

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ

Методичні вказівки до виконання

лабораторних занять

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань 19 Архітектура та будівництво
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
денної та заочної форм навчання

УДК 628 (07)
І 62

Голова навчально-методичної ради факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ _____ О.В. АНДРІЙЧУК

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозиторій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.П. ПОЛЩУК

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ,
протокол № ___ від ___ квітня 2025 р.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ, протокол № _____ від _____ квітня 2025 р.

Завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії
_____ О.А. УЖЕГОВА

Укладач: С. В. СИНІЙ, к.т.н, доцент ЛНТУ

Рецензент: П. О. СУНАК, к.т.н, доцент ЛНТУ

Відповідальна

за випуск: О.А. УЖЕГОВА, к.т.н, доцент, завідувач кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ

Інженерні мережі [текст]: Методичні вказівки до виконання І 62 лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. С. В. Синій. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 128 с.

Методична розробка містить основні визначення з інженерних мереж будівель та споруд, населених пунктів та методики проведення робіт під час лабораторних занять. При цьому, до лабораторних робіт наведено контрольні запитання, додатки до теоретичних питань та списки рекомендованої літератури.

Видання призначене для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання.

© С. В. Синій, 2025

Зміст

1. Загальні методичні вказівки	4
1.1. Основні етапи лабораторних занять	4
1.2. Основні положення правил техніки безпеки	4
1.3. Список рекомендованої літератури	5
2. Лабораторна робота № 1 на тему: „Аналіз роботи системи водопостачання і водовідведення плавального басейну”	6
2.1. Теоретичні відомості	6
2.2. Хід виконання роботи	31
2.3. Контрольні запитання	33
2.4. Список рекомендованої літератури	33
2.5. Додатки	35
Додаток 2.5.1. Види проходження потоків води залежно від розташування труб	35
Додаток 2.5.2. Шкала величин рН у діапазоні 6,5 – 8,3	40
Додаток 2.5.3. Графічне визначення режиму хлорування води у ванні басейну	40
3. Лабораторна робота № 2 на тему: „Аналіз роботи водопровідних очисних споруд міста”	41
3.1. Теоретичні відомості	41
3.2. Хід виконання роботи	46
3.3. Контрольні запитання	50
3.4. Список рекомендованої літератури	50
4. Лабораторна робота № 3 на тему: „Аналіз роботи каналізаційних очисних споруд міста”	52
4.1. Теоретичні відомості	52
4.2. Хід виконання роботи	60
4.3. Контрольні запитання	62
4.4. Список рекомендованої літератури	62
5. Лабораторна робота № 4 на тему: „Визначення характеристик відцентрового насоса”	64
5.1. Теоретичні відомості	64
5.2. Хід виконання роботи	78
5.3. Контрольні запитання	83
5.4. Список рекомендованої літератури	84
6. Лабораторна робота № 5 та № 6 на тему: „Аналіз впливу роботи систем опалення і вентиляції на параметри мікроклімату приміщення” ..	85
6.1. Теоретичні відомості	86
6.2. Хід виконання роботи	113
6.3. Контрольні запитання	119
6.4. Список рекомендованої літератури	121
6.5. Додатки	123
Додаток 6.5.1. Психрометричний графік	123
Додаток 6.5.2. $I - d$ діаграма вологого повітря	125

1. Загальні методичні вказівки

1.1. Основні етапи лабораторних занять

Кожне лабораторне заняття складається з трьох етапів.

Першим етапом є самостійне вивчення теоретичних основ за темою лабораторного заняття, а також правил техніки безпеки для лабораторних занять.

На другому етапі, безпосередньо у приміщенні з лабораторним обладнанням, а також - на території зі спорудами об'єкту зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж проводяться відповідні обстеження та вимірювання із фіксацією отриманих результатів на паперовому чи електронному носіях інформації (у вигляді записів, таблиць, ескізів та рисунків у зошиті чи блокноті, файлів аудіо, фото, відео).

Третім етапом є оформлення у журналі лабораторного заняття у вигляді звіту узагальнених результатів виконаної лабораторної роботи та її захист.

1.2. Основні положення правил техніки безпеки

Враховуючи, що до складу лабораторного обладнання входить санітарно-технічне і спеціальне обладнання для забезпечення заданого технологічного режиму роботи зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж (зокрема – очисних споруд міських мереж водопостачання і каналізації, плавального басейну, систем опалення і вентиляції приміщень, теплового пункту будівлі), а також контрольно-вимірювальні прилади, правила техніки безпеки на даних лабораторних заняттях за своєю суттю відповідають вже відомим для студентів правилам техніки безпеки на лабораторних заняттях з інших предметів, перш за все з: хімії (що стосується посудин з хлором та іншими агресивними хімічними сполуками); фізики (що стосується електропристроїв, а також посудин, трубопроводів під тиском, з високою температурою); фізкультури (що стосується правил поведінки у плавальному басейні).

Крім того, слід дотримуватись загальновідомих правил переміщення по ділянках, майданчиках з різкими перепадами по висоті (по периметру ванни басейна, по драбинах, містках та сходах будівель та споруд зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж).

Навіть незначне порушення правил техніки безпеки та пожежної безпеки може призвести до нещасного випадку з важкими наслідками.

Зважаючи на сказане вище, з метою попередження нещасних випадків при виконанні лабораторної роботи, студенти зобов'язані дотримуватись, перш за все, таких основних правил:

1. **Заборонається** приступати до роботи без інструктажу з техніки безпеки.

2. **Забороняється** вхід і розташування студентів у лабораторних приміщеннях, технічних (допоміжних) приміщеннях плавального басейну без викладача чи лаборанта.

3. **Забороняється** вмикати чи вимикати, регулювати установки (зnezараження, насосну, фільтрувальну плавального басейну; систем опалення та вентиляції приміщень; обладнання вузлів та трубопроводів теплового пункту будівлі), вимірювальні пристрої, арматуру трубопроводів без дозволу викладача чи лаборанта.

4. **Особлива** обережність і уважність вимагається при роботі:

а) у приміщеннях хлораторної та інших приміщеннях з небезпечними речовинами;

б) з електричними пристроями та обладнанням;

в) з пристроями, посудинами під тиском чи високої температури;

г) поряд з ванною басейну,

а також при переміщенні по драбинах, містках та сходах будівель та споруд зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж.

5. Перед початком робіт слід переконатись у справності обладнання, наявності огорожень та інших захисних пристроїв.

Окрім наведених вимог до техніки безпеки рекомендується детально ознайомитись з відповідними нормативними вимогами, зокрема з літератури [1-9 та ін.].

1.3. Список рекомендованої літератури

1. ДСТУ Б А.3.2-14:2011 Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD). К: Мінрегіон України, 2012.

2. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012.

3. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.

4. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.

5. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.

6. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. К.: Мінрегіон України, 2013.

7. ДБН В.2.5-39:2008 Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. Зі Зміною № 1. К.: Мінрегіонбуд України, 2018.

8. ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.

9. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Держнаглядохоронпраці від 09.01.98 № 4.

2. Лабораторна робота № 1 на тему: „Аналіз роботи системи водопостачання і водовідведення плавального басейну”

Мета роботи:

1. Ознайомлення з будовою, обладнанням та принципом роботи систем водопостачання і водовідведення плавального басейну.

2. Практично освоїти основи методик натурного обстеження та проектних розрахунків плавального басейну, за результатами їх проведення виконати такі роботи.

2.1. Побудувати:

- план приміщення з ванною;
- схеми поздовжнього та поперечного розрізів ванни;
- принципову схему системи технологічного водопостачання басейну;

- принципову схему водного режиму ванни;

- принципову схему системи подавання води у ванну;

- принципову схему системи виведення води з ванни.

2.2. Визначити показники якості води басейну.

2.3. Розрахувати:

- водний режим басейну;

- циркуляційну витрату води, що подається у ванну;

- впускні та випускні отвори ванни басейну.

2.4. Обґрунтувати:

- склад обладнання, що забезпечує очищення і знезараження циркулюючої води.

3. Зробити висновки про техніко-експлуатаційні характеристики системи водопостачання і водовідведення плавального басейну та запропонувати заходи і рішення щодо її удосконалення.

Технічне забезпечення:

Устаткування систем водопостачання і водовідведення плавального басейну спорткомплексу ЛНТУ.

2.1. Теоретичні відомості

1. Класифікація басейнів і короткі відомості про їх будову

Штучний плавальний басейн – це комплекс функціонально поєднаних споруд і пристроїв, що забезпечують заданий технологічний режим. До цього комплексу входять такі споруди: ванна (одна чи кілька), станція обробки і подавання води, допоміжні приміщення і

майданчики для спортсменів (відвідувачів) і глядачів, а також санітарно – технічне і спеціальне обладнання.

Проектування плавальних басейнів виконується згідно вимог та рекомендацій, наведених у [1-15 та ін.].

За призначенням басейни бувають трьох типів: спортивні, оздоровчі та лікувальні, комбіновані (змішані). До спортивних басейнів відносять навчально-тренувальні (для навчання) і спортивно-демонстративні (для проведення змагань). До басейнів оздоровчих та лікувальних відносять купальні басейни для дорослих та дітей. До комбінованих басейнів відносять комплекси споруд, що скомбіновані з окремих ванн (відділень) спортивного, оздоровчого та лікувального призначення. Призначення басейну диктує вимоги до його форми, глибини, обладнання, складу і конструкції споруди, режиму експлуатації і системи водопостачання.

За будівельними та конструктивними характеристиками басейни розділяють на два основні типи: криті і відкриті. Криті (зимові) експлуатують цілорічно. Відкриті бувають сезонні (літні) та цілорічні.

За санітарно-технічним облаштуванням басейни класифікують залежно від характеру технологічного водопостачання, водного і теплотехнічного режиму.

За характером технологічного водопостачання басейни бувають із забором води з міського водопроводу і безпосередньо з природних джерел водопостачання (річки, моря, підземні води).

За водним режимом розрізняють басейни: з рециркуляцією води у ванні (зворотна система водообміну), коли вода після очищення і дезінфекції знову повертається у ванну; без рециркуляції (проточна схема); з періодичним наповненням–спорожненням (наливна схема, що застосовується інколи у лікувальних басейнах).

За теплотехнічним режимом розрізняють басейни зі штучним підігрівом води у ванні і без підігріву.

Санітарно-гігієнічний стан води суттєво залежить від сантехобладнання, до складу якого входять три групи пристроїв:

1) обладнання для постачання водою (трубопроводи, канали, насоси тощо);

2) обладнання для очищення та дезінфекції води, що поступає у ванну (фільтри, хлоратори тощо);

3) обладнання для забезпечення потрібного санітарно-гігієнічного режиму у ванні (розподільна система подавання води, пристрої для виведення води з ванни, ножні ванночки, водні обхідні доріжки, душові установки тощо).

Конструкція, форма, розміри і обладнання ванни басейну залежать від її призначення і характеру занять, що в ній проводяться. Для навчальних, спортивних і купальних (купально-спортивних) басейнів

найпоширенішими є ванни прямокутної форми в плані з вертикальними стінами (рис. 2.1-2.2). Така форма, порівняно із круглою чи довільної форми, є простіша та дешевша у будівництві, більш зручніша для проведення фізкультурних заходів. Похил напіввідкісних і відкісних стін приймають від 1/1 до 1/5. Дно ванни при малих глибинах має один загальний похил. Якщо глибока частина ванни обладнана пристроями для стрибків у воду (трамплінами, вишками в 1, 3, 5, 10 м), то границя глибокої і мілкої частин ванни влаштовується з переломом дна на глибині 1,8 м. Співвідношення мілкої і глибокої частин ванни - у табл.2.1.

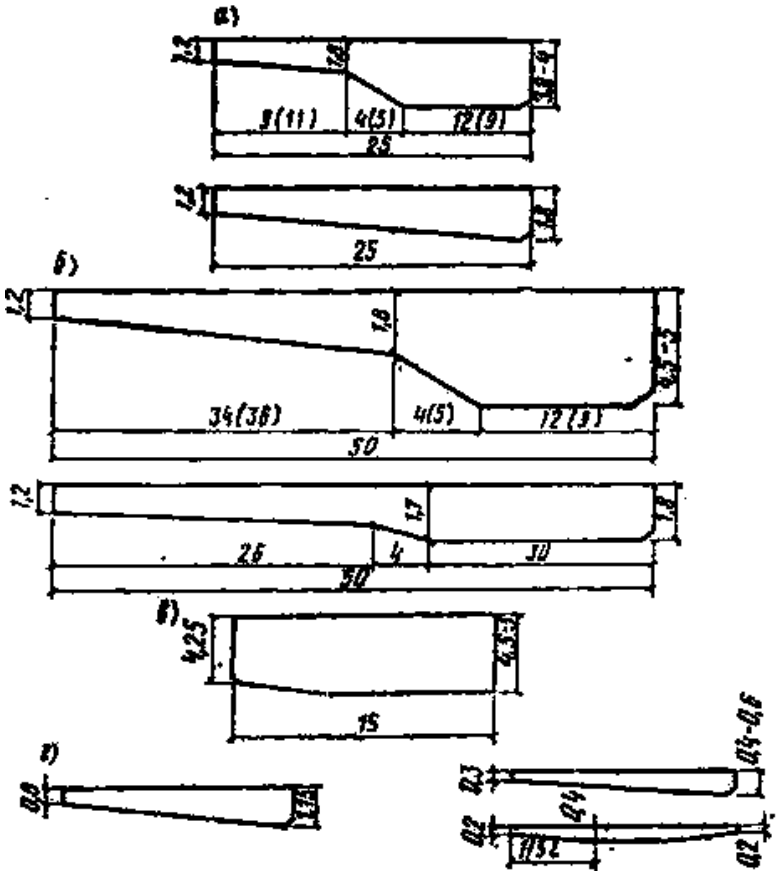


Рис. 2.1. Схеми поздовжнього розрізу ванн басейнів різного призначення: а) – навчально-спортивних; б) - спортивно-демонстраційних; в) – стрибкових; г) – дитячих

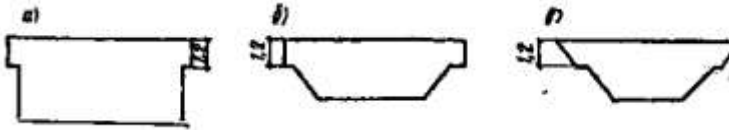


Рис. 2.2. Схеми поперечного розрізу ванн басейнів зі стінами:
а) – вертикальними; б) - напіввідкісними; в) – відкісними

Табл. 2.1. Площі мілкої та глибокої частин ванни

Тип басейну або відділення (ванни)	Площа частин ванни (% від загальної її площі)	
	Мілкої	Глибокої
Навчально-спортивний	35-45; 100	65-55; 0
Спортивно-демонстративний.	75-80; 100	25-20; 0
Для стрибків	—	100
Для водного поло	—	100
Купальний	75-100	25-0
Дитячий	100	—
Лікувальний	100	—

По всій довжині поздовжніх стін передбачають влаштування виступу для відпочинку шириною 0,1 – 0,15 м на глибині 1,2 м від поверхні води. Крім виступу для відпочинку ванна обладнується переливними жолобами, драбинами (сходами), отворами для впускання та випускання води. У літніх басейнах ширина водної доріжки, влаштованої по периметру ванни, не менше 1,2 м і проходи вздовж поздовжніх стін шириною не менше 2 м, а біля торцевих стін – не менше 3 м. У критих зимових басейнах ширина обхідних доріжок приймається не менше 1,5 м. Поверхня підлоги виконується з похилом не менше 0,01 – 0,02 до трапів, що забезпечують видалення води від миття підлоги або зливання дощової води. Трапи з'єднують з мережею водостоку чи побутової каналізації. Переливні жолоби, призначені для зливу верхнього шару води з ванни, влаштовують строго горизонтально по всьому периметру або вздовж стін ванни.

Норми витрати води споживачами, л, приймаються за ДБН В.2.5-64:2012 [1] з додатковим урахуванням норм водоспоживання, наведеними у [4, табл. 20].

При проектуванні санітарно-технічних систем басейнів визначають пропускну здатність ванни, а також допоміжних споруд і приміщень. Одночасний вміст у ванні людей залежить від її призначення і нормується за табл. 2.2.

Пропускна здатність ванни басейну може бути визначена за формулами:

$$N_{zod} = \frac{60F}{ft_1}, \quad \text{люд/год} \quad (2.1)$$

$$N_{dob} = N_{zod} \cdot t_e, \quad \text{люд/добу} \quad (2.2)$$

де N_{zod} - кількість людей, що одночасно перебувають у ванні басейну на протязі 1 год; N_{dob} - пропускна здатність ванни басейну за період його роботи упродовж доби, t_e , год/добу; f, t_1 - показники за табл. 2.2.

Площа поверхні (дзеркала) води:

$$F = (b_\delta n_\delta + 1)l_\delta = l_{uu} \cdot l_\delta, \quad \text{м}^2 \quad (2.3)$$

де b_δ - ширина доріжки для запливу, 2,5 м; n_δ - кількість доріжок для запливу, шт.; l_δ - довжина поздовжніх стін ванни, м; l_{uu} - довжина поперечних стін ванни (по ширині), м.

Табл. 2.2. Норми площі водної поверхні і тривалість перебування людей у ванні басейну

Призначення ванни або її відділення	Норма площі водної поверхні, $f, \text{м}^2/\text{люд}$	Тривалість перебування однієї людини у ванні, $t_1, \text{хв}$
Навчання і заняття водним спортом	5-10	10-20
Змагання	10-12	10-30
Стрибки у воду	3-4,5	10-20
Водне поло	15-43	20-30
Купання дорослих	2-5	30-60
Купання дітей	1-5	20-40
Лікувальне купання	2-3	10-20

Примітка: Час t_1 враховує підготовку групи, перебування її у воді та інтервал між групами.

2. Системи водопостачання і водовідведення басейнів

У комплекс санітарно-технічного обладнання басейнів входять системи водопостачання (холодною та гарячою водою), водовідведення, опалення, вентиляції і кондиціонування повітря.

Водопостачання. Система водопостачання басейнів приймається, як правило, роздільна – складається з господарсько-питного і технологічного водопроводів. Господарсько-питний

водопровід забезпечує подачу води у санвузол, душові, ножні ванни, в буфети, кафе, у допоміжні приміщення та на інші побутові потреби. Технологічний водопровід забезпечує подачу води у ванни басейнів і її водообмін з урахуванням високих санітарно-технічних вимог до води басейнів (очищення і дезінфекція води).

Зазвичай джерелом водопостачання обох водопроводів є міська мережа, рідше – артезіанська свердловина, інколи – поверхневі води річки, озера, моря. Якість води на ввіді водопроводу повинна відповідати нормативним вимогам, зокрема за вмістом залишкового хлору (вільного і зв'язаного), за вмістом сульфатів, за вмістом заліза, а також мати кольоровість до 2-3⁰, мутність до 0.3-0.5 мг/дм³, ДСанПіН 2.2.4-171-10 [7] у частині гігієнічних вимог.

У багатьох випадках у басейнах проектують дві роздільні системи гарячого водопостачання: для побутових потреб (душових приміщень, буфету тощо); для технологічних потреб нагрівання води для ванни басейна (при наливанні, при забезпеченні циркуляції і підживлення), повернення втрат тепла при охолодженні води у ванні, у комунікаціях і обладнанні насосно-фільтрувальної станції, постачання гарячою водою обхідних водних доріжок і ножних ванночок. Обладнання для нагрівання, регулювання температури і витрати гарячої води розташовують у тепловому пункті.

Водовідведення. При проектуванні внутрішньої каналізації передовсім встановлюється вид систем:

- а) з відведенням стоків у зовнішні мережі населеного пункту – об'єднані чи роздільні;
- б) з місцевими установками для очищення стічних вод – роздільні.

При наявності в населеному пункті зовнішньої мережі каналізації проектується внутрішня об'єднана система каналізації басейну з водовідведенням усіх стоків у мережу населеного пункту. Якщо в населеному пункті є роздільна система каналізації, то для басейну доцільно проектувати внутрішню роздільну систему водовідведення.

Під роздільною розуміється система, поділена на дві окремі мережі: побутової каналізації (стоки від санвузлів, буфетів, ножних і змивних душів, від промивання фільтрів і миття підлог) та водостічної (атмосферні опади, вода при спорожненні ванни басейну, від питних фонтанчиків).

Внутрішня побутова мережа проектується за вимогами [6]. Для уникнення забруднення ванни басейна від контакту зі стоками побутової каналізації передбачається влаштування розриву струменя води з ванни зі встановленням приймального резервуару (баку) з гідрозатвором.

Випускні отвори (трапи) розташовують у найнижчій точці дна глибокої частини ванни, а кількість визначають за гідродинамічними умовами руху води по відвідних трубах:

$$n_{cn} = \frac{0,575F\sqrt{H} \cdot \sqrt{1-\xi}}{d^2 \cdot t_{cn}}, \quad \text{шт.} \quad (2.4)$$

де F – з формули (2.3); H - з формули (2.5); ξ - з формули (2.6); d - діаметр спускного трубопроводу, м; t_{cn} - час спорожнення ванни, призначається залежно від пропускної здатності мереж водовідведення і технологічних вимог профілактики і санітарного чищення дна і стін ванни, год (не більше 24 год).

Напір води у ванні:

$$H = H_{\sigma} + \Delta Z, \quad \text{м} \quad (2.5)$$

де H_{σ} - глибина води у ванні басейну, м; ΔZ - різниця відміток трапів і труби зливу води у водостік, резервуар, м.

Коефіцієнт опору відвідних трубопроводів:

$$\xi = 1.4\lambda \cdot l / d, \quad (2.6)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя, приймається за довідниками з гідравліки; l – довжина спускного трубопроводу, м;

В усіх технічних приміщеннях (фільтрувальний зал, насосна, реагентна, хлораторна), а також побутових мокрих приміщеннях (душових, санвузлах) і на обхідних доріжках ванни треба передбачити відведення забруднених вод через трапи діаметром 0.05 м, з похилом підлоги 0.005 – 0.015. В побутових мокрих приміщеннях передбачають лотки глибиною 0.05 – 0.2 м та шириною 0.2 – 0.25 м, з похилом 0.01 – 0.02 до трапа. Стоки з обхідних доріжок повинні відводитись через трапи у мережу каналізації чи водостоки. При системі відведення води з переливних жолобів на рециркуляцію, приєднання їх до мережі водовідведення – тільки з розривом струменя.

Скидання стічних вод самостоком виконується в міську каналізаційну мережу. При невідповідності відміток випуску внутрішньої побутової каналізації відміткам зовнішньої мережі для перекачки застосовують насоси, з передбаченням кількості резервних насосів не менше 50%.

3. Санітарно-гігієнічні вимоги, що висуваються до басейнів.

Споруди плавальних басейнів є об'єктами, що передбачають у своєму складі ванни басейнів, а також приміщення основного і допоміжного призначення (трибуни для глядачів, кафе, вбиральні, душові, гардероби, гімнастичні зали, зали сухого плавання тощо). У

таких спорткомплексах зосереджується багато людей, що зумовлює ряд заходів із забезпечення санітарно–гігієнічних вимог щодо: а) якості води у ванні плавального басейну; б) утримання місць занять фізкультурою і спортом; в) підготовки плавців перед заходженням у ванну басейну. Розглянемо ці заходи та відповідні санітарно–гігієнічні вимоги детальніше.

Вимоги до якості води у ванні басейну. Враховуючи, що вода контактує безпосередньо зі шкірою людини та може попасти в рот, ніс, очі, вуха, то якість води для плавального басейну (незалежно від його призначення) повинна відповідати вимогам для питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10 [7]. Нижче наведено основні вимоги до якості води у ванні розглядуваного басейну.

Прозорість води: для навчально-спортивних і демонстративних ванн повинна забезпечуватись чітка видимість білого диску діаметром 150 мм з чорним хрестом (товщина лінії 1 см) через товщу води на всю глибину ванни.

Мутність води за стандартною шкалою: для навчально-спортивних і демонстраційних ванн критих басейнів 0,3 – 1 мг/л, а відкритих - не більше 2 мг/л.

Кольоровість води за стандартною шкалою: а) для демонстраційних ванн 2 – 3 град; б) для навчально-спортивних ванн 3 – 5 град.

Рекомендована температура наведена у табл. 2.3.

Табл. 2.3. Рекомендована температура у ваннах, °C

Призначення ванни	Тип басейну		
	Відкритий		Закритий
	влітку	взимку	
1. Спортивне плавання, водне поло, оздоровче плавання, купання та ігри у воді	27*	28	26*
2. Стрибки у воду	29	-	28
3. Навчання плаванню	29	-	29
* У басейнах із трибунами для глядачів на час проведення змагань слід передбачати зниження температури води у ванні на 2°C.			

Запах: не більше 3 балів при 20°C для ванн будь-якого призначення.

Водневий показник рН: 7,2–7,8 для ванн будь-якого призначення. Вимірювання рН виконується автоматично (з виведенням даних на табло приладу-контролера параметрів води у системі) або вручну (з вимірюванням спеціальними тест-приладами проб води з різних місць ванни). Практика і дослідження показали, що величина рН (під

поняттям кислотно-лужний баланс (КЛБ) води та рН-фактор розуміється од-не і те ж) повинна підтримуватись на рівні 7,2–7,4 (але не більше 7,6, див. дод.2).

Кількість яєць гельмінтів в 1 м³ води: не більше 1 для ванн будь-якого призначення. Загальна кількість бактерій в 1 мл: для демонстраційних і навчально-спортивних ванн – не більше 100. Колі-титр: для навчально-спортивних і демонстраційних ванн – не менше 300 мл. Біохімічна потреба у кисні (БПК): не більше 2 мг/л. У воді повинні бути створені умови перешкоджання розмноженню бактерій та мікрофлори.

Для плавальних басейнів зі зворотнім (оборотним) водопостачанням бажано оцінювати приріст вмісту у воді ванни хлоридів (не більше 50–60 мг/л), альбумідного та мінерального аміаку (не більше 0,5 мг/л), що зазвичай відповідає 1,5–2 місяцям безперервної експлуатації рециркульованої води; забруднення даної води можна також оцінювати за окиснюваністю (не більше 3 мг/л).

Санітарні вимоги до ванн, допоміжних приміщень і території басейну.

При експлуатації ванна басейну забруднюється і потребує періодичної санітарно-гігієнічної обробки.

Ванни басейну повинні відповідати наступним вимогам.

1. Вода у ваннах і відділеннях ванни басейну за якістю повинна відповідати технологічним вимогам, що висуваються міжнародними нормами та державною санепідемслужбою, а також бути бактерицидною (здатною знищувати занесені бактеріальні забруднення).

2. Очищена вода із вмістом знезаражувального реагента, поступивши у ванну, повинна повністю змішатись з усією масою води.

3. Рівень води у ванні потрібно підтримувати не нижче кромки переливних жолобів, для систематичного зливання забрудненого поверхневого шару води.

4. Поверхня стін дна ванни повинна бути гладкою, не мати гострих кутів і виступаючих частин конструкції.

5. Ванни та відділення ванни басейну повинні підтримуватись у чистоті і підлягають систематичному чищенню та дезінфекції.

6. Обхідні доріжки і майданчики навколо ванни басейну повинні підлягати щоденному чищенню та дезінфекції, для стоку води від стін ванни до трапів підлога має мати похил 0,01 – 0,03.

До допоміжних приміщень і майданчиків вимоги такі.

1. Планування і склад допоміжних приміщень, майданчиків повинні відповідати технологічним вимогам до басейну відповідного призначення. Зокрема, забезпечувати умови руху спортсменів і глядачів без зустрічних і перехресних потоків.

2. Усі допоміжні приміщення, майданчики повинні бути обладнані пристроями для вологого та мокрого прибирання і дезінфекції підлог, стін, дверей тощо.

3. Майданчики та обхідні доріжки навколо ванни, душові, санітарні вузли (туалети) та всі допоміжні приміщення повинні підлягати систематичній санітарній обробці і утримуватись у чистоті. Особливу увагу потрібно звертати на чищення та дезінфекцію ножних ванночок.

4. У випадку організації при басейнах прокату купальних костюмів і рушників повинні бути забезпечені потрібні умови для санітарної обробки цього інвентарю.

5. В купальних, навчальних і спортивних басейнах повинні строго дотримуватись санітарні вимоги особистої гігієни, а також правила внутрішнього розпорядку щодо поведінки і обов'язків відвідувачів та спортсменів. Кожен відвідувач перед заходженням у ванну басейну повинен ретельно вимитись і пройти через проточні ножні ванночки, особливо після користування санвузлом.

4. Система технологічного водопостачання плавального басейну. Загальні відомості.

Санітарно гігієнічний стан води у плавальних басейнах залежить від типу системи технологічного водопостачання і режиму її роботи.

Тип системи залежить від призначення і об'єму ванн плавального басейну і оцінюється вибором схеми (системи) водопостачання басейну. Розрізняють:

а) наливна схема водообміну – може застосовуватись для ванн лікувального призначення невеликого об'єму (до $20 - 50 \text{ м}^3$);

б) проточна схема водообміну – може рекомендуватись для ванн купальних, дитячих і навчальних басейнів об'ємом до 200 м^3 ;

в) система зворотнього водопостачання – застосовується для навчально-спортивних, демонстраційних і купальних басейнів, обладнаних ваннами будь-яких розмірів.

У наливних басейнах ванну через впускні отвори у її стінах швидко заповнюють (не більше як за 3 – 4 год) попередньо очищеною і підігрітою водою. Потім експлуатують (не більше 6 год), при цьому безперервно або періодично (через 1 – 2 год) вводять розчин знезаражувального реагенту.

