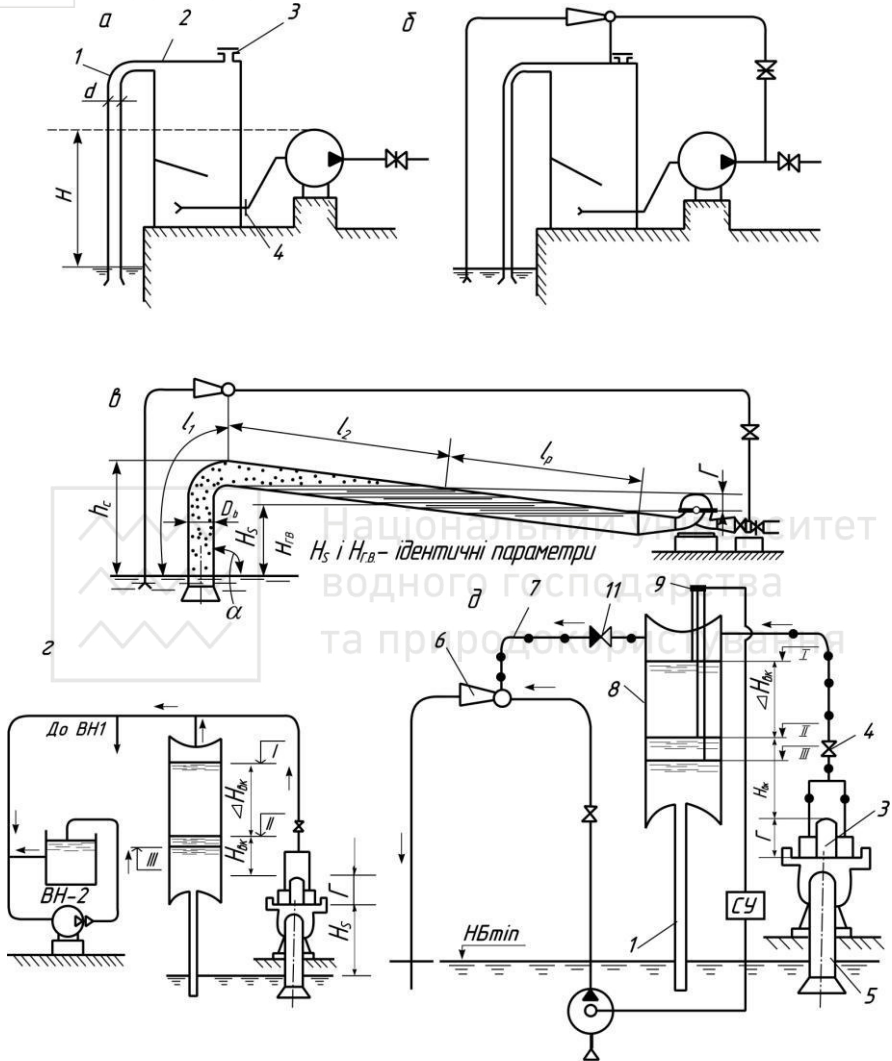


Рис. 4.1. Схеми вакуумних систем



За значеннями P і Q вибирають марку вакуум-насоса і виписують його параметри. Виходячи з практики, рекомендують встановлення двох вакуум-насосів: робочий і резервний, (рис. 4.1). Повітряні водогони вакуумної системи приєднують до спіральних підводів насосів типу Д. ВК встановлюють так, щоб його дно знаходилося вище рівня приєднання вакуум системи до корпусу основного насоса, рис. 4.1.,д. Об'єм ВК повинен бути таким, щоб вакуум-насос запускався у роботу не більше як 4 рази на годину, тобто щоб інтервал часу між пусками був $t = 0,25 \text{ год} = 15 \text{ хв}$. Повний об'єм вакуум-котла не повинен перевищувати $1,6 \text{ м}^3$. Витрату підсмоктуваного повітря (л/год) крізь одне сальникове ущільнення q_{cy} знаходять за формулою:

$$q_{cy} = 1,43 \delta^3 \cdot \Delta P \cdot D_{кор} / (L_c \cdot \mu), \quad (4.4)$$

де δ - ширина щілини сальника, мм; яку при справному сальнику приймають $\delta = 0,006 \dots 0,015$ мм;

ΔP - перепад тиску на сальнику, кгс/см², не може перевищувати атмосферний тиску 1 кгс/см²;

$D_{кор}$ - діаметр коробки сальника, см;

L_c - ширина сальникової набивки;

μ - в'язкість повітря (кгс·с/м²), яка визначається за формулою:

$$\mu = \mu_0 [(t_0 + 273) / 273]^{3/4}, \quad (4.5)$$

де t_0 - температура середовища, звичайно приймають $t_0 = 15^0\text{C}$;

μ_0 - коефіцієнт в'язкості повітря при $t = 0^0$, який дорівнює $1,712 \cdot 10^{-6}$ (кгс·с/м²).

Значення ΔP визначають залежно від розрідження p (%) у всмоктувальній трубі $\Delta P = p/100$. Значення величин $D_{кор}$ та L_c визначаються, виходячи із конструкції насоса. При відсутності даних допускається приймати їх у межах $D_{кор} = 30 \dots 100$ мм, $L_c = 2 \dots 8$ см пропорційно подачі насоса, яка змінюється від 30 л/с до 500 л/с.

Контроль: Значення q_{cy} повинно бути в межах $1 \dots 30$ л/год.

Загальне підсмоктування повітря $Q_{нов}$ у вакуумну систему з вакуум-котлом (м³/хв) знаходять так:

$$Q_{нов} = \sum(kq_{cy}n_c), \quad (4.6)$$

де k - коефіцієнт, що враховує проникнення повітря крізь нещільність вакуумної системи, негерметичність труб і арматури, $k = 1,05 \dots 1,12$;

q_{cy} - витрата підсмоктуваного повітря крізь одне сальникове ущільнення, м³/хв;

n_c - кількість сальників на усіх насосах даної групи.

Якщо позначити через $W_{вк}$ корисний об'єм повітря у вакуум-котлі між відмітками $\downarrow I$ та $\downarrow 2$ (рис. 4.1.), а номінальну продуктивність вакуумного насоса – $Q_{вн}$ (м³/хв), то тривалість підсмоктування повітря t_n (хв) протягом одного циклу пуск-зупинка становитиме:

$$t_n = W_{вк} / Q_{пов}, \quad (4.7)$$

а тривалість підняття вакууму $t_{вак}$ (хв):

$$t_{вак} = W_{вк} / (Q_{вн} - Q_{пов}), \quad (4.8)$$

тоді кількість циклів $n_{цв}$ за годину:

$$n_{цв} = 60 / (t_n + t_{вак}). \quad (4.9)$$

Якщо підставити (4.25) та (4.26) у (4.27) і прийняти кількість циклів у межах $n_{цв} = 2 \dots 4$, то одержимо розрахункову формулу для визначення $W_{вк}$:

$$W_{вк} = \frac{60 \cdot Q_{пов} \cdot (Q_{вн} - Q_{пов})}{n_{цв} \cdot Q_{вн}} \quad (4.10)$$

Коливання рівнів води у вакуум-котлі $\Delta H_{вк}$ приймають наближеними до діаметра вакуум-котла $D_{вк}$, тобто:

$$\Delta H_{вк} = D_{вк} \quad (4.11)$$

і тому:

$$D_{вк} = \sqrt[3]{W_{вк} / \pi} \quad (4.12)$$

Це значення заокруглюють до найближчого стандартного діаметра D труби. Тоді:

$$\Delta H_{вк} = 4W_{вк} / (\pi D^2) \quad (4.13)$$

Відмітки води у вакуум-котлі відповідно з рис. 4.4. знаходяться так:

$$\downarrow II = \downarrow oci + \Gamma + H_{вк}, \quad (4.14)$$

$$\downarrow I = \downarrow II + \Delta H_{вк}, \quad (4.15)$$

$$\downarrow III = \downarrow II - 0,1, \quad (4.16)$$

$$\downarrow IV = \downarrow III - 0,1. \quad (4.17)$$

Контрольні рівні води у вакуум-котлі: $\downarrow I$ - зупинка вакуум-насосів, $\downarrow II$ – пуск першого вакуум-насоса, $\downarrow III$ – аварійний пуск другого вакуум-насоса, $\downarrow IV$ – сигналізація аварійного стану вакуумної системи.

Контроль: Знайдені відмітки повинні знаходитись у межах:



$$\begin{aligned} \text{дна } BK &= \text{осі} + \Gamma + H_{BK} - 0,4, \\ \text{верха } BK &= \text{дна } BK + H_n \end{aligned}$$

і виконуватись умова:

$$\text{верха } BK - \text{ПНС} < 4,2 \text{ м.}$$

Для підвищення надійності роботи вакуумної системи доцільно подавати воду до кожного сальника насосів від спеціальної системи водогонів, яка приєднується до магістрального водогону НСП.

4.1.3. Вакуумна система зі струминним і зануреним насосами та вакуум-котлом

Вакуумна система показана на рис. 4.1. В цій системі для вакуумування використовується ежектор 6, у який вода подається від зануреного насоса 2. Ежектор трубою 7 сполучається з вакуум-котлом (BK) 8, у якому розміщені електродні датчики рівня 9. З'єднується BK трубою 1 з джерелом водозабору і трубою 10 з напівспіральними підводами основних насосів 3. На трубі 7 встановлений зворотний клапан 11, щоб атмосферне повітря не зірвало вакуум у котлі. Об'єм вакуум-котла і відмітки рівнів води у ньому знаходяться аналогічно попередньому випадку. Самоконтроль проводиться за попередніми умовами. Схема струминного і зануреного насосів показана на рис. 4.1, д. Абсолютний тиск повітря у зоні всмоктування (кгс/см²)

$$P_n = H_a - p/100, \quad (4.18)$$

де H_a - атмосферний тиск, $H_a = 1$ кгс/см²;

p - розрідження повітря у вакуумній системі, %.

Масова витрата повітря (кг/год):

$$G_n = 60 \rho_{нов} Q, \quad (4.19)$$

де Q - подача за формулою (4.2.), м³/хв;

$\rho_{нов}$ - густина повітря, $\rho_{нов} = 1,2$ кг/м³.

Температура повітря і води приймається $t = 15^{\circ}\text{C}$. Якщо стиснута водоповітряна суміш викидається під рівень води на глибину 1 м, то абсолютний тиск на виході зі струминного насоса $p_c = 1,1$ кгс/см².

У першому наближенні приймається занурений насос (типу ЕЦВ) з параметрами $Q_{зан} = 50 \dots 200$ м³/год; $H_{зан} = 80 \dots 120$ м. Тоді робочий тиск повітря (кгс/см²) перед соплом ежектора $p_p = H_{зан}/10$.

При розрахунках струминного насоса визначаються наступні величини:

а) Максимальний коефіцієнт підсмоктування визначається за формулами:

$$\Delta p_p = p_p - p_n, \quad (4.20)$$



$$\Delta p_c = p_c - p_n, \quad (4.21)$$

$$U_0 = 0,85(\Delta p_p / \Delta p_c)^{0,5} - 1 \quad (4.22)$$

б) Основний геометричний параметр ежектора:

$$f_3 / f_{p1} = \Delta p_p / \Delta p_c \quad (4.23)$$

де f_3, f_{p1} - відповідно площа поперечного перерізу камери змішування та робочого сопла.

в) Об'єм водоповітряної суміші (m^3), яку подає ежектор за одну годину:

$$V_e = R_e T_p G_n / [(p_n - p_n)10^4], \quad (4.24)$$

де R_e - газова постійна, для повітря $R_e = 29,27$;

T_p - розрахункова температура, $T_p = (273 + t)^0 K$;

p_n - тиск насиченої пари води, при $t = 15^0 C$ становить $p_n = 0,017$ кгс/см².

г) Подача зануреного насоса, м³/год:

$$V_p = V_e / U_0, \quad (4.25)$$

Необхідно, щоб виконувалась умова:

$$V_p \leq Q_{зав} \quad (4.26)$$

Якщо умова не виконується, приймають інший занурений насос і повторюють розрахунки.

д) Площа перерізу робочого сопла, мм²:

$$f_p = (V_p 10^6) / [3600 \varphi (2g \Delta p_p 10)^{0,5}], \quad (4.27)$$

де φ - коефіцієнт витрати, приймають для конічного сопла $\varphi = 0,95$;

V_p - подача зануреного насоса, м³/год;

Δp_p - розрахунковий перепад тисків, кгс/см².

е) Діаметр робочого сопла (мм):

$$d_1 = (4f_{p1} / \pi)^{0,5}, \quad (4.28)$$

ж) Діаметр камери змішування потоків (мм):

$$d_3 = d_1 (f_3 / f_{p1})^{0,5} \quad (4.29)$$

з) Приймають діаметри водогонів: напірного d при швидкості $V_n \cong 2$ м/с; а скидного D при швидкості $V_c \cong 1,5$ м/с.

4.1.4. Всмоктувальні водогони за схемою піднятого коліна

Всмоктувальні водогони за схемою піднятого коліна (сифона) надійно забезпечують заповнення основних насосів, якщо геометрична висота всмоктування не перевищує 2 м, рис. 4.1.в. Швидкість води у піднятому коліні водогону для попередження накопичення в ньому повітря повинна бути не меншою 1,5 м/с гребінь сифона повинен знаходитись на рівні верхньої точки корпусу насоса. Кут підняття всмоктувальної труби не повинен перевищувати 13^0 .

Співвідношення a_6 об'єму повітря W_n і розрахункового об'єму води у всмоктувальному водогоні W_p приймається таким, щоб при спрацюванні робочого об'єму почалося перетікання води над гребенем сифона. Для цього необхідно врахувати розширення повітря під дією вакууму і підвищення його температури від випромінювання сонця до $t=30^0\text{ C}$

$$a_6 = W_n / W_p = (1 - H_{\text{вак}} / H_a) / [\kappa_3(1 + t / T_0)], \quad (4.30)$$

де: H_a - напір атмосферного тиску, $H_a = 10$ м; $T_0 = 273^0\text{ K}$;

κ_3 - коефіцієнт запасу, $\kappa_3 = 1,35$;

$H_{\text{вак}}$ - вакуум у сифоні всмоктувальної труби, м.

$$H_{\text{вак}} = h_c + (1 + \sum \xi) V^2 / (2g), \quad (4.31)$$

де V , $\sum \xi$ - відповідно швидкість води (м/с) і сумарний коефіцієнт гідравлічного опору у вхідній частині труби до коліна;

g - прискорення сили тяжіння, $g = 9,81$ м/с²;

h_c - відстань від мінімального розрахункового рівня води у джерелі водозабору до верха сифона, м (рис. 4.1, в):

$$h_c = H_{z_6} + \Gamma + D_6. \quad (4.32)$$

З геометричних міркувань, (рис. 4.1, в), об'єм повітря (м³) у всмоктувальному водогоні перед пуском насоса буде:

$$W_n = [\pi(D_6)^2 / 4] \cdot [(h_c - 2D_6) / (\sin \alpha_1) + \pi R / 2 + D_6 / (\text{tg } 13^0)]. \quad (4.33)$$

Довжину розрахункової частини всмоктувального водогону знаходять за формулою:

$$L_p = W_p / F_6 = W_n / (a_6 F_6), \quad (4.34)$$

де F_6 - площа поперечного перерізу всмоктувальної труби, м².

Якщо висота всмоктування основного насоса перевищує 2 м, проектують струминний насос, який розміщують на піднятій трубі за схемою (рис. 4.1, д). Вихідні дані для розрахунку визначають так.

Абсолютний тиск повітря у зоні всмоктування (кгс/см²):

$$p = H_a - h_c / 10. \quad (4.35)$$

Масова витрата повітря (кг/год):

$$G_n = (W_n \rho_{\text{нов}} t_2) / t_1, \quad (4.36)$$

де W_n - об'єм повітря у всмоктувальному водогоні, м³;

$\rho_{\text{нов}}$ - густина повітря, $\rho_{\text{нов}} = 1,2$ кг/м³;

t_2 - кількість хвилин у годині;

t_1 - тривалість повного видалення повітря із всмоктувальної труби, приймають $t_1 = 5 \dots 10$ хв.

Температура повітря і води $t = 15^0\text{ C}$. Стиснута водоповітряна суміш викидається у атмосферу тому $p_c = p_n = 1,0$ кгс/см². Тиск робочої води, кгс/см² перед соплом ежектора приймають відповідним розрахунковому напору H_p м.



4.2. Дренажна система

Дренажна система відкачує воду, яка накопичується у будівлі насосної станції від фільтрації крізь стіни камери та витоків крізь сальники насосів і засувок, тим самим попереджує підтоплення електричного обладнання. Звичайно встановлюють два дренажні насоси (один резервний).

Подачу дренажного насоса (л/с) визначають за формулами:

$$Q_{др} = (1,2 \dots 2) \Sigma q, \quad (4.37)$$

$$\Sigma q = q_1 n_c + q_2, \quad (4.38)$$

$$q_2 = 1,5 + K W_{нч}, \quad (4.39)$$

де Σq - сумарна витрата фільтрації, л/с;

q_1 - фільтраційна витрата через сальникове ущільнення, $q_1 = 0,05 \dots 0,1$ л/с;

n_c - кількість сальникових ущільнень на усіх насосах;

q_2 - фільтраційна витрата, л/с крізь стіни і донну плиту камери насосної станції;

$W_{нч}$ - об'єм підземної частини будівлі насосної станції камерного типу за внутрішніми розмірами, які розташовані нижче максимального рівня води у джерелі водозабору;

K - коефіцієнт якості будівельно-монтажних робіт: при добрій якості будівельно-монтажних робіт: $K = 0,0005$, при задовільній якості $K = 0,001$ при поганій – $K = 0,002$.

Дренажні насоси підбирають як відцентрові, типу "С", так і спеціальні малогабаритні занурені електронасоси типу "ГНОМ" з напором $H_{др}$ у межах 9...26 м, і подачею $Q_{др}$, яка наближена, але не менша значення Σq . Для насосів типу "С" відмітку осі приймають вище максимального рівня води у дренажному колодязі (ДК) на 0,7...0,9 м.

Робочий об'єм дренажного колодязя $V_{дк}$, л розраховують на 20...30 – хвилинне надходження води, ($t_n = 1200 \dots 1800$ с); і роботу ДН протягом не менше 2 хв., $t_{дн} = 120$ с, при кількості його пусків, $n_{дн}$ не більше трьох за годину. Таким чином:

$$V_{дк} = \Sigma q t_n \quad (4.40)$$

$$t_{дн} = V_{дк} / (Q_{др} - \Sigma q) \quad (4.41)$$

$$n_{дн} = 3600 / (t_n + t_{дн}) \leq 3. \quad (4.42)$$

Геодезичний напір $H_{2д}$ дренажного насоса визначається різницею між максимальним рівнем води у джерелі водозабору і мінімальним рівнем у дренажному колодязі. Максимальний рівень води у дренажному колодязі повинен бути на 0,2 м нижче дна кабельного каналу глибиною 0,6 м, тобто на 0,8 м нижче підлоги насосної станції.

Звичайно діаметр дренажного колодязя приймають стандартним $D_k = 1,5$ м. Коливання рівнів води у дренажному колодязі буде:

$$\Delta H_{dk} = 4V_{dk} / [\pi D_{dk}^2 J], \quad (4.43)$$

де V_{dk} - робочий об'єм дренажного колодязя, м³.

Мінімальна відмітка води у дренажному колодязі:

$$\downarrow DK_{min} = \downarrow ПНС - 0,8 - \Delta H_{dk}. \quad (4.44)$$

Геодезичний напір дренажного насоса:

$$H_{zd} = \downarrow max - \downarrow DK_{min}. \quad (4.45)$$

Самоконтроль: необхідно, виконувалась умова $H_{dp} \geq H_{zd} - h_a = H_{zd} + 2$ м.

Пуск і зупинка дренажних насосів автоматизується за рівнем води у дренажному колодязі, який контролюється електронними датчиками рівня.

Характерні рівні води у дренажному колодязі:

а) відмітка максимального рівня води у дренажному колодязі:

$$\downarrow DK_{max} = \downarrow ПНС - 0,8 - \Delta H_{dk}, \quad (4.46)$$

$$\downarrow DK_{max} = \downarrow DK_{min} + \Delta H_{dk}, \quad (4.47)$$

б) відмітка резервного рівня води:

$$\downarrow PДА = \downarrow DK_{min} + 0,05, \quad (4.48)$$

в) відмітка аварійного рівня води дренажної системи:

$$\downarrow АС = \downarrow PДА + 0,05. \quad (4.49)$$

Глибина дренажного колодязя, м:

$$h_{DK} = \downarrow ПНС - \downarrow DK_{min} + 0,3. \quad (4.50)$$

Якщо рівень води у дренажному колодязі стає більшим $\downarrow DK_{max}$, то запускається перший дренажний агрегат, а при зниженні рівня води $\downarrow DK_{min}$ цей насосний агрегат зупиняється. Якщо рівень води піднімається до $\downarrow PДА$ - запускається другий дренажний агрегат, тобто резервний дренажний агрегат. При зниженні рівня води до $\downarrow DK_{min}$ він зупиняється. якщо рівень води у дренажному колодязі піднімається до $\downarrow АС$, то на диспетчерський пункт поступає сигнал про аварійний стан дренажної системи.