При проточній схемі водообміну подача свіжої (від джерела водопостачання) підігрітої та знезараженої води через розподільчу систему ванни подається безперервно (годинна витрата – не менше як 30% об'єму ванни) на протязі усього часу експлуатації ванни. Важливо, щоб розподільча мережа забезпечувала повне змішування свіжої води з наявною у ванні. Одночасно з подачею води відбувається зливання у каналізаційну мережу надлишку забрудненої води з ванни. Тому для

ванн великих об'ємів проточна схема вимагає значних витрат свіжої води (води, тепла, реагентів).

Найпоширенішою є система зворотнього водопостачання ванн плавальних басейнів (див. приклад на рис. 13 додатку 1), при якій забезпечується рециркуляційний водообмін – багатократне повторне використання наливої води (з постійним очищенням і дезинфекцією води у зворотньому водопроводі), з мінімальним підмішуванням свіжої води у систему (для компенсації незворотних втрат через випаровування з поверхні водного дзеркала, винесення людьми на тілі, вихлюпування, часткового зливу забрудненої води у каналізацію). Нижче ця система розглянута детальніше.

Водний режим ванни басейну – це сукупність процесів, що характеризують зміни фізико–хімічних параметрів в усьому об'ємі води у ванні. Для підтримання і регулювання рівня значень цих параметрів обладнанням та пристроями вибраної схеми (системи) технологічного водопроводу виконують розрахунки за методикою, наведеною нижче.

Короткі відомості про методику розрахунку водного режиму ванн плавальних басейнів.

Циркуляція води у ванні басейну. Безперервний обмін усієї маси води басейну забезпечує отримання води високої якості. Тому циркуляція шарів і повне перемішування усієї маси води ванни басейну є однією з основних вимог при застосуванні будь-якого способу знезараження води. Наявність у ванні “нульових зон” у яких швидкість руху частинок води наближається до нуля (відсутня циркуляція), створює умови для швидкого розвитку бактерій. Незважаючи на те, що у цих зонах є конвективні течії та проходить дифузія, цього недостатньо, щоб якість води була такою ж, як у зонах інтенсивного руху, де циркулює більше знезаражувального реагенту і чистої води.

Переміщення водяної маси повинно забезпечувати постійне видалення брудної води через зливні труби (скімери) і поступання чистої (очищеної) води через подавальні трубки (сопла). У зв'язку з цим, розрізняють два способи циркуляції – на основі витиснення і на основі перемішування (див. додаток 1).

Суть цих принципів така: при витисненні забрудненої води спеціально створюється потік чистої води з дна ванни до переливних жолобів чи скімерів для збирання забрудненої води (забезпечення рівномірного потоку з усієї площі дна досягається правильним вибором кількості та розміщення водовпускних отворів на дні ванни); при перемішуванні водовпускні отвори (сопла), розташовані зазвичай у стінах ванни, подають струмені чистої води під напором, створюючи циркуляційні потоки в усьому об'ємі води ванни (чиста вода перемішується із забрудненою, покращуючи її якість).

Обидва ці способи мають недоліки, тому оптимальним рішенням є поєднання витиснення і перемішування, як доповнюваних один одного способів циркуляції води у ванні. Види проходження потоків води залежно від розташування труб подавання води 1 та зливних труб 2 зображено на малюнках додатку 1.

Зазвичай, для системи перемішування використовують сопло з внутрішнім діаметром 40 мм з розрахунку пропускання 30 – 60 м³ води, для системи витиснення – відповідно з внутрішнім діаметром 80 мм на кожні 10 – 20 м² поверхні води і 1 м каналу у дні ванни на кожні 2,5 – 5 м² поверхні води.

Принципова схема розрахунку водного режиму ванни басейну

Визначення водного режиму є основним питанням при проектуванні системи технологічного водопостачання. Водний режим для зворотнього водопостачання зображено на рис. 2.3.

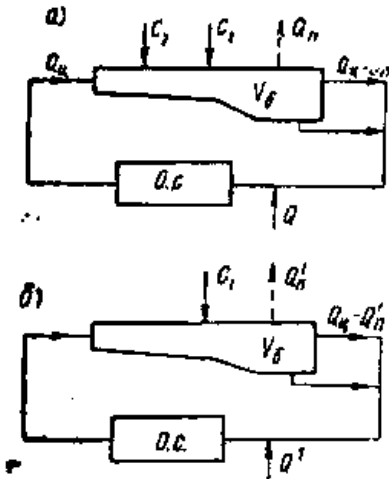


Рис. 2.3. Принципові схеми водного режиму при зворотній системі водообміну:
 а) – для літніх відкритих басейнів;
 б) – для зимових критих басейнів

Для зворотньої системи важливо знати різницю у продуктивності очисних споруд (ОС) і у витратах води, яка додається у ванну (Q або Q') головним чином для відновлення втрат (Q або Q'), а також у кількостях забруднень, що надходять у ванну від відвідувачів та із зовнішнього повітряного середовища.

При розрахунку водного режиму басейну визначаються витрати води: для наповнення ванни (з джерела водопостачання); для відновлення втрат при експлуатації ванни; на обслуговування технологічного водопроводу (промивання фільтрів тощо); для забезпечення циркуляції і санітарно-гігієнічного стану води у ванні.

Розрахункова витрата через один отвір при наповненні ванни водою:

$$q_n = \frac{V}{nt_n}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.7)$$

де n – кількість отворів, шт., для наповнення ванни; V – об'єм води у ванні до кромки переливних жолобів. Для прямокутних ванн з вертикальними стінами:

$$V = F_o l_{us}, \quad \text{м}^3 \quad (2.8)$$

де F_o - площа поздовжньої стіни, м^2 ; l_{us} - ширина ванни, м.

Тривалість наповнення ванни водою не повинна перевищувати 24 год, цей час залежить від потужності вододжерела і може бути заданий або визначений за формулою:

$$t_n = \frac{V}{nQ_n} = \frac{3,54V}{nvd_0^2}, \quad \text{год} \quad (2.9)$$

де Q_n - потужність вододжерела; v – швидкість води, що витікає з отвору, приймається 2-3 м/с; d_0 - діаметр отвору, мм.

Тривалість спорожнення ванни водою приймається не більше 12 год для басейнів об'ємом до 600 м^3 та не більше 24 год за об'єму води понад 600 м^3 [4]. Випуски, що відводять воду з переливних жолобів ванн і прохідних ножних душів басейнів повинні мати повітряні розриви перед гідравлічним затвором [4].

Втрати води при експлуатації виникають через випліскування її у переливні жолоби (два вздовж поздовжніх стін ванни) і на поверхню обхідних доріжок ванни, а також через випаровування води і винесення її купальниками. Втрати води при випаровуванні з відкритої водної поверхні ванни залежать від стану оточуючого внутрішнього повітря, в основному, від його вологості і швидкості переміщення шарів повітря над поверхнею води.

Кількість води, що втрачається на випаровування з поверхні водного дзеркала:

$$q_{\text{вин}} = 1,38Fq_c \cdot 10^{-6}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.10)$$

де F – з формули (1.3), м^2 ; q_0 - середньомісячна кількість випаровуваної води, за формулою В.В. Шулейкіна:

$$q_0 = K_1 K_2 (15 + 3V_{\text{ноє}}), \quad \text{л} \quad (2.11)$$

де K_1 - коефіцієнт, що залежить від дефіциту вологи за середньомісячною температурою повітря і абсолютною середньомісячною вологістю повітря (при $K_2 > 15$ $K_1 = 0,5$, а при

$K_2 < 15$ ($K_1 = 1$); K_2 - середньомісячний дефіцит вологості повітря, %;
 $V_{нов}$ - середньо-місячна швидкість руху повітря, м/с.

Випліскування на скидання у переливні жолоби складають 3–5% від V за 1 год. Для зворотньої системи водообміну за весь час денної експлуатації ванни t_e , год випліскування, у відсотках від V , повинно не перевищувати: 3 % для води у переливні жолоби для повернення в систему; 0,6 % для води на поверхні обхідних доріжок. Тобто, загальні втрати на випліскування води з ванни:

$$q_{випл} = 0,036V / t_e, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.12)$$

Втрати води через винесення купальниками на костюмах і на тілі складають 0,15 – 0,6 л/люд:

$$q_k = (0.15 \dots 0.6) N_{зод} / 1000, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.13)$$

де $N_{зод}$ - з формули (2.1), або

$$q_k = \frac{(0.15 \dots 0.6) N_{добр}}{1000 t_e}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.13a)$$

де $N_{добр}$ - пропускна здатність ванни басейну, з формули (2.2), люд/добу.

Загальні втрати води при експлуатації:

$$Q_{втр} = q_{випл} + q_{випл} + q_k, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.14)$$

що складає близько 5 % об'єму води у ванні за період роботи басейну упродовж доби, але не повинно перевищувати 10 %.

До невідновлюваних втрат води відносять, також, витрату на обслуговування технологічного водопроводу, зокрема на промивання фільтрів:

$$q_{нф} = 0,06 F_{\phi} I t_{np} n_{np}, \quad \text{м}^3/\text{добу} \quad (2.15)$$

де F_{ϕ} - площа фільтрувальної поверхні завантаження фільтрів, м²; I – інтенсивність промивання завантаження фільтрів, л/(с*м²); t_{np} - час промивання, хв; n_{np} - кількість промивань за добу.

Витрату на потреби насосно-фільтрувальної станції (за формулою (2.15) або за даними технічного паспорта) не включають до загальних втрат води при експлуатації системи водообміну за формулою (2.14), бо для цього передбачають спеціальний резервуар із відповідним запасом води або використовують воду безпосередньо з вододжерела (наприклад, міського водопроводу).

Визначення циркуляційної витрати води у ванні басейну

Кількість води, що подається у ванну при зворотній чи проточній схемі водообміну, можна приймати як залежну від вибраного періоду (часу) повного поновлення (заміни) усієї води у ванні басейну. Тобто, циркуляційна витрата води, що подається у ванну:

$$Q_1 = V / T, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.16)$$

де T – заданий період водообміну, год; V – об'єм води у ванні, м^3 .

Значення T залежить від багатьох чинників і зазвичай не перевищує 10 – 20 год, хоча у різних країнах діапазон значень T досить широкий – від 6 до 17 год і більше. На значення T впливають такі показники, як призначення басейну (спортивний, демонстраційний, купальний, оздоровлювальний, дитячий для різного віку дітей, сімейний чи приватний тощо), кількість відвідувачів і кількість забруднень, об'єм ванни, характеристики обладнання для вибраної системи басейну (зворотної чи наливної), вибраний спосіб циркуляції води у ванні та ряд інших. З формули (2.16) видно, що зменшення T повинно покращувати якість води у ванні, але пропорційно зростає навантаження на обладнання системи водообміну (насоси, фільтри, пристрої для знезараження води тощо). Збільшення кількості чи потужності обладнання призводить до подорожчання системи, а інколи і до збільшення її габаритів.

У сучасних басейнах зазвичай приймають T від 3 до 6 – 8 год, в басейнах для маленьких дітей – до 1 год, в басейнах при саунах (V до 10 м^3) – до кількох раз на годину, залежно від інтенсивності забруднення води ванни. Згідно [4] у ваннах для навчання плаванню дітей 7-14 років приймають T не більше 8 год., а в решті ванн - не більше 12 год.

З умови режиму експлуатації циркуляційна витрата може бути визначена за формулою В.С. Кедрова:

$$Q_2 = \frac{FN_{\text{дооб}t_e}}{fVt_c m} \ln \frac{k_u - k_0}{k_u - k_\delta}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.17)$$

де F , $N_{\text{дооб}}$, t_e , f – з формул (2.1) – (2.3), а V – з (2.16); t_c - час на покращення води у ванні до вимог стандарту (2 – 3 год); m – коефіцієнт добового перевантаження ванни відвідувачами:

$$m = N_{\text{дооб.макс}} / N_{\text{дооб.ср}}, \quad (2.18)$$

k_u , k_0 , k_δ - показники, що характеризують якість води за співвідношенням найбільш характерних концентрацій C із практики експлуатації басейнів зі зворотними та проточними системами водообміну (табл. 2.4).

З умов гідравлічного режиму ванни басейну циркуляційна витрата, яка забезпечує повне і надійне змішування води, що подається, з водою ванни басейна, визначається за формулою В.С. Кедрова:

$$Q_3 = \frac{209Vd_o K_{ш}}{b^2 + 6.9d_o b}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.19)$$

де d_o - діаметр впускних циркуляційних отворів, розташованих вздовж поздовжніх стін ванни (на горизонтальній лінії) у шахматному порядку, приймається за сортаментом від 25 до 50 мм; $K_{ш}$ - коефіцієнт швидкості, рівний 0,9; 1,1; 1,6; 1,8; при швидкості витікання води V із впускних отворів відповідно 0,8; 1; 1,5; 2 м/с; b – величина, м, рівна ширині ванни $l_{ш}$ для малих ванн, а для великих ванн (при $l_{ш} > 15\text{м}$) $b = (0,5 \dots 0,75) l_{ш}$.

Таблиця 2.4. Показники якості води

Вода у ванні і показник її якості	Оцінка якості води		
	За залишковим хлором, мг/дм ³	За колірністю, град	За завислими речовинами, мг/дм ³
До початку циркуляції, k_o	$C_o / C_n = 0,12 \dots 0,25$	$C_n / C_o = 0,1 \dots 0,75$	$C_n / C_o = 0,01 \dots 0,5$
Циркуляційна, яка поступає у ванну після очищення, k_c	$C_c / C_n = 1 \dots 1,4$	$C_n / C_c = 1 \dots 1,5$	$C_n / C_c = 1,2 \dots 2$
При циркуляції після t_c , год, k_b	$C_b / C_n = 0,75 \dots 1$	$C_n / C_b = 0,3 \dots 0,95$	$C_n / C_b = 0,4 \dots 1$

Примітка: показник якості води k – відношення фактичної концентрації (C_o, C_c, C_b) до допустимої за нормою концентрації C_n (за залишковим хлором) або обернене співвідношення (за колірністю та завислими речовинами).

З умови режиму фільтрування і якості води, що додається у ванну, циркуляційна витрата може визначатись за формулою (4.10), у якій період повного обміну води у ванні може встановлюватись залежно від часу первинної обробки знову налитої у ванну води устаткуванням запроектованої системи (фільтрами, знезаражувальними установками).

Для наступних розрахунків з підбору обладнання технологічного водопроводу потрібно приймати найбільшу – оптимальну циркуляційну витрату, $Q_{Ц}$, з розрахованих значень за формулами (2.16), (2.17), (2.19). Для орієнтовного визначення оптимальної циркуляційної витрати можна користуватись формулою:

$$Q_4 = q_4 N_{зод}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (2.20)$$

де q_4 - кількість води, що подається у ванну з розрахунку на 1 люд: для малих басейнів (купальних, дитячих, навчальних) можна приймати 1–1,5м³; для великих басейнів (навчальних, купальних) – 0,6–1,1м³; $N_{зод}$ - з формули (2,1), при розрахунку обладнання приймають максимально допустиме значення.

Розподільча циркуляційна система подачі води у ванни басейнів

Для усіх типів плавальних басейнів у ваннах повинна бути обладнана система подачі і розподілу води.

Ця система складається з магістрального трубопроводу, розподільчої тупикової чи кільцевої мережі, запірної і регулювальної арматури, впускних циркуляційних пристроїв.

Кількість впускних циркуляційних отворів:

$$n_ч = Q_{Ц} / q_0, \quad \text{шт.} \quad (2.21)$$

де $Q_{Ц}$ – циркуляційна витрата води, м³/год; q_0 - витрата води через один впускний отвір, м³/год.

Значення q_0 приймається з досвіду (за даними фірми–виробника конструкцій систем водообміну про технічні показники впускних сопел; за даними практичних спостережень та експериментально–теоретичних досліджень, наведених у спеціальній літературі). Наприклад, за даними [11], для внутрішнього діаметра сопла 40 мм приймається q_0 в межах 30 – 60 м³/год.

Для осьової швидкості руху вільного струменя (з впускного отвору у товщі води) 0,022-0,028 м/с, можна користуватись формулою:

$$n_ч = \frac{0,155Q_{Ц}}{x \cdot d_0}, \quad \text{шт.} \quad (2.22)$$

де x – довжина дії джерела струменя, м; для малих басейнів приймається рівною не більше ширини ванни, тобто $x = l_{ш}$; d_0 - внутрішній діаметр впускних циркуляційних отворів, м; приймається за ГОСТ 3262 рівним 0,025 – 0,05 м.

Для ванн шириною не більше 15 м впускні отвори розташовують у шаховому порядку (в плані) вздовж поздовжніх стін, а для ванн

шириною більше 15 м, крім отворів вздовж поздовжніх стін, додатково передбачають впускні отвори у трубопроводі (каналі), прокладеному посередині ванни басейну на дні (дірчастий трубопровід).

5. Очищення води.

Водоочисні споруди в басейнах передбачаються роздільно для кожної ванни чи групи ванн однакового призначення і віку осіб, які займаються [4].

До складу обладнання, що забезпечує очищення і дезінфекцію циркулюючої води, входять:

а) пристрої для видалення випадкових предметів і крупних забруднень (грубе очищення);

б) пристрої для видалення високодисперсних домішок, які спричиняють мутність і колірність води (тонке очищення);

в) установки для знезараження води;

г) реагентні установки (коагулювання, підлужування);

д) циркуляційні насоси, що забезпечують водообмін;

е) установки для підігрівання циркулюючої води;

є) контрольно-вимірювальні прилади і системи автоматичного керування.

Попереднє очищення води.

Великі забруднення та предмети (листя, шапочки тощо), випадково залишені у ванні, затримуються ґратами (металевими, пластмасовими), встановлюваними на випусках з ванн - відвідних отворах у дні ванн, які повинні передбачатися в глибокій і мілкій частинах ванн. Розрахункова швидкість входу води у ці отвори приймається 0,4-0,5 м/с [4].

Внутрішній діаметр труби циркуляційного випуску:

$$d = 27,5 \sqrt{Q_{ц} / m}, \quad (2.23)$$

де $Q_{ц}$ – циркуляційна витрата води, м³/год; m - розрахункова кількість циркуляційних випусків, приймається залежно від ширини ванни:

Ширина ванни, м:	до 8	8-12	12-15	15-18	18-21
Кількість циркуляційних випусків, шт.:	2	3	4	5	6

Для вилучення з циркулюючої води більш дрібних забруднень (окалин, волосся тощо) на всмоктувальній лінії рециркуляційного трубопроводу безпосередньо за випусками з ванни встановлюють грубі фільтри з механічним очищенням або гідравлічним (розрахункова швидкість фільтрування 50 - 100 м/год). Одна ванна повинна мати не

менше двох грубих фільтрів. Грубі фільтри з механічним очищенням води є герметично закритими сталевими посудинами зі вставленими в них сітчастими чи перфорованими стаканами. Зверху корпус герметично закривається знімною кришкою. Площа отворів у стакані і їх кількість визначається виходячи з швидкості руху води в отворах не більше 1,2 м/с.

Коагулювання води.

Забруднення води ванни грубо- та тонко-дисперсними механічними домішками, колоїдально-розчиненими речовинами збільшують мутність і колірність води. Для інтенсифікації процесів освітлення і знебарвлення циркулюючої води багаторазовим пропусканням її через водоочисні установки в плавальних басейнах застосовують коагулювання. Для прискорення процесу утворення осаду в коагульовану воду вводять різноманітні флокулянти. Розрахункова доза коагулянта може оцінюватись через колірність:

$$D_K = 4\sqrt{K_0}, \quad (2.24)$$

де D_K - розрахункова доза коагулянта, мг/дм³; K_0 – колірність води з вододжерела, град.

У плавальних басейнах розчини реагентів (коагулянта, луку, кислоти) вводяться за допомогою відповідних спеціальних пристроїв, які, зазвичай, входять до однієї установки.

Освітлення і знебарвлення води.

Очищення циркулюючої води плавальних басейнів зазвичай виконується безвідстійним фільтруванням на скорих напірних фільтрах із зернистим завантаженням або з намівним фільтрувальним шаром. Для зернистого завантаження (фільтрувального матеріалу) напірних фільтрів можуть використовуватися: кварцовий пісок, гравій, керамзит, антрацит, активоване вугілля, гранульований синтетик і пінопласт, тканини із штучних волокон з нанесеними на них матеріалами (кізельгур, штучна смола) тощо. Фільтрувальна здатність завантаження напірних фільтрів відновлюється промиванням його (до 15 хв) у висхідному протипотоці з води (і повітря). Середня розрахункова швидкість фільтрування на напірних фільтрах 25 – 30 м/год. Кількість напірних фільтрів рекомендується приймати не менше двох, для уникнення різкої зміни швидкостей фільтрування при промиванні одного з них (зі зміною розрахункової витрати змінюється діаметр надшвидкісних фільтрів). У намівних фільтрах очищення води виконується шаром фільтрувального порошку, намитого на поверхню фільтрувальних елементів. Матеріалом для фільтрувального порошку може служити: доломіт, діатоміт, перліт, целюлоза, азбест, бентоніт, деревна мука, штучні матеріали тощо. Середня розрахункова швидкість фільтрування на намівних фільтрах 5 м/год на 1 м² поверхні

фільтрувальних елементів. Розрахункова доза фільтрувального порошку на 1 м³ профільтрованої води біля 5–6 г.

Аерування води.

Аерування води відноситься до допоміжних методів покращення якості води. Воно сприяє циркуляції води у ванні, тобто рухові забруднень до випусків, рівномірному розподілу дезінфектанту по усьому об'єму води у ванні. Інтенсивність подачі повітровувками у ванну басейну стисненого повітря рекомендується 0,1–0,3 м³/год на 1 м³ об'єму води у ванні. Повітря доцільно подавати по пластмасових трубах зі швидкістю 15–20 м/с, через отвори знизу труби діаметром 1.5–2,5 мм та швидкістю руху повітря в отворах 20–30 м/с.

6. Знезараження води

Дезінфекція води плавального басейну є обов'язковою. Якість води у ванні басейну суттєво залежить від методу і режиму знезараження води.

Існуючі методи дезінфекції води плавальних басейнів можна поділити на реагентні, безреагентні і комбіновані [10-15]. До реагентних методів відносяться хлорування, озонування, олігодинамія (обробка іонами срібла, міді та ін.), бромовання, йодування та ін. До безреагентних методів відносяться обробка бактерицидними променями, ультразвуком та ін. У комбінованих методах одночасно застосовуються два способи знезараження або два дезінфектанти, один з яких здатен на протязі тривалого часу зберігати свою активність у воді. Коротка характеристика найпоширеніших методів дезінфекції води плавальних басейнів наведена нижче.

Хлорування води.

На сьогодні це найпоширеніший метод знезараження води, внаслідок його високої ефективності.

Хлорування – процес знезараження води із застосуванням газоподібного хлору або хлоромістких сполук, які вступають у реакцію з водою або з розчиненими у ній солями. При цьому гинуть бактерії та мікроорганізми. Знезараження води хлором або хлоромісткими препаратами виконується такими дозами, які б після повного окислення органічних речовин у воді забезпечили надлишок хлору, так званий залишковий хлор.

Залишковий хлор може бути присутнім у воді у вигляді вільного або зв'язаного активного хлору. Якщо вода басейну має рН=7,2, то у ній присутньо біля 60 % активного хлору у вигляді хлорноватистої кислоти HOCl, а із збільшенням рН кількість HOCl зменшується, при рН=8,5 міститься всього біля 10% хлорноватистої кислоти (тобто, знезаражувальний ефект у 6 раз нижчий). При рН>7,8 знижується

бактерицидний вплив хлору, збільшується мутність і колірність, можливе заростання труб і фільтрів. Щоб забезпечити бактерицидний ефект хлору потрібно збільшувати його концентрацію, що призводить до подразнення слизової оболонки очей і носа. При $\text{pH} < 7,2$ посилюються окислювальні процеси, виникає корозія, а при подальшому збільшенні концентрації залишкового хлору - подразнення слизової оболонки очей. При $\text{pH} < 6,5$ вода стає такою агресивною, що починається посилена корозія в усій рециркуляційній системі.

При наявності у воді басейну аміаку, хлор вступає з ним в реакцію окислення більш активніше, ніж для утворення HOCl , тим самим знижуючи концентрацію HOCl .

При хлоруванні води у системі зворотнього водопостачання басейнів концентрація залишкового хлору повинна складати $0,3\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$. При тривалій рециркуляції води спостерігається „звикання” бактерій, мікроорганізмів і навіть амеб до такої концентрації залишкового хлору. Утворені стійкі форми можна знищити перехлоруванням води або комбінованим методом знезараження.

Перехлорування (ударне хлорування) – обробка води басейну (зазвичай у нічний час) підвищеними дозами хлору ($4 - 5 \text{ мг/м}^3$), яка призводить до знищення хлор-стійких форм бактерій, зниження концентрації азотмістких сполук і збільшення вмісту HOCl . Після перехлорування виконують дехлорування (зниження концентрації залишкового хлору до допустимої норми відповідними реагентами із застосуванням установки для дехлорування), або призупиняють заняття у ванні до відновлення допустимої норми HOCl .

Із хлор-газу з балона (промисловість випускає зріджений хлор-газ, густиною $2,147 \text{ кг/м}^3$) хлорний розчин води приготують у хлораторі установки для знезараження води, яка поступає у ванну басейна.

Для знезараження води можуть застосовуватись і інші сполуки хлору у вигляді газів (двоокис хлору та ін.), розчинів (гіпохлорит натрію та ін.), порошків, таблеток і гранул (гіпохлорит кальцію та ін.), що зумовлює велику різноманітність установок для хлорування води (див. також сучасну рекламну літературу).

Більшість типів установок лише хлорують воду, а окремі установки окрім хлорування також здійснюють виготовлення хлормістких препаратів із сировини, як, наприклад, отримання гіпохлориту натрію із звичайної повареної солі NaCl в електролізній установці [10].

Стабілізація дії активного хлору.

Залишкова післядія (розкладання у воді) хлору складає близько 6 – 8 год. Збільшення тривалості збереження активного хлору у воді

плавального басейну досягається додаванням у неї так званих стабілізаторів хлору, особливо потрібних для відкритих басейнів, для сповільнення розкладання хлору у воді під дією сонячних променів і тепла.

Озонування води.

Озоном знищуються бактерії, спори, віруси і руйнуються органічні речовини, розчинені у воді. Він не лише знезаражує, але й покращує фізичні та органолептичні властивості води – знеколірнення та дезодорацію. Озон більш ефективний, ніж хлор при знищенні спор і руйнуванні оболонки одноклітинних мікроорганізмів, мікроводоростей і найпростіших. Для знищення водоростей достатньо дози озону 0,5 – 1 мг/дм³. Зменшення колірності води при озонуванні зростає з підвищенням рівня рН. Застосуванням озону покращується видалення з води заліза і марганцю, через затримання їх нерозчинних солей фільтруванням. Вода, оброблена озоном має гарний голубий відтінок, розчинені у ній мінеральні речовини не змінюють свого складу. Озон не впливає на природні властивості води, а надлишок його у воді не погіршує її якості.

При нормальній температурі озон самостійно дисоціює, особливо у воді. З підвищенням температури води розпад озону збільшується.

Порівняно з хлоруванням озонування має ряд переваг: а) озон отримують на місці, в озонаторах (на відміну від привізного хлору); б) озон не викликає подразнень слизової оболонки очей і носа навіть при надлишковому його вмісті у воді. Однак є і недоліки: а) велика вартість обладнання і самого процесу знезараження води, оскільки для отримання озону потрібна висока напруга і струм високої частоти; б) швидке розкладання озону з води (залишкова післядія – до 5 хв); в) мала гранично допустима концентрація озону у повітрі приміщення басейну, яка становить 0,001 мг/м³.

Дозу озону в плавальних басейнах вибирають залежно від режиму роботи системи водообміну; вона коливається від 0,2 до 2 мг/дм³. Детальніше про окремі системи водообміну з озонаторами розповідається у рекламній літературі виробників обладнання.

Бактерицидне опромінення води.

Знезараження води ультра-фіолетовими променями є чисто фізичним (безреагентним) методом. Бактерицидні промені знищують усі види бактерій, враховуючи спорові і хлоростійкі форми, не змінюючи смакові і хімічні властивості води.

Обробка води ультрафіолетовими променями (УФ-променями), виконувана на УФ-установках, здійснюється значно швидше, ніж реагентами. Однак ефект знезараження УФ-променями знижується при збільшенні мутності води.

УФ-установка містить герметичну камеру з УФ-лампою в кварцовому чохлі, який омивається потоком води, що знезаражується УФ-лампою. УФ-установки можуть монтуватись паралельно, відповідно до заданої витрати оброблюваної води. Детальніше про окремі системи водообміну з УФ-установками наведено у рекламній літературі.

Залишкова післядія після обробки води УФ-променями відсутня. Тому УФ-установки застосовують в системі разом з іншими установками, що мають залишкову післядію. До недоліків слід також віднести потребу в періодичній заміні ламп (ресурс близько 1500 – 2000 год світіння).

Знезараження води іонами срібла.

Результатами багатьох досліджень підтверджено ефективний бактерицидний вплив іонів срібла на більшість патогенних мікроорганізмів, а також і на віруси. Однак спороутворюючі різновиди мікроорганізмів практично майже нечутливі до срібла. Збагачення води іонами срібла може здійснюватись кількома способами: безпосереднім контактом води з поверхнею срібла (посріблені поверхні піску, каміння тощо), обробкою води розчином солей срібла, електролітичним методом. Найбільш розповсюдженим з них є електролітичний метод [10], який для ефективного використання потребує доброї попередньої фільтрації оброблюваної води та жорсткого контролю її за рівнем рН (оптимальні межі 6,9 – 7,2). Спосіб знезараження води іонами срібла потребує дорогого реагенту (срібла), є складним для знезараження великих об'ємів води, тому застосовується переважно у невеликих приватних басейнах та спа.

Комбіновані методи знезараження води.

Дані методи використовують як доповнюючі один одного. Наприклад, знезараження води ультрафіолетовими променями часто поєднують із хлоруванням чи озонуванням. Відомі і ряд інших комбінованих методів, наприклад, знезараження води іонами срібла та озону.

При спільному застосуванні УФ-опромінення та хлорування у 2 – 3 рази знижується витрата хлору і спрощується експлуатація хлораторної установки. УФ-установку в такій схемі оборотного водопостачання розташовують після фільтрів, до вводу розчину хлору. Варіант схеми зворотного водопостачання плавального басейну, яка передбачає разом з хлоруванням бактерицидне опромінення ультрафіолетом (УФ-установкою) наведено у сучасній рекламній літературі.

Варіант аналогічної схеми, яка передбачає разом з озонуванням бактерицидне УФ-опромінення наведено у сучасній рекламній літературі.

літературі. Озонатор в такій схемі оборотного водопостачання розташовують перед фільтрувальною установкою.

Боротьба з цвітінням і обростанням.

У плавальних басейнах (передовсім - літніх) спостерігається цвітіння, ріст планктону і водоростей. Певний ефект створюється вибраним методом знезараження, а при потребі застосовується підмішування у воду додаткових реагентів, вибраних після аналізу існування та сукупності конкретних забруднювальних факторів. Ці реагенти випускаються промислово, рекомендації до їх застосування подаються самостійно і у рекламній підтримці до методів знезараження води.

7. Лабораторний контроль якості води при експлуатації плавального басейну

При експлуатації плавального басейну потрібно вести змінний журнал хіміка для запису результатів аналізу води, дозування реагентів, відомостей про режим обробки води реагентами та ефективності його застосування. Також технічний персонал повинен вести змінний журнал механіка, у якому відображаються режим роботи споруд, покази контрольно-вимірювальних приладів і апаратури, несправності в роботі обладнання, аварії та їх ліквідація, роботи, виконані механіком на протязі зміни і т. д.

Визначення температури води у ванні басейну потрібно виконувати не менше 4 – 5 раз на протязі робочого дня через рівні проміжки часу. Контроль за температурою циркулюючої води ведуть за показами термометрів, встановлених на циркуляційному трубопроводі.

Кольоровість і прозорість (або мутність) води у ванні потрібно визначати 1 - 2 рази на добу. При обробці свіжоналітої води – через кожні 4 – 6 год.

Вміст завислих речовин у воді ванни встановлюють один раз на день. Для цього треба використовувати пробу води, в якій визначалась її мутність, для можливості порівняльної оцінки точності визначення вмісту домішок за мутністю води.

Вміст хлоридів, що належить до основних показників якості води басейну, зазвичай встановлюють кожні 3 – 4 дні за одною пробую, взятою з басейну.

Визначення окислюваності води проводять не менше одного разу за робочий день. У дні наливання ванни при довготривалому коагулюванні для оцінки ефективності процесу очищення рекомендується через кожні 4 – 6 год визначати окислюваність води до та після фільтру.

Аналіз води з ванни на вміст сольового і альбуміноїдного аміаку рекомендується проводити один раз кожні 7 – 10 днів.

Лужність і активну реакцію рН треба визначати щоденно. При коагулюванні ці показники повинні визначатись кожні 3 – 4 год для підтримання оптимальних умов здійснення процесу коагулювання. Для води кольорової з незначним вмістом завислих частинок оптимальні межі рН 6,5 – 7. Для порівняно мало кольорової води оптимальні межі рН при коагулюванні 7,2 – 7,8 (див. додаток 2).

Особливо жорсткий контроль у плавальних басейнах повинен виконуватись за вмістом залишкового хлору у воді ванни. Слід мати на увазі, що цей показник може за короткі проміжки часу (упродовж 1–2 год) суттєво змінюватися і відхилятися від допустимих меж. Тому у ваннах довжиною до 25 м для визначення залишкового хлору кожні 2 год повинно відбиратись не менше 2 проб води (одна в глибокій частині ванни, друга в мілкій). У ваннах довжиною 50 м кількість одночасно відібраних проб збільшується до 3 – 4.

Бактеріологічний аналіз води з ванни (визначення колі-титру та загальної кількості колоній) потрібно проводити 2 рази протягом робочого дня – до початку роботи басейну і в кінці її. Рекомендується періодично перевіряти бактеріологічний стан завантаження фільтрів. Для цього з кількох точок фільтра відбирають проби піску з водою і проводять посіви для визначення загальної кількості колоній.

Загальний санітарно-хімічний аналіз води басейну, при якому визначаються основні показники її якості, що нормовані ДСанПіН 2.2.4-171-10 [7] повинен проводитись 1 раз на 10 днів. При цьому відбирають 2 – 3 проби з різних точок ванни.

Визначення концентрації хлору в період експлуатації басейну.

Графічний метод.

Концентрацію $C_{\text{ц}}$ залишкового хлору у воді, що впускається у ванну басейну, можна визначити за графіком (додаток 3). Якщо відомі циркуляційна витрата води $Q_{\text{ц}}$ і концентрація залишкового хлору у воді ванни басейну (або хлоропоглинання у воді ванни басейну), то за відношенням $Q_{\text{ц}}/V_6$ можна знайти $C_{\text{ц1}}$ – концентрацію частини активного хлору, потрібного для зниження хлоропоглинання води. Якщо потрібно довести концентрацію залишкового хлору у воді басейну до норми, то за значенням $C_0=C_{\text{н}}=0,5 \text{ мг/м}^3$ визначають концентрацію другої частини активного хлору $C_{\text{ц2}}$, яка також вводиться у ванну з циркуляційною витратою $Q_{\text{ц}}$. Тобто кількість хлору, що вводиться у ванну рівна $C_{\text{ц1}}+ C_{\text{ц2}}$.

Лабораторні методи.

Визначення хлорвмісту у воді можна виконувати йодометричним і ортотолідиновим методами за еталонними

розчинами, колір яких відповідає шкалі різного вмісту залишкового хлору у воді.

При застосуванні йодометричного методу у скляну посудину, яка має ту ж форму, що й посудина для еталонів, наливають 50 мл випробовуваної води, 0,5 мл розчину крохмалю без домішки декстріна. Після ретельного перемішування отриманий розчин зрівнюють за зафарбуванням з розчинами в еталонних посудинах. Стандартні розчини приготують на дистильованій воді із суміші 2,5 %-ного розчину хлористого кобальту, 0,01 %-ного розчину метилен-блау і 10 %-ного розчину хромових квасків.

При застосуванні ортотолідинового методу 1 мл розчину ортотолідину змішують з 100 мл досліджуваної води і після 5-хвилинної реакції (при 20 °С в темноті) порівнюють зафарбування з еталонами, приготовленими за стандартною методикою.

Експрес-методи.

Швидко визначення хлоровмісту у воді ванни басейну (безпосередньо біля ванни басейну) можна виконувати промисловими портативними приладами у вигляді прозорої посудини для проб води з наклеєною на стінку порівняльною шкалою еталонного зафарбування. У чисту посудину заливається еталонний об'єм вимірюваної води та вкидається таблетка розчинного реагенту і, після фіксованого часу реакції, проводиться визначення хлоровмісту у воді шляхом порівняння зафарбування розчину із еталонною шкалою приладу.

Аналогічно можуть визначатись концентрації інших речовин, що впливають на якість води у ванні басейну.

Експрес-аналіз води за якісними показниками може також здійснюватись автоматично пристроями, вмонтованими у саму систему водообміну басейну. Дані замірів проб води у контрольних точках системи водообміну (на випуску з ванни, перед впуском у ванну, до та після фільтрів тощо) виводяться на екран пристрою для оцінки та програмування робочих процесів системи технологічного водопостачання басейну.

2.2. Хід виконання роботи

1. Проводиться натурне обстеження приміщень та ванни плавального басейну [16], за результатами якого встановлюються основні класифікаційні ознаки басейну взагалі та систем його водопостачання і водовідведення зокрема. Усі дані зводяться в журнал, причому більш детально – дані про сантехобладнання.

Конструкція, форма, розміри ванни басейну також відображаються в журналі, на кресленнях плану приміщення басейну, схемах поздовжнього та поперечного розрізів ванни басейну.

За результатами натурального обстеження систем водопостачання і водовідведення плавального басейну виконуються:

а) принципова схема системи технологічного водопостачання басейну;

б) принципова схема водного режиму, який відповідає системі технологічного водопостачання басейну;

в) принципові схеми систем подавання води у ванну та відведення (їх можна показати на плані і поздовжньому з поперечним розрізах).

2. Виконуються дослідження якості води, результати яких записуються у журнал.

Для аналізу роботи систем водопостачання і водовідведення плавального басейну потрібно мати значення основних показників якості води: а) на вводі водопроводу (з міської мережі питної води, враховуючи за даними санепідемстанції); б) у системі технологічного водопостачання басейну (за даними вимірювальної установки в самій системі); в) у ванні басейну (за даними вимірювань портативними приладами) з даними про розподіл вимірених значень по глибині та у плані ванни.

3. Аналізується стан дотримання санітарних вимог до ванн, допоміжних приміщень і території басейну (з виконанням відповідного запису у журнал).

У проектно-розрахунковій частині журналу також записуються наступні пункти.

4. Розраховуються:

4.1. Водний режим для зворотного водопостачання басейну. Зокрема, визначаються витрати води:

- для наповнення ванни (з джерела водопостачання);

- для відновлення втрат при експлуатації ванни;

- на обслуговування технологічного водопроводу (промивання фільтрів тощо);

- для забезпечення циркуляції і санітарно-гігієнічного стану води у ванні.

4.2. Циркуляційна витрата води, що подається у ванну.

4.3. Впускні та випускні отвори ванни басейну.

5. Обґрунтовується склад обладнання, що забезпечує очищення і знезараження циркулюючої води.

3. Робляться висновки про техніко-експлуатаційні характеристики системи водопостачання і водовідведення плавального басейну та пропонуються заходи і рішення щодо її удосконалення.

2.3. Контрольні запитання

1. Що таке штучний плавальний басейн?
2. Як розрізняють басейни за призначенням?
3. Пояснити, чи можна обладнати глибоку частину ванни даного басейну такими пристроями для стрибків у воду як вишки.
4. Яке призначення господарсько-питного водопроводу системи водопостачання басейнів?
5. Яке призначення технологічного водопроводу системи водопостачання басейнів?
6. Які нормативні вимоги висуваються до якості води плавального басейну?
7. Як встановлюється вид внутрішньої системи каналізації плавального басейну?
6. Назвати поширені типи системи технологічного водопостачання плавального басейну.
9. Що таке водний режим ванни басейну?
10. Як розраховується водний режим басейну?
11. Як розраховується циркуляційна витрата води, що подається в ванну басейну?
12. Як розраховуються впускні та випускні отвори ванни плавального басейну?
13. Розповісти про склад обладнання, що забезпечує очищення циркулюючої води.
14. Розповісти про методи знезараження циркулюючої води.
15. Розповісти про склад обладнання, що забезпечує знезараження циркулюючої води.
16. Розповісти про принципи лабораторного контролю якості води при експлуатації плавального басейну.

2.4. Список рекомендованої літератури

1. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.
2. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.
3. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Зі Зміною № 1. К: Мінрегіон України, 2019.
4. ДБН В.2.2-13-2003 Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди. К: Держбуд України, 2004.

5. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2019.

6. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. - Київ: Мінрегіон України, 2019.

7. ДСанПіН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (Наказ № 400 від 12.05.2010). К: МОЗ України, 2010.

8. Благодатний В. В., Белявський В. І., Башмакова А. С. Розробка та дослідження ефективності установки знезараження води плавальних басейнів / Техногенна безпека: зб. наук. праць НУК. Миколаїв: НУК, 2017. № 3. С. 108-113.

9. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. – Рівне : НУВГП, 2018. 343 с.

10. ДСТУ EN 16582-1:2019 Приватні басейни. Частина 1. Загальні вимоги щодо безпеки та методи випробування (EN 16582-1:2015, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

11. ДСТУ EN 16713-3:2020 Приватні басейни. Системи водопостачання. Частина 3. Обробка води. Вимоги та методи випробування (EN 16713-3:2016, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.

12. ДСТУ EN 16582-1:2022 Побутові плавальні басейни. Частина 1. Загальні вимоги, безпечність та методи випробувань (EN 16582-1:2015+A1:2021, IDT) (англ. мова). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022.

13. ДБН В.2.2-3:2018. Заклади освіти. Зі Зміною № 1. Київ: Мінрегіон України, 2022.

14. ДСТУ EN 15288-1:2020 Басейни загального користування. Частина 1. Вимоги щодо безпеки під час проєктування (EN 15288-1:2018, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.

15. Про прийняття національних стандартів. Наказ від 21.12.2020 №475. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020.

16. Синій С. Студенти-будівельники провели лабораторні заняття з інженерних мереж у басейні ЛНТУ. 19.04.2024. URL: <https://lntu.edu.ua/uk/media/studenty-budivelnyky-provely-laboratorni-zanyattya-z-inzhenernykh-merezh-u-baseyni-lntu>

2.5. Додатки

Додаток 2.5.1. Види проходження потоків води залежно від розташування труб

(подавання 1 та зливання 2 води)

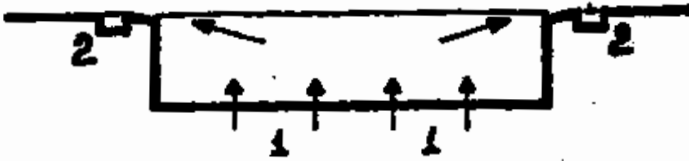


Рис. 1. Схема циркуляції води за принципом витиснення. Вертикальний потік утворюється при водопідвідному жолобі

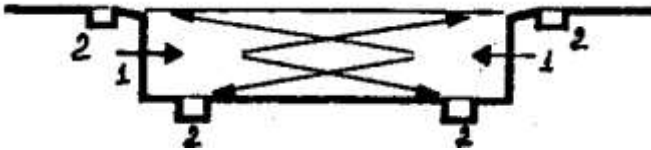


Рис. 2. Схема циркуляції води за принципом перемішування. Водопрпусні сопла розташовані на бічних стінках

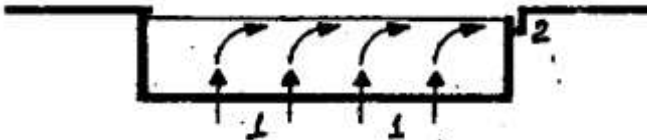


Рис. 3. Схема циркуляції води за принципом витиснення. Приклад рішення басейну на одну сім'ю. Вертикальний потік води утворюється при водопідвідному жолобі на дні і влаштуванням одностороннього пінного коритка

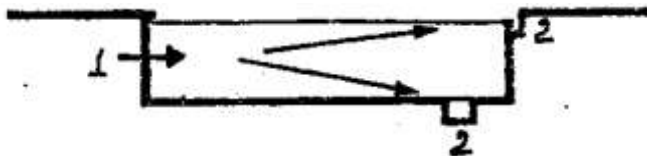


Рис. 4. Схема циркуляції води за принципом перемішування. Водопрпусні сопла розташовані на бічній стінці. При поздовжньому проходженні води і влаштуванні пінного коритка з одного боку значно зменшується можливість утворення водяних валків

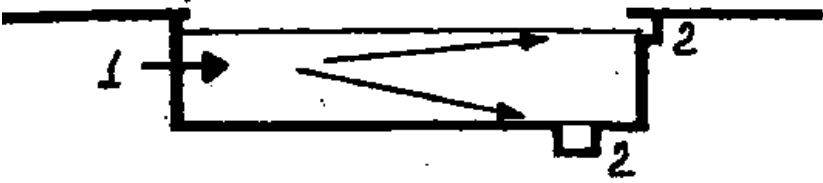


Рис. 5. Типове рішення для найпростіших басейнів. Водопропускні сопла розташовані на бічній стінці, водозабір – через скімер

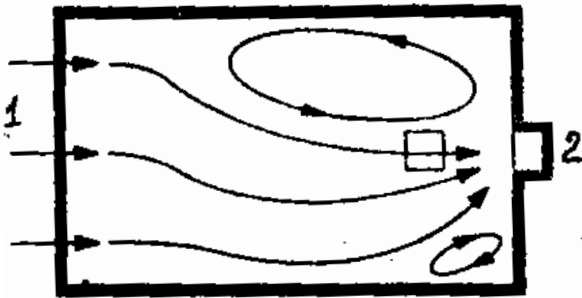


Рис. 6. Утворення вертикальних водяних валків у ванні зі скімером при поздовжньому проходженні води (план)

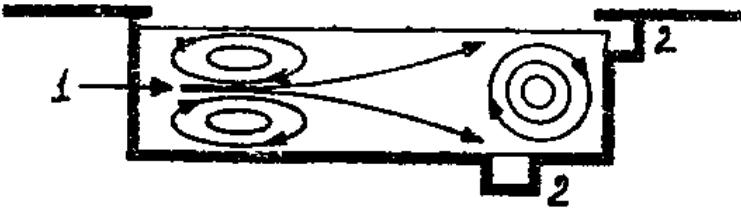


Рис. 7. Утворення горизонтальних водяних валків у ванні зі скімером при поздовжньому проходженні води (розріз)

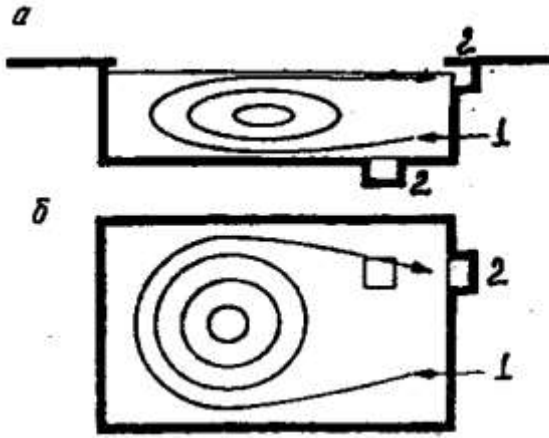


Рис. 8. Течія зі зворотнім відбиванням води створює Ідеальні умови для утворення горизонтальних і вертикальних водяних валків:
а) – розріз; б) – план

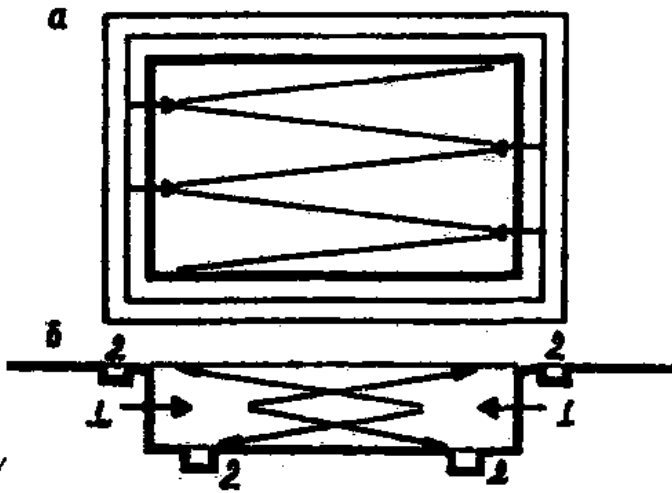


Рис. 9. Подвійна поперечна течія: а) – план; б) – розріз

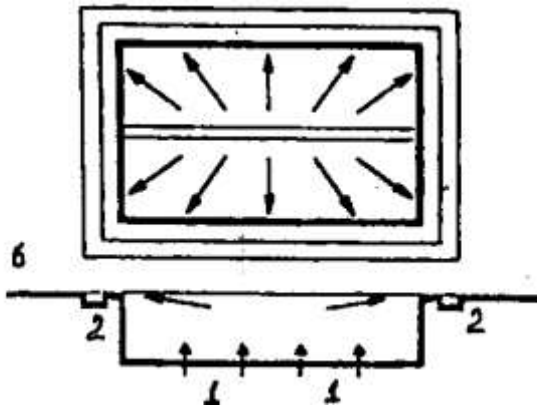


Рис. 10. Вертикальний потік води з центральним водопідвідним каналом: а) – план; б) – розріз

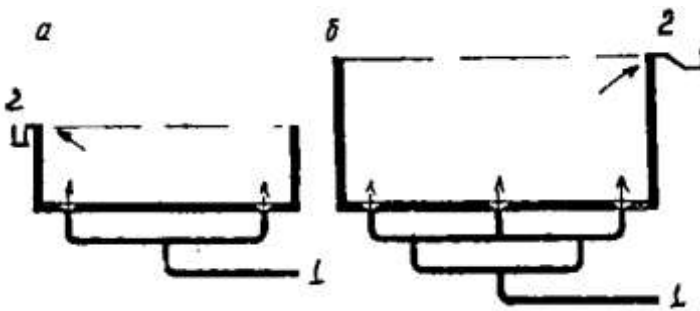


Рис. 11. Влаштування трубопроводів за системою „роги оленя” з виводами для подавання і відведення води: а) – з двома; б) – з трьома



Рис. 12. Приклад використання розподільчого колектора великого перерізу замість системи „роги оленя”, як більш економічного

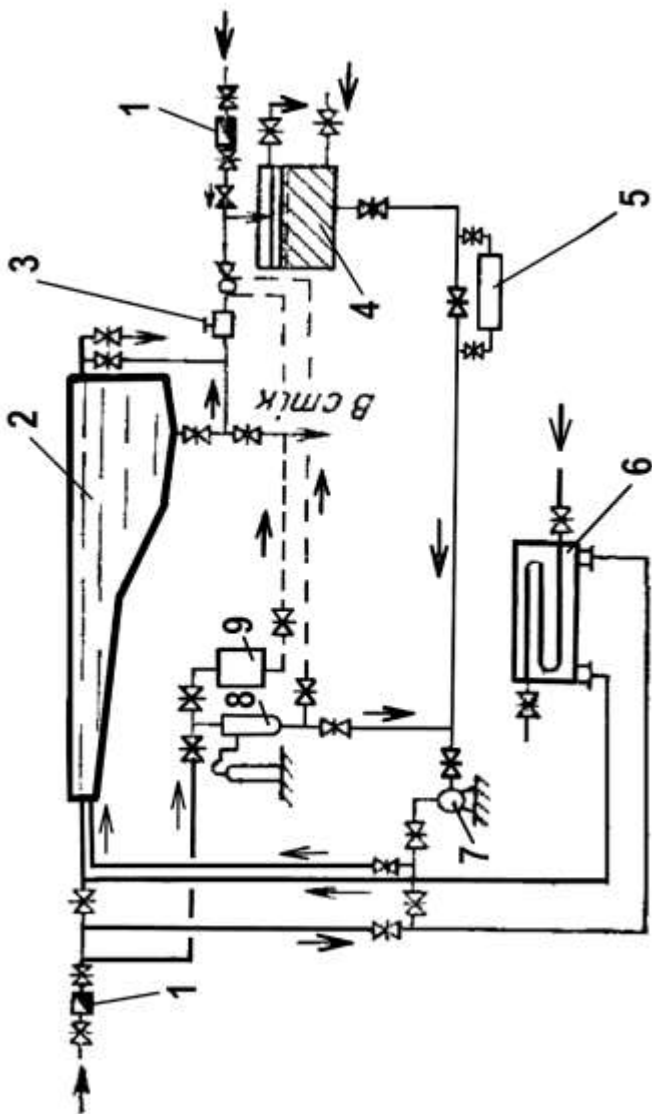
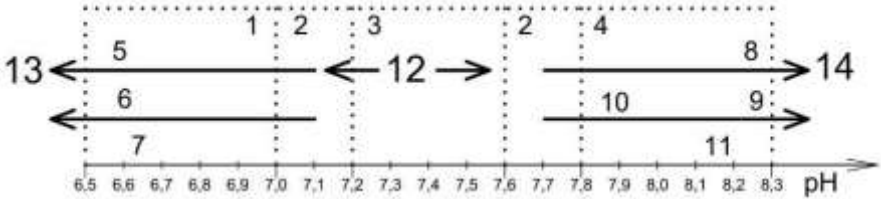


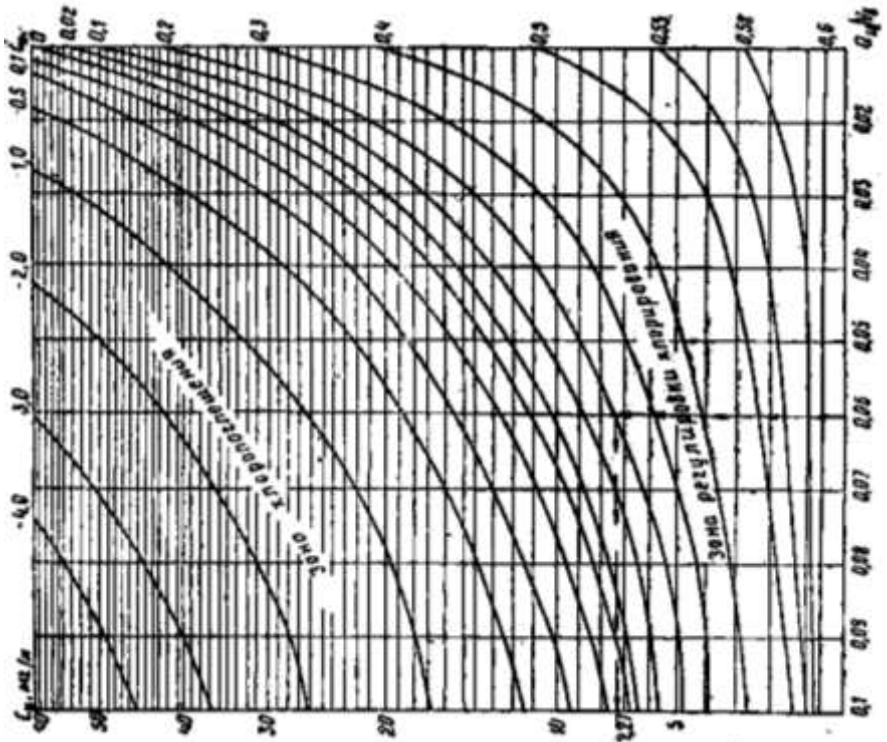
Рис. 13. Приклад схеми зворотного водопостачання плавального басейну:
 1 – лічильник води; 2 – ванна басейну; 3 – фільтр грубого очищення; 4 – безнапірний фільтр;
 5 – установка бактеріцидного опромінення (УФ-установка); 6 – теплообмінник; 7 – насос;
 8 – хлоратор; 9 – установка для коагулювання

Додаток 2.5.2. Шкала величин рН у діапазоні 6,5 – 8,3



Нижче і вище ідеальної зони від 7,2 до 7,6 містяться показники, що впливають на зміну якості води: 1 – дуже кисла; 2 – критична зона; 3 – ідеальна зона; 4 – дуже лужна; 5 – корозія металу і бетону; 6 – подразнення слизової оболонки ока; 7 – неприємні запахи; 8 – відкладення жорсткості; 9 – помутніння води; 10 – зниження дії хлору; 11 – вилузування шкіри плавців; 12 – нейтральна точка; 13 – кисле середовище; 14 – лужне середовище

Додаток 2.5.3. Графічне визначення режиму хлорування води у ванні басейну



3. Лабораторна робота № 2 на тему: „Аналіз роботи водопровідних очисних споруд міста”

Мета роботи:

1.1. Вивчити поширені системи і схеми водопостачання міста з поверхневих і підземних джерел.

1.2. Вивчити склад і роботу водозабірних споруд міста для прийому води з поверхневих і підземних джерел.

1.3. Вивчити склад і роботу споруд міських насосних станцій першого і другого підняття.

1.4. Провести аналіз методів очищення води, складу очисних споруд станції очищення води міста Луцька.

Технічне забезпечення:

Споруди та обладнання міського водозабору комунального підприємства “Луцькводоканал” по вул. Дубнівській, (водозабори з річки Стир і зі свердловин, насосні станції першого і другого підйому, регулюючі та запасні споруди, станція очищення води)..

3.1. Теоретичні відомості

Схеми систем водопостачання населених пунктів та основні споруди цих систем

Основні відомості про системи водопостачання населених пунктів та основні споруди цих систем, вимоги до їх проектування, експлуатації, якості води наведено у літературі [1-20] та конспекті лекцій.

Система водопостачання населеного пункту повинна забезпечувати забір води з природних джерел, її очищення (при потребі), зберігання запасів води і передавання її до місць споживання. Для виконання цих завдань служать наступні споруди, що входять зазвичай до складу системи:

а) водозабірні споруди, за допомогою яких виконується захоплення води з природних джерел;

б) водопідйомні пристрої, тобто насосні станції, що подають воду до місць її очищення, зберігання і споживання;

в) споруди для поліпшення якості води;

г) водоводи і водопровідні мережі, що служать для транспортування води до місць споживання і розподілу;

д) башти і резервуари, що виконують роль регулюючих і запасних місткостей.

Взаємне розташування основних водопровідних споруд відображається на загальній схемі водопостачання міста, приклади поширених схем наведено на рисунках 3.1 та 3.2, а також у [1-7].

Розрізняють водозабірні споруди для забору води з поверхневих та підземних джерел [1-12, 14]. Для забору води з поверхневих джерел використовують, в основному, руслові або берегові водозабірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега. На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовують руслові водозабори, які складаються з водоприймача (оголовка), самопливних або сифонних трубопроводів, берегового колодязя.