5.1. Динамічні процеси в насосних установках і водогонах

Динамічні процеси утворюються в результаті послідовної зміни динамічного стану системи насос – водогін від одного врівноваженого режиму до іншого, що відповідає новим умовам експлуатації.

Пуск насоса. При цьому процесі витрата збільшується подача насоса від „0” до максимальної і виникає у всмоктувальній лінії інерційних напір

$$h_{in} = \frac{L}{g} \cdot \frac{\Delta V}{T} \quad (5.1)$$

де L - довжина труби всмоктувальної лінії;

ΔV - зміна швидкості потоку;

T – час зміни швидкості.

При довгій всмоктувальній лінії вакуум може збільшитись до такого значення, що перед насосом може утворитись порожнина, яка обумовить:

- а) збільшення втрат напору перед насосом;
- б) підвищення кавітаційних параметрів і зниження надійності роботи насоса;
- в) можливість розриву суцільності потоку перед насосом.

Для підвищення надійності роботи насоса в режимі „Пуск” доцільно:

- а) збільшити час пуску насоса;
- б) зменшити довжину ділянки з інерційним напором улаштуванням вакуумного стояка, який розділяє всмоктувальну лінію на дві ділянки: водоприймач – стояк, стояк – насос.

В напірній лінії режим роботи „ПУСК” супроводжується:

- а) поступовим заповненням водогону водою;
- б) стисненням повітря, яке піднімається до перевальних точок водогону, в яких після заповнення їх водою, утворюються повітряні порожнини, що є місцевими опорами.

Робочий режим. При робочому режимі в напрямку руху води до гідрантів зменшується п’езометрична лінія. Внаслідок зниження тиску із повітря виділяється повітря, яке концентрується у переломних точках водогону.

Режим „Зупинка”. При зупинці дощувальної машини припиняється рух води і виникає гідравлічний удар



$$\Delta H = a \cdot V / g , \quad (5.2)$$

де a - швидкість розповсюдження хвилі гідравлічного удару (теоретична для сталі 1425м/с; практична біля 1000м/с), яка визначається за формулою:

$$a = \frac{a_B}{\sqrt{1 + dE_B / (\delta E)}} , \quad (5.3)$$

де a_B – швидкість розповсюдження звуку у воді, м/с; δ – товщина стінки труби, м; E_B – об’ємний модуль пружності води; E – модуль пружності матеріалу стінок труби.

При „зупинці” насоса утворюються вісім режимів роботи серед них чотири гальмівних. Знаки параметрів у повних чотирьох квадратних характеристиках наведені у таблиці

Таблиця 5.1. Режими роботи при зупинці насоса

Режим роботи	Параметри насоса				
	витрата, Q	оберти коlesa, n	потужні- сть, N	кругний момент, M	напір, H
1. Нормальний насосних	+	+	+	+	+
2. Режим протитоку	-	+	+	+	+
3. Турбінний	-	-	-	+	+
4. Гідравлічного гальмування	-	-	+	-	+
5. Насосний зворотний	+	-	+	-	+
6. Гальмівний	+	-	+	-	-
7. Турбінний зворотний	+	+	-	-	-
8. Гальмівний	+	+	+	+	-

Після вимикання електроенергії рух рідини в трубопроводі уповільнюється, потім потік зупиняється і вода починає рухатись у зворотньому напрямку.

В цей час частота обертання робочого колеса зменшується і насос зупиняється.

Під дією статичного тиску води робоче колесо починає обертатися у зворотному напрямку з повним прискоренням, працюючи спочатку



як гідравлічне гальмо, а потім як гідравлічна турбіна, якщо напір не змінюється, то насос виходить у розгінний турбінний режим роботи.

При цьому частота його може перевищити дозволена частота обертання $n_x/n > 1,3$, що призведе, то порушення обмотки ротора двигуна.

Для зниження негативної дії, яка виникає при перехідних процесах у системі насос – водогін застосовують трубопровідну арматуру різного призначення.

5.2. Трубопровідна арматура

Трубопровідна арматура (ТА) – забезпечує функціонування системи в заданих режимах її роботи. Розміщення ТА залежить від профілю траси водогонів та місця розташування гідрантів (рис. 5.1), а також від процесів, що відбуваються у водогоних закритої мережі.

Вантузи експлуатаційні для випуску малої кількості повітря розміщують (рис. 5.2, а, б, в) на всіх високих точках перелому профілю водогону, а також на початку кожної ремонтної ділянки. Для перехоплення бульбашок повітря їх встановлюють на повітрярозбірниках з вхідним отвором, що відповідає діаметру водогону.

Водоповітряний резервуар розміщують біля насосної станції і з'єднують його з компресорною системою для періодичного поповнення його повітрям, яке розчинилось у воді.

Засувки встановлюють в головах польових водогонів через - 1,0...1,5 км господарчих водогонів для визначення ремонтних ділянок.

Захисні клапани (протиударні пристрої) (рис. 5.2, е) встановлюють для зниження підвищеного тиску води у водогоних. До них відносять пружинні і важелеві клапани. Їх встановлюють у місцях можливого виникнення гідравлічного удару: на напірних колекторах насосної станції, в тупиках польових водогонів.

Клапан впуску і заземлення повітря (рис. 5.2, г, д) встановлюють у місцях де можливе утворення вакууму: найчастіше в кінці польових водогонів з низхідним похилом.

Клапани зворотні передбачають на крутих ділянках траси водогону через 10,0 м по вертикалі.

Регулятори тиску (рис. 5.2, е) призначені для автоматичного підтримання постійного тиску води, їх встановлюють в головах польових водогонів, а також і перед дощувальною машиною.



Клапан впуску-випуску повітря (рис. 5.2, ж) встановлюють в найбільш високій точці профілю водогону. В цій точці передбачають також встановлення вантуза. Клапан призначений для випуску значної кількості повітря при заповненні водогону водою і впуску повітря при його спорожненні.

Клапан розміщується на посадочному патрубку 11 і складається з корпусу в якому розміщений випускний патрубок 3, на вхідній частині якого знаходиться таріль 8, жорстко з'єднана з поплавками 2, що повертаються навколо шарніра 6. Під дією маси кульових поплавків в початковому положенні таріль 8 розміщена під кутом до вхідного патрубка, тому при заповненні водогону водою повітря виходить в атмосферу через випускний патрубок. Коли клапан заповниться водою, то поплавки під дією сили Архімеда будуть впливати, повертаючи таріль 8 у вертикальне положення, і перекривати вхідний отвір випускного патрубка. При спорожненні водогону вода витікає з корпусу клапана, поплавки опускаються, повертаючи таріль 8. При цьому отвір вхідного патрубка відкривається і повітря з атмосфери заповнює водогін.

Стояк-гідрант дощувальної машини поєднує функції подачі води в робочому режимі і гасіння гідравлічного удару в режимі „зупинка” дощувальної машини.

Від звичайного стояка пристрій відрізняється наступними елементами:

- карманом, який виступає над трубою і призначений для перехоплення повітря, що транспортується водогонем;
- перфорованою стінкою у верхній частині карману для розсікання потоку, який буде рухатись у ковпак;
- ковпак, через який проходить стояк до рівня верхньої частини водогону.

В режимі „зупинка” пристрій працює наступним чином:

- при додатній хвилі гідравлічного удару вода, що проходить через перфоровану стінку розділяється на окремі струмини кінетична енергія яких гаситься у ковпаку. Частина енергії витрачається на стиснення повітря.
- при від'ємній хвилі гідравлічного удару повітря в ковпаку розширюється, вода витісняючи воду, яка проходячи через перфоровану стінку, втрачає частину надлишкової енергії.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

- -1
- ⊖ -2
- ⊗ -3
- ⊗ -4
- ⊗ -5
- ↓ -6
- ▽ -7
- ⊖ -8
- -9
- ⊖ -10
- ⊗ -11

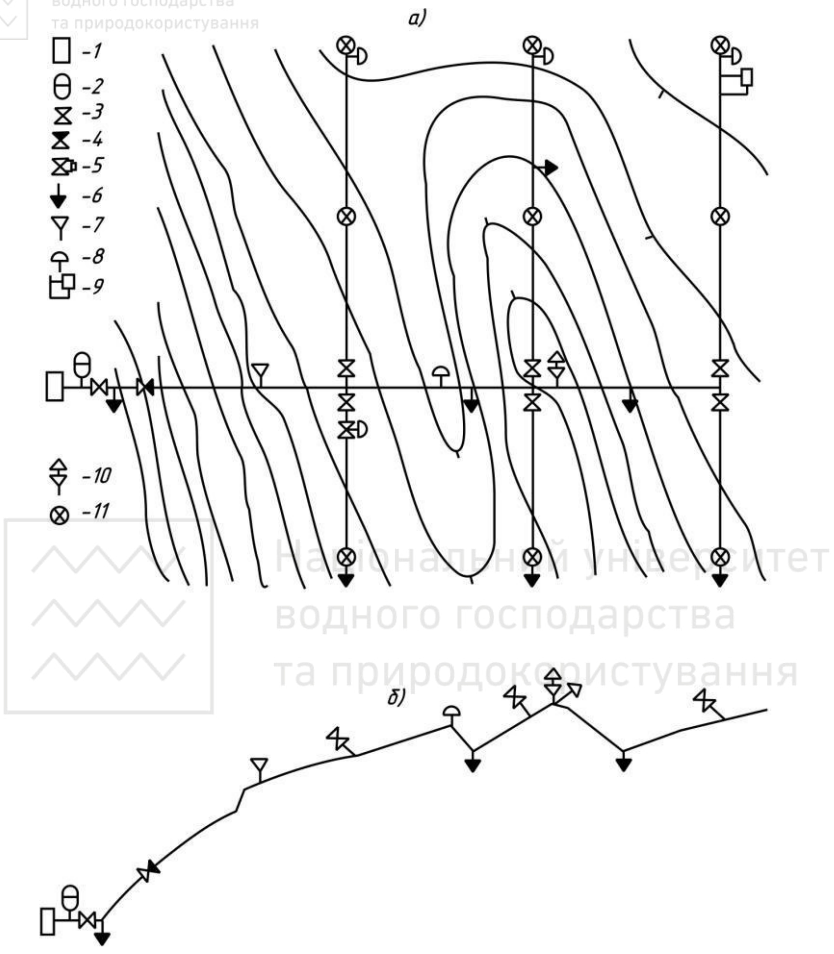


Рис. 5.1. Схема розміщення трубопровідної арматури на зрошувальній мережі:

а - план зрошувальної ділянки; б - поздовжній профіль по магістральному водогону: 1-насосна станція; 2-водоповітряний резервуар; 3-засувка; 4-клапан зворотній; 5-регулятор тиску; 6-водоскид; 7-клапан впуску та заземлення повітря; 8-вантуз; 9-гасник гідравлічного удару; 10-клапан впуску і випуску повітря; 11-гідрант дощувальної машини.

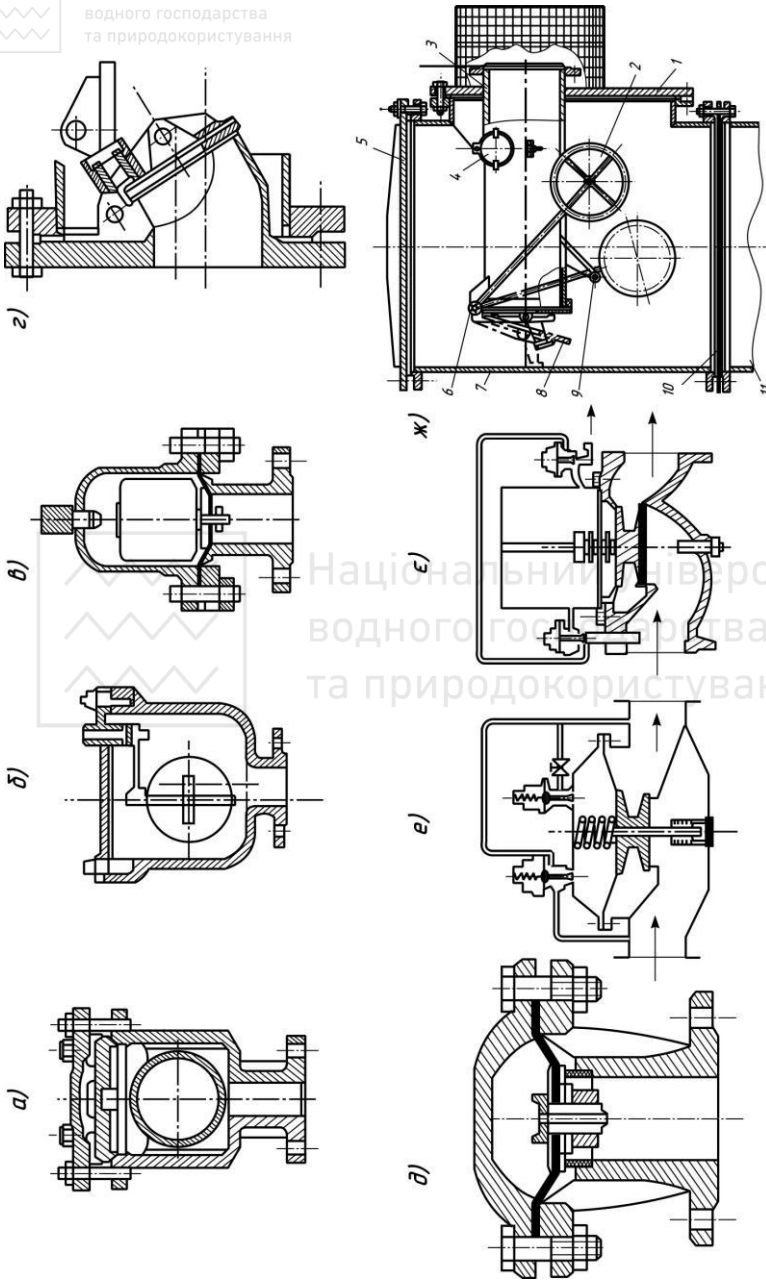


Рис. 5.2. Трубопроводна арматура:

а, б) вантуз; б, в) клапан впуску і заземлення повітря; в) регулятор тиску; г) захисний клапан; ж) клапан впуску-випуску повітря;

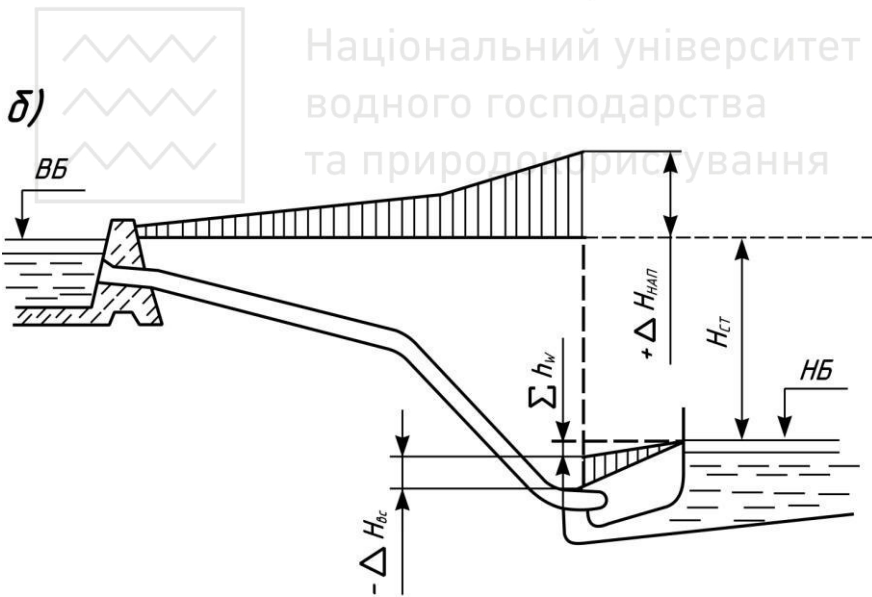
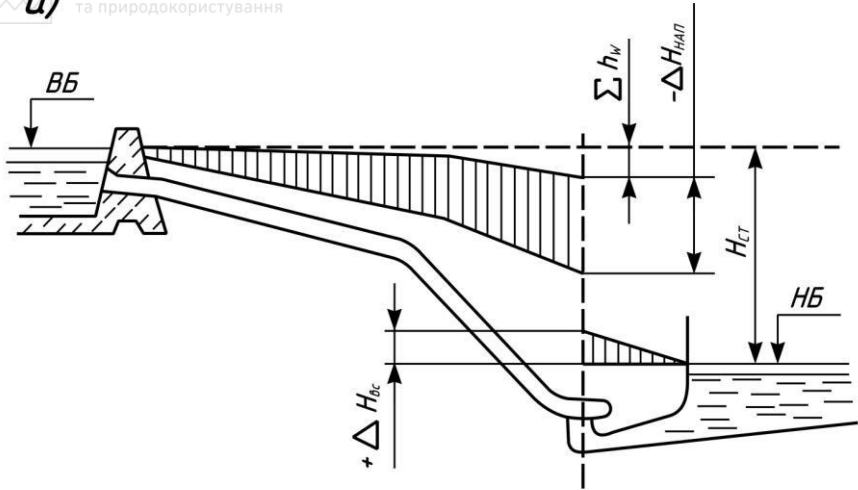


Рис. 5.3. Епюри від'ємного (а) та додатнього (δ) гідравлічного удару у водогонах насосної станції



Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті ємкості

Тема 6. Зрошувальні насосні станції

План

1. Класифікація насосних станцій
2. Типи будівель насосних станцій
3. Розміри будівлі насосної станції

6.1. Класифікація насосних станцій

Зрошувальна насосна станція – це комплекс споруд, що забезпечує забір води із джерела і подачу її споживачу із заданим ступенем очищення

В склад насосної станції входять: водозабірна і транспортуюча споруди; водоприймальна споруда і всмоктувальні водогони; будівля насосної станції з гідромеханічним, силовим і допоміжним обладнанням; напірні водогони і водовипускна споруда.

Зрошувальні насосні станції класифікуються:

1. За подачею, m^3/s :

- а) малі – до 1,0;
- б) середні – від 1,0 до 10,0;
- в) крупні – від 10,0 до 100;
- г) унікальні – більше 100.

2. За напором, м:

- а) низьконапірні – до 20,0;
- б) середньонапірні – від 20,0 до 50,0;
- в) високонапірні – більше 50,0.

3. За типом приймача води:

- а) безнапірні (канал або напірний басейн);
- б) напірні (гідрант дощувальної машини);
- в) комбіновані, що складаються з каналу насосної станції першого підняття та гідрантів насосної станції підкачки.

4. За конструкцією будівлі:

- а) безкаркасна;
- б) каркасна;
- в) повнозбірна;
- г) блочно-комплектна;
- д) пересувна.

5. За категорією:

- а) перша категорія – площа зрошення від 50 до 400 тис.га;
- б) друга категорія – площа зрошення від 10 до 50 тис.га;



в) третя категорія – площа зрошення менша 10 тис.га.

6. За класом надійності:

- а) перший клас – рівень надійності 0,9999;
- б) другий клас – рівень надійності 0,990...0,960;
- в) третій клас - рівень надійності 0,960...0,950;
- г) четвертий клас - рівень надійності 0,900...0,880;
- д) п'ятий клас - рівень надійності 0,850...0,800;

7. За типом будівлі насосної станції:

- а) блочний;
- б) камерний;
- в) наземний.

6.2. Типи будівель насосних станцій

Тип і конструкція будівлі насосної станції залежить від: типу насосів і двигунів, подачі насоса, режиму джерела водозабору, схеми з'єднання будівлі насосної станції з водозабірною спорудою.

Блочний тип будівлі застосовується при розміщенні насосів типу В або О, ОП з вертикальним валом подача яких перевищує $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Вода підводиться через всмоктувальну лінію, що розміщена у бетонному блоці, який знаходиться у воді.

У насосній станції блочного типу значна потужність агрегата обумовлює один пуск двигуна в межах одного місяця. Тому при нерівномірному відборі води виникає необхідність скидати воду із транспортуючої відкритої споруди.

Особливості будівлі насосних станцій, що подають воду у відкриті емкості, наведені в таблиці 6.1.

Будівля насосної станції блочного типу – будівля, підземна частина якої виконана у вигляді бетонного блоку з масивним фундаментом (рис. 6.1) в якому розміщена вигнута труба для підведення води до крупного насоса осьового або відцентрового типу з подачею, що перевищує $2,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

В будівлі розміщене основне та допоміжне обладнання.

Основне обладнання складається з *відцентрових* або *осьових* вертикальних агрегатів насоси яких розміщені нижче рівня води (з від'ємною висотою всмоктування H_S).

Допоміжне обладнання насосної станції складається із систем:

- дренажна та осушувальна – комплект насосних установок та емкостей, які використовують для відбору води із камер або всмоктувальних труб насосів, з наступним відкачуванням її в аванкамеру;
- протипожежна – комплекс пристроїв для виявлення пожежі і



забезпечення її ліквідації. Внутрішні протипожежні водогони передбачають в насосних станціях об'ємом більше 5000 м³, а також при наявності приміщень мастилогосподарства;

- водопостачання – комплекс водоочисних пристроїв, обладнання, контрольно-вимірювальних приладів, що забезпечують подачу чистої води до підшипників з гумовими та пластмасовими вкладишами, сальникових ущільнювачів, мастило – і повітроохолоджуючих агрегатів, компресорів та кондиціонерів;
- мастилопостачання – комплекс насосних установок, резервуарів, мастилоочисних пристроїв, що забезпечують подачу мастила в систему регулювання, у ванни підшипників, систему приводу дискових затворів, мастилозаповнювальну апаратуру трансформаторних підстанцій;
- пневматична – комплекс компресорних установок і ресиверів з контрольно-вимірювальними приладами для забезпечення насосної станції стисненим повітрям.

Будівля насосної станції камерного типу – будівля, підземна частина якої виконана у вигляді камери (рис. 6.2).

Розрізняють наступні типи будівлі:

- із сухою камерою;
- із мокрою камерою;
- із мокрою камерою і сухим приміщенням (комбінована).

Особливості будівлі наведені в таблиці.

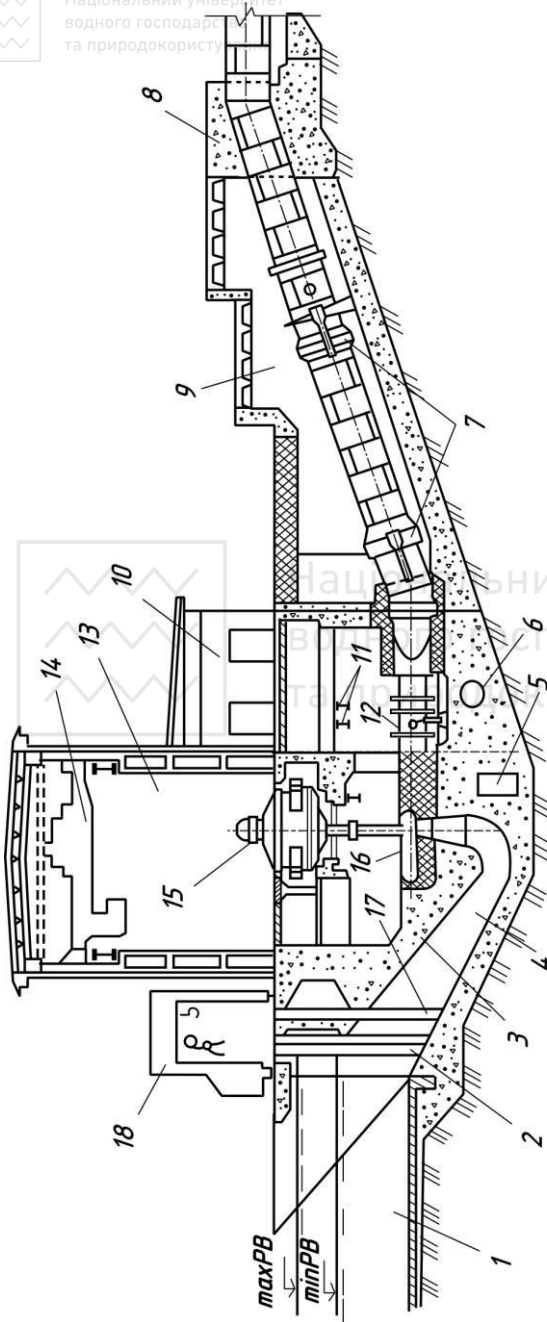
Будівля насосної станції наземного типу – будівля, яку застосовують при невеликих коливаннях рівня води у джерелі (менших за геодезичну висоту усмоктування насоса). Конструктивно будівля (рис. 6.3, 6.4) складається з наземної частини, стіни якої спираються на стрічкові фундаменти, а насосні агрегати розташовані на окремих фундаментах.

Насосні станції наземного і камерного типу з горизонтальними відцентровими насосами, що подають воду у гідранти дощувальних машин, характерні для використання їх як насосні станції підкачки, що працюють при змінних подачах без скиду води.

Насосна станція підкачки – комплекс споруд (рис. 6.5), що відбирають воду із джерела і подають її в закриту зрошувальну мережу.

Відмінність гідровузла у конструкції водозабірної споруди, яка залежить від кількості насосних агрегатів та типу джерела.

При кількості основних насосів, що не перевищують трьох, вода із магістрального каналу забирається індивідуальними всмоктувальними лініями.



*Рис. 6.1. Насосна станція длочного типу:
1-аванкамера; 2-пази для решіткоочисної машини і решітки; 3-підземний блок; 4-підвідна труба; 5-
потерна для спорожнення підвідних труб; 6-дренажна потерна; 7-компенсатор; 8-анкерна опора; 9-
камера компенсаторів; 10-приміщення розподільчого пристрою; 11-монорельси для талі; 12-дисковий
затвор; 13-будівля; 14-мостовий кран; 15-електродвигун; 16-відцентровий насос типу В; 17-пази
ремонтного затвора; 18-козловий кран з решіткоочисною машиною*



Таблиця. 6.1. Характеристики будівель камерного типу

Показники	Тип камери		
	Суха	Мокра	Комбінована
Тип насоса	Відцентровий <i>горизонтальний</i> або відцентровий <i>вертикальний</i>	Осьовий	Осьовий
Коливання рівня води	Необмежене	Обмежене значенням до 1,0 м	Необмежене
Висота всмоктування насоса H_S	Для <i>горизонтального</i> насоса H_S «плюсова- мінусова»	«мінусова»	«мінусова»
	для <i>вертикального</i> насоса H_S «мінусова»		
Допоміжне обладнання	Для H_S «плюсової» вакуумна і дренажна системи	<i>Осушувальна</i>	<i>Осушувальна і дренажна система</i>
	для H_S «мінусового» дренажна система		

При кількості основних насосів більше трьох, водозабірна споруда має наступні особливості:

- всмоктувальні лінії насосів приєднані до всмоктувального колектора;
- всмоктувальний колектор розміщений нижче мінімального рівня води;
- на всмоктувальному колекторі, або транспортуючій лінії до нього, розміщують герметичний вакуумний ковпак, який відіграє роль демпфера при пуску насоса, знижуючи інерційний напір перед насосом та попереджуючи утворення кавітаційної порожнини на ділянці ковпак-насос.

При заборі води із річки застосовуються руслові оголовки з яких вода транспортується у береговий колодязь.

Технологічні процеси насосної станції виконуються для забезпечення на об'єкті заданих параметрів при *черговому* і *основному* режимах роботи.

При *черговому* режимі роботи, що призначений для підтримання тиску в закритій мережі виконується наступне:



- пуск го вакуум-насоса і заповнення водою вакуум-котла, допоміжних (бустерних) і основних насосів;
- забір води із джерела допоміжними насосами;
- заповнення закритої зрошувальної мережі водою з поступовим випуском повітря з гідрантів;
- періодична робота допоміжних насосів і підтримання тиску в закритій мережі водоповітряним резервуаром (ВІР) при зупинених насосах;
- контроль тиску в системі і керування роботою допоміжних насосів та компресора.

При *основному* режимі роботи, який обумовлений роботою дощувальних машин, виконується наступне:

- пуск основних насосів;
- контроль перепаду рівня води у водозаборі і періодичне очищення решіток від сміття;
- контроль окремих робочих параметрів (Q , H , N , P) або їх групи, для регулювання подачі насосної станції в залежності від кількості працюючих дощувальних машин;
- зупинка дощувальних машин, що виконується за інструкцією по їх експлуатації для зниження тиску гідравлічного удару у закритій мережі.

6.3. Розміри будівлі насосної станції

Розміри будівлі визначаються в послідовності:

1. Складається розрахункова схема для визначення ширини (рис. 6.6., а), висоти (рис.6.6., б) і довжини будівлі;
2. Для кожної розрахункової схеми будівлі складається формула розмірного ланцюгу;
3. За довідковими матеріалами вибираються габаритні розміри:
 - насосного агрегата (ширина, висота, довжина);
 - трубопроводної арматури (довжина) конфузора, дифузора, засувки, компенсатора, клапана зворотного, коліна, трійника;
 - підвісного крана (довжина, висота).
4. Обчислюються розміри ширини, висоти, довжини будівлі та приймаються їх стандартні значення.
5. Розробляється графічна частина будівлі в різних проекціях

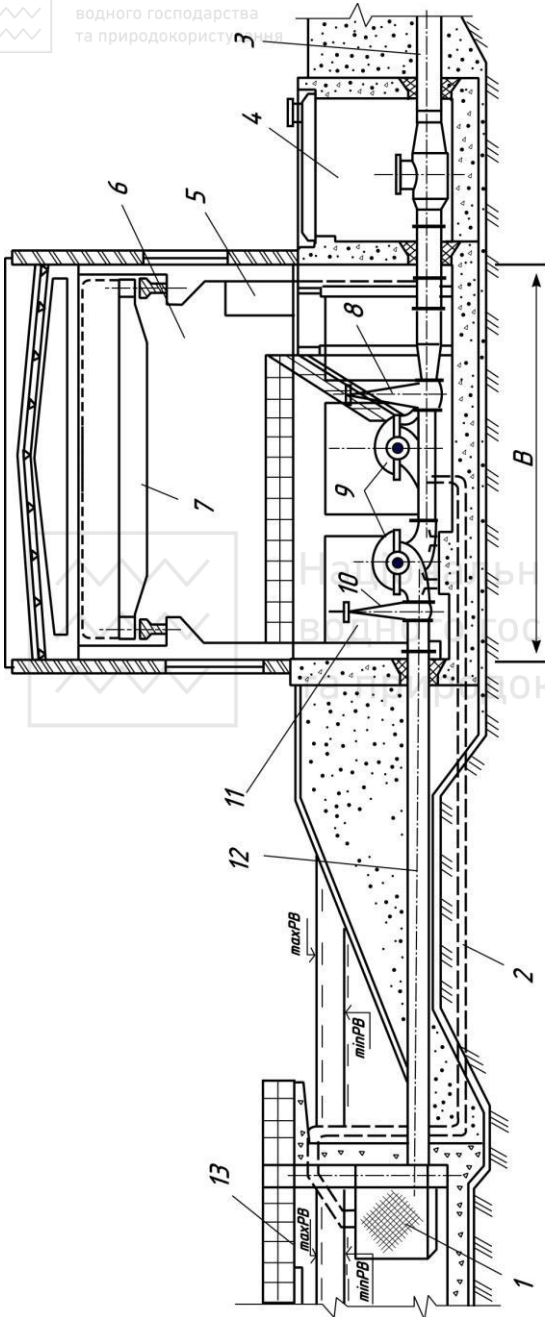


Рис. 6.2. Насосна станція камерного типу з водоприймальною спорудою: 1-сітчастий дарадан; 2-водогін подачі води до сітчастого дарадану; 3-напірний водогін; 4-камера для установки зворотнього клапана; 5-шафа станції керування агрегатами; 6-наземна будівля; 7-мостовий кран; 8-засувка; 9-насос; 10-засувка ремонтна; 11-камера; 12-самотічні труби; 13- водоприймальна споруда

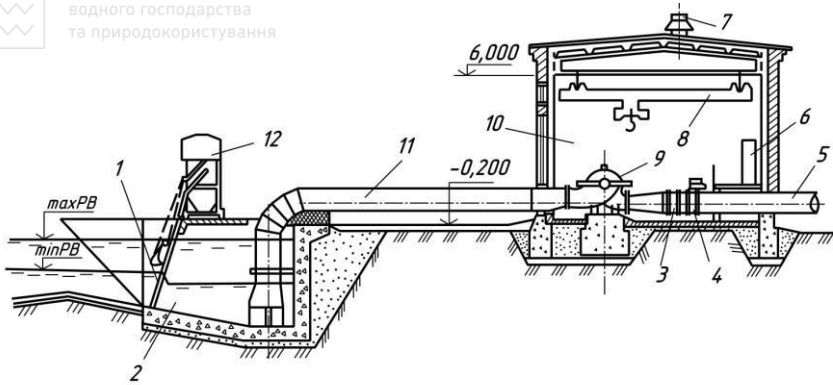


Рис. 6.3. Наземна насосна станція з окремо розташованою водоприймальною спорудою:

1-сіттезатримуюча решітка; 2-водоприймальна споруда; 3-кран зворотний; 4-засувка фланцева з електроприводом; 5-напірний водогін; 6-шафа станції керування; 7-вентилятор даховий; 8-кран-балка; 9-насос відцентровий; 10-будівля насосної станції; 11-всмоктувальний водогін; 12-машина решіткоочисна

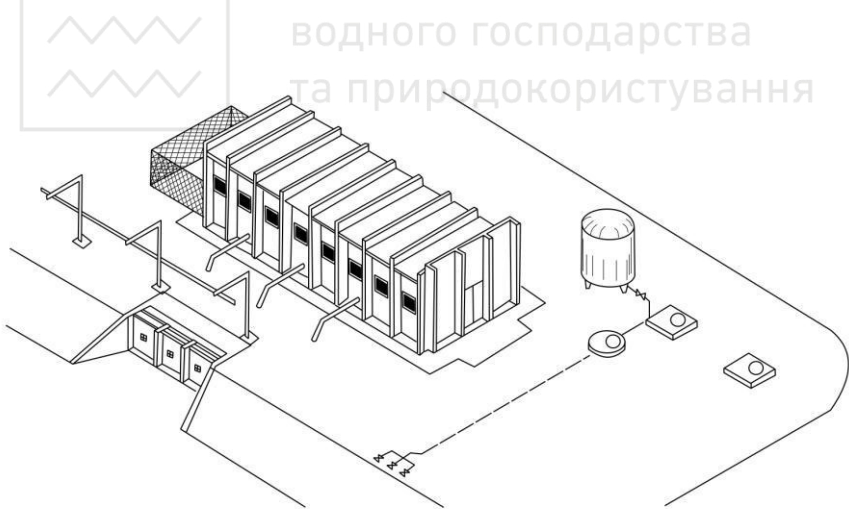


Рис. 6.4. Насосна станція підкачки з наземним типом будівлі і водозабором з напірного басейну

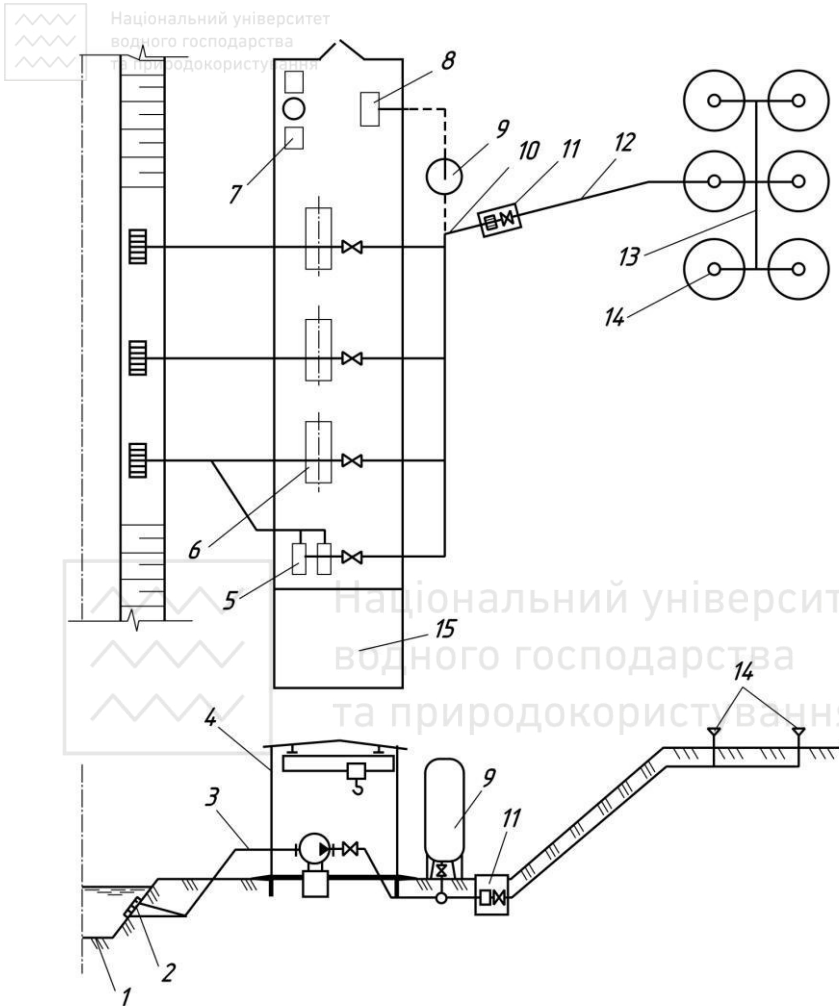
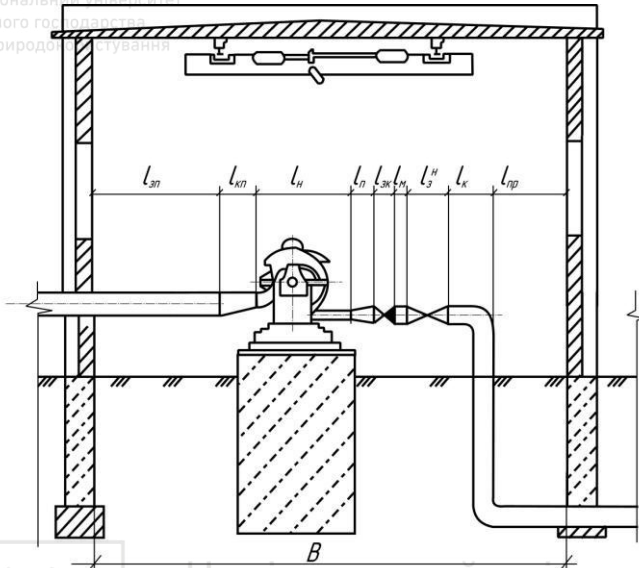


Рис. 6.5. Схема насосної станції підкачки:

1-магістральний канал; 2-водоприймач; 3-всмоктувальна лінія; 4-будівля наземного типу; 5-допоміжний насос; 6-основний насос; 7-вакуум-насос; 8-компресор; 9-водоповітряний резервуар; 10-колектор; 11-колодязь з витратоміром; 12-магістральний водогін; 13-закрита зрошувальна мережа; 14-гідрант; 15-приміщення електричних щитів



a)



б)

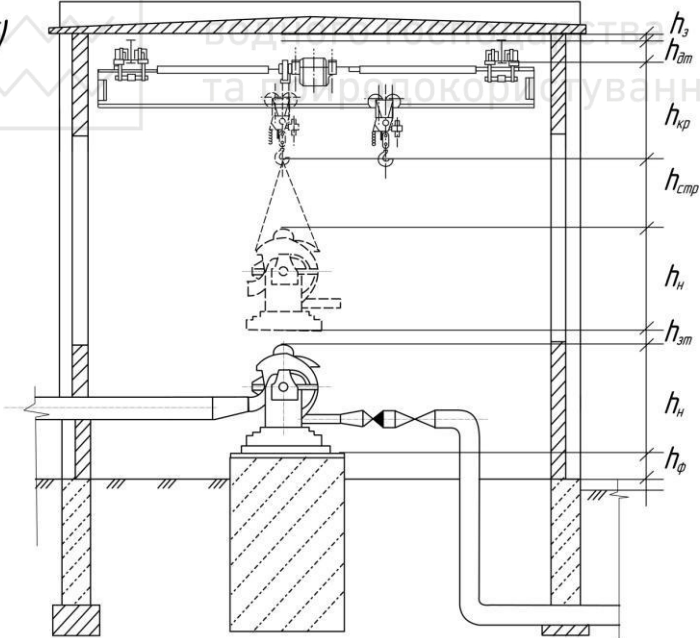


Рис. 6.6. Визначення ширини (а) і висоти (б) будиівлі



Тема 7. Водозабірні споруди

План

1. Терміни
2. Загальні положення
3. Водозабір із тупикового каналу
4. Зонтичний водозабір
5. Водозабір із пороеластовим фільтром
6. Руслівий камерний водозабір

7.1. Терміни

Аванкамера - розширена та заглиблена частина підвідного каналу перед спорудою.

Арматура - пристрої, що не входять до складу основного обладнання.

Водовід - відкрита або закрита споруда для подачі води від місця забирання до місця споживання.

Гідроелеватор - струменевий насос для транспортування води.

Затвор - рухома водонепроникна конструкція, що закриває та відкриває водопропускні отвори гідротехнічної споруди.

Канал - відкрите, штучне русло правильної форми на поверхні землі з безнапірним рухом для транспортування води.

Коефіцієнт укосу - котангенс кута нахилу лінії укосу до горизонту.