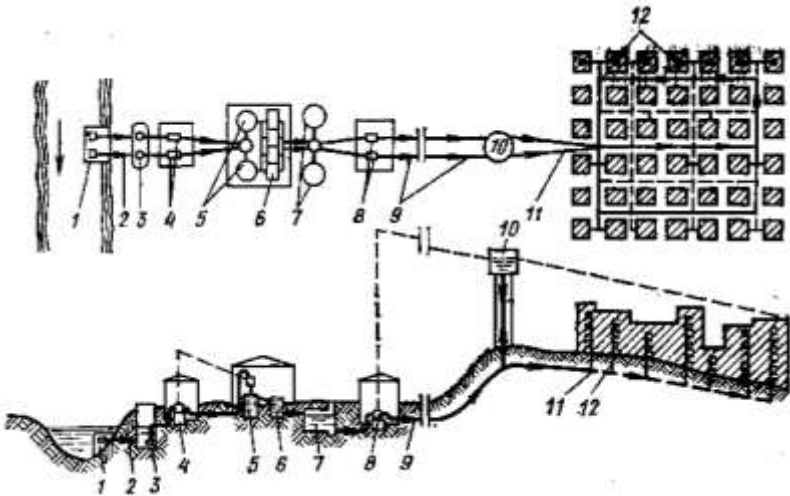


Рис. 3.1. Схема водопостачання населеного пункту при використанні поверхневих вод:

- 1 – водоприймач; 2 – самотічна труба; 3 – береговий колодязь;
- 4 – насоси станції I підйому; 5 – відстійники; 6 – фільтри;
- 7 – запасні резервуари чистої води (РЧВ); 8 - насоси станції II підйому; 9 – водоводи; 10 – водонапірна башта;
- 11 – магістральні трубопроводи; 12 – розподільчі трубопроводи

Береговий колодязь розташовують на незатоплюваному повинню березі і по можливості об'єднують з насосною станцією першого підйому, для зменшення капітальних витрат і спрощення експлуатації. На відміну від руслових береговий водозабір не має самопливних ліній і повністю розташовується на березі (крутому березі ріки з достатньою

глибиною води). На річках з недостатньою шириною і великим вмістом завислих речовин або шуги в зимовий час берегові водозабори розташовують у спеціальних спорудах – ківшах (котлованах, з'єднаних з річкою рукавом). Для забору підземних вод використовують свердловини, шахтні колодезяі (криниці), горизонтальні та променеві водозабори, каптажні камери.

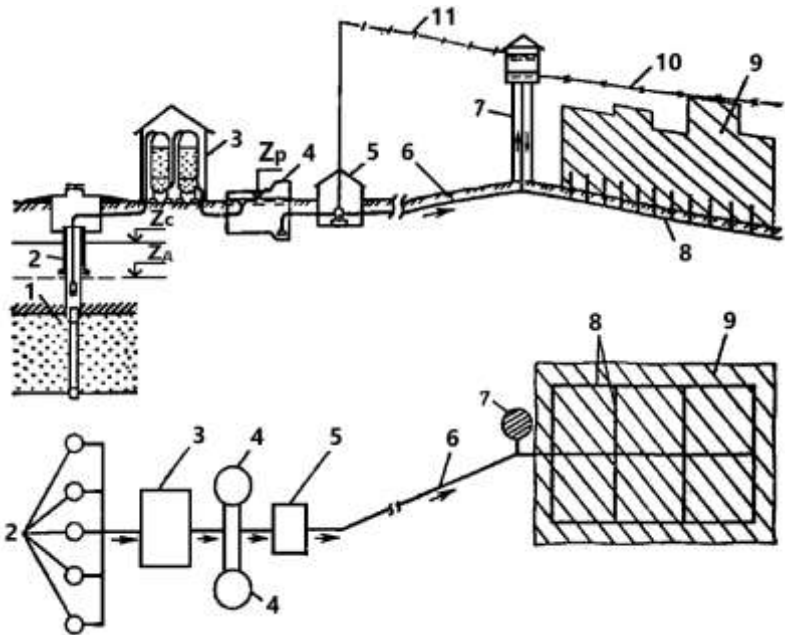


Рис. 3.2. Схема водопостачання населеного пункту при використанні підземних вод:

- 1 – водонасний пласт; 2 – водозабірна свердловина;
- 3 – водоочисна станція; 4 – запасні резервуари чистої води (РЧВ); 5 – насосна станція II підйому; 6 – водоводи;
- 7 – водонапірна башта; 8 – магістральні трубопроводи; 9 – населений пункт; 10 – п'єзометрична лінія в мережі при найнижчому рівні води в башті; 11 – те саме, у водоводі при найвищому рівні води в башті; Z_d , Z_c – відповідно, динамічний і статичний рівень води у свердловині;
- Z_p – розрахунковий рівень води у резервуарі

До складу насосних станцій входять основні та резервні робочі агрегати, насоси спеціального призначення (протипожежні, дренажні

та інші), а також допоміжне обладнання, яке забезпечує нормальну роботу робочих агрегатів (електрообладнання, підйомно-транспортні механізми, контрольно-вимірювальні та сигнальні пристрої тощо). Як правило, будівлі насосних станцій проектують в плані круглими або прямокутними. За місцем розташування у загальній схемі водопостачання і призначенням насосні станції розділяють на станції:

1. Підйому: першого (для перекачування води з джерела водопостачання на очисні споруди, а якщо очищення не потрібні, то – в резервуари чистої води, скорочено - РЧВ) і другого (для перекачування води з РЧВ до споживача).

2. Підвищувальні, які збільшують напір у водопровідній мережі (насоси підключені безпосередньо до мережі) та циркуляційні, які влаштовують у системах технічного водопостачання при потребі у циркуляції води, наприклад у замкнутих системах охолодження.

Категорію надійності насосної станції, кількість робочих і резервних агрегатів та інші показники при проектуванні насосних станцій приймають за [14]. Оптимальний режим роботи насосів визначають відповідно до результатів гідравлічного розрахунку мережі і ТЕР обґрунтування об'єму баків водонапірних башт і РЧВ. За результатами цих розрахунків підбирають типові проекти насосних станцій.

Детальніше про склад і роботу насосних станцій – у [1-12, 14].

Регулюючі та запасні споруди в системі водопостачання – це напірні або безнапірні резервуари з певним об'ємом води, потрібним для регулювання роботи системи і для утворення недоторканного запасу на випадок пожеж або аварій. Регулювання полягає в узгодженні різних режимів подачі та споживання води за допомогою акумулювальних місткостей. При подачі води понад споживання вона накопичується в місткостях, а при недостачі – забирається з них. Регулювання забезпечує відносно рівномірну роботу водозаборів, очисних споруд і насосних станцій. Регулюючі та запасні місткості доцільно об'єднувати в одній споруді, що вигідно економічно та дозволяє уникнути зниження якості води при тривалому зберіганні.

До напірно-регулюючих споруд належать водонапірні башти, високо розташовані надземні напірні резервуари, а також повітряно-водяні (гідропневматичні) баки. Водонапірні башти, резервуари розташовують у найвищих точках місцевості біля або безпосередньо на мережі населеного пункту. Крім регулювання, вони вирівнюють напір у мережі і при цьому зміни у подачі насосів не передаються в мережу. Водонапірні башти залежно від рельєфу місцевості і конфігурації мережі можуть бути розташовані на початку мережі (прохідна башта), в кінці мережі (контррезервуар) або в її проміжних точках.

Безнапiрнi регулюючі та запасні споруди (надземні і підземні резервуари) влаштовують, як правило, біля насосних станцій. Вони слугують для регулювання роботи водозаборів, очисних і насосних станцій, зберігання аварійних, проти-пожежних та інших запасів води.

Детальніше про будову і роботу регулюючих та запасних споруд – у [1, 2, 4].

Очисна станція – це комплекс споруд, в яких вода підлягає очищенню для набуття потрібних споживачу якостей і властивостей. Очисні споруди, як правило, розташовують так, щоб вода між ними рухалась самопливом. Метод очищення води і склад очисних споруд залежить від якості води в джерелі водопостачання, призначення водопроводу, продуктивності станції та місцевих умов. До найвідоміших методів поліпшення води належать прояснення, знебарвлення і знезаражування. Детальніше про склад і роботу очисних станцій – у [1-12, 14].

Прояснення води полягає у видаленні з неї завислих речовин, тобто зменшення її каламутності. Його можна проводити шляхом відстоювання і фільтрування. Відстоювання проходить досить довго, тому для прискорення прояснення у воду вводять хімічні речовини – коагулянти, що разом із завислими та колоїдними частинками утворюють пластівці, які досить швидко відділяються від води (швидкість випадання пластівців у осад приблизно в 100 разів більша, ніж частинок тонко-дисперсної глини). Для інтенсифікації коагулювання воду інколи обробляють флокулянтами (поліакриламід або кремнієва кислота), при цьому утворені пластівці ще більші та швидше осідають. Дозу коагулянту нормують за [14].

Прояснення та знебарвлення води коагуляцією виконується на таких спорудах. Приготування розчинів – у відділеннях (реагентне господарство), де розташовані спеціальні баки з розчинами та дозуючі пристрої. Перемішування розчинів коагулянтів – у змішувачах (утворенням вихрових потоків води нерухомими напрямними поверхнями або перемішуванням мішалками), які бувають лоткового типу (з дірками і з перегородками) та вихрові. Далі, за 2-3 хв до утворення пластівців вода потрапляє на 20-30 хв у камеру утворення пластівців (з перегородками, вихрову чи водоворотну). Звідти – у відстійники, для випадання в осад. Відстійники за конструкцією і рухом води можуть бути горизонтальні, вертикальні та радіальні, вони можуть бути поєднані в одну споруду з камерою для утворення пластівців. Для прояснення води окрім відстійників використовують гідроциклони, в яких відділення твердої фази від рідкої проходить за дії відцентрової сили. При проясненні широко застосовують метод пропускання забрудненої води через шар осаду. Цей осад сприяє інтенсивному утворенню пластівців. Далі вода надходить до фільтрів.

Остаточне прояснення води досягається фільтруванням, тобто пропусканням води через шар дрібнозернистого фільтрувального матеріалу (кварцовий пісок, керамзит, антрацит, спінений полістирол тощо). За швидкістю фільтрування розрізняють швидкі ($v=5-10$ м/год), надшвидкі ($v=25-100$ м/год) та повільні ($v=0,1-0,2$ м/год) фільтри. Швидкі фільтри застосовують при очищенні зкоагульованої води, повільні – при очищенні води без коагулянтів, надшвидкі – з коагулюванням води або без нього. За конструкцією розрізняють відкриті (напірні) та закриті (безнапірні) фільтри, а за завантаженням – з однорідним фільтрувальним матеріалом або з різних матеріалів (багато-шарові). Крім фільтрів для прояснення води використовують також контактні просвітлювачі, в яких поєднуються процеси утворення пластівців і фільтрування.

Знезаражування води – знищення мікроорганізмів, бактерій, вірусів, переважно патогенних, які можуть викликати шлунково-кишкові захворювання. Після прояснення води відстоюванням і фільтруванням, коли значна частина бактерій і вірусів затримана, їх остаточне знищення здійснюють шляхом обробки води хлором, озоном, сріблом чи іншими речовинами або опроміненням ультрафіолетовими променями.

Знебарвлення води – усунення речовин, що зумовлюють її кольоровість. Зазвичай, знебарвлення води проходить при проясненні і знезаражуванні. Речовини, що зумовлюють кольоровість води, видаляються за допомогою коагуляції та окислення.

Воду очищають із застосуванням хімічних реагентів (коагулянтів, хлору, озону та ін.) або без них – фізичними методами. В останньому випадку вода очищається, наприклад, природним відстоюванням і повільним фільтруванням через дрібнозернисті фільтри, знезаражується ультрафіолетовими променями. У зв'язку з цим розрізняють реагентний і безреагентний методи очищення.

Залежно від властивостей джерела водопостачання або вимог споживачів до якості води може застосовуватись спеціальна обробка води на відповідних очисних спорудах: пом'якшення, знезалізнення, стабілізація, дезодорація, знесолення, видалення або введення окремих компонентів, охолодження тощо. Детальніше про спеціальні методи поліпшення якості води – у [1-9, 12, 14].

3.2. Хід виконання роботи

1. Безпосередньо на території міського водозабору проводяться натурні обстеження таких споруд та обладнання: водозабори з річки і зі свердловин (рис. 3.3), насосні станції першого і другого підйому (рис. 3.4), регулюючі та запасні споруди (рис. 3.5), станція очищення води (рис. 3.6 - рис. 3.9).

Характеристика системи водопостачання міста Луцька наведена у [16].



Рис. 3.3. Наземна частина водозабірної свердловини



Рис. 3.4. Водопровідна насосна станція

2. За результатами натурних обстежень:
- 2.1. Встановлюється схема системи водопостачання міста.
У журналі лабораторної роботи кресляться:
- 1) Схеми водопостачання:

- а) з річки;
- б) з підземних вод.

Зразки виконання типових схем зображено на рисунках 3.1 та 3.2, а також наведено у [1-9].

2) Принципова схема зв'язку між водозабірними, водопіднімними, регулюючими та запасними, водоочисними спорудами водозабору по вул. Дубнівській.

Також, описується призначення, будова та принцип роботи обстежених споруд та обладнання.



Рис. 3.5. Напірна башта станції знезалізнення води



Рис. 3.6. Напірний фільтр



Рис. 3.7. Технологічний процес на станції знезалізнення води (вигляд вздовж лотків)



Рис. 3.8. Технологічний процес на станції знезалізнення води (вигляд з боку, відносно лотків)



Рис. 3.9. Установа для забору хлору з балонів на станції хлорування

2.2. Встановлюється технологія (порядок застосування методів) очищення води та склад (перелік) використовуваних очисних споруд.

У журналі лабораторної роботи описуються основні ознаки прийнятої на міському водозаборі технології (методів) очищення води, а також призначення, будова та принцип роботи очисних споруд та обладнання.

Також, креслиться технологічна схема однієї з водоочисних споруд (установок), наприклад знезалізнення води (рис. 3.7 - рис. 3.8) чи її хлорування (рис. 3.9), та описується призначення, будова та принцип її роботи. Зразки виконання типових схем наведено у [1-7, 12].

3. Складаються висновки (у журналі лабораторної роботи) про ефективність застосування прийнятої технології водозабору та очищення міських вод і якість роботи водозабірних та очисних споруд, обладнання, пропонуються заходи щодо їх удосконалення.

3.3. Контрольні запитання

1. Розкажіть про найпоширеніші схеми систем водопостачання міста.
2. Розкажіть про призначення, будову та принцип роботи, основні характеристики споруд водозабору з річки і зі свердловин.
3. Розкажіть про призначення, будову та принцип роботи, основні характеристики споруд насосних станцій першого і другого підйому.
4. Розкажіть про призначення, будову та принцип роботи, основні характеристики регулюючих та запасних споруд.
5. Схарактеризуйте найпоширеніші методи водоочищення.
6. Схарактеризуйте найпоширеніші технологічні схеми водоочищення.
7. Розкажіть про призначення, будову та принцип роботи, основні характеристики найпоширеніших водоочисних споруд та обладнання.

3.4. Список рекомендованої літератури

1. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 343 с.
2. Орлов В.О., Шадура В.О., Филипчук В.Л. Міські інженерні мережі та споруди: Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 200 с.
3. Тугай А. М., Орлов В. О., Шадура В. О., Шадура С. Ю. Міські інженерні мережі та споруди : підручник. Київ: УкрГеліотех, 2010. 256 с.
4. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі : Навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2006. 97 с.
5. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. К.: Знання, 2009. 735 с.
6. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація: Підручник. Кондор, 2022. 288 с.

7. Величко С.В. та ін. Гідротехнічні водозабірні споруди: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2023. 256 с.
8. Хоружий В.П. та ін. Експлуатація систем водопостачання та водовідведення: навч. посіб.: у 2-х ч. – Ч. 1. Київ: КНУБА, 2019. 232 с..
9. Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Водозабірні споруди з поверхневих та підземних джерел: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2023. 288с.
10. КДП 204-12 Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. Зі змінами / Наказ Держжитлокомунгоспу України від 05.07.1995 № 30. Дата початку дії: 22.03.2016 р. К: Держжитлокомунгосп України, 1995 (2016).
11. ВНД 33-3.4-01-2000 Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України / Наказ Держводгоспу України від 22.06.2000 № 82. К: Держводгосп України, 2000.
12. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. К.: Вища шк., 2005. 671 с.
13. ДСанПІН 2.2.4-171-10 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (Наказ № 400 від 12.05.2010) – К: МОЗ України, 2010.
14. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К.: Мінрегіон України, 2013.
15. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. - Київ: Мінрегіон України, 2019.
16. ДСТУ Б А.3.2-14:2011 Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD). К: Мінрегіон України, 2012.
17. Офіційний сайт КП «Луцькводоканал». Технічна інформація [Електронний ресурс]. URL: <https://vd.lutsk.ua/>
18. Інженерні мережі. Електронний навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання; уклад.: Синій С.В., Сунак П.О. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Синій%201/index.html
19. Якименко О. В., Морковська Н. Г. Технічна експлуатація інженерних мереж : навч. пос., Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 289 с.
20. Hamilton S, Charalambous B, Wyeth G. Improving Water Supply Networks: Fit for Purpose Strategies and Technologies. IWA Publishing, 2021. 103 p. DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780409207>

4. Лабораторна робота № 3 на тему: „Аналіз роботи каналізаційних очисних споруд міста”

Мета роботи:

1. Вивчити поширені системи і схеми мереж водовідведення міста.
2. Вивчити поширені методи очищення стічних вод, склад і роботу використовуваних за цими методами очисних споруд.
3. Провести аналіз системи і схеми мереж водовідведення міста Луцька.
4. Провести аналіз методів очищення стічних вод, складу очисних споруд станції очищення стічних вод міста Луцька.

Технічне забезпечення:

Споруди та обладнання міської станції очищення стічних вод комунального підприємства “Луцькводоканал” біля села Липляни.

4.1. Теоретичні відомості

Схеми систем водовідведення населених пунктів та основні споруди цих систем

Основні відомості про системи водовідведення населених пунктів та основні споруди цих систем, вимоги до їх проектування, експлуатації, якості стічних вод наведено у літературі [1-17] та конспекті лекцій.

1. Системи та схеми каналізації.

Система каналізації призначена для видалення з будівель та споруд забруднень, утворених у процесі санітарно-гігієнічних процедур, господарської і виробничої діяльності людини, а також атмосферних і розталих вод.

Отже, каналізацією є комплекс інженерних споруд та заходів, призначений для таких цілей:

- а) приймання стічних вод у місцях їх утворення і транспортування їх до очисних споруд;
- б) очищення і знезараження стічних вод;
- в) утилізації корисних речовин, що містяться у стічних водах і їх осаді;
- г) спускання очищених вод у водойму.

Розрізняють два види каналізації: вивізну і сплавну.

При вивізній каналізації рідкі забруднення збирають у приймачі-вигреби і періодично вивозять автотранспортом на поля асенізації для обробки. Вивізні каналізація не забезпечує відповідного санітарного стану території і недоцільна економічно, тому її влаштовують тільки у

невеликих населених пунктах, коли застосування іншого виду каналізації ускладнене.

При сплавній каналізації стічні води по підземних трубопроводах транспортують на очисні споруди, де їх інтенсивно очищують переважно у штучно створених умовах. Очищені стічні води спускають у найближчу водойму через пристрої, що називаються випусками.

Системи водовідведення (сплавні системи каналізації, в яких забруднення видаляються водою) влаштовують при наявності водопостачання. Тверді відходи, сміття видаляють сміттєпроводами, які також належать до систем каналізації (каналізація твердих відходів). Місцева вивізні каналізація з використанням люфт-клозетів або вигребів влаштовується в неканалізованих районах без водопроводу, невеликих підприємствах громадського харчування тощо.

За призначенням водовідвідні системи (сплавні системи каналізації), які видаляють забруднення в рідкому стані (стічні води) поділяють на:

- побутову каналізацію, яка відводить забруднену воду після миття посуду, продуктів, прання, санітарно-гігієнічних процедур, а також фекальні стоки (стічні води), що містять рідкі і тверді виділення людського організму, розбавлені водою;

- виробничу каналізацію, яка видаляє за межі будівлі виробничі стічні води (стоки) – рідину, використану у технологічному процесі, яка містить відходи виробництва, що надалі не можуть бути використані. Виробничі стічні води можуть мати різноманітний за забрудненням склад, тому у виробничих приміщеннях можуть бути кілька систем каналізації для відведення стоків різного складу забруднення, температури, агресивності, якщо змішування вод недопустиме або недоцільне;

- водостоки (ливневу каналізацію), яка відводить дощові і розталі води з покрівель будівель. Потреба влаштування внутрішніх водостоків встановлюється архітектурно-будівельною частиною проекту.

Можливе об'єднання різних за призначенням систем для спільного відведення різних видів стічних вод (при подібності показників забруднень) у побутово-виробничі, виробничо-дощові тощо.

Залежно від того, як відводяться окремі види стічних вод – разом чи окремо, системи каналізації поділяють на загальносплавні, роздільні (повна або неповна) та напівроздільні. Тип системи каналізації міста вибирають на основі порівняння техніко-економічних та санітарно-гігієнічних показників.

При загальносплавній системі каналізації всі види стічних вод відводяться до очисних споруд по єдиній каналізаційній мережі.

Роздільною називається система каналізації, при якій окремі види стічних вод із забрудненнями різного характеру відводяться самостійними каналізаційними мережами. Роздільна система каналізації поділяється на:

- повну – передбачає не менше двох мереж: одну – для прийому і відводу побутових і близьких до них за складом виробничих стічних вод на очисні споруди; другу – для прийому і скиду у водойму атмосферних та умовно чистих виробничих стічних вод;

- неповну – передбачає відвід побутових стічних вод закритою мережею на очисні споруди і неорганізований відвід у водойму атмосферних вод.

Напівроздільною є така система каналізації, при якій у місцях перетину самостійних каналізаційних мереж для відводу різних видів стічних вод встановлюють водоскидні камери, що дозволяють перепускати найбільш забруднені дощові води при малих витратах у побутову мережу і відводити їх по загальному колектору на очисні споруди, а при зливах – скидати порівняно чисті дощові води безпосередньо у водойми.

В нашій країні переважає неповна роздільна система каналізації як перша черга будівництва. В санітарному відношенні найбільш доцільною є загальносплавна система каналізації, при якій всі стічні води підлягають очищенню.

Каналізація складається з таких основних елементів: внутрішніх каналізаційних пристроїв будівель, зовнішньої внутріквартильної каналізаційної мережі, зовнішньої вуличної каналізаційної мережі. Насосних станцій і напірних трубо-проводів, очисних споруд і пристроїв для випуску очищених стічних вод у водойму.

Зовнішня вулична каналізаційна мережа є системою підземних трубопроводів, які приймають стічні води від внутріквартильних мереж і транспортують їх до насосних станцій, очисних споруд і у водойму.

Вулична каналізаційна мережа залежно від розташування її на території населеного пункту, промислового підприємства називається:

- дворова – приймає стоки від однієї чи кількох будівель;

- внутріквартильна (мікрорайонна) – обслуговує велику групу будівель і залежно від розмірів і розташування може наблизитись до дворової або мати магістральну лінію, до якої приєднуються бічні відгалуження (дворові мережі), що збирають воду від випусків окремих будівель;

- внутрімайданчикова (заводська) – включає ділянки, з'єднуючі окремі випуски з будівель, і магістральні ділянки, прокладені по проїздах чи в інших містах підприємства.

Залежно від характеру обслуговуваної території міські вуличні мережі приймають стічні води від внутріквартильних або від

заводських мереж, прокладених на території промислового підприємства для приймання стічних вод із цехів і будівель всередині підприємства. В деяких випадках заводські мережі приєднують до спеціальної мережі промислової каналізації.

Каналізаційні мережі будують переважно самопливними. Для цього їх прокладають відповідно до рельєфу місцевості, розділяючи всю каналізовану територію населеного пункту на басейни каналізування. Басейн каналізування – частина території, обмежена водорозділами.

Ділянки каналізаційної мережі, що збирають стічні води з одного чи кількох басейнів каналізування, називають колекторами. Колектори великих розмірів називають каналами. Колектори поділяють на такі види:

- колектори басейнів каналізування, що збирають стічні води з окремих басейнів;
- головні колектори, що приймають і транспортують стічні води двох чи більше колекторів басейнів каналізування;
- замські колектори, що відводять стічні води транзитом (без приєднань) за межі об'єкту каналізування до насосних станцій, очисних споруд чи місця їх випуску у водойму.

Для огляду, промивання і прочищення каналізаційної мережі (від забруднення) на ній влаштовують оглядові колодязі. Для приймання атмосферних стічних вод з проїздів вулично-дорожньої мережі застосовують дощоприймачі – круглі або прямокутні в плані колодязі з металевою решіткою зверху.

Схема каналізації – план каналізованого об'єкту з нанесеними на ньому елементами каналізації (мережами, насосними станціями, очисними спорудами тощо). Рішення схеми каналізації залежить від багатьох факторів: конфігурації і розміру каналізованого об'єкту, розташування водойм відносно нього, рельєфу місцевості, ґрунтових умов, потужності водойм, економічних і санітарних міркувань, системи каналізації та ін. На практиці найчастіше зустрічаються такі схеми [1-8]:

1. Перпендикулярна, коли колектори басейнів каналізування трасують перпендикулярно до течії річки. Її часто застосовують для відводу атмосферних вод, які не вимагають очищення.

2. Перехоплююча, коли колектори басейнів каналізування перехоплюються головним колектором, який трасують паралельно до течії річки. Її застосовують при пониженні рельєфу місцевості до водойми та потребі очищення стічних вод.

3. Паралельна, коли колектори басейнів каналізування трасують паралельно або під невеликими кутами до течії річки і перехоплюються головним колектором, який трасують перпендику-

лярно до течії річки. Її застосовують при різкому спаданні рельєфу місцевості до річки.

4. Радіальна, коли стічні води відводяться децентралізовано, а тому їх очищення відбувається на двох або більше очисних спорудах. Її застосовують при складному рельєфі місцевості і при каналізуванні великих міст.

5. Зонна, коли каналізована територія розбита на дві зони: з верхньої стічні води відводяться до очисних споруд самопливом, з нижньої – перекачуються насосною станцією. Її застосовують для скорочення експлуатаційних витрат.

Детальніше про системи та схеми каналізації – у [1-9, 12].

2. Перекачування стічних вод.

При великій глибині закладання колекторів і відсутності через це можливості самопливного транспортування стічних вод до очисних споруд або у водойму влаштовуються насосні станції підйому та перекачування (в основному з відцентровими насосами), які подають стоки до очисних споруд по напірних трубопроводах. Насоси мають ряд конструктивних особливостей: тільки одноколісні і без направляючих апаратів; робочі колеса мають всього 2-4 лопаті; на корпусі насосу і на вхідному патрубку влаштовуються люки-ревізії.

Каналізаційні насосні станції поділяють на місцеві (для перекачування стічних вод від одного чи кількох будинків), лінійні або підкачування (для перекачування стічних вод від максимально заглибленого колектора до колекторів з меншим заглибленням), районні (для перекачування стічних вод від районів та басейнів) та головні (для перекачування всіх стічних вод на очисні споруди). Каналізаційні насосні станції мають машинне відділення, приймальний резервуар, побутові та допоміжні приміщення. В машинному залі розташовують основні та резервні насоси, допоміжне обладнання. Приймальний резервуар утворює регулюючу ємність, яка забезпечує найбільш ефективну рівномірну подачу насосів.

Детальніше про перекачування стічних вод, будову і роботу каналізаційних насосних станцій – у [1-9, 12].

3. Очищення стічних вод.

Очисними називають споруди, призначені для очищення та знезаражування стічних вод і переробки їх осаду. Склад очисних споруд може бути різним і залежить від методу очищення та виду стічних вод. Очисні споруди розташовують нижче за течією річки відносно населеного пункту або промислового підприємства, що каналізується.

Забруднення стічних вод можуть бути мінеральними, органічними і бактеріальними. До мінеральних забруднень відносяться пісок, глина, шлак, розчини мінеральних солей, кислот і лугів. Органічні

забруднення бувають рослинного та тваринного походження. Побутові стічні води містять біля 60 % органічних та 40% мінеральних забруднень. До бактеріальних забруднень відносяться різноманітні бактерії, дріжджові і плісняві грибки.

Ступінь забруднення стічних вод характеризується кількістю мінеральних, органічних та бактеріальних домішок, що містяться у розчиненому або нерозчиненому стані. Нерозчинені речовини, які затримуються при фільтруванні через паперовий фільтр, називають завислими (з них 60-75 % осідає, а решта, що спливає – легкі домішки: жири, нафтопродукти тощо). Вміст органічних домішок оцінюють за кількістю витраченого для окислення органічних речовин кисню (ці домішки при наявності кисню мінералізуються під дією мікроорганізмів), біохімічною потребою в кисні, мг/л, – БПК₅ та БПК₂₀ (через 5 та 20 діб). Для міських стічних вод БПК₂₀ становить 100-400 мг/л, для виробничих – залежно від технологічного процесу. Для повної оцінки органічних забруднень (бо не всі органічні речовини окислюються біохімічним шляхом) визначають хімічну потребу в кисні – ХПК. ХПК завжди більше БПК (для побутових стічних вод – в 1,2 – 1,5 рази більше за БПК₂₀). Детальніше про показники ступеню забруднення стічних вод – у [1, 5-7, 9].