Колодязь - гідротехнічна споруда для прийому і розподілу води між споживачами, може бути у вигляді опускного колодязя.

Колодязь - конструкція у вигляді міцної оболонки, відкритої зверху опускний та знизу з гострим нижнім краєм, яка під дією власної ваги опускається до потрібної відмітки, при виємці ґрунту із середини.

Межень - фаза у гідравлічному режимі ріки при низьких рівнях води.

Основа будівлі - підготовка, що готується для укладання монолітної підземної частини будівлі (утрамбований щебень, гравій або пісок).

Оголовок - гідротехнічна споруда для прийому води із джерела, яка одночасно захищає від пошкодження самопливну, сифонну або всмоктувальну лінію в руслі ріки.

Похил гідравлічний - зміна напору на одиницю довжини потоку.

Русло - ділянка руху води в поперечному профілі долини.

Сифонний водогін - водогін у вигляді криволінійної частини



труби, верхня частина якої розміщена над рівнем води і в якій виникає вакуум.

Спорура рибозахисна - споруда для захисту молоді риби при заборі води.

Створ – поперечний переріз через водотік перпендикулярний напрямку течії.

Таль - підвісний підйомний пристрій з ручним або електричним приводом, яка підвішується на каретку, що переміщується уздовж двотаврової балки.

Укіс - поверхня виемки або насипу, що закладена з похилом до горизонту.

7.2. Загальні положення

Водозабірні споруди, що споруджуються на річках і водоймах повинні відповідати умовам надійності за якими необхідно:

- забезпечити раціональне використання водних ресурсів;
- захищати систему від потрапляння в неї наносів, плавника, планктону;
- відновлювати функціонування водозабору періодичним видаленням осаду, що утворився на дні камери;
- відповідати екологічним умовам, що забезпечують збереження рибних запасів.

Водозабірні споруди класифікують:

- за продуктивністю Q , м³/с;
 - а) малопродуктивні Q до 1,0;
 - б) середні $1,0 < Q < 6,0$;
 - в) великі $Q > 6,0$.
- за призначенням:
 - а) для зрошувальних систем;
 - б) для осушувальних систем;
 - в) для систем водопостачання.
- за конструктивними особливостями:
 - а) суміщені (водозабір + водоприймач, водозабір + насосна станція);
 - б) роздільні;
 - в) руслові (руслові оголовки + колодязь);
 - г) берегові;
 - д) комбіновані (водозабір з двох рівнів);
- за з'єднанням із будівлею насосної станції:



- за типом джерела:
 - а) із каналу;
 - б) із водосховища;
 - в) із річки.
- за проточністю джерела:
 - а) непроточні;
 - б) проточні.

Рекомендації стосовно вибору водозабору за проточністю джерела наведені в табл.7.1. і 7.2.

Таблиця 7.1. Типи водозабірної споруди для непроточного джерела

№ п/п	Найменування непроточного джерела	Коливання рівня води у джерелі	Тип водозабору
1	2	3	4
1	Канал тупиковий	До 1,0 м	а) береговий з водоочисними касетами при боковому заборі води; б) ковшовий при фронтальному заборі води
2	Водосховище	До 1,0 м	а) береговий з водоочисними касетами при боковому водозаборі води
3	Водосховище	Більше 1,0 м (крутий берег)	Зонтичний на самопливній лінії
4	Водосховище	Більше 1,0 м (пологий берег)	Зонтичний на сифонній лінії

Таблиця 7.2. Типи водозабірної споруди для проточного джерела

№ п/п	Найменування проточного джерела	Характерна ознака	Тип водозабірної споруди
1	2	3	4
1	Канал проточний мілкий	Глибина води до 1,0 м	Пороеластовий фільтр
2	Канал проточний глибокий	Глибина води більше 1,0 м	Барабанный струменевореактивний фільтр
3	Річка	Крутий берег	Русловий камерний оголовок із самопливними лініями
4	Річка	Пологий берег	Русловий камерний оголовок із сифонними лініями

7.3. Водозабір із тупикового каналу

Складовими частинами водозабору є:

- саморегулюючий канал;
- аванкамера з розширенням у плані;
- приймальна камера з водоочисними касетами;
- самопливний водогін;
- розподільчий колектор із герметичними стояками.

Саморегулюючий канал розраховується за витратою каналу Q_k , м³/с, що визначається за коефіцієнтом відбору води в межах 0,025...0,1.

$$Q_k = Q_{cm} / K_v \quad (7.1)$$

де: Q_{cm} – подача насосної станції.

Визначається глибина води в каналі і добирається допустима швидкість руху води в каналі в залежності від ґрунту траси і глибини води в каналі (табл. 3).

$$h = 0.85^3 \sqrt{Q} \quad (7.2)$$

Таблиця 7.3. Допустима швидкість руху води в каналі

Діаметр часток ґрунту, мм	Для незв'язних ґрунтів				Питоме зчеплення ґрунту	Для зв'язних ґрунтів			
	Глибина потоку h , м					Глибина потоку h , м			
	0,5	1,0	3,0	5,0		0,5	1,0	3,0	5,0
0,6	0,43	0,46	0,51	0,53	5	0,71	0,77	0,89	0,98
1,0	0,51	0,55	0,62	0,65	10	0,96	1,04	1,20	1,27
1,5	0,56	0,61	0,70	0,73	20	1,28	1,40	1,60	1,69
2,0	0,63	0,68	0,78	0,82	30	1,54	1,68	1,92	2,03
3,0	0,70	0,72	0,91	0,95	40	1,79	1,96	2,25	2,38

Вибирається коефіцієнт закладення укосів (табл. 7.4.).

Таблиця 7.4. Коефіцієнти закладення укосів каналу m

Ґрунти каналу	Підводні укоси m при глибині h , м			Укоси надводні m
	1	1...2	2...3	
Суглинок	1,5	1,5	2,0	1,0
Супісок	1,5	1,5	2,0	1,5
Пісок	2,0	2,0	2,5	2,0

Обчислюється площа живого перерізу і ширина каналу по дну:

$$\varpi = Q_{cm} / V \text{ і } b = (\varpi - m \cdot h^2) / h. \quad (7.3)$$

Приймається стандартна ширина дна $b = 0,4; 0,6; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0$ м.

Уточнюється глибина (h) води в каналі:

$$h = -\frac{b}{2m} + \sqrt{\left(\frac{b}{2m}\right)^2 + \frac{\varpi}{m}}. \quad (7.4)$$

Самопливний водогін. За умови надійності приймають дві нитки водогону з витратою кожного $Q_{\epsilon} = Q_{cm}/2$, м³/с.

Діаметр самопливного водогону визначають при швидкості потоку $V=0.7-1.5$ м/с.

$$D = \sqrt{4Q_{cm} / (\pi \cdot V)}. \quad (7.5)$$

Матеріал водогону: азбестоцементні або залізобетонні труби (табл. 7.5).



Таблиця 7.5. Розміри безнапірних залізобетонних труб

Діаметр умовний, мм	Товщина стінки, мм	Довжина, мм	Маса, кг
300	50	5000	637
400	50	5000	844
500	60	5000	1260
600	60	5000	1480
700	70	5000	2022
800	80	500	2688
900	90	500	3376
1000	100	500	4165

Приймальна камера. Форма та розміри камери повинні попередити виникнення водовороту на поверхні води з наступним можливим засмоктуванням повітря і утворенням водогазових порожнин, що спричиняють виникнення кавітації робочого колеса насоса. Крім того при всмоктуванні повітря порушується рівномірність руху рідини і подача насоса періодично змінюється.

При цьому виникають гідравлічні удари, що призводить до зростання пульсацій гідродинамічного тиску і, як наслідок, вібрації та виникнення пульсуючих сил, що періодично діють на ротор насоса.

Довжина камери приймається рівною

$$L=5 \cdot D, \quad (7.6)$$

де: D - діаметр самопливного водогону.

Мінімальна глибина потоку перед входом у трубу приймається рівною $a=0.6 \cdot D$, але не меншою 0.3 м.

Водоочисна касета виконується як просторова рама, дві стінки якої виконані у вигляді решітки і обтянуті сіткою з розміром чарунки від 1x1 до 3x3 мм, а внутрішній простір рами заповнений фільтруючим матеріалом.

Для розрахунку розмірів касети використовують співвідношення між витратою і глибиною H , шириною b :

$$Q_{cm} = \mu \cdot b \cdot H_1 \sqrt{2 \cdot g \cdot z}, \quad (7.7)$$

де z - перепад рівня води на касеті;

μ - коефіцієнт витрати;

Підхідна швидкість перед касетами залежить як від витрати Q_{cm} , так і від довжини малька риби:

$$V_p = Q_{cm} / b \cdot H_1, \quad (7.8)$$

$$V_p = 10 \cdot L_p / 1000 \quad (7.9)$$



де L_p - довжина молоді риби (визначається за завданням).

Геометричне співвідношення для глибини камери:

$$H_1 = z + a + D, \quad (7.10)$$

де a – запас води над входом у трубу;

D – діаметр транспортуючої труби;

З рівнянь (7.7) і (7.8) отримаємо рівняння:

$$V_p = \mu \sqrt{2 \cdot g \cdot z}. \quad (7.11)$$

В зв'язку з тим, що значення μ залежить від співвідношення z / H_1 , то вираз

$\mu = f(z / H_1)$ запишемо, як функцію:

$$\mu = B - k (z/H_1). \quad (7.12)$$

Значення коефіцієнтів B та k наведені в табл. 7.6.

Залежність (7.11) перетворюється так:

$$\frac{V_p}{B - k(z - H_1)} = \sqrt{2 \cdot g \cdot z}. \quad (7.13)$$

Таблиця 7.6. Параметри формули коефіцієнта витрати $\mu = f(z/H_1)$ для касетних фільтрів товщиною 0.2 м

Матеріал	Гравій $d=20-25$ мм	Керамзит $d=20-25$ мм	Гравій $d=15-20$ мм	Керамзит $d=15-20$ мм	Гравій $d=10-15$ мм
B	0,079	0,071	0,062	0,058	0,048
k	0,0375	0,029	0,029	0,0225	0,016

Для лівого співвідношення (7.13) в першому наближенні приймається $z/H_1 = 0$ і тоді визначається z_1 :

$$z_1 = V_p^2 / B^2 \cdot 2g. \quad (7.14)$$

Приймається $z_2 = (1.1 \dots 1.2) z_1$ і обчислюється $H_1 = z_2 + D + a$ та z_2/H_1 .

Перевіряється значення z_2 :

$$z_2 = V_p^2 / 2g \cdot (B - k(z/H_1))^2. \quad (7.15)$$

Обчислюється ширина водозабору:

$$b = Q_{cm} / V_p \cdot H_1. \quad (7.16)$$

Знаходиться кількість касет n при ширині касети $b_0 = 1,5$ м:

$$n = b/b_0, \quad (7.17)$$

Приймається цілочислене значення n і уточнюється ширина водозабору B , м:

$$B = n \cdot b_0. \quad (7.18)$$



7.4. Зонтичний водозабір

Назва – “Зонтичний водозабір” походить від подібності оголовка до парасолі. Конструктивна споруда складається із циліндра з перевернутим дном, який насаджений на вертикальний стоек водозабору.

Зонтичний водозабір забирає воду із придонної зони водосховища.

При цьому:

- плаваюче сміття та органічні рештки не захоплюються потоком води;
- наноси потрапляють у водозабір в обмеженій кількості, яка обумовлена малими швидкостями руху води у споруді;
- обмежується кількість молоді риби, що потрапляє у споруду, у зв'язку із зниженням освітленості у напрямку входу у водозабір.

Склад і кількість споруд водозабору залежить від:

- профілю траси водозабору;
- віддалі від насосної станції до водозабірної оголовка;
- кількості насосних агрегатів.

В першому наближенні приймають:

- а) для варіантів плану з крутим берегом - два оголовки з двома сифонними лініями і береговим колодязем;
- б) для варіантів плану з пологим берегом - два оголовки з двома самотічними лініями і береговим колодязем;

Схема водозабору. Складається план водозабору на якому вказується витрата транспортуючих ліній при їх кількості z_0 :

$$Q_m = Q_{cm} / z_0, \quad (7.19)$$

або $Q_m = Q_n$ для випадку коли кількість ліній і насосів співпадають.

На плані вказується довжина транспортуючої лінії від оголовка до насосної станції, яка визначається за планом ділянки.

В останньому випадку, користуючись витратою оголовка Q_2 за таблицею 7.7, визначають висоту конструкції H_6 за якою знаходиться відмітка дна розміщення оголовка $\downarrow d.з. = \downarrow 1 - H_6 - a_1$, (a - запас 0.5м).

Таблиця 7.7. Висота водозабірної оголовка

Витрата через оголовки Q_m , л/с	56	100	157	226	307	400
Висота оголовка, H_6 , м	0,84	1,21	1,61	1,94	2,27	2,61

Визначається діаметр транспортуючої лінії за швидкістю



$$V_{mp} = (0.7 \dots 1.5) \text{ м/с.}$$

$$d_{mp} = \sqrt{4 \cdot Q_T / \pi \cdot V_{mp}} \quad (7.20)$$

Приймається найближче стандартне значення d_{mp} за табл. 7.8. після чого уточнюється швидкість потоку води в транспортуючий лінії:

$$V_{mp} = 4 \cdot Q_T / d_{mp} \quad (7.21)$$

Примітка. З точки зору економічності бажано спочатку перевірити найближчий менший стандартний діаметр на допустиму швидкість V_{mp} .

Таблиця 7.8. Параметри сталевих труб

Діаметр, D_u , мм	Межа витрати, q , л/с	Питомий опір, A , $\text{с}^2/\text{м}^6$	Товщина стінки, мм	Маса 1 пог.м, кг
100	8,3...11,8	172,90	4,0	10,26
125	12,0...16,0	76,36	4,0	12,73
150	16,5...21,0	30,65	4,5	17,15
175	21,5...28,5	20,79	5,0	23,31
200	29...47	6,959	6,0	31,52
250	48...72	2,187	7,0	45,92
300	73...104	0,8466	8,0	62,54
350	106...140	0,3731	8,0	72,38
400	142...185	0,1859	8,0	82,50
450	187...236	$99,28 \cdot 10^{-3}$	8,0	92,70
500	238...312	$57,84 \cdot 10^{-3}$	8,0	102,90
600	316...440	$22,62 \cdot 10^{-3}$	8,0	122,70
700	445...580	$10,98 \cdot 10^{-3}$	8,0	140,50
800	590...780	$5,514 \cdot 10^{-3}$	8,0	160,20
900	790...980	$2,962 \cdot 10^{-3}$	8,0	179,90
1000	990...1340	$1,699 \cdot 10^{-3}$	8,0	199,70
1200	1390...1920	$0,6543 \cdot 10^{-3}$	8,0	239,10

Гідравлічний розрахунок оголовка виконується для режиму забору води із водосховища.

Визначається діаметр стояка при стрибковій швидкості молоді риби $V_I = 0,7 \dots 0,8$ м/с.

$$D = \sqrt{4 \cdot Q_T / \pi \cdot V_I} \quad (7.22)$$

Значення D приймається ближчим до стандартного значення сталевого водогону.

Зовнішній діаметр зонтика визначається при розрахунковій



$$V_{mp} = 15 \cdot L_p / 1000, \text{ м/с} \quad (7.23)$$

де L_p - довжина (мм) тіла молоді риби (за завданням):

$$D_3 = \sqrt{1.27 \cdot Q_3 / V_2 + D^2}, \quad (7.24)$$

де D – діаметр транспортуючої лінії.

Робочий діаметр зонтика:

$$D_{роб} = 1.1 \cdot D_3, \quad (7.25)$$

Відстань (ширина) між зонтиком і стояком:

$$b = 0.5(D_{роб} - D), \quad (7.26)$$

Визначаються вертикальні розміри:

- відстань від входу в стояк до верха зонтика: $h_1 = 0.45 \cdot D_{роб}$
- відстань до входу в зонтик: $h_2 = (1.3 \dots 1.5) b$.
- висота зонтика: $H_3 = h_1 + h_2$.
- висота від зонтика до дна водозабору: $h_3 = 0.5 \cdot D_{роб}$.
- висота оголовка: $H_6 = H_3 + h_3$.

Відмітка поверхні розміщення оголовка з врахуванням запасу $a_1 = 0.5$ м визначається за формулою:

$$\downarrow d.з. = \sqrt{1 - H_6 - a_1}. \quad (7.27)$$

7.5. Водозабір з пороеластовим фільтром

Пороеластовий фільтр застосовується для водозаборів насосних станцій з проточним неглибоким каналом.

Конструктивно фільтр виконаний у вигляді решітчастої рами, що заповнена пороеластовими блоками. Рама монтується на колесах для підймання на промивний майданчик. Фільтруючий матеріал - - інертний наповнювач (гравій, керамзит та ін.) і полімерне в'язуче.

Технічна характеристика фільтру. Фільтр має такі параметри:

- середній діаметр наповнювача $d_{сер.} = 1,1 \dots 1,8$ см;
- мінімальна товщина плити $b = 5$ см;
- швидкість фільтрації $U_\phi = < 0,04$ м/с;
- умови застосування - індивідуальна рама на всмоктувальній лінії;

- маса металу 1-го м² площі рами $M_0 = 270$ кг/ м²

Гідравлічний розрахунок. Площа фільтра обчислюється за витратою станції:

$$F = Q_c / U_\phi, \quad (7.28)$$

де U_ϕ - швидкість фільтрації, м/с;



$$U_{\Phi} = k \cdot k_3 \cdot 0,0668 \frac{\sqrt{d_{\text{сер}}}}{b} \sqrt{H}, \quad (7.29)$$

де k - коефіцієнт запасу 0,8 ... 0,9;

k_3 - коефіцієнт засмічення, що дорівнює 0,5;

$d_{\text{сер}}$ - середній діаметр наповнювача, м;

H - діючий напір (втрати напору), що приймаються в межах 0,1 ... 0,3 м;

b - товщина фільтра, що приймається в межах 0,05 ... 0,1 м.

7.6. Русловий камерний водозабір

Русловий камерний водозабір (рис. 7.1.) застосовується при швидкості руху течії більше 0,4 м/с, що забезпечує транспортування малька риби за течією і тому зникає необхідність у влаштуванні рибозахисних пристроїв на водозаборі.

Водозабір складається з наступних споруд:

- руслового двокамерного оголовка;
- транспортуючих ліній (самопливних або сифонних);
- берегового колодязя.

Русловий оголовок. складається з двох камер, що мають змінний поперечний переріз. Витрата через камеру:

$$Q_{\kappa} = Q_{\text{ст}} / 2. \quad (7.30)$$

Швидкість потоку на підході до оголовка приймається в межах $V_{\text{н}} = 0,1 \dots 0,3$ м/с.

Площа водозабірних вікон визначається за умови розміщення на них сміттязатримної решітки з товщиною стрижня ($c = 1$ см) і проміжком між ними ($a = 5$ см):

$$F = 1,25 \cdot k \cdot Q_{\text{тр}} / V_{\text{нр}}, \quad (7.31)$$

де k - коефіцієнт стиснення потоку: $k = (a + c) / a$.

Площа отвору через його висоту (h_0) та довжину (L_0) дорівнює:

$$F = L_0 \cdot h_0. \quad (7.32)$$

Співвідношення між висотою h_0 і довжиною вхідного отвору L_0 приймається $L_0 = 6 \dots 10 \cdot h_0$ і за цієї умови визначається висота водоприймального отвору:

$$h_0 = \sqrt{\frac{F}{(L_0 / h_0)}}, \quad (7.33)$$



а потім його довжина: $L_0 = h_0 (L_0 / h_0)$.

Глибина річки перед оголовком визначається за формулою:

$$h_p = h_3 + p + h_0 + s, \quad (7.34)$$

де h_3 - запас води над оголовком, приймається не менше 0,3 м;

p - висота порогу, що повинна бути не нижчою 0,5 м;

h_0 - висота вхідного отвору;

s - висота конструкції оголовка над вікном, приймається (0.05...0.30) м, більше значення - для оголовків з бетону.

Діаметр або ширина камери визначається за формулою:

$$d_k = 2 \sqrt{\frac{Q_B}{\pi \cdot V_k}}; \quad b_k = \sqrt{\frac{Q_B}{V_k}}, \quad (7.35)$$

де Q_B - витрата через камеру, $Q_a = Q_{ct} / 2$ - для двокамерного оголовка;

V_k - швидкість потоку у камері, приймається:

$$V_k \leq 0,8 \cdot V_B, \quad (7.36)$$

де V_B - швидкість у водогоні.

Діаметр або ширина камери на вході:

$$d_m = 0,4 d_k; \quad b_m = 0,4 b_k, \quad (7.37)$$

Внутрішня ширина двокамерного оголовка:

$$B_k = d_k + d_m + t; \quad B_m = b_k + b_m + t, \quad (7.38)$$

де $t = 0,15$ м - товщина стінки камери.

Відмітка дна камери на виході:

$$\downarrow dk = \downarrow 1 - h_3 - h_0 - s - b_k. \quad (7.39)$$

Транспортуюча лінія. Водогони від берегового оголовка до берегового колодязя можуть виконуватись:

- самопливними, з прямим похилом дна;
- сифонними, коли вони прокладаються в стійких ґрунтах і потребують виконання незначних об'ємів земляних робіт.

Самопливні водогони влаштовують з матеріалів, що не піддаються корозії: залізобетонних, чавунних, азбестоцементних; із сталевих труб - при прокладці під водою. Сифонні водогони прокладають із сталевих труб.

Береговий колодязь. В плані має круглу або овальну форму. В нього виведені транспортуючі лінії від оголовка, а також всмоктувальні лінії насосів. Розміри колодязя приймаються в залежності від кількості всмоктувальних ліній і діаметра вхідного



отвору всмоктувальної лінії: $D_0 = 1,5 \cdot d_v$, де d_v - діаметр всмоктувальної лінії.

Всмоктувальні лінії розташовуються так, щоб були забезпечені допустимі віддалі між всмоктувальними лініями і стінкою камери:

$$a = D_0; \quad c = 2 \cdot D_0, \quad (7.40)$$

а також, віддалі від вхідного отвору до:

- рівня води в камері $h_1 = 2 \cdot D_0$;
- дна камери $h_2 = 0,8 \cdot D_0$.

Після визначення діаметра берегового колодязя перевіряється його розрахункова ємкість W_0 за умови роботи станції протягом 30 ... 35 с.

$$W_0 = (30 \dots 35) Q_c / 1000, \text{ м}^3, \quad (7.41)$$

де Q_c - подача насосної станції, л/с.

Фактична ємкість визначається за формулою через площу колодязя F :

$$W_\phi = (h_1 + h_2)F. \quad (7.42)$$

Розміри колодязя в плані та його площа визначаються в наступній послідовності.

Діаметр входу у всмоктувальну лінію визначається за формулою:

$$D_0 = 1,5 \cdot d. \quad (7.43)$$

Відстань від поздовжньої осі колодязя до осі всмоктувальної лінії при технологічному проході $a = 0,7$ м.

$$b = 0,5D_0 + a. \quad (7.44)$$

Радіус від центра півкруга до осі крайньої всмоктувальної лінії:

$$r = 0,5 \cdot b + \sqrt{0,25 \cdot b^2 + 0,5 \cdot c^2}. \quad (7.45)$$

Внутрішній діаметр круглого або ширина овального колодязя:

$$D_{кол} = 2r + D_0. \quad (7.46)$$

Площа круглого колодязя для всмоктувальних ліній $Z=3$ шт.

$$F = 0,25 \cdot \pi \cdot D_{кол}^2. \quad (7.47)$$

Довжина овального колодязя при $Z > 4$ шт.

$$L = D_{кол} + c \cdot (Z - 3). \quad (7.48)$$

Площа овального колодязя:

$$F_0 = F + D_{кол} \cdot c \cdot (Z - 3). \quad (7.49)$$



План

1. Принципи роботи рибозахисних споруд.
2. Гідравлічний розрахунок струменево-реактивного фільтру.

1. Принципи роботи рибозахисних споруд

Рибозахисні споруди призначені для захисту риб від потрапляння їх на небезпечні ділянки потоку з наступним відведенням до зон, що забезпечують життєвість риб.

Місце водозабору вибирають з урахуванням іхтіологічної характеристики ділянки водотоку до якої входять:

- загальна оцінка рибних запасів;
- дані стосовно міграції риб;
- місця концентрації риби, нагулу та зимування;
- розподіл риби в зоні водозабору.

Рибозахисні споруди та пристрої розділяють на чотири групи.

Перша – *механічні загороджувачі* у вигляді решіток, фільтрів із різних матеріалів, фільтруючих водозаборів, сітчастих загороджувачів у вигляді плоских сіток, сіток з рибовідводом, сітчастих барабанів і конусних фільтрів.

Другу групу складають *гідравлічні загородження* у вигляді струмино напрямлених пристроїв (запань), що спрямовують потік риби у безпечне місце.

Третя група – це *фізіологічні системи*, що перешкоджають потраплянню риби до водозабору, до яких відносять: електричні загороджувачі у вигляді системи електродів, що підвішені до поплавків; повітряно-бульбашкові завіси, що утворюються при подачі у перфоровану трубу стисненого повітря за допомогою компресора.

Четверта група – *гідродинамічні системи*, що складаються із напірних сопел, струмені води з яких утворюють потік, що захоплює рибу і відводить її у потрібну зону.

Принцип роботи найбільш поширених пристроїв описані нижче.

Плоска сітка з рибовідводом (рис. 8.1, а) застосовується на водозаборах з витратою 10-15 м³/с. Основним елементом рибозахисного пристрою є сітчасте полотно, за яким розміщується промивний пристрій 2, що складається з візка, який рухається за допомогою електродвигуна, лебідки з тросом та флейти, в яку подається вода для промивання сітчастого полотна. Відводиться риба і сміття із зони водозабору каналом 3.

Струмо-реактивний рибозахисний пристрій (рис. 8.1, б, в) складається із каркаса 1, в якому обертається флейта 2 (трубчаста рамка Φ - подібної форми) на центральних опорах 4. Каркас барабана обтягнутий сіткою 1 із нержавіючої сталі або латуні з чарунками розміром 1x1 або 2x2 мм. В бічних стійках флейти просвердлені під кутом отвори з яких під тиском витікають струмени води. Вони змивають сміття із сітки і відводять рибу від сітчастого барабана.

Через верхню частину барабана від насоса трубою 3 подається вода у флейту, що рухається за принципом сегнерового колеса – реактивною тягою, яка утворюється при витіканні струмени води із флейти. Для цього вісь отворів флейти зміщені на кут до 10^0 від площини, яка проходить через середину флейти. При цьому між напрямом струмин, що витікають із протилежних стінок флейти, утворюється плече сил, яке обумовлює виникнення крутного моменту, що обертає флейту вздовж сітчастого полотна 1.

Зонтичний рибозахисний пристрій (рис. 8.1, г) – розміщують у придонних горизонтах водосховища, де концентрація риб мінімальна. Пристрій виконаний у формі циліндра 1, або коробка з верхньою кришкою, що встановлений на вертикальну частину всмоктувальної лінії 2. Вода забирається з придонного шару водосховища і рухається в циліндрі з малою швидкістю, що дає змогу рибі вчасно залишити потік води, що рухається. З циліндра 1 вода забирається всмоктувальною лінією насоса.

У *касетному рибозахисному пристрої* (рис. 8.1, д) фільтруючим матеріалом може бути гравій, керамзит, щебінь якими заповнена внутрішня порожнина металевої рами, що обтягнена з двох боків металевою сіткою.

Рама з фільтруючим матеріалом утворює водоочисну касету 2, яка розміщується в одному з двох пазів водозабору. При роботі споруди тверді частки, що знаходяться у воді, затримуються на фільтрі, зменшуючи його фільтруючу здатність. При цьому збільшуються втрати напору і при перевищенні їх заданої величини на 0,2 - 0,3 м необхідно замінити касету на іншу. Її транспортують на спеціальний майданчик де висипають фільтруючий матеріал, який потім промивають. Підготовлену касету зберігають до чергової заміни відпрацьованої касети.

Засипні фільтрувальні елементи можна замінити пороеластом або пористим бетоном. Очищують засмічені пороеластові плити продуванням або промиванням.

Пороеластові плити доцільно застосовувати при водозаборі із каналу з малими глибинами потоку.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

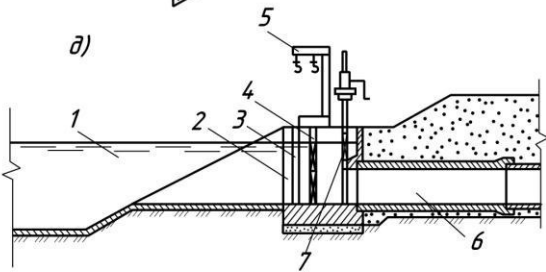
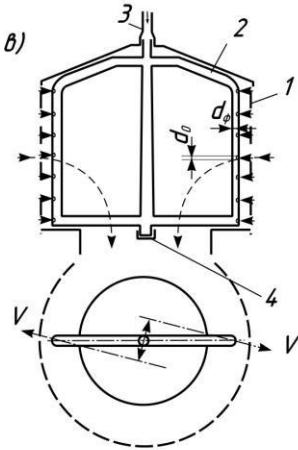
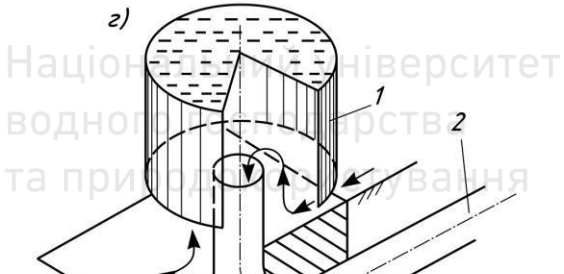
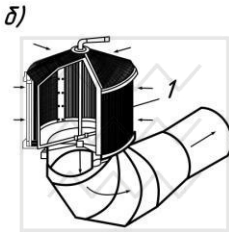
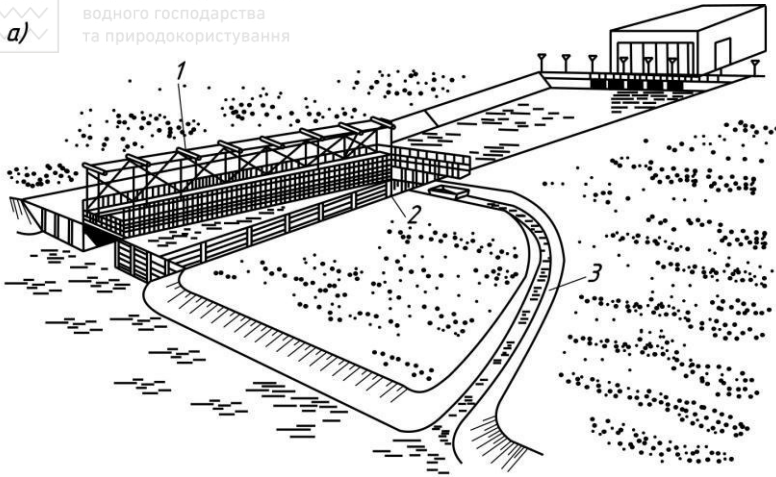


Рис. 8.1. Рибозахисні споруди

2. **Гідралічний розрахунок струменево-реактивного фільтра.**

Визначається критична швидкість V_p потоку, що долається мальком риби довжиною L_p (мм);

$$V_p = (10...15) \cdot L_p / 1000, [\text{м/с}]. \quad (8.1)$$

Площа поверхні фільтра:

$$F = Q / V_p. \quad (8.2)$$

Вибирається співвідношення між висотою і діаметром циліндра $\beta = h/D = 0,7...0,8$ і визначається послідовно діаметр і висота фільтра:

$$D = \sqrt{4 \cdot F / (\pi \cdot \beta)}; \quad h = \beta \cdot D \quad (8.3)$$

Вибирають діаметр промивного отвору флейти $d_o = 3...6$ мм і кількість пліч флейти $Z_o = 2$ або $Z_o = 4$ шт.

Розрахунок витрати промивної води виконується за формулою:

$$q = \xi \cdot \varphi \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} \cdot \frac{Z_o \cdot h}{t} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (8.4)$$

де ξ - коефіцієнт стиснення струмини, рівний 0,7;

φ - коефіцієнт швидкості, рівний 0,97;

d_o - діаметр промивного отвору (3...6) мм;

Z_o - кількість пліч флейти (2 або 4 шт.);

h - висота стінки флейти;

t - віддаль між промивними отворами (30...50) мм;

H - напір у промивній лінії (15...20) м.

Примітка: Значення d_o , h і t підставляються в метрах.

Діаметр труб флейти визначається при швидкості води $V_\Phi = (3...5)$ м/с;

$$d_\Phi = \sqrt{\frac{4 \cdot q}{\pi \cdot Z_o \cdot V_\Phi}}. \quad (8.5)$$

Стандартний діаметр водогазової труби вибирається із рядка: 15, 20, 25, 32, 40, 50 мм.



План

1. Призначення та конструкції водовипускних споруд.
2. Клапани зриву вакууму.

9.1. Призначення та конструкції водовипускних споруд

Водовипускна споруда – споруда, яка з'єднує напірний водогін з каналом, або напірним басейном зрошувальної насосної станції, або – з водоприймачем осушувальної насосної станції.

Водовипускна споруда повинна забезпечити:

- з'єднання напірних водогонів з каналом;
- розподіл потоку між відкритими каналами.
- плавний випуск води із напірного водогону з малими втратами напору, та гасіння кінетичної енергії потоку, що виходить із водогону в канал;
- відключення водогону при зупинці насоса або при розриві напірного водогону;
- випуск повітря із водогону при заповненні його водою;
- впуск повітря у водогін при зупинці насоса з метою попередження утворення вакууму у водогоні для захисту його від сплюснення.

Умови застосування водовипускної споруди:

- водовипускна споруда із *зворотним клапаном* (рис. 9.1,а) застосовується при техніко-економічному обґрунтуванні, тому, що стандартні зворотні клапани розраховані на роботу при значному тиску;
- водовипускна споруда із *багатодисковими* клапанами-хлопавками (7) (рис. 9.1.,б) застосовується при діаметрі водогону, що перевищує 1,2 м включно;
- водовипускна споруда камерного типу із *переливною стінкою* (9) (рис. 9.1.,г) використовується при малих коливаннях рівня води у водовипуску до 0,5-1,0 м;
- *водовипуск сифонного типу* (рис. 9.1.,д) найбільш поширений на гідромеліоративних насосних станціях. Конструктивні особливості споруди – улаштування сифона 11 у вигляді вигнутого вверх коліна, розміщеного вище максимального рівня води, яке при транспортуванні води працює під вакуумом. Захищають сифон від зворотного руху води – впуском повітря через клапан зриву вакууму 10. Повітря розділяє потік води на дві частини між якими знаходиться гребінь сифона, відмітка якого перевищує максимальний рівень води водоприймача не менше ніж на 0,2 м.

Сифонний водовипуск складається з наступних елементів:



сифон – вигнута частина водогону, що знаходиться вище поверхні води;

ключовий переріз – вертикальна і поперечна площина, що проходить через найвищі точки сифону;

висхідна гілка сифона – частина сифонного водовипуску від кінця напірного водогону до ключового перерізу сифона;

низхідна гілка сифона – частина сифонного водовипуску від ключового перерізу до входу у дифузор;

дифузор – кінцева ділянка водовипуску, що забезпечує зменшення швидкості потоку води на виході до 1,5-2,0 м/с;

нижнє коліно – частини низхідної гілки перед входом у дифузор;

гребінь сифона – нижня точка ключового перерізу сифона;

капор сифона – верхня точка ключового перерізу сифона;

клапан зриву вакууму – пристрій для впуску або випуску повітря в сифон, які розділяються на гідравлічні, гідромеханічні та електромеханічні клапани;

стакан – вертикальна трубка гідравлічного клапана зриву вакууму, що розміщена на низхідній гілці сифона або на дифузори;

аераційна трубка – трубка, що розміщена одним кінцем в ключовому перерізі сифона, а іншим – опущена в стакан.

9.2. Клапани зриву вакууму

У сифонних водовипусках застосовують три типи клапанів зриву вакууму:

1. Механічний з електричним приводом;
2. Гідромеханічний, що працює від гідродинамічної дії на лопать потоку, що проходить через сифон;
3. Гідравлічний клапан зриву вакууму, в якому використовується гідродинамічний ефект потоку сифона.

Конструкції гідродинамічних клапанів зриву вакууму показані на рис. 9.2. Клапан виконує наступні функції, які залежать від режиму роботи насоса:

- випуск повітря з водогону при пуску насоса;
- забезпечення герметичності пристрою від підсмоктування повітря із атмосфери при робочому режимі;
- впуск повітря із атмосфери при зупинці насоса.

Переваги гідравлічного клапана зриву вакууму:

- герметичність і надійність споруди;
- відсутність рухомих механічних елементів і простота конструкції;
- мінімум гідравлічних опорів;
- автоматичність в роботі.

Гідравлічний клапан зриву вакууму працює як гідравлічний затвор.

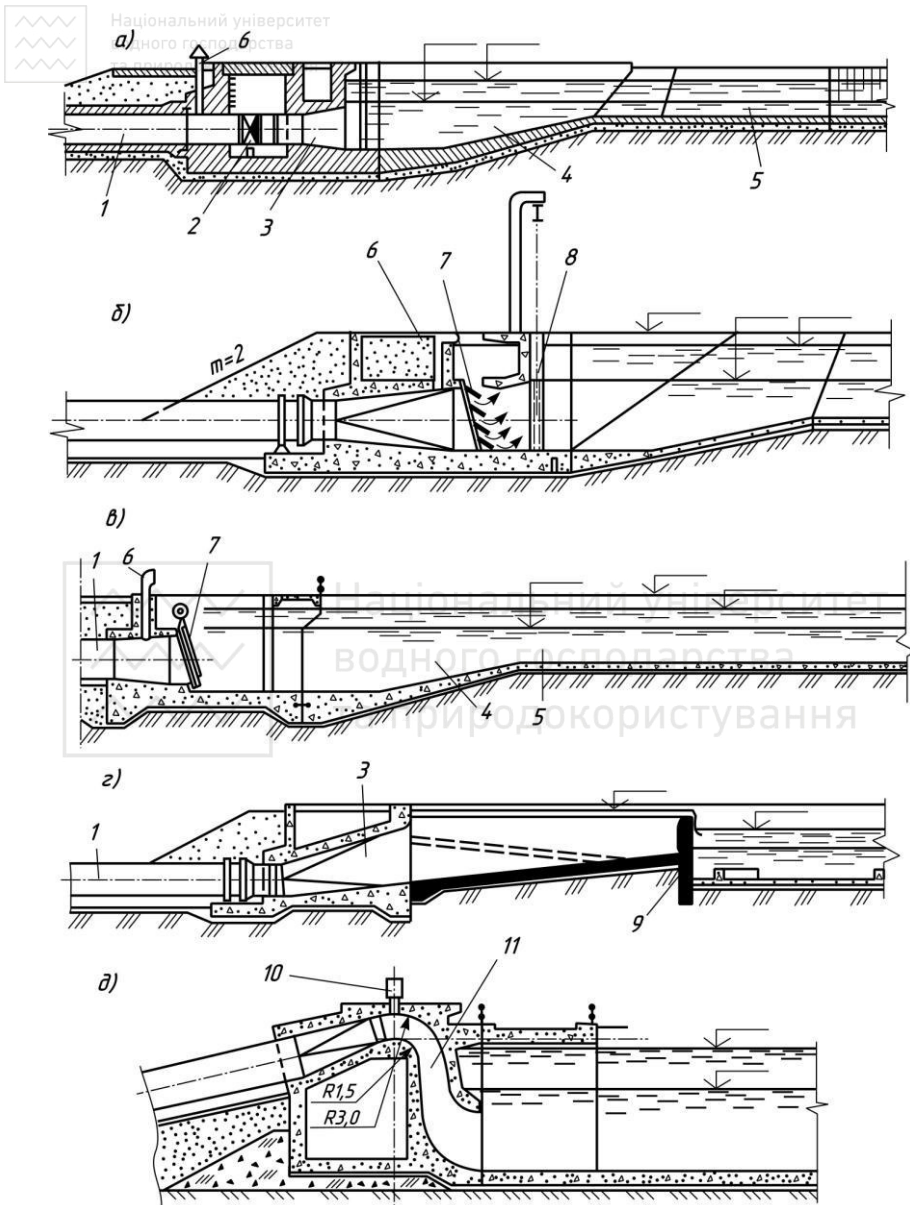


Рис. 9.1. Водовипускні споруди

1-напірний водогін; 2-клавн зворотний; 3-дифузор; 4-напірний басейн; 5-магістральний канал; 6-аераційна труба; 7-клавн-хлопавка; 8-затвор; 9-переливна стінка; 10-клавн зриву вакууму; 11-сифон



Конструктивно ГКЗВ складається із стакана, що з'єднується із сифоном трубками різного функціонального призначення:

- трубка динамічна – сприймає швидкісний напір потоку води;
- трубка аераційна – транспортує повітря;
- трубка аеродинамічна – сприймає швидкісний напір потоку води та почергово транспортує воду та повітря.

Принцип роботи швидкісних трубок (рис. 9.2), наведені в таблиці., для найбільш відповідального режиму роботи – зупинки насоса.