Методи і основні споруди для очищення стічних вод.

Метод і ступінь очищення стічних вод повинні визначатись залежно від місцевих умов з врахуванням можливого використання очищених стічних вод для промислових або сільськогосподарських потреб.

Для очищення стічних вод використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи. При цьому використовують комплекс окремих споруд, в яких за ходом руху стічна вода послідовно очищається спочатку від крупних, а потім від все менших за розмірами забруднень.

Механічне очищення (проціджування, відстоювання, просвітлення та фільтрування) використовують для видалення з води, в основному, завислих речовин. У результаті механічного очищення із стічних вод видаляються забруднення, що знаходяться в них переважно в нерозчиненому і частково колоїдному стані.

Для механічного очищення використовують решітки, пісковловлювачі, відстійники, жировловлювачі, нафтовловлювачі, гідроциклони, мастилувідділювачі, фільтри та інші споруди. Решітки служать для вловлювання великих забруднень, пісковловлювачі – для вловлювання нерозчинних мінеральних домішок, відстійники – для очищення стічних вод від завислих речовин (при цьому частинки з питомою вагою більшою питомої ваги стічної рідини осідають на дно, а з меншою – спливають на поверхню), гідроциклони - для видалення із

стічних вод завислих речовин великої питомої ваги. До споруд механічного очищення відносяться також септики, двоярусні відстійники, освітлювачі-перегнивачі (для освітлення рідини і збродження осаду) та метантенки (лише для збродження осаду). Для обробки виробничих стічних вод застосовують також флотацію, вводячи у стічну рідину повітря і піноутворюючі речовини (поверхнево-активні речовини, глинозем, тваринний клей тощо) і неперервно збираючи з поверхні рідини піну, утворену спливаючими повітряними бульбашками та частинками піноутворюючих речовин, які сорбують забруднення.

Ганчір'я, папір, кістки, рештки овочів та фруктів, різні промислові відходи затримуються на решітках і подрібнюються в дробарках. Вода після решіток направляється в пісковловлювачі, в яких затримуються забруднення мінерального походження (пісок, зола, шлак). Основна маса забруднень органічного походження, що знаходяться в завислому стані, відділяється від стічної рідини у первинних відстійниках. Речовини, питома вага яких більша за питому вагу води, осідають на дно. Речовини, легші за воду (жири, масла, нафта та нафтопродукти, різні смоли), спливають на поверхню. Осад з пісковловлювачів зневоднюють на піскових майданчиках або в піскових бункерах. Осад з первинних відстійників схильний до гниття і тому його направляють на спеціальні споруди обробки осаду. В деяких спорудах механічного очищення (септики, двоярусні відстійники, просвітлювачі-перегнивачі) поєднуються процеси освітлення стічної рідини та обробки випалого осаду.

Очищення стічних вод фізико-хімічними методами (сорбція, екстракція, евапорація, коагуляція, флотація, кристалізація, електроліз, іонний обмін та інші) застосовують, переважно, для обробки окремих видів виробничих стічних вод. При хімічному методі очищення забруднення зі стічних вод видаляються в результаті реакцій між забрудненнями та реагентами, які вводять у воду. Реагент сприяє укрупненню частинок (коагуляції) та збільшує відсоток затримання нерозчинених речовин. В цьому випадку може утворюватися осад або газовиділення. Такий вид очищення застосовують для знешкодження лише деяких виробничих стічних вод. Процесами хімічного очищення є також нейтралізація та хімічне окислювання.

Досить рідко механічне очищення є кінцевою стадією. Частіше воно буває попереднім перед біологічним очищенням.

Біологічні методи очищення спираються на життєдіяльність мікроорганізмів, які сприяють окисленню і мінералізації органічних речовин, що знаходяться у стічних водах у вигляді тонких суспензій, колоїдів і в розчині. Біохімічним шляхом стічні води майже повністю

звільняються від органічних забруднень, що залишаються в стічних водах після механічного очищення.

Споруди, які служать для біологічного очищення стічних вод, поділяють на дві групи. До першої належать споруди, в яких біологічне очищення проводиться в умовах, близьких до природних (поля зрошування, поля фільтрації та очисні біоставки). У другій групі споруд очищення проводиться у штучно створених умовах (біологічні фільтри та аеротенки). У спорудах першої групи стічні води очищаються досить повільно за рахунок запасу кисню в ґрунті та воді біоставків, а також внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів-мінералізаторів, що окислюють органічні забруднення. В спорудах другої групи у штучно створених умовах процеси очищення стічних вод протікають значно інтенсивніше. Відокремлення біомаси від очищеної води здійснюється у вторинних відстійниках.

Перед спуском до водойм очищену стічну воду для знешкодження та знищення патогенних мікроорганізмів, що залишилися після біологічного очищення, слід дезінфікувати.

Дезінфекцію здійснюють різними способами: хлоруванням, електролізом, бактерицидним опроміненням та іншими. Найчастіше для дезінфекції стічних вод їх хлорують (перед спусканням у водойму обробляють хлором або хлорним вапном).

Обробка осаду, утвореного в процесі очищення стічних вод, полягає у збродженні (перегніванні), наприклад у метантенках, зневодненні і сушінні. Для зневоднення використовують мулові майданчики, вакуум-фільтри, центрифуги, фільтр-преси. Часто осад, після зневоднення на вакуум-фільтрах, піддають термічному сушінню. Окремі види осадів виробничих стічних вод, з вмістом шкідливих забруднень, після попереднього підсушування спалюються (повністю окислюються органічні речовини осадів і утворюється стерильний залишок – зола).

Оскільки вимоги до ступеня очищення стічних вод підвищуються і не завжди біологічне очищення забезпечує ці вимоги, доводиться застосовувати доочищення стічної води. Для забезпечення останнього використовують різні фільтри, контактні освітлювачі мікрофільтри та біологічні ставки.

Отже, досить широке застосування для очищення міських стічних вод знайшли схеми, в яких поєднуються механічне та біологічне очищення. Спочатку стічні води механічно очищають від основної маси нерозчинених, а потім вже біохімічно - від розчинених та залишків нерозчинених органічних забруднень.

Вибір, з відповідним техніко-економічним обґрунтуванням, методу очищення стічних вод і підбір складу очисних споруд є досить складним завданням і залежить від ряду факторів, зокрема: складу

забруднень, кількості стічної рідини та потрібного ступеня очищення стічних вод; продуктивності очисної станції та потреби забезпечення економічної експлуатації очисних споруд; можливості утилізації зі стічних вод цінних речовин та використання очищеної води в системах технічного водопостачання підприємств; рельєфу місцевості та ґрунтових умов; гідрогеологічних умов з потужністю водойми; чисельності населення та ін.

4.2. Хід виконання роботи

1. За результатами засвоєння теоретичного матеріалу та картами міста визначаються основні класифікаційні ознаки та креслиться попередньо прийняте проектне рішення схеми системи господарсько-побутової каналізації міста.

2. Безпосередньо на території міської станції очищення побутових (фекальних) стічних вод (рис. 4.1) проводяться натурні обстеження споруд та обладнання, уточнюється схема системи водовідведення міста.

Характеристика системи водовідведення міста Луцька наведена у [16].

3. За результатами натурних обстежень та даних про систему водовідведення міста:

3.1. Встановлюється схема системи водовідведення міста.

У журналі лабораторної роботи:

а) описуються основні класифікаційні ознаки системи водовідведення міста;

б) креслиться схема системи водовідведення міста.

Зразки виконання типових схем та їх опис наведено у [1-9].

3.2. Встановлюється технологія (порядок застосування методів) очищення побутових (фекальних) стічних вод міста та склад (перелік) використовуваних очисних споруд.

У журналі лабораторної роботи:

а) описуються основні ознаки прийнятої на міській станції очищення стічних вод технології (методів) очищення міських стічних вод, а також призначення, будова та принцип роботи очисних споруд та обладнання;

б) креслиться блок-схема очищення міських стічних вод.

Зразки виконання та опис до блок-схем та технологічних схем очищення міських стічних вод наведено у [1, 5-7, 9].

Також, у журналі лабораторної роботи:

в) описується призначення, будова та принцип роботи однієї зі споруд міської станції очищення стічних вод;

г) креслиться технологічна схема вибраної за пунктом в) споруди для очищення стічних вод.



а)



б)

Рис. 4.1. Макет території каналізаційних очисних споруд (КОС) Луцької міської станції очищення побутових стічних вод: а), б) – вигляди з боку річки та мулових карт

Зразки виконання типових технологічних схем споруд для механічного та біологічного очищення стічних вод та опис їх призначення, будови та принципу роботи наведено у [1, 5-7, 9].

3. Складаються висновки (у журналі лабораторної роботи) про ефективність застосування прийнятої технології очищення міських стічних вод і якість роботи очисних споруд, обладнання, пропонуються заходи щодо їх удосконалення.

4.3. Контрольні запитання

1. Розкажіть про призначення системи каналізації (водовідведення) населеного пункту.

2. Розкажіть про призначення та принцип роботи вивізної і сплавної систем каналізації.

3. Розкажіть про призначення таких типів системи каналізації як загальносплавна, роздільна (повна та неповна), напівроздільна.

4. Розкажіть про призначення та принцип роботи основних елементів системи каналізації населеного пункту.

5. Поясніть поняття „басейн каналізування”.

6. Розкажіть про призначення та види колекторів, колодязів.

7. Розкажіть про найпоширеніші системи водовідведення міста.

8. Розкажіть про найпоширеніші схеми систем водовідведення міста та умови їх застосування.

9. Розкажіть про призначення перекачування стічних вод, будову та принцип роботи споруд каналізаційних насосних станцій.

10. Розкажіть про найпоширеніші забруднення стічних вод та показники оцінки ступеню забруднення стічних вод.

11. Схарактеризуйте найпоширеніші методи очищення стічних вод.

12. Розкажіть про будову та принцип роботи споруд, що використовуються при механічних методах очищення стічних вод.

13. Розкажіть про будову та принцип роботи споруд, що використовуються при фізико-хімічних та хімічних методах очищення стічних вод.

14. Розкажіть про будову та принцип роботи споруд, що використовуються при біологічних методах очищення стічних вод.

15. Схарактеризуйте найпоширеніші технології очищення міських стічних вод, використовуючи блок-схеми та технологічні схеми.

16. Назвіть фактори, що впливають на вибір технології очищення стічних вод і підбір складу очисних споруд міської станції очищення стічних вод.

4.4. Список рекомендованої літератури

1. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 343 с.

2. Орлов В.О., Шадура В.О., Филипчук В.Л. Міські інженерні мережі та споруди: Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 200 с.

3. Тугай А. М., Орлов В. О., Шадура В. О., Шадура С. Ю. Міські інженерні мережі та споруди : підручник. Київ: Укрґеліотех, 2010. 256 с.
4. Деркач І. Л. Міські інженерні мережі : Навч. посібник. Харків: ХНАМГ, 2006. 97 с.
5. Водовідведення і очищення стічних вод міста / Г.М. Смірнова, С.М. Епоян, І.В. Корінько, С.П. Пашкова, В.Ю. Сорокіна, Г.В. Вевелер. – Харків: Каравела, 2003. – 144 с.
6. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація: Підручник. Кондор, 2022. 288 с.
7. Хоружий В.П. та ін. Експлуатація систем водопостачання та водовідведення: навч. посіб.: у 2-х ч. – Ч. 1. Київ: КНУБА, 2019. 232 с.
8. Деркач І.Л., Клімов А.О., Ковальов Д.О. Експлуатація інженерних мереж. Х.: ХНАМГ, 2013. 180 с.
9. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. К.: Вища шк., 2005. 671 с.
10. КДП 204-12 Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. Зі змінами / Наказ Держжитлокомунгоспу України від 05.07.1995 № 30. Дата початку дії: 22.03.2016 р. К: Держжитлокомунгосп України, 1995 (2016).
11. ВНД 33-3.4-01-2000 Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації сільських населених пунктів України / Наказ Держводгоспу України від 22.06.2000 № 82. К: Держводгосп України, 2000.
12. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіон України, 2013.
13. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. Київ: Мінрегіон України, 2019.
14. ДСТУ Б А.3.2-14:2011 Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD). – К: Мінрегіон України, 2012.
15. Офіційний сайт КП «Луцькводоканал». Технічна інформація [Електронний ресурс]. URL: <https://vd.lutsk.ua/>
16. Інженерні мережі. Електронний навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання; уклад.: Синій С.В., Сунак П.О. Луцьк: ЛНТУ, 2022. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/Синій%201/index.html
17. Якименко О. В., Морковська Н. Г. Технічна експлуатація інженерних мереж : навч. пос. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 289 с.

5. Лабораторна робота № 4 на тему: „Визначення характеристик відцентрового насоса”

Мета роботи:

1. Вивчити будову відцентрового насоса консольного типу.
2. Вивчити правила експлуатації відцентрового насоса.
3. Зняти характеристики відцентрового насоса $N=f(Q)$, $N=f(Q)$, $\eta =f(Q)$, побудувати його робочі характеристики.
4. Побудувати універсальну характеристику відцентрового насоса.
5. Визначити робочу точку відцентрового насоса для роботи в трубопровод інженерної мережі.
6. Порівняти особливості будови, робочу та універсальну характеристики досліджуваного відцентрового насоса з іншими моделями відцентрових насосів за даними з каталогів фірм-виробників відцентрових насосів. Зробити висновки про переваги та недоліки різних конструкцій відцентрових насосів та сфери їх застосування.

Технічне забезпечення:

Обладнання: лабораторний макет відцентрового насоса консольного типу, лабораторна установка для випробування відцентрового насосу консольного типу, Обладнання діючого теплового пункту однієї із житлових або громадських будівель ЛНТУ.

Технічні матеріали: каталоги з кресленнями конструкції та робочими характеристиками відцентрових насосів.

5.1. Теоретичні відомості

1. Будова і обладнання відцентрового насоса

Насос - це пристрій, призначений для перетворення механічної енергії двигуна в енергію переміщуваної рідини.

Відцентрові насоси широко використовуються у різних галузях техніки, у тому числі – в таких інженерних мережах будівель та споруд, як водопостачання та каналізація, опалення [1-12].

У відцентровому насосі рідке середовище переміщується при обертанні робочого колеса від його центра до периферії. Ці насоси працюють у теплоенергетичних установках для живлення котлів, подачі конденсату, циркуляційної води, мережної води.

Відцентровий насос складається з наступних основних елементів (рис. 5.1): спірального корпусу 1, робочого колеса 2, розташованого всередині корпусу на валу 3. Робоче колесо на валу кріпиться за допомогою шпонки.

Вал обертається в підшипниках 4. У місці проходу вала через корпус для ущільнення облаштовані сальники 5. Вода в корпус насоса надходить через всмоктувальний патрубок 6 і попадає в центральну частину обертвого робочого колеса. Під дією лопаток 7 робочого колеса 2 рідина починає обертатися і відцентровою силою відкидається від центра до периферії колеса в спіральну частину корпусу (у турбінних насосах в направляючий апарат) і далі, через нагнітальний патрубок 8, у напірний трубопровід. У результаті дії лопаток робочого колеса на частинки води кінетична енергія двигуна перетворюється в тиск і швидкісний напір струменя. Напір насоса вимірюється в метрах стовпа рідини, що перекачується. Всмоктування рідини відбувається внаслідок розрідження перед лопатками робочого колеса.

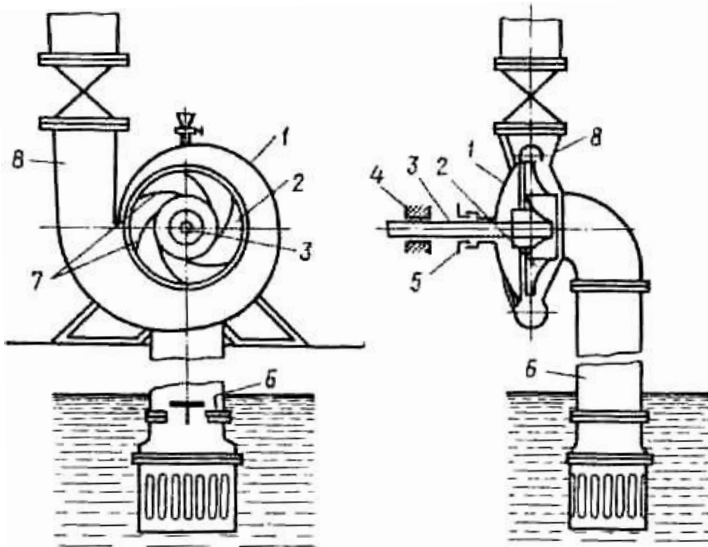


Рис. 5.1. Будова відцентрового насосу:

- 1 – спіральний корпус; 2 – робоче колесо; 3 – вал;
- 4 – підшипник; 5 – сальник; 6 – всмоктувальний патрубок;
- 7 – лопатки робочого колеса; 8 – нагнітальний патрубок

Для створення більшого напору і кращого стікання рідини лопаткам надають спеціальну опуклу форму, причому робоче колесо повинне обертатися опуклою стороною лопаток у напрямку нагнітання.

Відцентровий насос повинен бути обладнаний наступною арматурою і приладами (рис. 5.2):

- приймальним зворотнім клапаном із сіткою 1, призначеним для утримання в корпусі й всмоктувальному патрубку насоса води при її заливанні перед пуском; сітка служить для затримки великих суспензій, що плавають у воді;
- засувкою 2 на всмоктувальному патрубку, що встановлюється біля насоса;

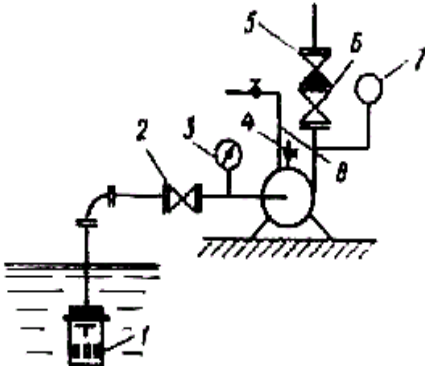


Рис. 5.2. Обладнання напірного трубопроводу з відцентровим насосом:
 1 - приймальний зворотній клапан із сіткою;
 2, 6 – засувки;
 3 - вакуумметр;
 4 - кран для випуску повітря;
 5- зворотний клапан;
 7 - манометр;
 8 - пристрій для заливання насоса

- вакуумметром 3 для виміру розрідження на всмоктувальній стороні; вакуумметр встановлюється на трубопроводі між засувкою і корпусом насоса;
- краном 4 для випуску повітря при заливанні (встановлюється у верхній частині корпусу);
- зворотним клапаном 5 на напірному трубопроводі, що запобігає руху води через насос у зворотному напрямку при паралельній роботі іншого насоса;
- засувкою 6 на напірному трубопроводі, що призначена для пуску в роботу, зупинки і регулювання продуктивності і напору насоса;
- манометром 7 на напірному патрубку для виміру напору, що розвивається насосом;
- запобіжним клапаном (на рисунку не показаний) на напірному патрубку за засувкою для захисту насоса, напірного патрубку і трубопроводу від гідравлічних ударів;
- пристроєм 8 для заливання насоса.

У зв'язку з тим що насосні установки часто включаються в основний комплекс устаткування для регулювання режимів роботи установок різного призначення, вони можуть бути обладнані різноманітними приладами автоматики.

Відцентрові насоси класифікують за:

- 1) кількістю коліс: одноступінчасті (одноколісні); багаступінчасті (багатоколісні).

Крім того, одноколісні насоси виконують з консольним розташуванням вала — консольні;

2) напором (тиском): низького напору – до 20 м , тобто 2 кгс/см^2 ($0,2 \text{ МН/м}^2$); середнього напору – від 20 до 60 м, тобто від 2 до 6 кгс/см^2 (від $0,2$ до $0,6 \text{ МН/м}^2$); високого напору – більше 60 м, тобто 6 кгс/см^2 ($0,6 \text{ МН/м}^2$);

3) способом підведення води до робочого колеса: з одnobічним входом води на робоче колесо; із двостороннім входом води (так званого подвійного всмоктування);

4) розташуванням вала: горизонтальні; вертикальні;

5) способом рознімання корпуса: з горизонтальним; з вертикальним;

6) способом відводу рідини з робочого колеса в спіральний канал корпуса: спіральні (у спіральних насосах рідина відводиться безпосередньо в спіральний канал); турбінні (у турбінних насосах рідина, перш ніж потрапити в спіральний канал, проходить через спеціальний пристрій – направляючий апарат (нерухоме колесо з лопатками);

7) ступенем швидкохідності робочого колеса: тихохідні; нормальні; швидкохідні;

8) родом рідини, що перекачується: водопровідні (водяні), каналізаційні (фекальні), піскові, кислотні і лужні, нафтові, землесосні та ін.;

9) способом з'єднання з двигуном: приводні (з редуктором чи зі шківом, причому насоси з приводом за допомогою шківа у даний час зустрічаються рідко); безпосереднього з'єднання з електродвигуном за допомогою муфт;

10) призначенням: загального, шахтні, артезіанські (для роботи у свердловинах) та ін.

2. Характеристики відцентрових насосів

До основних показників роботи відцентрових насосів належать подача, напір (тиск), ККД, потужність.

Подача насоса Q – витрата рідини через його напірний патрубок. Розмірність подачі в СІ – $\text{м}^3/\text{с}$. Використовують, також $\text{м}^3/\text{год}$, л/с , $\text{см}^3/\text{с}$, л/хв .

Напором насоса H називається збільшення питомої енергії рідини при русі рідини через насос (різниця повних напорів після насоса і перед ним). Напір вимірюють метрами стовпа рідини, що подається.

Тиск насоса $p = \rho gH$ вимірюють у Па.

Щоб визначити **потрібний напір насоса** для установки, що проектується, користуються наступним рівнянням:

$$H = H_{г.в} + H_{г.н} + h_{п.в} + h_{п.н}, \quad (5.1.)$$

де $H_{г.в}$ – геометрична висота усмоктування, м;

$H_{г.н}$ – геометрична висота нагнітання, м;

$h_{п.в}$ – втрати напору в усмоктувальному трубопроводі, м;

$h_{п.н}$ – втрати напору в нагнітальному трубопроводі, м.

Причому, як видно зі схеми на рис. 5.3, повна висота підйому (сума висот всмоктування і нагнітання), буде:

$$H_g = H_{г.в} + H_{г.н} \quad (5.2)$$

Висота всмоктування залежить від розрідження (вакууму), що створює відцентровий насос на всмоктувальній стороні робочого колеса. Теоретично (при повному вакуумі) висота усмоктування для води при нормальному атмосферному тиску, рівному $1 \text{ атм.} = 101,32 \text{ кН/м}^2$, складає $10,33 \text{ м}$. Висота усмоктування насосів визначає правильне розміщення насосних агрегатів щодо рівня рідини, що перекачується, що у свою чергу впливає на капітальні витрати при будівництві.

Розрізняють геометричну і допустиму вакуумметричну висоти всмоктування.

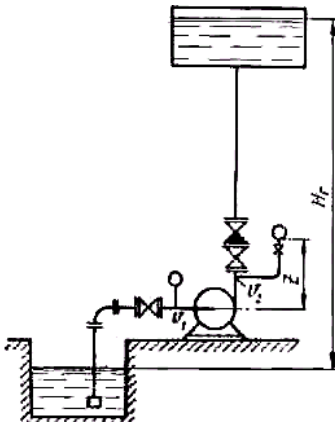


Рис. 5.3. Схема до визначення основних показників роботи відцентрових насосів

Геометричною висотою усмоктування називають різницю відміток між віссю колеса насоса і рівнем рідини в джерелі чи резервуарі, з якого вона перекачується.

Підйом рідини до робочого колеса на всмоктувальній стороні відбувається внаслідок дії атмосферного тиску на вільну поверхню перекачуваної рідини, точніше, за рахунок різниці між атмосферним та меншим за нього абсолютним тиском на вході в колесо; ця величина і є вакуум (**вакуумметрична висота всмоктування**), створюваний насосом,

$$(p_a - p_1) / \gamma = H_{vac} \quad (5.3)$$

де p_a – атмосферний тиск, м;

p_1 – абсолютний тиск на всмоктувальній ділянці робочого колеса, м;

$\gamma = \rho g$ – об'ємна вага рідини;

H_{vac} – вакуумметрична висота, м, для води - м вод. ст.

Конструктивно відцентрові насоси не можуть бути виконані так, щоб вони створювали абсолютний вакуум; у кращих сучасних конструкціях насосів вакуумметрична висота усмоктування досягає 8,5 м вод. ст. Геометрична висота усмоктування трохи менша за вакуумметричну, внаслідок втрат напору і необхідного запасу.

Встановимо залежність між геометричною і вакуумметричною висотами всмоктування.

$$H_{г.в} = H_{vac} - h_{п.в} - \frac{v_t^2}{2g}, \quad (5.4)$$

Отже, геометрична висота всмоктування дорівнює вакуумметричній за винятком втрат напору і швидкісного напору при вході в насос.

Атмосферний тиск залежить від висоти розташування місцевості над рівнем моря: зі збільшенням висоти атмосферний тиск зменшується. Тому, при встановленні насосів цей фактор необхідно враховувати. Для цього шукана припустима вакуумметрична висота всмоктування повинна визначатися за формулою:

$$H_{vac} = H_{vac}^{cat} - 10 + H_a \quad (5.5)$$

де H_{vac}^{cat} – припустима вакуумметрична висота за каталогом;

H_a – атмосферний тиск у даній місцевості, м вод. ст.

Крім того, висота всмоктування залежить від температури. Чим вища температура рідини, тим вище пружність її пари, а отже тим менша припустима висота всмоктування, і може наступити такий момент, коли пружність пари буде настільки високою, що відбудеться закипання і розрив потоку рідини; подача рідини насосом припиниться.

В каталогах і паспортах насосів вказують допустиму висоту всмоктування, що визначена за дослідями на стендах та приведена до тиску 1 атм. і температури 20 °С.

Потужність і ККД насоса.

Робота на переміщення рідини дорівнює добутку сили, що діє на рідину, на шлях, пройдений цією рідиною. У даному випадку вагова кількість рідини, що перекачується за одиницю часу, виражена в кілограмах і рівна $\gamma Q = \rho g Q$, еквівалентна силі, поділеній на час, а напір H – шляху переміщення.

Отже, **корисна (гідравлічна) потужність насоса** – це робота, яка передається насосом рідині за одиницю часу:

$$N_K = \gamma QH = \rho g QH = pQ \quad (5.6)$$

де $\rho g = \gamma$ – питома вага рідини (для води $\gamma = 10000 \text{ Н/м}^3$ або $\gamma = 1000 \text{ кгс/м}^3$);

Q – продуктивність (подача, витрата), $\text{м}^3/\text{с}$;

H – робочий напір насоса, м , для води – м вод. ст.

Розмірність потужності в СІ – Вт .

Потужність на валу насоса (споживана потужність) від двигуна дорівнює:

$$N = M\omega, \quad (5.7)$$

де M – крутний момент на валу насоса;

ω – кутова швидкість обертання валу.

ККД насоса дорівнює відношенню корисної потужності N_K до потужності на валу насоса N , тобто:

$$\eta = \frac{N_K}{N}. \quad (5.8)$$

При роботі насоса є наступні втрати енергії:

- гідравлічні — втрати енергії на подолання гідравлічних опорів на шляху від входу в насос до виходу з нього, що враховуються гідравлічним ККД – η_g ;

- механічні – викликані тертям у підшипниках, сальниках і розвантажувальних дисках, що враховуються механічним ККД – η_M ;

- об'ємні – внаслідок втрат рідини через нещільності сальників, переходу частини рідини крізь зазори між колесом і корпусом в усмоктувальну сторону під дією різниці тисків, що враховуються об'ємним ККД – η_O .

Тобто, ККД насосу – це добуток трьох зазначених вище ККД:

$$\eta = \eta_g \eta_M \eta_O \quad (5.9)$$

ККД насосу при оптимальному режимі роботи характеризує досконалість його конструкції. Максимальне значення ККД для великих сучасних насосів становить близько 0,92, а малих — близько 0,6 - 0,75.

При визначенні потужності і підборі електродвигуна необхідно передбачати деякий запас потужності на створення так званого пускового моменту, щоб не вивести з ладу двигун:

$$N_{\text{де}} = KN, \quad (5.10)$$

де K — коефіцієнт запасу, рекомендується приймати залежно від потужності (в межах: мінімум - до 2 кВт $K=1,5$; максимум – 100 кВт $K=1,05$). При виборі значення K необхідно враховувати можливу

область режимів роботи насосу у відповідності з характеристикою трубопроводу.

Характеристики відцентрових насосів.

Графічна залежність між продуктивністю Q і напором H називається характеристикою насоса $Q - H$.

Побудова характеристики $Q-H$ теоретичним шляхом – операція порівняно складна, реальної характеристики одержати не вдається через велику кількість факторів, що впливають на роботу насоса, і не піддаються точному теоретичному визначенню.

На практиці виготовлені заводами насоси випробовують на спеціальних стендах. При випробуваннях визначають напір, що створюється насосом, продуктивність, споживану потужність і ККД та виявляють залежності між ними; результати випробувань наносять у вигляді кривих на графік, що додається до кожного насоса, який випускається (рис. 5.4). Ці криві називають **робочими характеристиками відцентрового насоса**.

Процес випробування і зняття характеристик насосів на стендах у заводських умовах полягає в наступному.

Регулюючи ступінь відкриття засувки на напірному трубопроводі (при цілком відкритій засувці на всмоктування) і зберігаючи постійне число обертів, одержують різні продуктивності (витрати) і відповідні їм напори.