Таблиця 9.1. Принцип роботи швидкісних трубок

Назва пристрою ГКЗВ	Принцип роботи
Сифон з аераційною трубкою (схема „а”)	Вакуум зривається після зниження рівня води в стакані і з'єднання трубки з атмосферою
Сифон з аераційною трубкою та стаканом-п'єзометром (схема „б”)	Робота пристрою аналогічна схемі „а”, але прискорюється момент зриву вакууму, за рахунок опускання рівня води в стакані
Сифон з аераційною та динамічною трубкою (схема „в”)	Робота пристрою аналогічна схемі „б”, але рівень води в стакані при зупинці насоса опускається швидше за рахунок зворотного динамічного напору потоку води у трубці 6 $h = V^2 / 2g$
Сифон з аераційною трубкою та аераційним стояком (схема „г”)	Вакуум зривається при відкриванні засувки на аераційному стояку, трубка 8 призначена для відведення повітря з камери 7
Сифон з аеродинамічною трубкою (схема „д”)	Вакуум зривається після відсмоктування води із стакана за рахунок динамічного напору $h = U^2 / 2g$, з наступним надходженням повітря з атмосфери
Сифон з динамічною та аераційною трубками (схема „е”)	В цій схемі розділений процес транспортування води із стакана та подачі повітря із атмосфери. В порівнянні із схемою „д”: а) прискорюється зниження рівня води в стакані за рахунок більшої швидкості на повороті сифона; б) повітря не змішується з водою і прискорюється утворення порожнини в сифоні.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

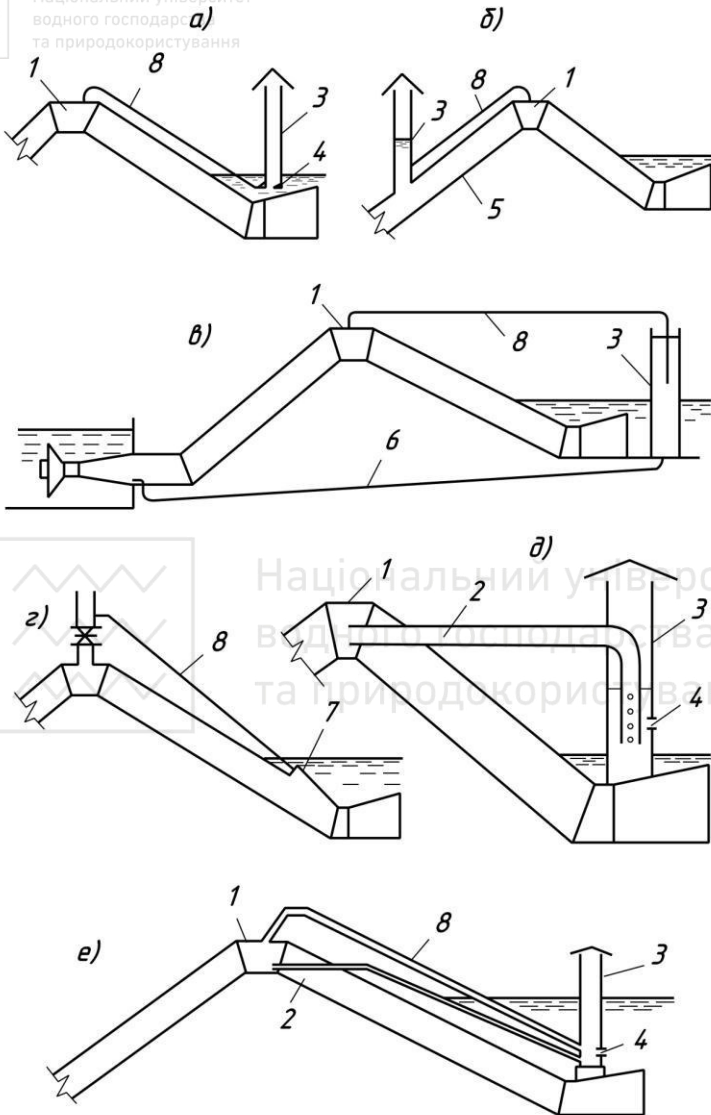


Рис. 9.2. Схеми гідравлічних клапанів зриву вакууму:
1-сифон; 2-швидкісна трубка; 3-стакан; 4-отвір; 5-висхідна гілка;
6-з'єднувальна трубка; 7-карман; 8-повітропровід.



План

А. Польдерні насосні станції

1. Терміни.
 2. Склад споруд.
 3. Дамби обвалування.
 4. Параметри насосної станції.
 5. Гідромеханічне устаткування та його режими роботи.
 6. Конструкції насосних станцій.
- Б. Насосні станції водопостачання I-го та II-го підняття

А. Польдерні насосні станції

10.1. Терміни

Аванкамера – розширена та заглиблена частина підвідного каналу перед насосною станцією.

Амплітуда відкачувань води – висота зниження рівня води в голові магістрального каналу, яка приймається:

1. За умови допустимої мінімальної роботи насоса (не більше 1-2 вмикань за годину);
2. За умови стійкості укосів каналу;

Водоприймач – річка, канал, озеро або інша водойма у яку відводяться надлишкові води.

Гідравлічний клапан зриву вакууму – пристрій для впуску (випуску повітря) із сифона, що складається із імпульсної трубки з'єднаної одним кінцем із сифоном, а іншим із стаканом, причому в *робочому режимі* вихід імпульсної трубки повинен бути затопленим для утворення гідравлічного замка, а в *режимі зупинки насоса*, через нижній кінець імпульсної трубки повинно засмоктуватись повітря із атмосфери.

Дамба обвалування – гідротехнічна споруда, що захищає від затоплення прилеглі землі річок, озер, водосховищ, морів, океанів.

Канал магістральний – головний канал, що транспортує воду із осушувальної системи у водоприймач (річка, озеро).

Клапан зриву вакууму – пристрій, що розміщується на сифоні для впуску в нього повітря в *режимі зупинки насоса*.

Наливний басейн – водойма, що влаштована біля насосної станції і заповнюється водою в період повені або паводка, з наступним використанням води в посушливі пори року.

Насосна станція осушувальна – насосна станція, що перекачує дренажний стік і поверхневі води з осушувального масиву.

Насосна станція польдерна – насосна станція, що забезпечує регулювання водного режиму польдера.

Польдер – замкнена територія, низові узбережжя морів та озер, що захищені дамбами від затоплення водою під час повеней або паводків і мають штучні системи машинного водовідведення.

Польдер затоплюваний (літній) – польдер, що може затоплюватись максимальними паводковими водами розрахункової забезпеченості.

Польдер незатоплюваний (зимовий) – польдер, що не затоплюється максимальними паводковими водами розрахункової забезпеченості.

Польдерна осушувальна система – сукупність гідромеліоративних споруд яка складається, крім меліоративної мережі, споруди для скиду надлишкової води, захисних (огорожувальних), споруд у вигляді дамб обвалування.

Регулююча ємність – об'єм води, що накопичується в каналі, аванкамері або приймальному басейні, що забезпечує: а) зниження швидкості опускання рівня води в магістральному каналі; б) зменшення на укис каналу гідродинамічної дії ґрунту, насиченого водою; в) збільшує тривалість циклу роботи насосної станції, що зменшує кількість пусків насосів за годину.

10.2. Склад споруд

Польдерні системи (системи з машинним підняттям води) проєктуються при осушенні затоплюваних територій, коли самопливом скинути воду неможливо.

Особливостями польдерних систем є:

- коротка траса напірних водогонів;
- мала висота підняття води від 2...4 до 8...12 м;
- значні коливання рівня води водоприймача 1...3,0 м;
- нерівномірне відкачування води протягом року;
- коротка тривалість відкачування води з максимальною подачею.

Основним елементом польдерної системи є огорожувальна дамба для захисту огорожувального масиву (житлових і виробничих будівель) від максимальних паводкових вод, або від підтоплення під час вегетаційного періоду для культур сільськогосподарського призначення.

Польдерні системи бувають: односторонньої дії і водооборотними

(рис. 10.1);

Водооборотна польдерна система забезпечує:

- перерозподіл місцевого стоку;
- багаторазовий оборот води;
- захист водоприймача від забруднення дренажними водами;
- повторне використання поживних елементів із зібраної води.

Склад споруд польдерної насосної станції залежить від типу осушувальної системи і наведений в табл. 10.1;

Таблиця 10.1. Склад споруд польдерної насосної станції (рис. 10.1)

Гідротехнічні споруди польдерної системи односторонньої дії	Гідротехнічні споруди польдерної водооборотної системи
<p>Дамба обвалування Магістральний канал Аванкамера із водозабором Будівля НС Напірний водогін Сифонний водовипуск</p>	<p>Дамба обвалування Магістральний канал Аванкамера із водозабором Будівля НС Напірний водогін Сифонний водовипуск Наливний басейн Розподільчий колодязь Сифонний водоскид</p>

Склад споруд насосної станції визначає її режим роботи – відкачування води для системи односторонньої дії, відкачування води і обводнення, або зрошення для водооборотної системи.

10.3. Дамби обвалування

Відмітка гребеня дамби зимового польдера визначається за умови незатоплення дамби при паводковому розрахунковому рівні води водоприймача (річки, озера) 1% або 5% забезпеченості з урахуванням:

- висоти нахату вітрової хвилі на укіс дамби;
- висоти вітрового нагону;
- конструктивного запасу не менше 0,5 м для зимових і 0,3 м для літніх польдерів.

За умови, що ширина водного потоку при пропусканні розрахункової витрати не перевищує 500 м, значення вітрового нагону та нахату хвилі приймається 0,1...0,2 м.

Поперечний переріз дамби приймають виходячи з її висоти та геотехнічних властивостей ґрунтів.

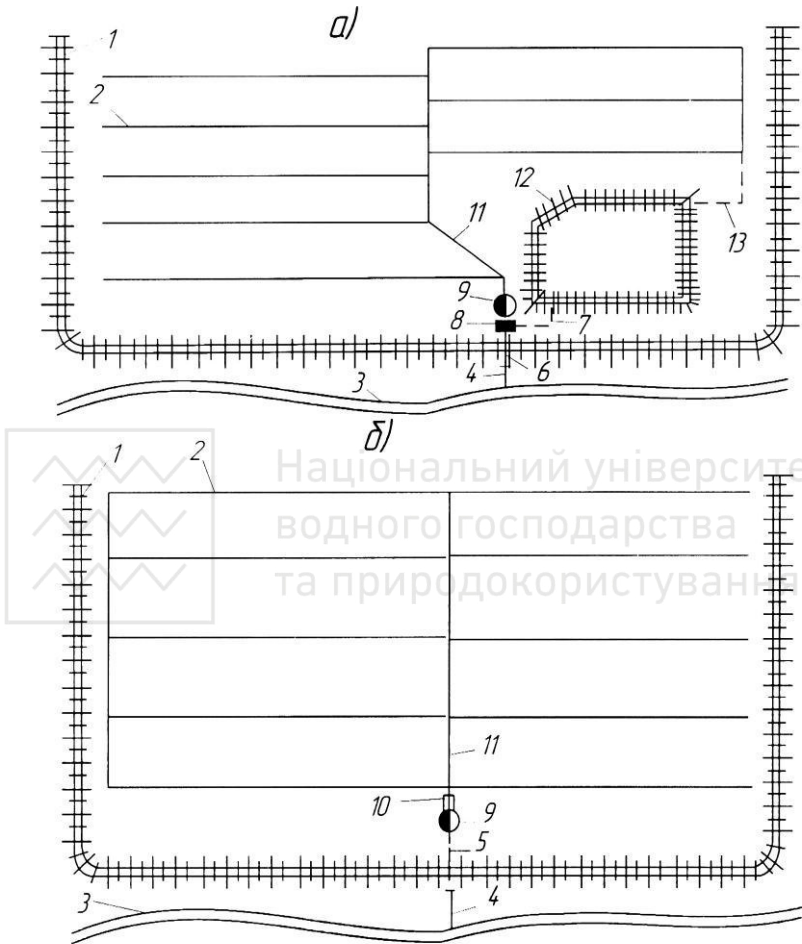


Рис.10.1. Схеми польдерних насосних станцій:
1 – польдер; 2 – канал; 3 – річка; 4 – канал відвідний; 5 – сифонний водовипуск; 6 – сифонний водоскид; 7 – водогін; 8 – розподільчий колодязь; 9 – будівля НС; 10 – аванкамера; 11 – магістральний канал; 12 – наливний басейн; 13 – водогін



Рис. 10.2. Схема споруд польдерної насосної станції:

- 1 – магістральний канал; 2 – водозабірна споруда; 3 – абанкамера; 4 – дільця насосної станції;
- 5 – напірний водогін; 6 – сифонний водовідпуск; 7 – дамба обвалування; 8 – випускний басейн;
- 9 – випускний канал



Ширина гребеня дамби при її висоті більше 1,5 м повинна бути не меншою 3,0 м, а при висоті дамби <1,5 м – не меншою 1,0 м. При влаштуванні дороги ширина гребеня приймається не меншою 4,5 м. Закладання укосів дамби у табл. 10.2.

Таблиця 10.2. Закладання укосів берегових дамб

Дамби із глини, суглинків і важких супісєй		Дамби із пісків і легких супісєй	
Верховий укіс	Низовий укіс	Верховий укіс	Низовий укіс
1	2	3	4
1-2,5	1-2,0	2,5-3,0	1,5-2,5

10.4. Параметри насосної станції

Подача насосної станції визначається за формулою:

$$Q = q \cdot F, \quad (10.1)$$

де: q – модуль відкачування, який наведений у табл. 10.3;

F – площа польдера, га;

Таблиця 10.3. Розрахункові модулі відкачування для Поліської зони

Площа польдера, га	150-300	300-500	500-1000	1000-1500	1500-1800
Модуль, л/с-га	1,7-1,5	1,5-1,35	1,35-1,15	1,15-1,0	1,0-0,9

Для раціональної роботи насосів, що відкачують змінний стік, на насосній станції рекомендується встановити декілька насосів з різними співвідношеннями подач – табл. 10.4.

Таблиця 10.4. Кількість агрегатів і співвідношення подач насосів

Подача насосної станції, м ³ /с	Кількість агрегатів, n	Співвідношення подач насосів
1,5-2,0	2	1:2 або 1:3
2-3	3	1:2:2 або 1:3:3
>3	4	1:1:2:2 або 1:1:3:3

За умови встановлення однакових насосів в кількості n подача насоса визначається за формулою:

$$H = Q / n, \quad (10.2)$$



При роботі насосної станції в маловодний період року виникає потреба частих пусків і зупинок насосів, а це призводить до прискорення зносу устаткування насосної станції. Для зниження частоти пусків насосу за годину влаштовують регулюючу ємкість, в якій попередньо накопичується дренажна вода, яка потім відкачується.

Напір насоса визначається за максимальним напором насосної станції:

$$H = H_z + h_w, \quad (10.3)$$

де основною складовою є геодезичний напір H_z , а втрати напору h_w складають 0,5-1,0 м.

На геодезичний напір впливають умови роботи сифонного водовипуску, які визначаються коливанням рівня води у водоприймачі:

$$KP = \downarrow GB - \downarrow MP, \quad (10.4)$$

де: $\downarrow GB$ – відмітка паводкового рівня розрахункової забезпеченості;

$\downarrow MP$ – відмітка мінімального рівня води у аванкамері (водозабірній споруді) насосної станції;

При $KP > 1,5$ м сифони насосної станції розряджені через непрацездатність типових конструкцій клапанів зриву вакууму.

У цьому випадку рівень води у верхньому б'єфі визначиться як для водоскиду, тобто рівнем води на гребені сифона.

$$\downarrow GBV = \downarrow GC + h_{кр}, \quad (10.5)$$

де $\downarrow GC$ – відмітка гребеня сифона, яка приймається вище максимального рівня води на $a=0,2$ м;

$h_{кр}$ – критична глибина потоку, яка визначиться через комплекс:

$$P = Q / r^2 \sqrt{r};$$

де r – радіус водогону;

У табл. 10.5. комплексу $Q / r^2 \sqrt{r}$ відповідає безрозмірне значення критичної глибини h/r .

Тоді критична глибина потоку визначиться через радіус труби:

$$h_{кр} = (h/r) \cdot r. \quad (10.6)$$

З урахуванням особливостей роботи сифонного водовипуску геодезичний напір насосної станції визначиться за формулами, що наведені в табл. 10.6.

Таблиця 10.5. Гідравлічні елементи круглих труб

$\frac{h}{r}$	$\frac{Q}{r^2 \cdot \sqrt{r}}$	$\frac{h}{r}$	$\frac{Q}{r^2 \cdot \sqrt{r}}$	$\frac{h}{r}$	$\frac{Q}{r^2 \cdot \sqrt{r}}$
0,25	0,285	0,85	3,05	1,45	8,52
0,30	0,402	0,90	3,40	1,50	9,12
0,35	0,55	0,95	3,77	1,55	9,80
0,4	0,706	1,00	4,16	1,6	11,1
0,45	0,89	1,05	4,56	1,65	11,2
0,50	1,09	1,1	4,99	1,70	12,0
0,55	1,32	1,15	5,43	1,75	12,9
0,60	1,56	1,20	5,89	1,80	14,0
0,65	1,82	1,25	6,37	1,85	15,4
0,7	2,10	1,3	6,87	1,90	17,3
0,75	2,40	1,35	7,40	1,95	20,8
0,80	2,71	1,4	7,94	2,00	∞

Таблиця 10.6. Розрахунок геодезичного напору насосної станції із сифонним водовипуском

Коливання рівня води у водоприймачі	
КР більше 1,5 м	КР не менше 1,5 м
$H_z = \downarrow GB + a + h_{кр} - \downarrow I$	$H_z = \downarrow GB - \downarrow I$

10.5. Гідромеханічне устаткування та режими його роботи

Параметри польдерних насосних станцій характеризуються малими напорами 1...5 м і широким діапазоном подачі. Цим умовам відповідають осьові насоси, які працюють на індивідуальні водогони.

Напірні характеристики насосів можуть бути подані у вигляді аналітичних залежностей:

$$H = H_\phi - S_\phi \cdot Q^2, \quad (10.7)$$

або

$$H = H_\phi - Z \cdot Q - SQ^2, \quad (10.8)$$

де: H_ϕ , S_ϕ , Z , S – коефіцієнти напірних характеристики насоса.

Режим роботи насоса є результатом його взаємодії з водогоном. Цю взаємодію визначають, розглядаючи сукупну роботу водогону і насоса графічним або аналітичним способом.

При графічному способі визначення подачі напірну характеристику насоса $Q-H$ наносять на характеристику водогону:



$$H_B = H_z + K \cdot Q^2; \quad (10.9)$$

де: K – гідравлічний опір водогону, що складається із суми гідравлічного опору по довжині P та місцевого гідравлічного опору M , які визначаються за формулами:

$$P = A \cdot L; \quad M = \sum \sigma / (2g\omega^2), \quad (10.10)$$

де: A – питомий опір водогону;

L – довжина водогону;

σ – коефіцієнт гідравлічного опору;

g – прискорення сили земного тяжіння;

ω – площа поперечного перерізу водогону; $\omega = \pi d^2 / 4$.

При аналітичному способі визначення режиму роботи насоса сумісно розв'язують рівняння характеристики насоса (10.7) або (10.8), із рівнянням водогону (10.9). Відповідно отримують наступні результати:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_\phi - H_r)}{K + S_\phi}}, \quad (10.11)$$

$$Q = -0.5 \frac{Z}{K + S} + \sqrt{\left(0.5 \frac{Z}{K + S}\right)^2 + \frac{H_\phi - H_r}{K + S}}. \quad (10.12)$$

Для визначення напору необхідно подачу Q підставити у рівняння (10.7) або у (10.8).

10.6. Конструкція насосної станції

При застосуванні осьових насосів їх вісі, як правило, розміщуються нижче мінімального рівня води, тобто під залив. Тому будівля насосної станції з осьовими насосами виконується камерного типу.

Вертикальні осьові насоси встановлюються в сухих камерах, які необхідно обладнати допоміжними системами технічного водопостачання (для подачі чистої води на змашування нижнього підшипника насоса) і дренажною системою для відкачки води із сухої камери.

Основним недоліком камерних будівель насосних станцій з осьовими насосами є:

- складна конструкція підводу води до насоса і недоцільність виконання її в збірному варіанті;
- тривалий термін будівництва;
- низька надійність і складність експлуатації;
- значна трудомісткість монтажних і пускових робіт.



Застосовують на польдерних насосних станціях: а) вертикальні моноблочні насоси марки ОВ5-47МБ, які закріплюють на незатопленій відмітці машинної зали. Це дає змогу відмовитись від постійного кранового обладнання і вести демонтаж агрегата через люк покрівлі будівлі насосної станції; б) заглиблені насоси типу ОПВ і ОМВП, що дає змогу відмовитись від складної конструкції підводу до насоса і перейти до збірної конструкції будівлі насосної станції з мокрою камерою.

Застосування моноблочних заглиблених насосів мають наступні переваги перед насосами інших типів К, Д, В, ОВ:

- зменшення габаритних розмірів і матеріалоемності насосних агрегатів;
- знижують витрати на монтаж;
- прискорення і здешевлення будівництва.

Моноблочні насоси розміщують на укосах каналів або аванкамер; в мокрих камерах або колодязях, у вертикальних колодязях або трубах.

Для зберігання і ремонту насосних агрегатів на пристанційному майданчику насосної станції влаштовують службове приміщення.

Для спрощення схеми підводу води і конструкції будівлі насосної станції при заборі води із водоприймача для подачі її на зволоження осушувальної системи влаштовують конструкцію з двома рядами трубчастих колодязів, або в залежності від режиму роботи насосної станції; або в перший ряд (режим відкачки), або в другий ряд (режим зволоження).

Б. Насосні станції водопостачання I-го та II-го підняття

Насосна станція водопостачання I-го підняття забирає воду із природного джерела (річки, водосховища, озера) і подає її на систему очищення, з якої самопливом вона транспортується у резервуар чистої води.

Особливості насосної станції I-го підняття:

- рівномірність подачі води протягом доби, що дає змогу працювати з мінімальною кількістю насосів;
- встановлення резервного насоса для забезпечення надійного водопостачання;
- трасування напірної лінії із декількох водогонів, для підвищення рівня надійного транспортування;
- улаштування ремонтних ділянок на напірних водогоних, шляхом



перемикання їх між собою для забезпечення аварійної подачі води в кількості не менше 70% від нормальної.

Насосна станція водопостачання II-го підняття забирає воду із резервуара чистої води (РЧВ) і подає її у водонапірну башту, а з неї самопливом транспортується споживачу.

Особливості насосної станції II-го підняття:

- нерівномірний забір води із РЧВ протягом доби згідно графіка водопостачання;
- збільшення розрахункової витрати води на її транспортування за рахунок протипожежних потреб;
- обмеження відбору води із РЧВ на господарсько-технологічні потреби;
- розміщення в будівлі насосної станції двох груп насосів для водогосподарських та протипожежних потреб. Подача протипожежних насосів забезпечує також господарсько-технологічні потреби.



національний університет
водного господарства
та природокористування



Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки

Практичне заняття 1. Гідравлічні параметри насосної станції

1. Для зрошуваного поля визначають ділянки з постійною витратою;
2. Ділянки нумерують починаючи від насосної станції;
3. Для кожної ділянки визначають: довжину, витрату, діаметр труб, гідравлічний похил та втрати напору;
4. Розраховують п'єзометричні рівні води від двох ділянок, що сходяться у вузол закритої мережі, а потім визначають місце розташування диктуючого гідранта;
5. Визначають розрахункову трасу закритої мережі для якої розраховують п'єзометричний рівень води біля насосної станції.

Література.

Визначення напору насосної станції [24, стор 5-10].

Практичне заняття №2. Вибір марки насоса

1. За подачею та напором насосної станції визначають параметри насосів при різній їх кількості за якими вибирають його марку та число обертів;
2. Для кожного варіанта марки насоса вибирають його параметри: діаметр робочого колеса, робочу зону за подачею, коефіцієнти напірної характеристики, діаметри патрубків;
3. Розраховують: робочий напір насоса, його відхилення від заданих параметрів, коефіцієнт завантаження насоса за подачею та встановлюють оптимальний варіант марки насоса.

Література.

Добір гідромеханічного обладнання [24, стор 110-12].

Практичне заняття №3. Сумісна робота насосів та закритої мережі

1. Визначають параметри насоса з обточеним колесом.
2. Розраховують координати напірної характеристики насоса та значення параметрів контрольної точки, що відповідає подачі насоса.



3. За правилами побудови характеристик паралельної роботи насосів будують сумарний графік роботи двох, трьох і т.д. насосів.

4. На сумарний графік роботи насосів наносять характеристику закритої мережі та визначають параметри насосної станції при різній кількості насосів.

Література.

Побудова графіка сумісної роботи насосів та закритої мережі [24, стор 16-17].

Практичне заняття №4. Визначення відмітки вісі насоса

1. Складають гідравлічну схему розташування насоса.

2. Вибирають розрахункову подачу насоса, для якої: обчислюють кавітаційний запас насоса Δh ; геодезичну висоту всмоктування та відмітку вісі насоса в першому наближенні.

3. Визначають: відмітку підлоги машинної зали, висоту підземної частини будівлі, та її тип.

Література.

Визначення відмітки вісі насоса [24, стор 17-19].

Практичне заняття №5. Схема станційних комунікацій

1. Для марки насоса та вибраного в першому наближенні його висотного розташування складають схему всмоктувальних і напірних станційних комунікацій.

2. Розраховують діаметри труб та узгоджують їх із стандартними значеннями.

3. Вибирають коефіцієнти місцевих опорів, визначають втрати напору в окремих вузлах і всмоктувальній лініях, за якими обчислюють їх гідравлічні опори.

4. Вибирають трубопровідну арматуру.

5. Уточнюють відмітку вісі насоса.

Література.

Добір станційних комунікацій [24, стор 19].

Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті ємкості

Практичне заняття №6. Електротехнічне обладнання

1. Визначають розрахункові параметри двигунів (Q , H , η).

2. Розраховують потужність привода насосів.



3. Вибирають марки електродвигунів.

4. Складають ескізи агрегатів.

Література.

Електротехнічне обладнання [24, стор 19-20].

Практичне заняття №7. Допоміжне технологічне устаткування

1. Визначають за графіком сумісної роботи граничні параметри допоміжного насоса та максимальний і мінімальний тиск.

2. Добирають водоповітряний резервуар та розраховують об'єми повітря при граничних тисках.

3. Розраховують регулюючу ємкість резервуара, час його наповнення і спорожнення та кількість включень допоміжного технологічного насоса за годину.

Література.

Пневматичне обладнання [24, стор 24-26].

Практичне заняття №8. Допоміжні системи

1. За типом будівлі насосної станції визначають склад допоміжного обладнання: вакуумних установок та дренажних насосів, вантажопіднімального обладнання, компресорів.

2. Розраховують параметри вакуумної системи та добирають гідромеханічне обладнання.

3. Розраховують параметри дренажної системи та добирають дренажні насоси.

Література.

Визначення параметрів та добір допоміжного обладнання [24, стор 21-24].

Практичне заняття №9. Визначення розмірів будівлі

1. Для заданого типу будівлі насосної станції складають схему компонування обладнання в трьох проекціях: план, поздовжній та поперечний переріз.

2. Визначають розміри агрегатів та технологічних проходів.

3. Складають розмірний ланцюг для визначення ширини, висоти та довжини будівлі та розраховують розміри будівлі.

4. Добирають стандартні розміри будівлі.

Література.

Визначення основних розмірів будівлі насосної станції [24, стор 32-35].

Практичне заняття №10. Техніко-економічні розрахунки

1. За графіком роботи дощувальних машин визначають: а) подачу станції; б) кількість працюючих насосів; в) подачу насосів; г) напір станції; д) потужність станції; е) енергію, яку споживає станція; є) об'єм поданої води.

2. Розраховують капітальні вкладення та річні витрати на експлуатацію станції.

3. Визначають техніко-економічні показники.

Література.

Техніко-економічні показники насосної станції [24, стор 40-46].

4. ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Задача №1. Підібрати допоміжне обладнання для насосної станції наземного типу, що обладнана насосами з подачею $Q_H = 140$ л/с, і відміткою вісі 210 м, яка забирають воду з берегового колодязя при горизонті води 207 м.

Задача №2. Визначити параметри допоміжного обладнання для насосної станції камерного типу з розміром машинної зали в плані 9,0х30,0 м в якій розміщені чотири відцентрових насоси типу «Д». Характерні відмітки підземної частини: монтажний майданчик – 308,0 м; дно підземної камери – 305,0 м; дно дренажного колодязя – 303,0 м; рівень ґрунтових вод – 307,0 м.

Задача №3. Визначити подачу осушувального насоса насосної станції блочного типу, яка обладнана затворами розміром 2,0х3,0 м, а підвідна труба місткістю $W=20$ м³ осушуються за час $T = 4$ год..

Задача №4. Визначити розмір річкового водозабору для відбору води в кількості $Q = 600$ л/с при швидкості потоку води $V = 0,3$ м/с.

Задача №5. Визначити глибину берегового колодязя насосно станції наземного типу для відбору води із двох транспортуючих ліній чотирма насосами типу «Д» з подачею 120 л/с кожного насоса.

Задача №6. Розраховувати тривалість роботи пневматичної системи при заповненні резервуара з регулюючим об'ємом 3,0 м³, що



встановлений на насосній станції з подачею 400 л/с, яка обладнана допоміжним насосом з діапазоном подач 16 - 30 л/с.

Задача №7. Визначити глибину приймального колодязя насосної станції, яка розміщена на рівні 170,0 м, і обладнана трьома насосами з подачею кожного 140 л/с, які забирають воду з відмітки 166,0 м.

Задача №8. Визначити висоту наземної частини будівлі насосної станції, яка обладнана насосними агрегатами висотою 1300 мм з масою 1700 кг.

Задача №9. Добрати основні насоси для насосної станції підкачки, з напором $H = 80$ м, яка забезпечує роботу шести дощувальних машин і з сумарною витратою $Q = 600$ л/с.

Задача №10. Визначити розміри фільтруючого водозабору для насосної станції, що обладнана трьома насосами при подачі кожного 160 л/с.

5. ПИТАННЯ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАТЬ

Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки

1. Диктуючий гідрант на зрошувальній ділянці;
2. Розрахункова траса на зрошувальній ділянці;
3. Параметри характеристики закритої зрошувальної мережі;
4. Напір насосної станції підкачки;
5. Параметри автоматизації насосної станції підкачки;
6. Вибір марки насоса;
7. Сумісна робота насосів і закритої мережі;
8. Розрахункова подача насоса;
9. Висота всмоктування насоса та його розміщення;
10. Станційні комунікації насосної станції;
11. Пневматична система насосної станції;
12. Вакуумна система насосної станції;
13. Дренажна система насосної станції;
14. Вантажопіднімальне обладнання насосної станції;
15. Режими роботи водоповітряного резервуара;
16. Робота насосної станції підкачки в черговому режимі;
17. Гідродинамічні процеси в системі насос-водогін при пуску

насоса;

18. Гідродинамічні процеси в системі насос-водогін при роботі в робочому режимі;
19. Гідродинамічні процеси в системі насос-водогін при зупинці насоса;
20. Призначення та розміщення на водогоні клапана впуску-випуску повітря;
21. Призначення та розміщення на водогоні вантуза;
22. Призначення та розміщення на водогоні клапана-впуску та защемлення повітря;
23. Захист насоса від кавітації;
24. Регулювання подачі насосної станції;
25. Трубопровідна арматура на напірній лінії насоса та її призначення.

Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті емкості

1. Типи зрощувальних насосних станцій;
2. Особливості конструкції будівлі блочного типу;
3. Особливості конструкції будівлі камерного типу;
4. Особливості конструкції будівлі камерного типу з сухою камерою;
5. Особливості конструкції будівлі з мокрою камерою та сухим приміщенням;
6. Конструкція будівлі наземного типу;
7. Умови застосування будівлі наземного типу;
8. Умови застосування будівлі блочного типу;
9. Особливості роботи насосної станції блочного типу;
10. Режими роботи насосної станції підкачки;
11. Елементи крупної насосної станції;
12. Водозабірні споруди берегового типу;
13. Водозабірні споруди руслового камерного типу;
14. Водозабірні споруди зонтичного типу;
15. Водозабірні споруди струмореактивного типу;
16. Рибозахисні пристрої фізіологічної дії;
17. Водовипускні споруди з переливною стінкою;
18. Водовипускні споруди з клапанами на виході;
19. Водовипуск сифонного типу – призначення та конструкція;
20. Гідравлічний клапан зриву вакууму (принцип роботи);



21. Режим роботи водовипуску сифонного типу;
22. Типи польдерних насосних станцій;
23. Екологічне використання скидної води польдерним станціями;
24. Режим роботи насосної станції I-го підняття;
25. Режим роботи насосної станції II-го підняття.

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид навчальної діяльності	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	10
2	Підготовка до практичних занять	10
3	Опрацювання окремих розділів програми не охоплених лекційним матеріалом	18
4	Підготовка до проміжних тестувань	10
5	Підготовка до іспиту	20
	Разом	68

7. КОНТРОЛЬНА ТЕСТОВА ПРОГРАМА

Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки

1. За яким параметром визначається розміщення диктуючого гідранта:

- а) за максимальною віддаленістю від насосної станції;
- б) за максимальною відміткою поверхні землі;
- в) за максимальною відміткою п'єзометричного рівня у вузлах з'єднань польових водогонів.

2. Розрахункова траса - це:

- а) віддаль до найбільш віддаленого гідранта;
- б) найдовший шлях до диктуючого гідранта;
- в) короткий шлях до диктуючого гідранта.

3. Який параметр змінюється у формулі напору насосної станції $H=H_z+h_{cm}+H_e+h$ при зміні кількості працюючих дощувальних машин

- а) H_z ;



- Національний університет
водного господарства
та природокористування
- б) $h_{ст}$;
 - в) h ;
 - г) $H_г$.

4. Геодезичний напір є висота у формулі напору насосної станції:

- а) від осі насоса до основи гідранта;
- б) від рівня води водозабору до основи гідранта;
- в) від рівня поверхні землі насосної станції до основи гідранта.

5. Для розрахунку напору насосної станції, при роботі однієї дощувальної машини, її розміщують:

- а) в центрі зрошувальної ділянки;
- б) в найбільш віддаленій точці зрошувальної ділянки;
- в) в диктую чому гідранті.

6. Які параметри насоса змінюють при виборі варіантів гідромеханічного устаткування:

- а) напір;
- б) подачу;
- в) напір і подачу.

7. З якою метою будується характеристика закритої мережі:

- а) визначення максимального напору насоса;
- б) визначення параметрів насосів;
- в) визначення робочої зони насоса.

8. Після розрахунку витрати насоса $Q_H=Q/Z$ та побудови характеристики одного насоса на закриту мережу Q_I отримали наступні співвідношення:

- 1) $Q_H < Q_I$ (подача в режимній точці);
- 2) $Q_I > Q_{макс}$;
- 3) $Q_H > Q_{макс}$.

Яка витрата буде розрахунковою?

- а) Q_H ;
- б) Q_I ;
- в) $Q_{макс}$;

9. Яку характеристику використовують при розрахунках



геодезичної висоти всмоктування:

- а) $H = H_{\phi} - S_{\phi}Q^2$;
- б) $H_e = H_z + kQ^2$
- в) $\Delta h = EQ^2 + FQ + C$.

10. Геодезична висота всмоктування насоса відраховується від:

- а) підлоги будівлі станції;
- б) поверхні землі пристанційного майданчика;
- в) рівня води водоприймача.

11. При виборі марки насоса за зведеним графіком отримують:

- а) марку насоса і напір;
- б) марку насоса і подачу;
- в) марку насоса та оберти робочого колеса.

12. Будується характеристика $Q-H$ сумісної роботи насоса та водогону для одержання параметрів:

- а) Q та Δh ;
- б) Q та N ;
- в) Q та H .

13. Робочу зону напірної характеристики насоса використовують для визначення:

- а) режимної (робочої) точки насоса Q_I ;
- б) максимальної допустимої подачі Q_{\max} ;
- в) напору насоса при середній подачі Q_n .

14. Внутрішньостанційні комунікації – це:

- а) обладнання та установки насосної станції;
- б) система водогонів від водозабору до магістрального водогону.
- в) система всмоктувальних та напірних труб з трубопровідною арматурою та елементами труб.

15. Яку подачу використовують при розрахунку відмітки вісі насоса:

- а) оптимальну на характеристиці $Q-H$;



б) в режимній точці перетину характеристик насоса та водогону;

в) максимальній в робочій зоні характеристики $Q-H$ насоса та водогону.

16. До довгої всмоктувальної лінії в першому наближенні приєднали два насоса з патрубками $D < d$ (D - діаметр всмоктувального патрубка; d - діаметр всмоктувальної лінії). Необхідно запропонувати раціональний варіант всмоктувальних комунікацій:

- а) насос оснащується засувкою діаметром d і переходом;
- б) насос оснащується переходом і засувкою діаметром D ;
- в) всмоктувальна лінія розміщується нижче рівня води і перед насосом влаштовується перехід.

17. Вказати положення засувки після насоса в автоматизованій насосній станції:

- а) закрита при пусках;
- б) відкрита в робочому режимі;
- в) відкрита в усіх режимах роботи станції.

18. Вказати небажаний ефект після аварійної зупинки насоса:

- а) порушується рівномірність подачі води;
- б) виникає гідравлічний удар при спрацюванні зворотнього клапану;
- г) виникає коливання напруги в електричній мережі.

19. Вказати за яким параметром контролюється робота вакуумної насосної станції:

- а) вакуумом в системі;
- б) рівнем води у вакуум-котлі;
- в) рівнем води у циркуляційному бачку вакуумного насоса.

20. Вказати основну функцію, яку виконує водоповітряний резервуар:

- а) поповнення витоків із закритої мережі;
- б) зниження тиску при гідравлічних ударах;
- в) підтримання тиску в гідравлічній системі.

21. Де розміщується витратомір в насосних станціях підкачки:

- а) за насосом;



- б) на напірному колекторі;
- в) на магістральному водогоні.

22. Що визначає кавітаційний запас насоса Δh :

- а) висоту над підлогою будівлі;
- б) висоту над рівнем води водозабору;
- в) висоту над віссю насоса.

23. Яка трубопровідна арматура працює в робочому режимі системи „насос-водогін”:

- а) клапан впуску-випуску повітря;
- б) вантуз;
- в) клапан впуску і заземлення повітря.

24. Яка трубопровідна арматура працює на напірному водогоні в режимі „Пуск” (зупинки) насоса:

- а) вантуз;
- б) клапан впуску-випуску повітря;
- в) гідрант.

25. Яка трубопровідна арматура працює при зупинці насосної станції:

- а) вантуз;
- б) клапан впуску і заземлення повітря;
- в) клапан впуску-випуску повітря.

Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті ємкості

1. Яка споруда розміщена на виході із напірних водогонів крупної насосної станції:

- а) напірний басейн;
- б) напірний колектор;
- в) резервуар.

2. Який технологічний процес відбувається при відсутності відбору води крупної насосної станції:

- а) зупиняються насоси;
- б) потік води спрямовується у резервні ємкості;



в) вода скидається із протічного тракта.

3. Яке основне призначення авнкамери крупної насосної станції:

- а) зменшення швидкості потоку;
- б) розміщення сміттєзатримувальних решіток;
- в) розподіл води між насосами.

4. Як працює обладнання автоматизованої насосної станції підкачки в черговому режимі.

- а) зменшується кількість основних насосних агрегатів;
- б) зупиняються всі насоси;
- в) працюють періодично допоміжні (бустерні) насоси.

5. Який водозабір не потребує рибозахисних пристроїв:

- а) тупиковий;
- б) річковий камерний;
- в) із магістрального каналу.

6. Вибрати раціональну схему водозабору води із річки, що несе наноси:

- а) улаштування відстійника з промивним пристроєм;
- б) забір води береговими колодзями через верхні вікна;
- в) улаштування ковшового водозабору.

7. Яку екологічну функцію в ідеальному варіанті повинна виконувати водозабірна споруда:

- а) зупинити потрапляння риби у водозабір;
- б) відвести потік риби від водоприймальних отворів;
- в) створити умови для самостійного покидання рибою зони водозабору.

8. Відмітити найбільш небажаний вплив зниження рівня води в аванкамері насосної станції наземного типу:

- а) збільшення напору;
- б) зниження антикавітаційної стійкості насоса;
- в) утворення вихревого шнура перед вхідним отвором всмоктувальної лінії.

9. Яку геодезичну висоту всмоктування мають насоси в будівлі



наземного типу:

- а) додатню;
- б) нульову;
- в) від'ємну.

10. Яку геодезичну висоту всмоктування мають насоси в будівлі блочного типу:

- а) додатню;
- б) нульову;
- в) від'ємну.

11. Який тип насосів розміщують в будівлі наземного типу:

- а) відцентровий горизонтальний;
- б) осьовий моноблочний;
- в) відцентровий вертикальний.

12. Який тип насосів розміщують в будівлі камерного типу з мокрою камерою:

- а) відцентровий горизонтальний;
- б) осьовий моноблочний;
- в) відцентровий вертикальний.

13. Який тип насосів розміщують в будівлі блочного типу:

- а) відцентровий горизонтальний;
- б) осьовий моноблочний;
- в) відцентровий вертикальний.

13. В якому гідромеханічному процесі насосної станції не приймає участь клапан впуску і защемлення повітря:

- а) пуск насоса;
- б) робочий режим системи насос-водогін;
- в) зупинка насоса.

14. Вказати найбільш негативний ефект для водогону при перехідному процесі в:

- а) момент пуску насоса;
- б) момент випуску повітря із водогону;
- в) момент зупинки насоса.



15. Яким чином при пуску вивільнюється повітря із сифона, при середньому положенні імпульсної трубки:

- а) відсмоктується через імпульсну трубку;
- б) переміщується з водою;
- в) витісняється потоком води.

16. Під дією якої сили потік рухається через сифон водовипускної споруди:

- а) під дією тиску насоса;
- б) під дією розрідження (вакуума) у сифоні;
- в) під дією перепаду напору.