Робочий напір підраховують за показами манометра і вакуумметра з урахуванням приросту швидкісного напору (рис. 5.3). Отримані дані наносять у деякому масштабі на графік (рис. 5.4), відкладаючи по осі абсцис продуктивність, а по осі ординат напори. Отримані точки з'єднують плавною кривою, одержуючи **характеристику $Q-H$** при даному числі обертів. Одночасно при кожній даній продуктивності (витраті Q) вимірюють потужність, що витрачається, на валу насоса N .

Відкладаючи у деякому масштабі значення N на вертикалях, що проходять через відповідні продуктивності, і з'єднуючи отримані точки плавною лінією, одержують криву $N-Q$. Для кожної точки кривої $Q-H$ визначають корисну потужність за рівнянням (5.6) і підраховують значення ККД насоса при різній продуктивності за формулою (5.8).

Отримані значення наносять на графік (рис. 5.4), з'єднують плавною лінією й одержують криву $Q-\eta$ залежності ККД від продуктивності.

Область найбільш економічної роботи насоса (при найбільших значеннях ККД) виділяється на кривих (хвилястими лініями, іншим кольором, зафарбуванням оптимальних зон тощо). Це робиться для зручності використання графіків при підборі насосів для роботи насосних установок.

Слід зазначити, що при закритій засувці ($Q=0$) насос створює напір H_0 і витрачає близько 30 % нормальної потужності на механічні втрати в підшипниках, сальниках і на нагрівання рідини в корпусі насоса. Тому не слід допускати тривалу роботу насоса при закритій засувці, що може призвести до температурних деформацій насоса, перегрівання підшипників і до зриву роботи.

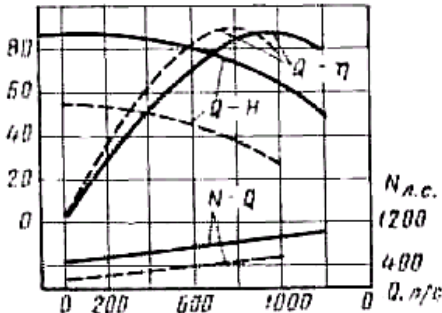


Рис. 5.4. Приклад графіка з робочими характеристиками відцентрового насоса: $Q-H$, $Q-\eta$, $N-Q$

Залежно від призначення, відцентрові насоси виготовляють із крутоспадаючими і пологими характеристиками $Q-H$ (рис. 5.5, криві 1 та 2).

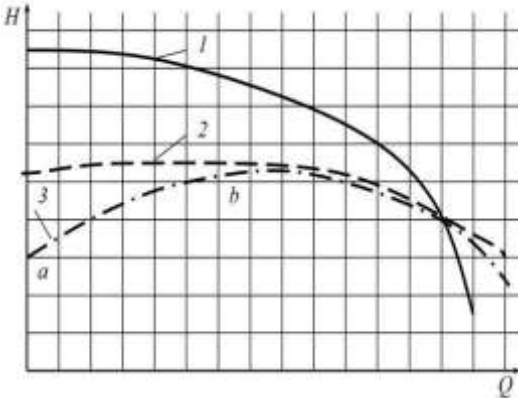


Рис. 5.5. Характеристики $Q-H$ відцентрових насосів
1 – крутоспадаюча;
2 – полого;
3 – із западаючим початком

Коли потрібно в широких межах змінювати продуктивність без істотних змін напору, застосовують насоси з пологими характеристиками $Q-H$. Насоси з крутоспадаючими характеристиками застосовують, коли потрібний невеликий діапазон коливань продуктивності при значних коливаннях напору.

Багато, щоб напір насоса при закритій засувці був більше, ніж при максимальному значенні ККД, тому що при малих витратах можлива нестійка робота.

Деякі виготовлені промисловістю насоси мають характеристику $Q-H$ із западаючим початком (рис. 5.5, крива 3). Робота насоса на

висхідній ділянці ab кривої 3 нестійка, з низьким ККД, тому чим коротша ця ділянка, тим краще.

3. Робота насоса на трубопровід

Робота насосних установок нерозривно пов'язана з роботою трубопроводів, по яких здійснюється перекачування рідини.

При проектуванні і розгляді роботи як одного, так і групи насосних агрегатів (паралельна і послідовна робота насосів) необхідно здійснити аналіз робочих режимів насосів разом із трубопроводами. Найпростіше це виконати графічно.

Повний напір визначається за рівнянням (5.1), зробивши у ньому підстановки за рівняннями (5.2) та (5.12) матимемо:

$$H = (H_{г.в} + H_{г.н}) + (h_{п.в} + h_{п.н}) = H_{г.} + \sum h, \quad (5.11)$$

де $\sum h$ - сума гідравлічних втрат напіру в усмоктувальному і напірному трубопроводах:

$$h_{п.в} + h_{п.н} = \sum h. \quad (5.12)$$

Використовуючи отримане рівняння (5.11), будують характеристику трубопроводу (рис. 5.6). Для цього проведемо пряму BC , паралельну осі абсцис (осі Q) на висоті $H_{г.}$. Обчислюючи значення $\sum h$ і відкладаючи їх при даних витратах вгору від прямої BC , одержимо параболу BD з вершиною в точці B , яка називається **характеристикою трубопроводу**. Парабола відображає залежність втрат напіру від витрати.

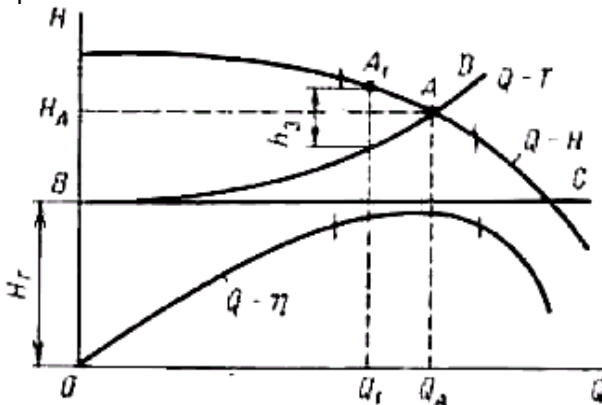


Рис. 5.6. Схема до визначення робочої точки насоса

Точка перерізу характеристики трубопроводу з кривою $Q-H$ насоса (точка A) називається **робочою точкою насоса**, що працює в даний трубопровід. По цій точці визначають усі характеристики насоса (Q , H , N і η). Слід зазначити, що витрату, більшу ніж витрата, що відповідає точці A , у даний трубопровід насос подати не зможе.

Для зменшення подачі насоса прикривають засувку на напірному

трубопроводі настільки, щоб точка A по характеристиці $Q-H$ змістилася в нову точку A_1 (рис. 5.6) з бажаною продуктивністю Q_1 . У цьому випадку збільшується опір на нагнітанні, що викликає збільшення напору в насосі, який непродуктивно витрачається на подолання додаткового опору, а це може викликати зниження ККД насосної установки.

Насос треба підбирати таким чином, щоб робоча точка лежала в області найвищих значень ККД.

Паралельна робота насосів.

При проектуванні насосних станцій, а також при розширенні і реконструкції їх виникає потреба у широких межах регулювання продуктивності. У цих випадках використовують спільну роботу двох чи декількох насосних агрегатів. Схема паралельної роботи насосів I і II представлена на рис. 5.7.

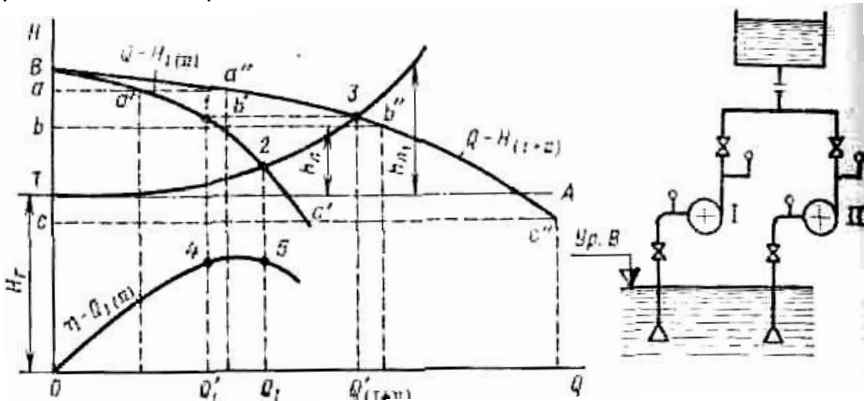


Рис. 5.7. Схема до проектування паралельної роботи двох насосів

Умовою для паралельної роботи насосів є близькість їхніх характеристик по напору. В іншому випадку більш високонапірний насос буде перебивати менш напірний, і збільшення продуктивності не одержимо.

Розглянемо паралельну роботу двох однакових насосів.

На рис. 5.7 наведено робочі характеристики двох однакових насосів $Q-H_{I(II)}$, геодезична висота підйому води H_r (пряма TA) і характеристика трубопроводу крива $T-T$, побудована в тому ж масштабі.

Сумарну характеристику $Q-H_{(I+II)}$ при паралельній роботі насосів будують у такий спосіб: проводять ряд горизонтальних прямих $aa'a''$; $bb'b''$; $cc'c''$ і від точок перерізу цих прямих (точки a' , b'' , c') з характеристикою насоса $Q-H$ відкладають відрізки $a'a''$ (рівний aa'), $b'b''$ (рівний bb') і $c'c''$ (рівний cc'), тобто, подвоюють абсциси точок. Точки B ,

a'' , b'' , c'' з'єднують плавною кривою, що і буде характеристикою $Q-H_{(1+11)}$ при паралельній роботі двох однакових насосів.

Точка 2 перерізу характеристики трубопроводу з характеристикою $Q-H_{(11)}$ одного насоса – це гранична точка роботи одного (даного) насоса на даний трубопровід, тобто більшу витрату в цей трубопровід насос дати не може, тому що напір, що розвивається ним, при збільшенні витрати знижується, а характеристика трубопроводу зростає.

Точка 3 – гранична точка роботи двох насосів при паралельному їх з'єднанні на цей же трубопровід. Сумарна витрата, що подається насосами в трубопровід, виражається абсцисою точки 3 і дорівнює $Q_{(1+11)}$, а напір – ординатою цієї ж точки.

Проведемо тепер із точки 3 пряму, паралельну осі абсцис OQ , до перетину з характеристикою $Q-H_{(11)}$ одного насоса в точці 1.

Абсциса її визначає продуктивність насоса Q_1' при паралельній роботі. З креслення видно, що $Q_1' < Q_1$ та $2Q_1' = Q_{(2+22)} < 2Q_1$ тобто при паралельній роботі сумарна продуктивність завжди менша суми продуктивностей цих насосів, працюючих окремо в даний трубопровід.

Напір насосів при паралельній роботі в трубопровід завжди більший від напору, що розвивається насосами при окремій роботі в цей же трубопровід. ККД кожного насоса при паралельній роботі вимірюється ординатою точки 4 і при окремій роботі – ординатою точки 5. Збільшення кількості насосів, що працюють паралельно на загальний трубопровід, зменшує продуктивність кожного з насосів.

Послідовна робота насосів.

Послідовною роботою насосів називається така їхня робота, коли один насос нагнітає рідину у вхідний патрубок другого. Послідовна робота насосів застосовується тоді, коли необхідно при незмінній продуктивності одержати більший напір, ніж може створити один насос. На основі принципу послідовної роботи виготовляють і працюють багатокісні (багатоступінчасті) насоси. Необхідною умовою послідовної роботи насосів є близькість їхніх характеристик по витраті. Детальніше про це – у літературі [4, 7].

4. Коефіцієнт швидкохідності

Конструкції відцентрових насосів у залежності від призначення робочих коліс можуть бути об'єднані в різні групи за принципом геометричної і кінематичної подібності. Геометрична подібність – пропорційність всіх співпадаючих розмірів проточної частини; кінематична подібність характеризується однаковим напрямком і пропорційністю величин швидкостей у співпадаючих точках потоку .

Коефіцієнт швидкохідності тим більший, чим більша продуктивність і чим менший напір, тобто коефіцієнт швидкохідності n_{ζ} характеризує тип робочого колеса і співвідношення його основних розмірів.

За коефіцієнтом швидкохідності складена гідравлічна класифікація насосів, зіставляють типи робочих коліс, підбираються насоси для даних умов, вивчаються насоси по зменшених моделях. У відцентрових насосів коефіцієнт швидкохідності, n_{ζ} , становить від 40 до 300.

Тихохідні відцентрові насоси ($50 < n_{\zeta} < 80$) розвивають великий напір і мають малу продуктивність. Колесо сильно витягнуте в радіальному напрямку (великого діаметра) з малою шириною проходів, малий діаметр на вході; усе це обумовлює великі гідравлічні втрати в робочому колесі.

У нормальних відцентрових насосів $80 < n_{\zeta} < 150$.

У швидкохідних насосів ($150 < n_{\zeta} < 350$) форма колеса переходить з радіальної в напівосьову і навіть осьову; у діагональних ($350 < n_{\zeta} < 500$) вихідна кромка лопаток колеса виконується похило відносно осі насоса. Пропелерні насоси ($500 < n_{\zeta} < 1500$) застосовують для великих витрат при малих напорах.

5. Підбір насосів і електродвигунів до них

Основні вихідні дані для підбору насосів наступні:

- 1) продуктивність Q , л/с (m^3/c);
- 2) необхідний напір H , м (атм.);
- 3) вид рідини, що перекачується;
- 4) умови встановлення.

При підборі насосів прагнуть до того, щоб задані режими роботи знаходилися в області найбільших значень ККД і висота всмоктування не перевищувала припустимої межі для даного насоса. Насоси підбирають за каталогами чи відповідними довідковими даними. Для попереднього підбору типу насоса користуються зведеними графіками подач і напорів насосів, що також наводяться в каталогах.

Після попереднього підбору уточнюють режим роботи, зіставляючи характеристики насоса $Q-H$ з характеристикою трубопроводу. При потребі паралельного чи послідовного встановлення декількох насосів будують сумарні характеристики $Q-H$.

У каталозі чи довідковій літературі наводяться дані по розмірах

насоса і число обертів, потужності двигуна, що рекомендується.

По потужності, що рекомендується, і числу обертів за каталогами чи довідковою літературою підбирають електродвигун з врахуванням умов, у яких повинен працювати агрегат (вологість, вибухонебезпечне середовище тощо). В окремих випадках допускається знижувати число обертів, n , насоса, щоб одержати необхідні характеристики, виконуючи перерахунки за формулами закону пропорційності:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}; \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}, \quad (5.13)$$

за яким продуктивність змінюється пропорційно до зміни числа обертів, напір – квадрата числа обертів, потужність – куба числа обертів.

При цьому приймають числа обертів, що можуть давати електродвигуни, виготовлені промисловістю: 600, 750, 1000, 1500, 3000 об/хв.

6. Робота з відцентровими насосами

Відцентрові насоси можуть почати працювати тільки в тому випадку, якщо їхній корпус і всмоктувальний трубопровід залиті рідиною, що перекачується.

Можливі наступні випадки встановлення насосів:

- 1) вісь насоса знаходиться вище рівня рідини, що перекачується;
- 2) вісь насоса знаходиться нижче рівня рідини, що перекачується.

Для забезпечення перекачування рідини в першому випадку необхідно попередньо заповнити корпус насоса й усмоктувальний трубопровід рідиною, що перекачується. Це можна виконати такими способами:

- а) заливають рідину в корпус з напірного трубопроводу від діючих установок чи з водопроводу;
- б) заливають зі спеціальних баків запасу води;
- в) заливають воду за допомогою вакуумнасоса.

При способах а) і б) на вході в усмоктувальний трубопровід повинний бути зворотній клапан, щоб рідина не виливалась через всмоктувальний трубопровід.

В другому випадку рідина під дією власної сили ваги заповнить внутрішню порожнину насоса і буде надходити на лопатки робочого колеса. Спеціальних пристроїв для заливання насоса не потрібно.

До переваг відцентрових насосів відносяться: компактність і простота конструкції; простота з'єднання з електродвигуном і іншими силовими установками, що підвищує ККД установки; простота пуску і

регулювання; плавна робота; економічність в експлуатації; надійність, довговічність у роботі і можливість застосування для перекачування будь-яких рідин.

Недоліками цих насосів є: низький ККД. малих насосів; складність вилівка робочого колеса; необхідність заповнення рідиною корпусу насоса перед пуском.

5.2. Хід виконання роботи

1. Принцип роботи установки для випробування відцентрового насоса.

Установка для випробування відцентрових насосів (рис. 5.8) має такі основні елементи: насос 4, провідний трубопровід 2 з вакуумметром 5 та вентилям 3, напірний трубопровід 8 з вентилям 6, манометр 7 і витратомірну діафрагму 9. Насос забирає воду з приймального резервуару 1 і по трубопроводу подає її у той самий резервуар.

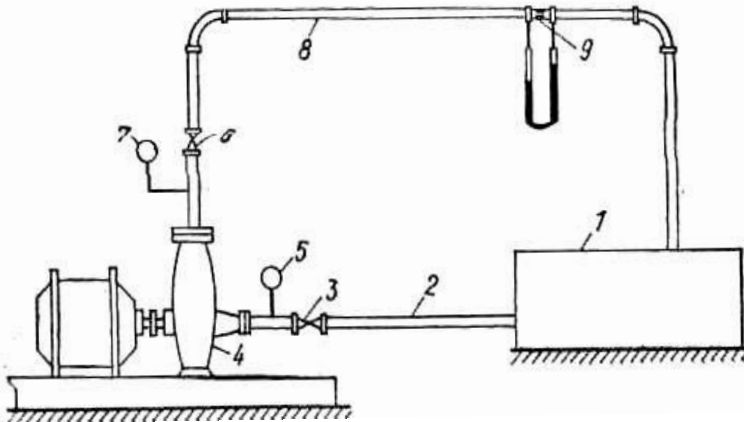


Рис. 5.8. Схема установки для випробування відцентрового насоса

Потужність, споживану двигуном, і частоту його обертання вимірюють відповідно ватметром і тахометром.

Подачею насоса називають об'єм рідини, який подається насосом за одиницю часу через напірний патрубок. Розмірність подачі насоса – л/с, m^3/c , $m^3/год$. Для вимірювання подачі використовується існуючий прилад – витратомірна діафрагма, обладнана диференціальним ртутним манометром (рис. 5.9).

Різниця рівнів ртуті h_1 в колінах диференціального манометра залежить від величини подачі насоса Q . Цю залежність отримують

шляхом тарирування діафрагми та представляють у вигляді, показаному на (рис. 5.10).

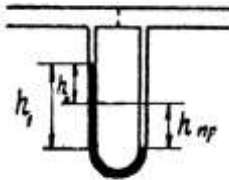


Рис. 5.9. Витратомірна діафрагма

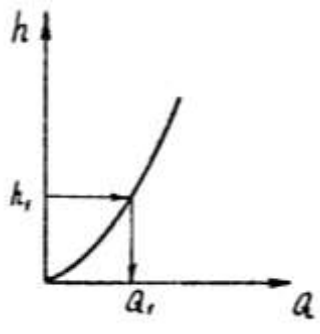


Рис. 5.10. Графік тарирування діафрагми

Знаючи $h_1 = h_л + h_пр$, де $h_л$ і $h_пр$ - висоти, які вимірюються від нульової відмітки шкали манометра до рівнів ртуті в його лівому і правому колінах, по тарирувальній кривій діафрагми визначають подачу насоса Q . Цю подачу можна контролювати, також, витратоміром іншої конструкції.

2. Порядок виконання випробувань.

а) Перед пуском насоса перевіряють положення вентилів. Вентиль 6 на напірному трубопроводі повинен бути закритий, а вентиль 3 на підвідному трубопроводі повністю відкритий.

б) Заливають насос водою.

в) Вмикають електродвигун.

г) Вентиль на напірному трубопроводі трохи відкривають і знімають покази диференціального манометра. Поступово збільшуючи відкриття напірного вентиля до повного, роблять 10 відліків (замірювань) таких величин:

- напору $H = \Delta z + H_{\text{ВАК}} + H_{\text{МАН}}$,

- витрати Q ,

- потужності, споживаної двигуном від мережі, $N_{\text{МЕР}} = kn$, (де n – кількість поділок за ватметром; k – коефіцієнт підсилення),

- потужності, споживаної насосом, $N_{\text{СП}} = N_{\text{МЕР}} \cdot \eta_{\text{ел.дв}}$ (де $\eta_{\text{ел.дв}}$ –

ККД електродвигуна),

- корисної потужності насоса $N_{\text{КОР}} = \rho g Q H$,

- ККД насоса $\eta_{\text{заг}} = \frac{N_{\text{КОР}}}{N_{\text{СП}}}$;

- частоти обертання n .
 Результати вимірювань записуються у таблицю 5.1.

Таблиця 4.1. Результати вимірювань показників

Вимірювані та розрахункові величини	Дані вимірювань									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напір, H, м										
Витрата, Q, м³/с										
Потужності, кВт:										
$N_{\text{МЕР}}$										
$N_{\text{СП}}$										
$N_{\text{КОР}}$										
ККД насоса, $\eta_{\text{заг}}$										
Частота обертання, n, об/хв										

3. Побудова робочих характеристик відцентрового насоса.

Характеристикою насоса є графічне зображення залежності напору H , ККД η , потужності на валу насоса N і допустимої висоти всмоктування $H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}}$ від подачі насоса Q при постійній кількості обертів n .

Отже, за визначеними значеннями параметрів насоса (табл. 5.1) для кожного відкриття засувки на напірному трубопроводі будують робочі характеристики насоса, відкладаючи в масштабі по осі абсцис витрату Q , а по осі ординат у відповідних масштабах напір H , потужність $N_{\text{сп}}$ та ККД $\eta_{\text{заг}}$ (прикладі – на рис. 5.4, 5.9, 5.10).

4. Побудова універсальної характеристики відцентрового насоса.

При експлуатації відцентрового насоса треба прагнути до того, щоб режим його роботи був близьким до оптимального. Вибираючи режим роботи відцентрового насоса, використовують універсальні характеристики. Для побудови таких характеристик насос випробовують при різних швидкостях обертання робочого колеса.

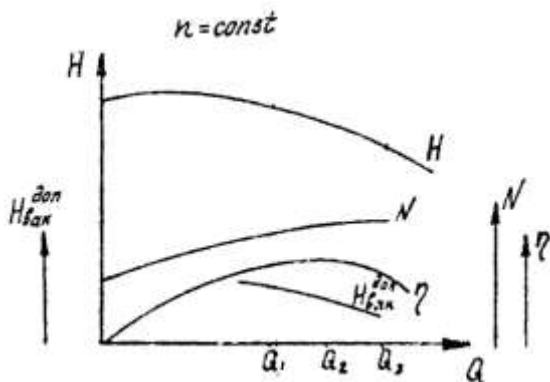


Рис. 5.9.
Побудова
робочих
характеристик
відцентрового
насоса

Універсальна характеристика – це графік, на якому показано характеристики $H-Q$ і $N-Q$ при різних частотах обертання n і нанесено лінії однакових ККД $\eta = const$ (рис. 5.11). Тобто, універсальні характеристики можна побудувати на підставі серії робочих характеристик, знятих при різних частотах обертання n .

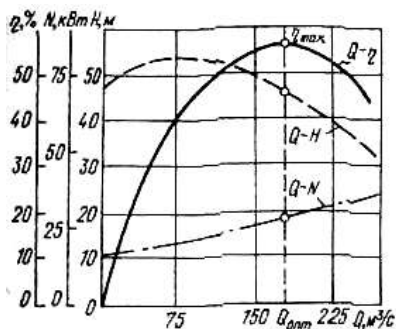


Рис 5.10.
Приклад
оформлення
графіку робочих
характеристик
відцентрового
насоса

Для побудови універсальної характеристики відцентрового насоса досить побудувати характеристики $Q-H$ і $Q-N$ для $n_1 = const$, а для інших значень частоти обертання робочого колеса такі характеристики можна отримати, користуючись формулами (5.13) закону пропорційності:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}; \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}.$$

Криві $\eta = const$ є параболлами подібних режимів, на яких $H/Q^2 = const$. Криві $\eta = const$ будують так: на отриманій

експериментально характеристики проводять горизонталі $\eta = const$ до перетину з кривою $\eta = \varphi(Q)$. У точках перетину їх проводять вертикалі і визначають витрату і напір, що відповідають цьому ККД. За відомими витратою і напором визначають константу $H/Q^2 = const$ і за нею, задаючись Q , визначають відповідний напір H . Потім, відзначаючи отримані точки і з'єднуючи їх, креслять криві постійного ККД. На рис 5.11 показано типову універсальну характеристику відцентрового насоса.

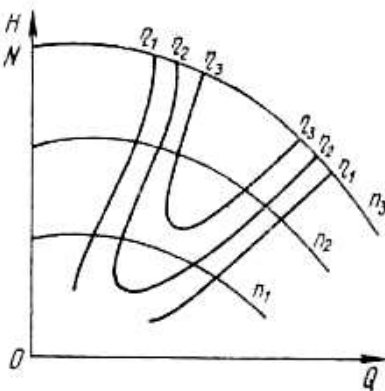


Рис 5.11.
Побудова
універсальної
характеристики
відцентрового
насоса

За допомогою універсальних характеристик можна за заданими напором H і подачею Q визначити потрібну частоту обертання n робочого колеса. Для цього знаходять точку перетину перпендикулярів, проведених із точки на осі абсцис, що відповідає подачі Q_1 , і з точки на осі ординат, яка відповідає напорові H_1 .

Для визначення напору H_1 за заданою подачею Q_1 і частотою обертання робочого колеса n_1 треба провести нормаль до абсциси в точці Q_1 до перетину її з характеристикою насоса $H-Q$, побудованою для взятої частоти обертання робочого колеса n_1 . Потім із точки перетину провести нормаль до осі ординат, яка покаже шукане значення напору H_1 .

5. Визначення робочої точки відцентрового насоса, що працює в трубопроводі інженерної мережі

Як вже зазначалося, відцентрові насоси різних конструкцій широко застосовуються у системах водопостачання, каналізації та опалення. Наприклад, в системі опалення відцентровий насос можна використовувати як циркуляційний. У зв'язку з цим, для правильного підбору насоса до потреб циркуляції води потрібно визначити робочу

точку насоса, яка забезпечить роботу насоса на трубопровід з найвищим ККД.

Тому, для отриманих кривих робочих характеристик потрібно:

- графічно побудувати робочу точку насоса, для роботи у трубопровід інженерної мережі.

- записати для визначеної робочої точки отримані значення робочих характеристик насоса (Q , H , N , η).

Методика визначення робочої точки насоса наведена в описі до рис. 5.6 теоретичної частини.

6. Порівняння характеристик досліджуваного відцентрового насоса та його аналогів за каталогами фірм-виробників.

Порівняти особливості будови, робочу та універсальну характеристики, робочу точку досліджуваного відцентрового насоса з іншими моделями відцентрових насосів за даними з каталогів фірм-виробників відцентрових насосів. Зробити висновки про переваги та недоліки різних конструкцій відцентрових насосів та сфери їх застосування.

5.3. Контрольні запитання

1. Розкажіть про будову та принцип роботи відцентрових насосів.
2. Які ви знаєте основні конструктивні параметри відцентрових насосів?
3. Розкажіть про коефіцієнт швидкохідності та його значення у роботі насоса.
4. Як визначається ступінь швидкохідності робочого колеса?
5. Які основні параметри характеризують роботу відцентрового насоса?
6. Як визначити повний напір відцентрового насоса?
7. Як визначити витрату, потужність і ККД відцентрового насоса?
8. Розкажіть про правила роботи з відцентровим насосом.
9. Що називається робочою характеристикою відцентрового насоса, як вона будується?
9. Що називається універсальною характеристикою відцентрового насоса, як вона будується, чим відрізняється від робочої?
10. Що називається робочою точкою відцентрового насоса, що працює в трубопровід інженерної мережі, як і для чого вона будується?
11. Як визначаються робочі характеристики при паралельній роботі двох однакових відцентрових насосів?
12. Як визначаються робочі характеристики при послідовній роботі двох однакових відцентрових насосів?

5.4. Список рекомендованої літератури

1. Герасимов Г. Г. Гідравлічні та аеродинамічні машини: Підручник. Рівне: НУВГП, 2008. 241 с.
2. Папченко А. А., Панченко В. О. Спеціальні гідромашини : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2015. – 221 с.
3. Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: Навч. посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.
4. Кравченко В.С., Проценко С.Б., Кравченко Н.В. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: навч. пос. Рівне: НУВГП, 2016. 495 с.
5. Кравченко В. С. Водопостачання та каналізація: Підручник. Кондор, 2022.
6. Кравченко В. С., Саблій Л.А., Давидчук В.І., Кравченко Н.В. Інженерне обладнання будівель: Підручник. Рівне: НУВГП, 2005. 413 с.
7. Омельченко О.В., Цвіркун Л.О. Гідравлічні машини : навч. посіб. Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2020. 100 с.
8. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К.: Мінрегіон України, 2013.
8. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. К.: Мінрегіон України, 2013.
9. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. К.: Мінрегіон України, 2013.
10. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013.
11. ГРУНДФОС Україна [Електронний ресурс]. URL: <https://www.grundfos.com/ua>
12. ВІЛО-УКРАЇНА [Електронний ресурс]. URL: <https://wilo.com/ua/uk/>

6. Лабораторна робота № 5 та № 6 на тему: „Аналіз впливу роботи систем опалення і вентиляції на параметри мікроклімату приміщення”

Мета роботи:

1. Вивчення методики проведення вимірювань параметрів мікроклімату приміщення (вимірювання температури, вологості, швидкості руху внутрішнього повітря приміщення у точках, розташованих на різній висоті і ширині об'єму приміщення).