17. Які дві основні функції з перелічених виконує водовипускна споруда:

- 1) спряження магістрального водогону з каналами;
- 2) захист від зворотного руху води при зупинці насоса;
- 3) захист від розмиву каналу;
- 4) мінімальні втрати напору на випуск води.

- а) 1 і 2;
- б) 2 і 4;
- в) 3 і 4.

18. Польшерна насосна станція призначена для:

- а) відкачування води з котлованів;
- б) зниження рівня ґрунтових од;
- в) осушення підтоплених земель;

19. Аванкамера польдерної насосної станції це:

- а) ділянка спряження каналу та будівлі насосної станції;
- б) споруда для розміщення очищувальних решіток;
- в) ємкість для накопичення води.

20. Напірні комунікації польдерної насосної станції з осьовими насосами виконуються за:

- а) роздільною схемою;
- б) об'єднаною схемою;
- в) колекторною схемою.

21. Вибрати кращий варіант улаштування водозабірної



польдерної системи для подачі води на зволоження:

- а) перекачування води із річки;
- б) перекачування води із наливного водосховища в межах польдера;
- в) перекачування води із польдерного магістрального каналу з розширеним поперечним перерізом.

22. Який режим роботи характерний для водопровідної насосної станції I та II підняття:

- а) постійний;
- б) змінний;
- в) черговий.

23. Що не є джерелом водозабору для водопровідної насосної станції I-го підняття:

- а) річка;
- б) резервуар;
- в) водосховище.

24. Який тип водозабору влаштовують при відборі води із водосховища:

- а) береговий;
- б) камерний з двох рівнів;
- в) зонтичний тип;

25. Що є джерелом водозабору для водопровідної насосної станції II-го підняття:

- а) річка;
- б) резервуар;
- в) водосховище.



8. КУРСОВЕ ПРОЕКТУВАННЯ

8.1. Тематика і об'єм курсового проекту

Об'єктом проектування є автоматизована насосна станція підкачки (АНСП), яка працює на закриту зрошувальну мережу (ЗЗМ).

Курсовий проект включає пояснювальну записку об'ємом 20...30 сторінок рукописного тексту, який написано з одного боку аркуша форматом А4 (297х210 мм) і одного аркуша креслень форматом А1 (841х594 мм).

Пояснювальна записка повинна включати наступні розділи:

Вступ.

1. Визначення напору насосної станції.
2. Вибір гідромеханічного обладнання і аналіз режимів його роботи.
3. Висотне розміщення насосів
4. Вибір електротехнічного обладнання.
5. Визначення параметрів і вибір допоміжного обладнання насосної станції.
6. Компановка обладнання і визначення розмірів будівлі насосної станції.
7. Водозабірні, сміттєзатримувальні і рибозахисні споруди.
8. Експлуатація насосної станції і водогонів.
9. Техніко-економічні показники насосної станції.

Список використаних джерел.

8.2. Зміст курсового проекту

Вступ

У вступі пояснювальної записки наводяться: склад вузла споруд і коротка характеристика його елементів у відповідності з вихідними даними; визначається категорія надійності насосної станції за подачею води. Як правило, насосні станції підкачки відносяться до 3 категорії надійності подачі води, якщо зупинка їх можлива на період понад двох діб.

1. Визначення напору насосної станції

1.1. Знайти на плані зрошувальної ділянки джерело для відбору води на зрошення; розмістити насосну станцію між зрошувальною ділянкою і джерелом зрошення;

1.2. Скласти схему закритої мережі; пронумерувати ділянки траси водогону і визначити їх довжину; витрату та втрати напору диктуючий гідрант;

1.3. За різною кількістю дощувальних машин та п'езометричним

рівнем біля насосної станції визначити її подачу та її напір.

1.4. Розрахунки звести у таблицю і побудувати характеристику закритої мережі.

2. Гідромеханічне обладнання і режим його роботи

2.1. За витратою закритої мережі визначити варіанти подач насоса, що відповідають їх кількості $Z = 3, 4, 5 \dots$ і т.д і підібрати марки основних насосів;

2.2. Встановити марку основного насоса за рекомендаціями та визначити його параметри при обточеному робочому колесі;

2.3. Визначити параметри та вибрати марку допоміжного насоса.

2.4. Вибрати схему автоматизації насосної станції;

2.5. Побудувати графік напірної характеристики основного насоса, а потім - графіки паралельної роботи двох, трьох і т.д. насосів;

2.6. Побудувати характеристики допоміжних насосів;

2.7. Визначити параметри режимів роботи основних і допоміжних (бустерних) насосів та вибрати розрахункові значення подачі для основного та бустерного насосів.

3. Висотне розміщення насосів

3.1. Визначити кавітаційні параметри насосів, прийняти втрати напору перед насосом та розраховувати в першому наближенні геодезичну висоту всмоктування насоса;

3.2. Скласти схему станційних комунікацій та підібрати трубопровідну арматуру;

3.3. Розрахувати втрати напору у місцевих опорах станційних комунікацій та уточнити відмітку вісі насоса (основного та допоміжного);

3.4. Визначити відмітки підлоги будівлі станції та монтажного майданчика і вибрати тип будівлі насосної станції.

4. Вибір електричного обладнання

4.1. Визначити розрахункові параметри (Q, H, η) основного насоса;

4.2. Визначити розрахункові параметри допоміжного насоса;

4.3. Розрахувати потужності основного і допоміжного насосів;

4.4. Вибрати марки електродвигуна для основного і допоміжного насосів

4.5. Скласти схему агрегата для основного і допоміжного насоса.



5. Допоміжне обладнання

- 5.1. За типом будівлі насосної станції добрати типи допоміжного обладнання.
- 5.2. Розраховуються параметри вакуумної системи та добирається марка вакуумного насоса
- 5.3. Розраховуються параметри дренажної системи та добирається марка дренажного насоса
- 5.4. Для вибраного варіанта монтажної деталі добирають за вантажопіднімальністю кранове устаткування та його розміри.
- 5.5. Приймається місткість водоповітряного резервуара, та визначається: граничні тиски при його заповненні та спорожненні; регулюючу ємкість резервуара та кількість включень допоміжного насоса за годину;

6. Будівля насосної станції

- 6.1. За типом будівлі складається вертикальна схема розміщення обладнання та арматури;
- 6.2. Складається схему розміщення обладнання та арматури в плані;
- 6.3. Складається розмірний ланцюг для визначення ширини будівлі;
- 6.4. Складається розмірний ланцюг для визначення висоти будівлі;
- 6.5. Складається розмірний ланцюг для визначення довжини будівлі;
- 6.6. Приймаються стандартні розміри будівлі.

7. Водозабірні та рибозахисні споруди

- 7.1. Виконати аналіз параметрів джерела водозабору та вибрати водозабірну споруду;
- 7.2. Скласти схему водозабірної споруди;
- 7.3. Визначити розміри водозабірної споруди;

8. Експлуатація насосної станції і водогонів

- 8.1. Експлуатація водозабірної споруди;
- 8.2. Експлуатація трубопровідної арматури;
- 8.3. Експлуатація водогонів.

9. Техніко-економічні показники насосної станції

- 9.1. Виконати водно-енергетичні розрахунки;
- 9.2. Розрахувати капітальні витрати на будівництво насосної

9.3. Розрахувати експлуатаційні витрати на насосну станцію;

9.4. Визначити техніко-економічні показники проекту.

8.3. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки

При виконанні курсового проекту необхідно дотримуватися вимог діючих ГОСТ, ОСТ, ДБН, ТН, а також інструкцій, правил і іншої рекомендованої літератури.

Матеріали, які наводяться у пояснювальній записці, повинні супроводжуватися необхідними рисунками, розрахунковими схемами і таблицями.

Форма надання тексту пояснювальної записки повинна бути від першої особи множини теперішнього часу. Рисунки, графіки виконуються олівцем на міліметровому папері або кальці форматом А4. Дозволяється на одному аркуші розташування декількох рисунків.

Текст повинен бути акуратно написаний синіми, чорними, або фіолетовими чорнилами (пастою) без орфографічних та стилістичних помилок з додержанням наступних відстаней від краю аркуша: ліворуч - 30 мм, праворуч - 10 мм, зверху - 15 мм, знизу - 20 мм.

При виконанні пояснювальної записки немає необхідності переписувати методичні вказівки або підручники, а обмежитися обґрунтуванням прийнятих рішень, розрахунками і висновками по розділах пояснювальної записки.

8.4. Графічна частина курсового проекту

В графічну частину курсового проекту на першому аркуші креслення входять: поздовжній і поперечний розрізи будівлі насосної станції (по основному і допоміжному насосам); план будівлі (для будівель камерного типу план виконується для різних рівнів); поздовжній переріз і план водозабірних, сміттєзатримувальних і рибозахисних споруд, внутрішньостанційні трубопровідні комунікації, пневматичне обладнання, окремі вузли обладнання і споруд. Крім того наводиться специфікація всього обладнання, трубопровідної арматури, контрольно-вимірювальних приладів і збірних залізобетонних елементів.

Проекції будівлі насосної станції і споруд виконуються в масштабі 1:100.

8.5. захист курсового проекту

Допущений до захисту курсовий проект студент подає на захист.

Захист курсового проекту відбувається перед кафедральною комісією в складі двох – трьох викладачів, в тому числі керівника



Під час захисту студент повинен коротко розповісти про зміст курсового проекту, вибраного обладнання, принципи його роботи, а також обґрунтувати вибір застосованих методів розрахунку параметрів і відповісти на запитання.

Опитування проводиться по кресленню і пояснювальній записці з метою виявити, наскільки ґрунтовно студент засвоїв вибрані методи розрахунків. Чи знає принцип роботи споруд та обладнання, екологічні вимоги до водозбірних споруд.

8.6. Контрольні питання до захисту курсового проекту

1. Який гідрант називають диктуючим?
2. Яка траса буде розрахунковою?
3. Які складові напору насосної станції?
4. Як вибирають марку насоса?
5. Як визначають параметри допоміжного насоса?
6. Яке призначення водоповітряного резервуара?
7. Назвати режими роботи насосної станції підкачки.
8. В якому режимі працює допоміжний насос?
9. За якими параметрами автоматизують насосну станцію?
10. Як визначають висоту всмоктування насоса?
11. Як вибирають кавітаційний запас насоса?
12. Яка мета побудови графіку сумісної роботи насосів і закритої мережі?
13. Як визначається тип будівлі насосної станції?
14. Як регулюється подача насосної станції?
15. Яка функція засувки за насосом у станції підкачки?
16. Яку роль виконує стояк на всмоктувальному колекторі?
17. Яку функцію виконує зворотний клапан за насосом?
18. Яка екологічна роль водозабірної споруди?
19. Які параметри насоса використовуються при розрахунку вакуумної системи?
20. Яка роль вакуум-котла у системі заповнення насоса водою?
21. Як контролюється процес підготовки насоса до пуску?
22. Як визначається розрахункова подача насоса?
23. Яка екологічна захисна функція закладена у зонтичну водозбірну споруду?
24. За яким принципом працює струмореактивний фільтр.
25. Яким вимогам повинна відповідати всмоктувальна лінія відцентрованого насоса?



1. Основна література

1. Герасимов. Г.Г. Проективання автоматизованих насосних станцій підкачки. Навчальний посібник-довідник. Рівне.:2005. - 599 с.
2. Гідроаеродинамічні машини та насосні станції. Словник-довідник. / В.А Гурін., Ю.П. Євренко. Під. ред. В.А. Гурина. Рівне.: НУВГП, 2007 – 178 с.
3. Насосы и мелиоративные насосные станции / Петрик А.Д., Подласов А.В., Евреенко Ю.П. Под ред. Петрика А.Д.- Львов: Вища школа, 1987.- 168 с.
4. Насосы и насосные станции / В.Ф.Чебаевский, К.И.Вишневский, Н.Н. Накладнов и др. Под ред. В.О.Чебаевского. - М: Агропромиздат, 1989. - 416 с.
5. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок/ В.В. Рычагов и др. Под ред. В.Ф.Чебаевского. - М.: Колос, 1982.- 320 с.

2. Додаткова література

6. Вишневский К.П., Подласов А.В. Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем: Справочник. – М.: Агропромиздат., 1990. – 93 с.
7. ВСН 33-2.2.12-37. Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования. - М.: Минводхоз СССР, 1988. - 93 с.
8. Эксплуатация насосных станций осушительных систем Украины / А.С. Вельбик, В.М. Григорьев, В.А. Земба и др. – Под ред. В.М. Хорева. – Киев: Урожай, 1995. – 222 с.
9. Энергосбережения при работе насосных станций оросительных систем Украины: Пособие / В.В. Лелявский, А.С. Вельбик, В.Н. Григорьев и др. Под ред. В.М. Хорева. –Киев: Світ, 1999. – 143с.
10. Євренко Ю.П. Практикум з курсу „Насосні станції та водогони”: Навчальний посібник. – Рівне: УДАВГ, 1996. – 115 с.
11. Залуцкий Э.В., Петрухно А.И. Насосные станции, Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов.- К.: Вища шк., 1987.- 167 с.
12. Карасев Б.В. Насосные и воздуходувные станции. – Минск: Вышэй. шк., 1990. – 325 с.
13. Карелин В.А., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учеб. для вузов.- М.: Высш.шк., 1986.- 320 с.

14. Каталог. Насосы, применяемые в мелиорации,- М.: Трест "Росоргтехводстрой", 1988. - 229 с.
15. Лысов К.И. Техническая эксплуатация насосных станций. – М.: Колос, 1979. – 191 с.
16. Петрик О.Д. Насосні станції та водогони: Збірник задач. – Рівне: РДГУ, 2000. – 165 с.
17. СНиП 2.03-85. Мелиоративные системы и сооружения. – М : ЦИИТП Госстроя СССР, 1987.- 59 с.
18. СНиП 2.06.97-87. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбозащитные сооружения. – М.: Минводхоз СССР.
19. Устройство закрытых оросительных систем. Трубы, арматура, оборудование: Справочник/ Дикаревский В.С., Татура А.Е., и др. Под ред. Дикаревского В.С.- М.: Агропромиздат, 1985.- 255с.
20. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы гидравлического расчета водопроводных труб. - М.: Стройиздат, 1934.- 117 с.

3. Інструктивно-методична

21. Герасимов Г.Г. Методические указания к выполнению раздела курсового или дипломного проектов „Автоматизация насосной станции” по дисциплине „Насосные и мелиоративные насосные станции” для студентов спец. 3.10 „Гидромелиорация” дневной и заочной форм обучения.–Ровно, УИИВХ, 1990. – 44 с. /Шифр 042-41/.
22. Герасимов Г.Г. Методичні вказівки для застосування методу активного навчання – ігрового проектування – при виконанні курсового проекту „Автоматизована насосна станція підкачки” студентами спеціальності 7.092603 „Гідромеліорация”. – Рівне, 1998. – 23 с. /Шифр 042-80/.
23. Герасимов Г.Г. Методичні вказівки до виконання розділу курсового або дипломного проекту „Технологічна схема автоматизованої насосної станції підкачки” для студентів спеціальності 7.092603 „Гидромелиорация”. –Рівне, РДГУ, 1999. – 24 с. /Шифр 042-81/.
24. Герасимов Г.Г. Петрик А.Д. Методические указания к выполнению курсового проекта или раздела дипломного проекта „Автоматизированная насосная станция подкачки” по дисциплине „Насосы и мелиоративные насосные станции” для студентов специальности 31.10 „Гидромелиорация” дневной и заочной форм обучения. – Ровно. УИИВХ, 1990. – 51 с. /Шифр 042-39/.

25. Герасимов Г.Г., Петрик А.Д. Методические указания к самостоятельной работе и практическим занятиям с использованием активных методов обучения по курсу „Насосные и мелиоративные насосные станции” для студ. спец. 15.11 „Гидромелиорация”. – Ровно, УИИВХ, 1987. 60 с. /Шифр 042-16/.
26. Герасимов Г.Г., Петрик А.Д. Раздаточный материал к курсовому проекту или разделу дипломного проекта „Автоматизованная насосная станция подкачки” по дисциплине „Насосные и мелиоративные насосные станции” для студ. спец. 31.10 „Гидромелиорация” дневной и заочной форм обучения. – Ровно. УИИВХ, 1990. – 52с. /Шифр 042-39/.
27. Євренко Ю.П., Маковський А.М. Методичні вказівки до розділу „Водозабір на споруда з непроточного джерела” для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 7.092603 – Гідромеліорація та охорона праці і екологія в будівництві. – Рівне, УДАВГ, 1997. – 23 с. /Шифр 042-76/.
28. Євренко Ю.П., Маковський А.М. Методичні вказівки до розділу „Водозабір на споруда з проточного джерела” курсового проекту „Автоматизована насосна станція” для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 7.092603 – Гідромеліорація та 7.0922 – Охорона праці і екологія в будівництві. – Рівне, УДАВГ, 1997. – 23с. /Шифр 042-77/.
29. Евренко Ю.П. Методические указания к самостоятельной работе студентов по курсу „Насосы и мелиоративные насосные станции” на тему „Подбор и расстановка арматуры на закрытой оросительной системе” для студентов спец. 31.10 – „Гидромелиорация”. – Ровно, УИИВХ, 1989. – 34 с. /Шифр 042-33/.
30. Евренко Ю.П. Методические указания по курсу „Насосы и насосные станции” для выполнения раздела дипломного проекта „Проектирование польдерной насосной станции” студентами спец. 31.10 „Гидромелиорация” –Ровно, УИИВХ, 1989. – 39 с./Шифр 042-34/.



Передмова	3
1. Програма предмета навчальної дисципліни.....	7
1.1 Тематичний план та розподіл навчального часу.....	8
1.2 Програмний матеріал блоків змістових модулів.....	8
Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки	8
Тема 1. Параметри насосної станції.....	8
Тема 2. Принципи автоматизації роботи насосної станції.....	8
Тема 3. Допоміжне обладнання насосної станції.....	8
Тема 4. Допоміжні системи насосної станції.....	8
Тема 5. Гідродинамічні процеси в насосних станціях і водогонах.....	8
Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті ємкості	9
Тема 6. Зрошувальні насосні станції.....	9
Тема 7. Водозабірні споруди насосних станцій.....	9
Тема 8. Рибозахисні споруди.....	9
Тема 9. Водовипускні споруди насосних станцій.....	9
Тема 10. Осушувальні і водопровідні насосні станції.....	9
2. Методичні рекомендації до вивчення окремих модулів та тем дисципліни	10
Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки	10
Тема 1. Параметри насосної станції.....	10
Тема 2. Принципи автоматизації роботи насосної станції.....	25
Тема 3. Допоміжне обладнання насосної станції.....	30
Тема 4. Допоміжні системи насосної станції.....	39
Тема 5. Гідродинамічні процеси в насосних станціях і водогонах.....	49
Змістовий модуль 2. Насосні станції що подають воду у відкриті ємкості	56
Тема 6. Зрошувальні насосні станції.....	56
Тема 7. Водозабірні споруди насосних станцій.....	66
Тема 8. Рибозахисні споруди.....	80
Тема 9. Водовипускні споруди.....	84
Тема 10. Польдерні насосні станції та насосні станції водопостачання.....	89
Плани практичних занять	100
Практичне заняття 1. Гідравлічні параметри насосної станції.....	100
Практичне заняття 2. Вибір марки насоса.....	100
Практичне заняття 3. Сумісна робота насосів та закритої мережі....	100

Практичне заняття 4. Визначення відмітки вісі насоса.....	101
Практичне заняття 5. Схема станційних комунікацій.....	101
Змістовий модуль 2. Насосні станції що подають воду у відкриті ємкості.....	101
Практичне заняття 6. Електротехнічне обладнання.....	101
Практичне заняття 7. Допоміжне технологічне устаткування.....	101
Практичне заняття 8. Допоміжні системи.....	102
Практичне заняття 9. Визначення розмірів будівлі.....	102
Практичне заняття 10. Техніко-економічні розрахунки.....	102
4. Задачі для самостійної роботи.....	103
5. Питання для перевірки знань.....	104
Змістовий модуль 1. Автоматизовані насосні станції підкачки..	104
Змістовий модуль 2. Насосні станції, що подають воду у відкриті ємкості.....	105
6. Самостійна робота.....	106
7. Контрольна тестова програма.....	106
8. Курсове проектування.....	115
8.1. Тематика і об'єм курсового проекту.....	115
8.2. Зміст курсового проекту.....	115
8.3. Оформлення розрахунково – пояснювальної записки.....	118
8.4. Графічна частина курсового проекту.....	118
8.5. захист курсового проекту.....	118
8.6. Контрольні питання до захисту курсового проекту.....	119
Рекомендована література.....	120



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

Юрій Павлович Євреєнко.,
Генріх Григорович Герасимов



НАСОСНІ СТАНЦІЇ

Інтерактивний комплекс

навчально-методичного забезпечення

*Видавництво Національного університету
водного господарства та природокористування
33000, Рівне, вул. Соборна, 11*