2. Вивчення характеру розподілу в об'ємі приміщення значень параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості повітря і пружності водяної пари, швидкості руху повітря).

3. Визначення перепаду значень параметрів мікроклімату (температури і пружності водяної пари, швидкості руху повітря) по висоті і ширині об'єму приміщення.

4. Аналіз впливу роботи систем опалення (з різними типами нагрівальних приладів) і вентиляції (природної, механічної) на параметри мікроклімату приміщення.

Лабораторне забезпечення:

1. Приміщення, які обладнані (обігріваються) різними типами нагрівальних приладів (з гладкими трубами, радіаторами або конвекторами) системи водяного опалення та обладнані (вентилюються) різними типами систем вентиляції (природної, механічної).

2. Прилади для вимірювання метеорологічних параметрів у приміщенні:

2.1. Барометри.

2.2. Психрометри Августа та Ассмана.

2.3. Анемометри крильчасті, кататермометри (із лабораторним забезпеченням їх роботи) або інші прилади для вимірювання швидкості руху повітря від 0,04 до 5 м/с.

2.4. Універсальний прилад для вимірювання якості повітря (як варіант заміни простих приладів для вимірювання температури, перепадів тиску, відносної вологості та швидкості руху повітря тощо).

2.5. Тепловізор (як варіант заміни простих приладів для оцінки температури поверхонь та її розподілу по них).

2.6. Секундоміри.

2.7. Рулетка (10 м).

6.1. Теоретичні відомості

1. Вимоги до мікроклімату приміщень

Під мікрокліматом (станом повітряного середовища) приміщень розуміють запас повітря для дихання з оптимальними значеннями його характеристик, основні з яких повинні відповідати діючим нормативним вимогам.

В приміщеннях, де перебувають люди, мікроклімат впливає на їх самопочуття, працездатність, життєдіяльність та здоров'я. При цьому, нормуються такі основні характеристики повітряного середовища: метеорологічні умови (температура, вологість, швидкість руху повітря, барометричний тиск), хімічний склад (вміст у повітрі кисню, вуглекислого газу та інших газів і пари), біологічні характеристики (вміст у повітрі пилу, наявність у повітрі приміщень мікроорганізмів). У виробничих приміщеннях мікроклімат повинен також відповідати технологічному процесу, а у сільськогосподарських – інтенсивному вирощуванню культур, утриманню тварин і птиці.

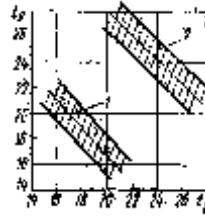
Вимоги до хімічного складу (ГДК), біологічних характеристик повітря приміщень наведено у [1-12]. Суттєвий вплив на характеристики повітря приміщень мають: особливості людської діяльності залежно від призначення приміщень; погодно-кліматичні умови місцевості будівництва (за [14]) та ізоляційні властивості огорожувальних конструкцій.

Комфортність повітряного середовища приміщення оцінюється добрим самопочуттям людини при певному поєднанні таких метеоро-логічних параметрів як: температура внутрішнього повітря t_B , °C, радіаційна температура приміщення (усереднена температура його огорожувальних конструкцій) t_R , °C, швидкість руху (рухомість) v , м/с, і відносна вологість φ , %, повітря. Зазвичай, значення швидкості руху і відносної вологості мають незначні коливання, тому особливу увагу слід зосереджувати на підтриманні у приміщенні певних температурних умов. Зони комфорту за співвідношенням t_B та t_R для громадських та житлових будівель наведено на рис. 6.1. Параметри мікроклімату, що визначають ці зони, є розрахунковими внутрішніми умовами у приміщенні при проектуванні огорожувальних конструкцій будівлі і опалювально-вентиляційних систем.

Нормування метеорологічних умов у приміщеннях враховує теплообмін між людським організмом та оточуючим середовищем, який відбувається явною теплотою (завдяки теплопровідності, конвекції, випромінюванню), та прихованою (через випаровування

вологи з тіла і видихання). Інтенсивність даного теплообміну визначається комбінацією значень усіх метеорологічних факторів.

Рис. 6.1. Зони комфортних поєднань температур t_B та t_R у житлових приміщеннях:
1 – для холодного періоду року;
2 – для теплого періоду року



Конвекційний теплообмін тіла людини з оточуючим середовищем суттєво залежить від швидкості руху повітря, збільшення її з 0,1 до 0,6 м/с збільшує теплообмін у 2 рази. Зростання температури повітря супроводжується зниженням його відносної вологості, при цьому збільшується волого-виділення людини, росте віддача тілом прихованого тепла: випаровування 1 г вологи супроводжується втратою 0,2 кДж/год (0,056 Вт).

Нормативами встановлено розрахункові метеорологічні умови у робочій зоні виробничих приміщень і в обслуговуваній зоні (до 2 м від поверхні чистої підлоги) інших приміщень виробничих, допоміжних, житлових і громадських будівель, які наведені у [7, дод. Д, Е], [9-12]. Порівняння вимог вітчизняних та міжнародних норм щодо параметрів мікроклімату наведено у [15 та ін.]. Ці умови повинні виконуватися в усьому об'ємі робочої (обслуговуваної) зони приміщення (у просторі висотою до 2 м від поверхні чистої підлоги) або на окремих робочих місцях. Відповідно, розрізняють метеорологічні умови: **оптимальні** – найсприятливіші для життєдіяльності людини, не викликають неприємних відчуттів; **допустимі** – не викликають патологічних змін в організмі навіть при довготривалому перебуванні людини в приміщенні, а також: **підвищені оптимальні** – для приміщень з дуже чутливими людьми з особливими потребами; **обмежено допустимі** – для приміщень будівель з обмеженим використанням протягом року.

Такі тісно взаємопов'язані показники фізичного стану повітряного середовища приміщення як температура та вологість повітря завжди вимірюються разом. Швидкість та напрям руху повітря у приміщенні впливає на розподіл температури та повітрообмін у ньому.

Поряд з параметрами повітряного середовища важливою характеристикою мікроклімату в приміщенні є рівномірність розподілу температури. Найбільш комфортними є умови із мінімальними змінами температури t_B у вертикальному h та горизонтальному b напрямках,

тобто при градієнті температури: $\frac{dt_B}{dh} \rightarrow 0$; $\frac{dt_B}{db} \rightarrow 0$. Тому, важливим

показником роботи системи опалення є ступінь наближення розподілу температури у приміщенні до ідеального (рис. 6.1).

При розрахунках та вимірюваннях температури внутрішнього повітря слід враховувати можливе відхилення її значень від розрахункового (t_B) на висоті 1,5 м від підлоги: по горизонталі – на 1 – 1,5 °С, біля зовнішніх стін - до 4 – 5 °С, біля вікон - до 6 – 8 °С.

Для приміщення висотою h температура під перекриттям:

$$t_h = t_{h-2} \pm \Delta t(h-2),$$

де t_{h-2} - температура нижньої зони (робочої, 2 м), °С; $\Delta t = \frac{dt_B}{dh}$ - градієнт температури, °С/м.

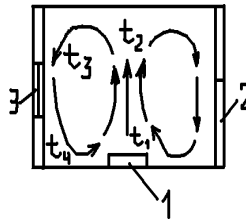
Переважно, $\Delta t = 1 - 3$ °С на 1 м висоти, особливо при наявності місцевих тепловиділень (нагрівальні пристрої, технологічне обладнання). Значення Δt може бути як додатнім, так і від'ємним. Так, на рис. 6.2 маємо $\Delta t_{1-2} = (t_1 - t_2) > 0$ та $\Delta t_{3-4} = (t_4 - t_3) < 0$.

Рис. 6.2. Приблизна схема руху повітряного потоку у приміщенні:

- 1 – тепловиділяючий пристрій;
- 2 – двері; 3 – вікно;

t_1, t_2, t_3, t_4 - локальні значення температури повітря;

→ - напрямки руху повітря



Нерівномірний розподіл температури і вологості повітря у приміщенні зумовлюється особливостями роботи опалювально-вентиляційних систем, природнім повітрообміном, повітропроникністю та теплоізоляційними властивостями огорожувальних конструкцій, різницею температур внутрішнього та зовнішнього повітря, різницею температур внутрішнього повітря та внутрішніх поверхонь огорожувальних конструкцій, площею і конфігурацією зовнішніх огорожувальних конструкцій, тепловиділеннями у приміщенні, погодно-кліматичними (інтенсивність обдування вітром, сонячна радіація, сирість тощо) та іншими чинниками.

Вивчення в натурі змін параметрів мікроклімату в об'ємі приміщення дозволяє провести оцінку впливу зовнішніх факторів і розробити заходи із підтримання заданого температурно-вологісного режиму приміщення.

Загальні вимоги до санітарно-гігієнічного обстеження

Санітарно-гігієнічне обстеження повітряного середовища у приміщеннях проводять після перевірки виконання підприємством усіх

заходів, що вказані у відомостях дефектів, складених на основі результатів попереднього візуального обстеження об'єкту.

Усі дефекти, що стосуються монтажу вентиляційних установок, їх загального експлуатаційного стану і стану виробничого обладнання, усувають до початку обстеження. Організація технологічного процесу повинна відповідати діючим санітарним нормам і правилам. Обстеження проводиться при номінальному (плановому) завантаженні обладнання і при роботі усіх припливно-витяжних вентиляційних установок і установок кондиціонування повітря.

При обстеженні приміщень громадсько-комунального призначення (глядацькі зали, навчальні аудиторії, ресторани, кафе тощо) кількість тепла і вологи, що поступають у приміщення, визначається при номінальному завантаженні приміщення людьми. Крім того, враховуються інші можливі джерела постування шкідливих виділень (освітлення, гарячі обіди тощо).

На промисловому об'єкті режим роботи системи вентиляції даного періоду року повинен відповідати проектному. Програмою обстеження залежно від виду виробництва, призначення приміщення і характеру виділених шкідливих речовин передбачається:

- визначення вагового вмісту у повітрі робочої зони чи у місцях можливого перебування людей газів, парів, аерозолів і пилу;
- визначення метеорологічних умов – температури, відносної вологості повітря, його рухомості та інтенсивності теплового випромінювання (при наявності джерел випромінювання);
- встановлення вмісту шкідливих речовин у припливному повітрі.

При незадовільних санітарно-гігієнічних умовах в обстежуваних приміщеннях проводять випробування системи вентиляції і її налагодження, а при відсутності системи вентиляції - приймають рішення про заходи для забезпечення санітарно-гігієнічних умов, аж до розробки проекту системи вентиляції.

2. Вимоги до систем опалення та вентиляції

Комплекс мікрокліматичних умов у приміщенні в холодний період року, який повинен гарантувати нормальні тепловтрати організмом людини (у приміщеннях сільськогосподарського призначення – і тварин, рослин), забезпечується відповідним способом опалення приміщення. Тобто, системи опалення грають важливу роль у забезпеченні санітарно-гігієнічних вимог до приміщень.

Гігієнічні дослідження мікроклімату приміщень і того, як впливають зміни його окремих компонентів на організм людини, дозволили виробити певні вимоги до систем опалення. Наведемо основні з цих вимог.

1. Система опалення повинна компенсувати тепловтрати приміщення через усі його теплогороджувальні конструкції – зовнішні стіни, зовнішні двері, вікна, горищне перекриття, підлога.

2. Система опалення повинна незалежно від коливань, зовнішньої температури повітря підтримувати всередині приміщень, залежно від їх призначення, встановлену гігієнічними нормами температуру.

3. Температура внутрішнього повітря повинна бути рівномірною як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямку. Температура вважається рівномірною, якщо у горизонтальному напрямку від вікон до протилежної стіни різниця температури повітря не перевищує $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а у вертикальному – $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на кожен метр висоти.

4. Коливання температури повітря на протязі доби не повинно бути більшою за $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ при пічному опаленні, а також за $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – при центральному.

5. Внутрішні поверхні огороджувальних конструкцій (стіни, стелі, підлоги) повинні нагріватися настільки, щоб їх температура наближалася до температури повітря приміщення. Нормовані величини температурного перепаду між розрахунковою температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій наведена у [13, табл. 5].

6. Середня температура поверхні нагрівальних приладів у житлових приміщеннях не повинна перевищувати $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вона регламентована і для приладів, встановлюваних у приміщеннях іншого призначення.

7. У житлових і громадських будівлях система опалення разом із системою вентиляції повинна забезпечувати підтримання відносної вологості φ_B і швидкості руху повітря v_B у межах гігієнічних норм (див. [7, додаток Д]).

8. У виробничих приміщеннях система опалення разом з системою вентиляції повинна забезпечувати нормальні умови роботи і температурно-вологісний режим, заданий технологічним процесом виробництва.

9. Система опалення повинна бути індустріальною у виготовленні і монтажі, економічною та зручною в експлуатації і пожежобезпечною.

До основних документів, що регламентують параметри мікроклімату приміщень належать [7, 9-13]. Допустимими для різних точок приміщення вважаються перепади:

- температури повітря - не більше $3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температури повітря за висотою в межах обслуговуваної зони - не більше $2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- швидкості руху повітря - не більше $0,1\text{ м/с}$;

- відносної вологості повітря - не більше 15 %.

Оптимальні внутрішні умови мікроклімату приміщень є розрахунковими для автоматично регульованих опалювально-вентиляційних систем, а допустимі - повинні бути забезпечені звичайними системами.

До найважливіших чинників, що впливають на забезпечення системою опалення умов мікроклімату приміщень належать санітарно-гігієнічні показники опалювальних приладів (інша їх назва – нагрівальні прилади).

Підвищеним санітарно-гігієнічним, а також протипожежним і противибуховим вимогам відповідають прилади з гладкою поверхнею: перш за все стелево-підлогові бетонні панельні прилади, суміщені з будівельними конструкціями, далі сталеві панельні радіатори. Застосування гладкотрубних приладів повинно бути спеціально обґрунтовано. Також можуть бути застосовані секційні радіатори типу МС (без поребріння).

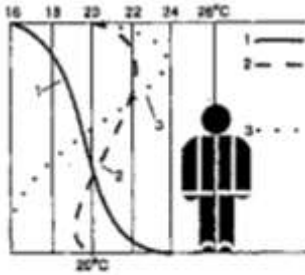
Нормальним санітарно-гігієнічним вимогам відповідають прилади з гладкою чи ребристою поверхнею, причому доцільним є застосування одного – двох видів приладів для однієї споруди. У громадських будівлях частіше використовують радіатори і конвектори з кожухом; у виробничих – секційні радіатори і ребристі труби (кілька труб одна над одною) як більш компактні прилади, що забезпечують підвищену тепловіддачу на одиницю довжини; в адміністративно-побутових будівлях і допоміжних приміщеннях виробничих підприємств – конвектори без кожуха.

При понижених санітарно-гігієнічних вимогах у приміщеннях, призначених для короточасного перебування людей, можна використовувати прилади будь-якого виду, надаючи перевагу приладам з високими техніко-економічними показниками.

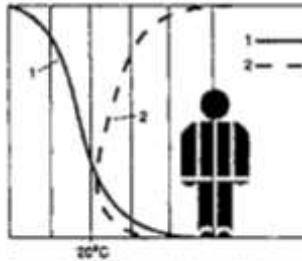
Добрий тепловий режим створюють прилади з рівномірним обігрівом приміщень. Найкращими за ступенем наближення розподілу температури у приміщенні до ідеального (рис. 6.3) є системи підлогового та стельового опалення приміщень. Панельні стелево-підлогові прилади, нагріті до допустимої температури, підтримують однакову по висоті температуру приміщення без непотрібного перегріву його верхньої зони. Однак, висока вартість і трудомісткість виготовлення стелево-підлогових приладів і систем, а для підлогових систем також і обмеженість тепловіддачі з 1 м² площі та вимоги до її чистоти, зумовлюють застосування замість таких систем системи з вертикальними приладами.

Лиштвяні (цокольні) бетонні опалювальні панелі приставного типу використовують для опалення дитячих закладів. Ці прилади, прокладені вздовж нижньої зони, створюють у приміщеннях рівну

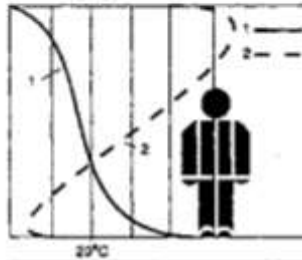
температуру. Підвіконні бетонні панелі суміщеного типу застосовували у житловому будівництві.



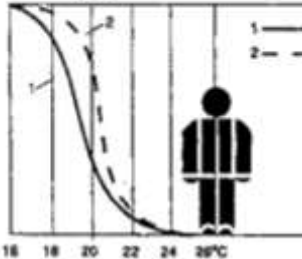
- ідеальний розподіл;
- конвектори при зовнішніх стінах;
- конвектори при внутрішніх стінах



- ідеальний розподіл;
- стельові обігрівачі



- ідеальний розподіл;
- повітряне опалення



- ідеальний розподіл;
- підлогове опалення

Рис. 6.3. Зміна температури повітря по висоті приміщення

Металеві опалювальні прилади встановлюють переважно під світловими пройомами, причому під вікнами бажано мати довжину приладу не меншою за 50-75 % довжини пройому (75 % - у лікарнях і дитячих закладах), а під вітринами і вітражами – на всю їх довжину. При розташуванні приладів під вікнами (рис. 6.4) вертикальні осі віконного пройому і приладу повинні співпадати (допускається відхилення не

більше 50 мм). У житлових будівлях, готелях, гуртожитках, в адміністративно-побутових будівлях виробничих підприємств допускається зміщення приладів від осі пройомів.

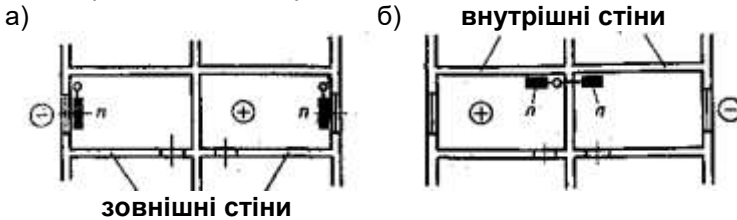


Рис. 6.4. Плани розташування опалювальних приладів (п) у приміщеннях: а) - під вікнами; б) - під внутрішніми стінами

Прилади, розташовані під зовнішніми огорожувальними конструкціями, сприяють підвищенню температури внутрішньої поверхні у нижній частині зовнішньої стіни і вікна, що зменшує радіаційне охолодження людей. Висхідні потоки теплого повітря, створювані приладами, перешкоджають (якщо немає підвіконників, що перекривають прилади) попаданню охолодженого повітря у робочу зону (рис. 6.5,а).

У південних районах з короткою і теплою зимою, а також при короткочасному перебуванні людей, опалювальні прилади допускається встановлювати під внутрішніми стінами приміщень (рис. 6.5,б). При цьому скорочується кількість стояків і протяжність теплопроводів та підвищується тепловіддача приладів (приблизно на 7 % у рівних температурних умовах), але виникає несприятливий для здоров'я людей рух повітря з пониженою температурою по підлозі приміщень (рис. 6.5,в).

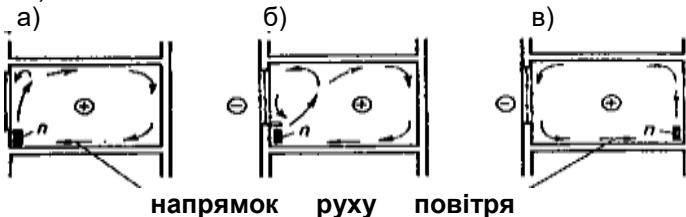


Рис. 6.5. Схеми циркуляції повітря у приміщеннях (вертикальні розрізи) при розташуванні опалювальних приладів (п): а) - під вікнами без підвіконника; б) - під вікнами з підвіконником; в) - під внутрішньою стіною

Нижчий і ширший опалювальний прилад (рис. 6.6,а) забезпечує рівнішу температура приміщення і краще прогрівання його робочої зони. Високий і короткий прилад (рис. 6.6,б) спричиняє активне

піднімання струменю теплого повітря, що призводить до перегрівання верхньої зони приміщення і опускання охолодженого повітря по обидва боки такого приладу у робочу зону.

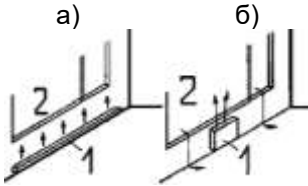


Рис. 6.6. Розташування під вікном приміщення приладу:
 а) – низького і довгого (бажано);
 б) – високого і короткого (небажано)
 1 – опалювальний прилад;
 2 – склопрозора конструкція

Вертикальні опалювальні прилади встановлюють якнайближче до підлоги приміщення (мінімальна відстань від підлоги 60мм, у лікувальних закладах – 100 мм). При значному піднятті приладу над рівнем підлоги повітря біля поверхні підлоги переохолоджується, бо циркуляційні потоки нагрітого повітря, замкнувшись на рівні розміщення приладу, не захоплюють і не прогривають у цьому випадку нижню частину приміщення. Здатність високого опалювального приладу спричиняти активний висхідний потік теплого повітря використовується для опалення приміщень збільшеної висоти. Зазвичай для опалення приміщень висотою понад 6 м, особливо зі світловими пройомами нагорі, частину приладів (від 1/4 до 1/3 загальної площі) розміщують у верхній зоні.

На рис.6.7показано кілька прийомів встановлення опалювальних

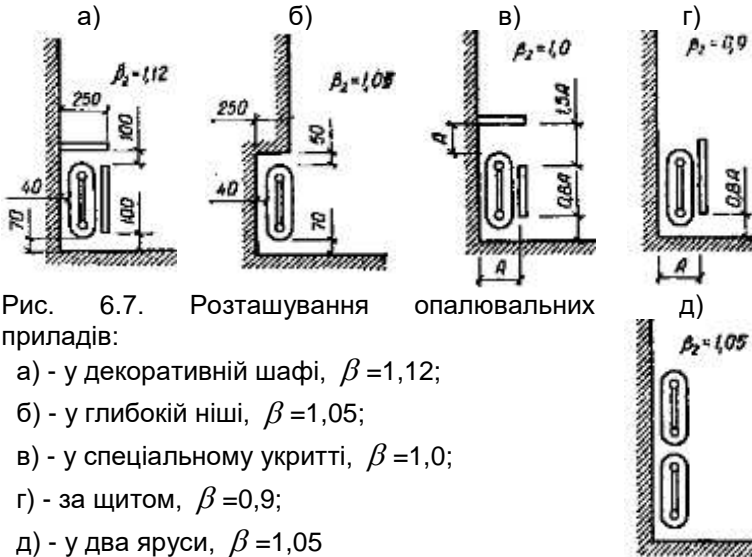


Рис. 6.7. Розташування опалювальних приладів:

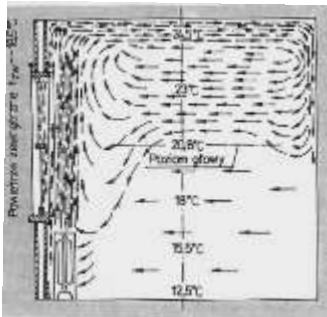
- а) - у декоративній шафі, $\beta = 1,12$;
- б) - у глибокій ніші, $\beta = 1,05$;
- в) - у спеціальному укритті, $\beta = 1,0$;
- г) - за щитом, $\beta = 0,9$;
- д) - у два яруси, $\beta = 1,05$

приладів у приміщеннях. Від них залежить теплопередача приладів та напрям руху повітряних потоків від них. Значення коефіцієнта β

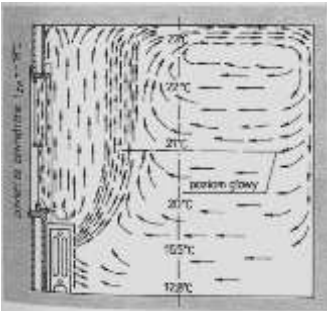
показують зміну теплопередачі при даному прийомі встановлення приладу у порівнянні з відкритим прокладанням одного приладу під глухою стіною. Тобто, укриття приладу за схемою на рис. 6.7, а зменшує теплопередачу приладу на 12 %, а для відновлення передачі у приміщення заданого теплового потоку потрібно збільшити площу нагрівальної поверхні приладу у $\beta = 1,12$ раза.

Усі опалювальні прилади повинні бути розміщені так, щоб були забезпечені їх огляд, очищення і ремонт.

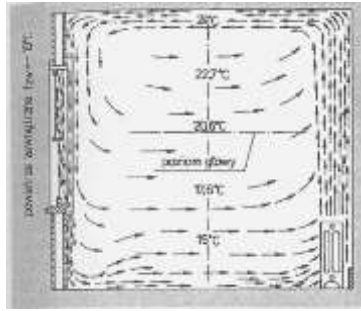
Напрямок руху теплоносія води у вертикальному опалювальному приладі відображається на його теплопередачі. Доцільні схеми руху теплоносія води: зверху – вниз у радіаторах однотрубних і двотрубних систем, знизу – вниз у колончастих радіаторах однотрубних систем при значній витраті води. Напрямок руху води у приладі знизу – вгору характеризується найменшою теплопередачею. Рекомендується послідовний рух теплоносія в радіаторах і конвекторах, гладких і ребристих трубах, встановлюваних у кілька рядів і ярусів (з одного ряду в другий, з верхнього ярусу в нижній).



а)



б)



в)

Рис. 6.8. Схеми конвекційного руху та температурного розподілу повітря у об'ємі приміщення з опалювальним приладом конвекційного типу, розташованого:

- а) – без огороження, під вікном;
- б) – з огороженням, під вікном;
- в) – без огороження, під внутрішньою стіною

Відкрите прокладання трубопроводів у приміщеннях (магістралей, стояків, підведень до опалювальних приладів) покращує теплопередачу системи опалення, розсосереджує подачу тепла у приміщення і відповідно впливає на розподіл температур по периметру приміщення та конвекційні потоки повітря у об'ємі приміщення.

У приміщеннях з опалювальними приладами конвекційного типу (рис. 6.8) чи конвекторами існує постійний рух повітря. Цей рух практично невідчутний при швидкості руху повітря $v_B \leq 0,2$ м/с. Картина циркуляції повітря взаємопов'язана з розподілом температури у приміщенні.

У системах з опалювальними приладами конвекційного типу місце встановлення приладу і його огороження мають значний вплив на рівномірність розподілу температури. За наведеними на рис. 8 прикладами конвекційного руху повітря і розподілу температури у приміщенні залежно від місця встановлення приладу і його огороження, можна оцінити ефективність теплопередачі через прилади, забезпечення теплового комфорту і витрати на опалення.

Рішення з організації загальнообмінної вентиляції приміщень спираються на створення таких схем руху повітря у об'ємі приміщення, які б забезпечили добре провітрювання приміщення. З наведених на рис. 6.9 схем повне провітрювання забезпечується схемами "а", "и" [4].

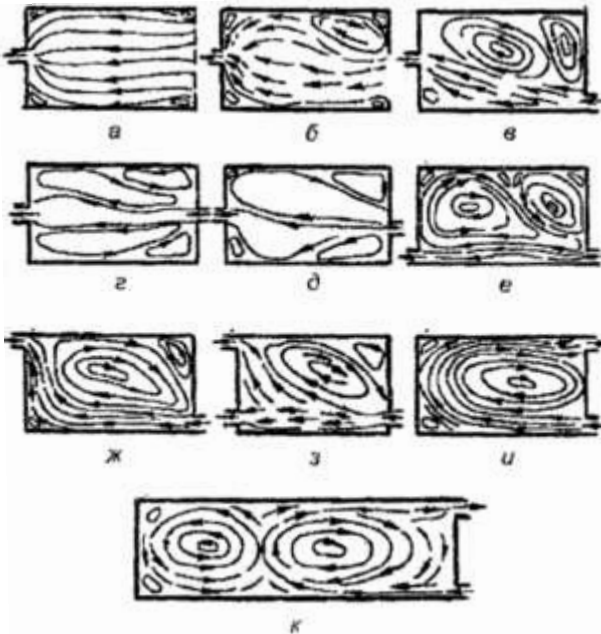


Рис. 6.9. Схеми руху повітря у об'ємі приміщення, яке вентильюється: а – без ділянок зворотних потоків та з невеликими завихреннями; б - к – з ділянками зворотних потоків та з великими чи малими завихреннями

3. Властивості вологого повітря

Основними характеристиками мікроклімату в приміщенні є температура і вологість внутрішнього повітря.

Фактичне значення температури і вологості внутрішнього повітря відхиляється від розрахункових залежно від зовнішніх умов і особливо функціонального процесу, здійснюваного в приміщенні. Періодичність відхилення від розрахункових величин характеризується різними строками (рік, доба і менше).

Особливо великі коливання температури і вологості внутрішнього повітря спостерігаються у виробничих приміщеннях через особливості технологічного процесу. Амплітуда і періодичність цих коливань залежить від кількості і тривалості робочих змін, продуктивності обладнання і тривалості технологічних операцій, зв'язаних з виділеннями тепла і вологи, та від інших факторів.

У житлових та громадських будівлях, де відсутні суттєві виділення тепла і вологи, ці коливання характеризуються річною циклічністю. Величина амплітуди коливань температури і вологості внутрішнього повітря залежить від потоків тепла і вологи, що поступають в приміщення. В холодний період року ці потоки визначаються тепловіддачею опалювальних приладів і виділенням побутової та біологічної вологи. Вологість у приміщенні залежить і від різниці температури внутрішнього і зовнішнього повітря (тепловий напір). Чим вища ця різниця і створюваний нею тепловий напір, тим менша відносна вологість повітря в будівлі завдяки осушувальній дії фільтрованого всередину зовнішнього повітря.

У правильно запроектованій і нормально експлуатованій будівлі відхилення температури і вологості від норми порівняно невеликі і не приводять до дискомфортних умов для людей і виникненню фізичних процесів, які можуть спричинити порушення окремих шарів або огорожувальних конструкцій взагалі. Однак, в приміщеннях з малим повітрообміном і обмеженою кубатурою, періодичною присутністю великої кількості людей відносна вологість та температура повітря можуть значно підвищуватися.

Різкі коливання параметрів внутрішнього повітря в межах доби є небажаними, оскільки погано впливають на стан людини. Стабілізація параметрів повітряного середовища потрібна для деяких видів сучасного промислового виробництва (приладобудування, виробництво синтетичного волокна та ін.). Отже, для оцінки експлуатаційних властивостей огорожувальних конструкцій, а також роботи опалювально-вентиляційних систем та іншого спеціального обладнання будівель потрібно знати кінетику змін параметрів внутрішнього

повітряного середовища, яка визначається неперервними коливаннями температури і вологості зовнішнього повітря і атмосферного тиску.

Під **вологістю повітря** розуміють вміст вологи (водяної пари) у ньому. Загальний тиск вологого повітря, або барометричний тиск P_A :

$$P_{bar} = P_1 + P_2, \quad (6.1)$$

де P_1 - парціальний тиск сухого повітря, мм рт. ст.;

P_2 - парціальний тиск водяної пари, мм рт. ст.

Абсолютна вологість f (г/м³) – кількість вологи (г), що міститься в 1 м³ повітря. В теплотехнічних розрахунках зручно користуватись такою величиною парціального тиску водяної пари як **пружність водяної пари e (Па або мм рт. ст.)**.

Зв'язок між абсолютною вологістю та пружністю водяної пари:

$$f = \frac{1,058e}{1 + t/273}, \quad (6.2)$$

де t - температура повітря, °С.

Для заданих температури і барометричного тиску пружність водяної пари має граничне значення, яке називається **тиском насиченої пари або максимальною пружністю водяної пари E (Па або мм рт. ст.)**. Максимальна пружність водяної пари E відповідає максимальному насиченню повітря водяною парою f_{max} . Підвищення температури повітря дозволяє збільшити максимальну кількість вологи f_{max} , що може утримуватись у ньому, і відповідно – збільшити тиск насиченої пари E .

Абсолютна вологість повітря при даних температурі і барометричному тиску не дозволяє оцінити ступінь насичення повітря вологою. Для цього введена **відносна вологість повітря φ (%)**:

$$\varphi = \frac{f}{f_{max}} 100 \approx \frac{e}{E} 100, \quad (6.3)$$

де f_{max} - максимальна абсолютна вологість повітря, г/м³.

Із відношення e/E **відносна вологість повітря** – це відношення парціального тиску водяної пари до парціального тиску водяної пари при тій самій температурі і повному насиченні повітря водяною парою.

Параметри, що характеризують температурно-вологісний режим повітряного середовища (t, e, φ), тісно зв'язані між собою:

- при $e = const$ із збільшенням t зменшується φ (бо E збільшується) а, відповідно, із зменшенням t збільшується φ ;

- при $t = const$ із збільшенням чи зменшенням e відповідно збільшується чи зменшується φ (бо $E = const$).

Вологомісткість повітря, поряд з абсолютною вологістю f (г/м³), також виражають через **вологоутримання повітря** d (г/кг) – кількість води (г), що міститься в 1 кг повітря:

$$d = \frac{W}{G}, \quad (6.4)$$

де W - вага водяної пари, г; G - вага вологого повітря, кг.

Враховуючи формулу (6.1) можна визначити d (г/кг) як:

$$d = 622 \frac{P_2}{P_1} = 622 \frac{P_2}{P_{bar} - P_2}. \quad (6.5)$$

4. Контрольно-вимірювальні прилади

Прилади для вимірювання температури.

Для вимірювання температури повітря і води в системах вентиляції і теплопостачання застосовують рідинні (ртуть, спирт, толуол, ефір тощо) скляні технічні термометри, манометричні, ртутні електроконтактні, дилатометричні, термоперетворювачі опору, магнітоелектричні логометри, мілівольтметри магніто-електричні, потенціометри. Температуру сильно нагрітих (понад 300 °С) тіл визначають пірометрами випромінювання (оптичними пірометрами).

Температуру в робочій (чи обслуговуваній) зоні приміщення слід вимірювати на висоті 1,5 м від підлоги і не ближче 1 м від зовнішніх стін, нагрівальних приладів та інших джерел тепла.

Температура у різних місцях і по висоті приміщення може не співпадати, а тому середню температуру визначають усередненням результатів замірів не менш як у трьох місцях і не менш як на трьох рівнях.

Зважаючи на інерційність звичайних термометрів, заміри слід знімати не відразу, а не менш як за 5 хв після встановлення приладів, причому не треба доторкатися до резервуару термометра руками, дихати на нього, освічувати сірниками. Для об'єктивності вимірювань, термометри потрібно встановлювати на певній відстані від холодних поверхонь та джерел тепловипромінювань (світильників, обладнання тощо), а якщо це неможливо – застосовувати екрани з картону, азбесту тощо. Крім того, вимірювання потрібно виконувати поза зоною дії проточних струменів повітря і сонячних променів.

Температура середовища вимірюється технічними термометрами, відградуваними до 50 - 100 °С.

Принцип дії рідинних термометрів базується на об'ємному розширенні рідини, поміщеної у закритий скляний резервуар. Резервуар з'єднаний з капіляром, що має малий внутрішній діаметр. При нагріванні резервуару рідина збільшується в об'ємі і піднімається вгору по капіляру. За висотою стовпчика рідини і капіляру можна визначати температуру. Чутливість термометра тим більша, чим тонший капіляр у порівнянні з резервуаром.

Ртутні скляні термометри використовуються для вимірювання температури в межах від -30 до $+500$ °С. Термометри з органічними рідинами називаються низько-температурними, в них застосовують етиловий спирт до -130 °С; толуол до -90 °С; петролейний ефір до -130 °С, а також пентан до -190 °С.

Ртутні скляні технічні термометри з ціною найменшої поділки $0,5$ °С використовують для вимірювання температур до 60 °С. При температурі понад 60 °С допускається використовувати термометри з ціною поділки 1 °С. Температуру повітря і газів при складанні балансів по теплу і волозі, а також при лабораторних дослідженнях вимірюють торійованими термометрами з ціною поділки не більше $0,2$ °С.

Для неперервної реєстрації температури повітря застосовують **термографи**. Зокрема, відомі прилади двох типів: добові М-16 і тижневі М-16Н з тривалістю запису вимірювань на діаграмну стрічку (одного оберта барабана годинникового механізму), відповідно, 26 год і 176 год. Похибка ходу добового механізму ± 5 хв протягом 24 год, тижневого — не більше ± 30 хв за 168 год. Границя вимірювання температур від -45 до $+55$ °С, достовірність ± 1 °С.

Прилад складається з датчика температури, біметалевої пластини, передавального механізму, реєструючої стрілки з пером барабана та годинниковим механізмом і корпусу.

Перед вимірюванням температури заводять годинниковий механізм, реєструють дату, час, закріплюють стрічку на барабані, заправляють пастою перо і встановлюють його у певне положення за допомогою регульовального гвинта згідно з показниками ртутного контрольного термометра. Термограф встановлюють у приміщенні на необхідній висоті строго горизонтально.

Термопари опору виготовляють з платини, нікелю, заліза, свинцю тощо. В них використовують властивості провідників міняти електричний опір при зміні температур. Визначення температур за допомогою термометрів опору зводиться до вимірювань їх електричного опору за допомогою потенціометра.

Болометри являють собою різновид термопар опору, пристосованої для вимірювання теплового випромінювання. У болометрах замість дроту застосовують тонкі стрічки-пелюстки з платини або нікелю завтовшки до часток мікрона. За допомогою чутливої або

підсиленої апаратури вимірюють опір болометра (в схемі містка Уїтсона) і за величиною цього опору визначають температуру, набути металевою стрічкою внаслідок теплового випромінювання, яке вона поглинає.

Для визначення температури на поверхні застосовують термошуп (рис. 6.10). Він являє собою термопару з двома металевими дротами, ізольованими один від одного та спаяними на одному кінці. До місця спайки дротів (мідного і константанового) припаяно круглу мідну пластинку. Проводка проходить від місця спайки по спіральному жолобу в основу, виходить через рукоятку приладу і приєднується до контактів гальванометра.

Під час вимірювання температури силові електричні датчики слід захищати від попадання вологи, побічних теплових і повітряних струменів.

Відрахунки необхідно виконувати лише після того, як стрілка на приладі зупиниться остаточно.

Прилади для вимірювання відносної вологості повітря.

Відносну вологість повітря визначають психрометрами, гігрометрами та гігрографами, електричними психрометрами і напівпровідниковими термоелектросилометрами.

Вимірювання психрометричним методом здійснюється шляхом порівняння одночасно отриманих показів двох термометрів: сухого і вологого, резервуар якого обгорнутий тканиною, змоченою дистильованою водою. Відносна вологість повітря визначається за різницею показів сухого і вологого термометрів за допомогою спеціальних психрометричних таблиць, психрометричних графіків або $i-d$ діаграми (які, як правило, додаються до приладу), див. також дод. 1.

До найпростіших психрометрів належить психрометр Августа (рис.6.11), який складається з двох однакових ртутних термометрів, закріплених поруч на штативі. Ртутний резервуар одного з термометрів обмотаний батистом (або марлею), кінець якого (звисає на 15-20 мм) занурений у чашку з дистильованою водою. Резервуар термометра розміщений на 2-3 мм вище рівня води у чашці. Дистильована вода у чашку потрапляє по трубці з балончика, розташованого між термометрами. Покази вологого термометра будуть нижчі за покази сухого внаслідок випаровування води.

Методика вимірювань психрометром Августа. Перед початком роботи перевіряється наявність води у чашці приладу, розташування резервуару змоченого термометру над поверхнею води.

Вимірювання психрометрами Августа проводяться тричі із точністю показів до $0,5^{\circ}\text{C}$ послідовно по усіх приладах з інтервалом 10 - 15 хв між повторними замірами.

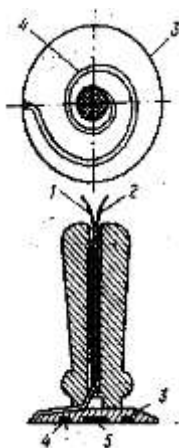


Рис. 6.10. Термошуп:
 1, 2 – термопара;
 3 – основа;
 4 – спіральний жолоб;
 5 – мідна пластина

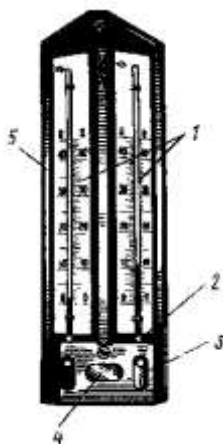


Рис. 6.11. Психрометр Августа:
 1 – рідинні термометри; 2 – батист
 (або марля); 3 - чашка; 4 – балон з
 водою; 5 - основа приладу

Методика визначення відносної та абсолютної вологості за показами психрометра Августа.

Відносну вологість визначають за показами обох термометрів по психрометричних таблицях, залежно від показів вологого термометра і різниці показів сухого та вологого термометрів.

Пружність водяної пари визначають за формулою (6.3):

$$e = E\varphi / 100,$$

де e - пружність водяної пари у досліджуваному приміщенні, Па (мм рт.ст.); E - максимальна пружність водяної пари, Па (мм рт. ст.) при температурі сухого термометра, $t_{\text{сухого}}$, $^{\circ}\text{C}$.

Під час вимірювання температури психрометр необхідно захищати від джерел променевої енергії і випадкових повітряних потоків, - ці фактори впливають на значення показів, а тому ступінь показів приладу є невисокою. Крім того, цей психрометр має певну інерційність.

Аспіраційний психрометр Ассмана (рис. 6.12) дає більш точні і стійкіші покази, оскільки обидва термометри (сухий і вологий) обдуваються повітрям з постійною швидкістю, захищені від механічних пошкоджень і променевого тепла термозахистом і впливу повітряних потоків - вітрозахистом.

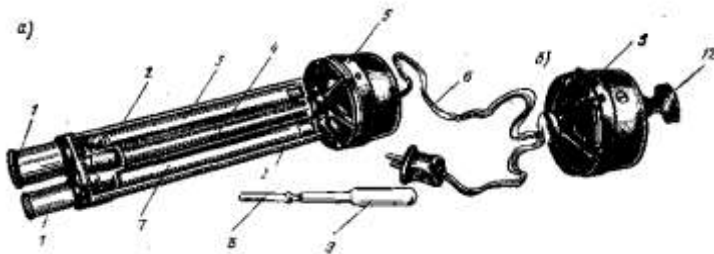
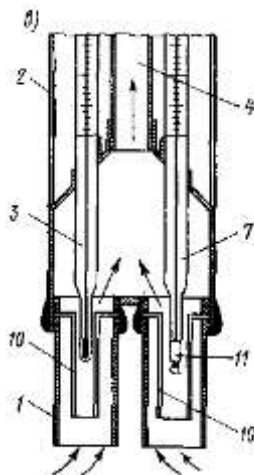


Рис. 6.12. Аспіраційний психрометр Ассмана

а – загальний вигляд психрометра з електроприводом; б – варіант аспіраційної головки з механічним приводом; в – розріз по всмоктувальних трубках; 1 – захист всмоктувальних трубок; 2 – термозахист; 3 – ртутний метеорологічний термометр (сухий); 4 – повітропровідна трубка; 5 – аспіраційна головка; 6 – електричний дріт; 7 - ртутний метеорологічний термометр (мокрый); 8 – скляна трубка; 9 - гумова груша; 10 – всмоктувальні трубки; 11 – батист; 12 – ключ механічного приводу



Прилад складається з двох однакових метеорологічних ртутних термометрів (сухого і вологого), закріплених в спеціальній оправі. Резервуар вологого термометра обгорнутий батистом в один шар і перед роботою змочується дистильованою водою за допомогою піпетки.

Резервуари термометрів вставлені у всмоктувальні трубки, захищені від променевого нагрівання. У верхній частині всмоктувальні трубки об'єднані повітропровідною трубкою, яка кріпиться до аспіраційної головки. В аспіраційній головці розміщений вентилятор з приводом, який проганяє повітря біля резервуарів термометрів зі швидкістю близько 2 м/с.

Випускаються дві модифікації аспіраційних психрометрів Ассмана: із механічним або із електричним приводами. У лабораторних умовах зручніший психрометр з електричним приводом, у якому при замірах підтримується постійна швидкість повітряного потоку. В психрометрах з механічним приводом швидкість повітряного потоку на шостій хвилині знижується з 2,0 до 1,7 м/с. Однак при дослідженні параметрів

повітряного середовища в натурних умовах психрометр з механічним приводом забезпечує кращу доступність до точок для замірів.

Психрометр аспіраційний Ассмана МВ-14 має границю вимірювань температур від -31 до $+51^{\circ}\text{C}$ і відносної вологості від 10 до 100 %, похибка $\pm 1,5-4\%$ від вимірюваної величини. За допомогою заводного механізму і вентилятора у верхню частину приладу поступає повітря через металеві трубки з швидкістю руху 3 – 4 м/с.

Методика вимірювань психрометром Ассмана. Перед початком вимірювання (за 4 хв до початку роботи) за допомогою піпетки змочують батист на резервуарі вологого термометра. Для цього беруть піпетку з гумовою грушею, раніше наповненою дистильованою водою, і легким натисканням на грушу доводять рівень води у скляній трубці до риски. Якщо риска відсутня, то рівень води доводять не ближче як на 1 см до краю і утримують її на цьому рівні затискачем. Далі піпетку вводять до відказу у всмоктувальну трубку вологого термометра. Потім, через 2 – 3 с, не виймаючи піпетку з трубки, розтискають затискач, вбираючи надлишок води у грушу, і виймають піпетку. За 4 хв після змочування заводиться механізм аспірації (ключем або вмикається у електромережу) - включають вентилятор і через 4 - 5 хв записують покази термометрів психрометра з точністю до $0,2^{\circ}\text{C}$.

Заміри параметрів повітря психрометром Ассмана слід проводити послідовно три рази. Заміри рекомендується повторити у кінці заняття.

Методика визначення відносної та абсолютної вологості за показами психрометра Ассмана.

Відносну вологість повітря (%) визначають за дод. 1 (по психрометричному графіку) або дод. 2 (за $l - d$ діаграмою вологого повітря), за значеннями температур сухого та вологого (мокрого) термометрів або по психрометричних таблицях. Пружність водяної пари визначають так само, як при роботі з психрометром Августа.

Роботу вентилятора перевіряють через кожні гри місяці. Для цього пружину механізму заводять до кінця і спостерігають через спеціальний отвір у голівці за обертами барабана. При нормальній роботі час одного оберту не повинен відхилитися більше ніж на 10 сек від часу, визначеного у паспорті. При більшій різниці прилад віддають у ремонт і на перевірку.

За відсутності достатньої кількості психрометрів відносну вологість повітря можна визначати простим приладом — **ВОЛОСЯНИМ ГІГРОМЕТРОМ** (рис. 6.13). Принцип дії датчика приладу базується на властивості знежиреної людської волосини змінювати довжину в залежності від зміни відносної вологості повітря. Датчик вологості (спеціально оброблена людська волосина) закріплений одним кінцем у гвинті установочного пристрою, а другим кінцем — у дужці, жорстко

зв'язаній з віссю стрілки. Грузик держить волосину завжди у натягнутому стані. Зміна довжини волосини, залежна від зміни вологості повітря,

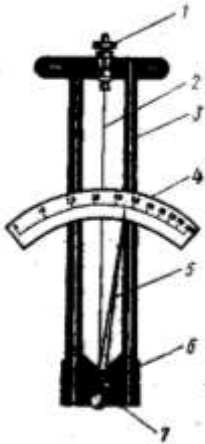


Рис. 6.13. Гігрометр:
1—установочний гвинт;
2 – датчик вологості;
3 – рама; 4 – шкала;
5 – стрілка; 6 – грузик;
7 - дужка

передається стрілці гігрометра, яка, переміщуючись відносно шкали, вказує відносну вологість повітря (%). Ціна поділки шкали приладу — 1 %.

Напівпровідниковий психрометр-термометр ППТК-1 АФ1 призначений для дистанційного вимірювання відносної вологості повітря від 40 до 100 % і температури повітря від 0 до +50 °С. Похибка вимірювань відносної вологості $\pm 4\%$, а температури — $\pm 0,75^\circ\text{C}$. Прилад складається з датчика і вимірювального приладу (потенціометра, гальванометра), працює від змінного струму напруги 220 В; датчик — з металевого корпусу, всередині його розташовані сім термостатів ММТ-4, чотири з яких з'єднані з бавовняно-паперовою стрічкою, зануреною в бачок з дистильованою водою.

Прилади для вимірювання швидкості руху повітря.

Для визначення швидкості руху повітря використовують анемометри, кататермометри та напівпровідникові термоанемометри.

Анемометри. До найпоширеніших відносять анемометри двох типів: механічні – крильчастий типу АСО-3, чашковий типу МС-13 і електричні (термоанемометри).

Крильчастий анемометр АСО-3 (рис. 6.14) призначений для вимірювання швидкості руху повітря 0,2 – 5 м/с, усередненої за певний проміжок часу. Похибка вимірювання залежить від швидкості руху повітря і визначається за формулою: $\Delta v = \pm(0,06v + 0,1)$ м/с, де v - швидкість руху вимірюваного потоку, м/с.

Маса анемометра – до 0,4 кг. Прилад складається з корпусу 3, всередині якого розташована крильчатка 1, посаджена на трубчасту вісь 2. Пропорційно до дії повітряного потоку змінюється швидкість обертання крильчатки, кількість обертів якої вимірюється лічильним механізмом 4. Лічильний механізм має три вказівні стрілки, а його циферблат – три шкали (одиниць, сотень, тисяч). При повороті аретира 6 проти годинникової стрілки вмикається лічильний механізм. В корпус приладу по обидва боки від аретиру вкручені два вушка 7.

Через вушка пропускається шнурівка, за допомогою якої вмикається і вимикається анемометр у випадку його кріплення на стійці. Шнурівка прив'язується до аретиру. У ручці приладу є конічний отвір, який використовується для приєднання приладу до стійки.

Чашковий анемометр МС-13 (рис. 6.15) призначений для вимірювання середньої, за певний проміжок часу, швидкості руху повітря 1 – 20 м/с (інші моделі чашкових анемометрів вимірюють швидкості руху повітря до 50 м/с). Похибка вимірювання залежить від середньої швидкості руху повітря і визначається: $\Delta v = \pm(0,06v + 0,3)$, м/с, де v - швидкість руху вимірюваного потоку, м/с.

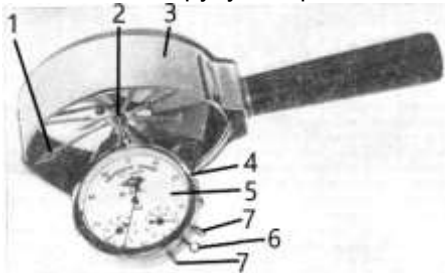


Рис. 14. Анемометр крильчастий АСО-3:
 1 – крильчатка; 2– вісь крильчатки;
 3 – корпус; 4 – лічильний механізм;
 5 – циферблат; 6 – аретир; 7 – вушко



Рис. 15. Анемометр чашковий МС-13: 1 – вертушка;
 2 – вал вертушки; 3 – дротяна хрестовина; 4 – лічильний механізм;
 5 – центральна стрілка; 6 – права стрілка; 7 – ліва стрілка;
 8 – аретир; 9 – вушко; 10 - гвинт кріплення приладу

Маса анемометра – до 0,2 кг. Приймальною частиною анемометра є чотиричашкова метеорологічна вертушка 1, насаджена на вал 2. Обертання вертушки передається валом лічильному механізму 4. Циферблат лічильного механізму має три шкали: одиниць (центральна стрілка 5), сотень (ліва стрілка 7), тисяч (права стрілка 6). Лічильний механізм вмикається і вимикається аретиром 8, повертанням його, відповідно, проти або за годинниковою стрілкою. У нижній частині корпусу приладу є гвинт 10 для закріплення приладу на дерев'яній стійці. В корпус приладу по обидва боки від аретиру вкручені два вушка 9. Через вушка пропускається шнурівка, за допомогою якої вмикається і вимикається анемометр у випадку його кріплення на стійці. Шнурівка прив'язується до аретиру. Вертушка анемометра частково захищена від механічних пошкоджень

хрестовиною з дротяних дужок 3, до якої також кріпиться верхня опора валу вертушки.

Перед вимірюванням швидкості повітряного потоку вимикається аретиром лічильний пристрій і записується початковий показ лічильника. Після цього анемометр вноситься у повітряний потік так, щоб:

- вісь крильчастого анемометра розташовувалась паралельно до напрямку повітряного потоку;
- вісь чашкового анемометра розташовувалась перпендикулярно до напрямку повітряного потоку.

Відхилення осі анемометра від вказаного розташування не повинно перевищувати $12 - 15^\circ$.

Через 5 – 10 с після внесення анемометра у повітряний потік одночасно вмикаються секундомір і лічильний механізм анемометра. Тривалість відліку приймається не меншою за 30 с. Після 30 – 100 с механізм та секундомір вимикають і записують кінцевий показ лічильника і тривалість вимірювання у секундах.

Визначається кількість поділок n , що припадають на 1 с часу заміру:

$$n = (N_2 - N_1) / t$$

де $n = (N_2 - N_1)$ - різниця кінцевого та початкового показів лічильного механізму анемометра; t - тривалість одного заміру за секундоміром, с.

Швидкість руху повітряного потоку v , м/с, визначається за графіком залежності (додається до приладу), отриманим при тарировці анемометра:

$$v = a + bn,$$

де a - відрізок, що відсікається прямою на осі абсцис; b - котангенс кута нахилу прямої.

Для визначення швидкості руху потоку v на осі ординат графіка знаходиться число n , що відповідає кількості поділок шкали лічильника за секунду. Від цієї точки проводять горизонтальну лінію до перетину з лінією котангенса, а з отриманої точки – вертикальну лінію до перетину з віссю абсцис (тобто віссю швидкості руху потоку v), за якою встановлюється шукане значення v .

Наведена залежність $v = a + bn$ дозволяє отримати більш точні результати для малих швидкостей руху потоку v . У кожній точці вимірювання проводиться не менше двох разів, при розбіжності результатів понад $\pm 5\%$ виконуються додаткові вимірювання.

Термоанемометри призначені для вимірювання швидкості руху повітряного потоку і його температури, вони є переносними

приладами. Залежно від моделі, зокрема ТП-45 або ЭА-2М, прилади вимірюють швидкості руху повітряного потоку 0,1 – 10 м/с або 0,1 - 5 м/с і одночасно температуру в межах 0 – 50 °С або 10 – 60 °С з похибкою до 1%. Живлення приладів – від електромережі змінного струму 220 В або від батарей. Термоанемометри працюють за принципом вимірювання охолодження датчика повітряним потоком.

Кататермометри бувають циліндричними і шаровими. Вони вимірюють швидкість руху повітря від 0,04 до 15 м/с.

Циліндричний прилад (рис. 6.16) є спиртовим термометром з резервуаром циліндричної форми і шаровим дном; довжина резервуара 4 см, діаметр — 1,4 см. Капілярна трубка довжиною 20 см відградує через кожні 0,1 °С в межах від 35 до 38 °С.

Величину витрат тепла з 1 см² поверхні резервуара приладу за час його охолодження від 38 до 35 °С в мілікалоріях, так званий фактор кататермометра F , наносить завод-виготовлювач на зворотному боці приладу.

Ділення величини фактора за час охолодження приладу від 38 до 35 °С дає величину тепловіддачі з 1 см²/с в мілікалоріях, яку називають індексом. Перед дослідями кататермометр занурюється в гарячу воду для заповнення спиртом верхньої половини і циліндра. Після цього кататермометр витирається насухо, встановлюється в потрібному місці і визначається за допомогою секундоміра час пониження рівня спирту від 38 до 35°С. Вимірюється 2-3 рази і визначається середня величина. Індекс кататермометра виводиться за формулою:

$$H = F / t .$$

Визначається величина H/Q і по таблицях вираховується швидкість руху повітря (Q - різниця між середньою температурою кататермометра (35,5 °С) і температурою повітря в момент вимірювань, °С).

Прилади для вимірювання атмосферного тиску.

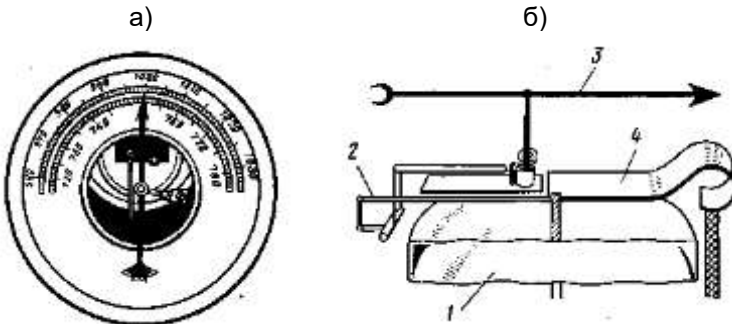
Барометр – anerоїд (рис. 6.17) належить до найпоширеніших приладів. Його принцип дії базується на властивості пружних тіл змінювати свою форму залежно від величини діючого на них тиску. Приймачем тиску в anerоїді служить металева коробка 1 з хвилястими поверхнями. В коробці створено розрідження, а для того, щоб атмосферний тиск не сплющив її, плоска пружина 4 відтягує кришку коробки вгору. При збільшенні атмосферного тиску коробка стискається і кінець пружини опускається, а при зменшенні тиску – навпаки, піднімається. До пружини за допомогою передавального механізму 2 прикріплена стрілка вказівника 3, яка рухається вправо чи вліво при зміні тиску. Під стрілкою на циферблаті нанесені поділки, що

відповідають показам барометра, мм рт. ст. та мб. Так, на рис. 6.17 анероїд показує 750 мм. рт. ст., тобто 1000 мб.

Рис. 6.16. Кататермометр:
1—підвіска; 2—розширювач; 3—капіляр;
4—розігрівна місткість зі спиртом



Рис. 6.17. Барометр – анероїд:
а – вигляд спереду; б – принципова
схема; 1—металева коробка; 2—пере-
давальний механізм; 3—стрілка вка-
зівника; 4—плоска пружина



Для зниження впливу температури на величину деформації коробки і пружини анероїд обладнаний температурним компенсатором. Положення стрілки приладу регулюється регулювальним гвинтом, розташованим у дні корпусу. Обертаючи гвинт встановлюють стрілку у потрібне положення.

Прилади для тепловізійних обстежень.

До простіших за конструкцією належать радіометри/пірометри, які мають щупи - датчики температур, а більш складними, однак і більш універсальними щодо виконуваних функцій є тепловізори (рис. 6.18). Діагностика тепловізором дозволяє легко віднайти дефекти, що невидимі людським оком в конструкціях будівлі, враховуючи і конструкції систем опалення та вентиляції.

Комплектація тепловізора FLIR E4 (рис. 6.18,б) включає: тепловізор FLIR E4; SD-карта на 2 Гб; Li-Ion акумулятор; зарядний пристрій 90-260 В АС; програмне забезпечення FLIR Tools; USB-кабель; кейс [16]. Тепловізор забезпечений пристроєм для висвітлення на екрані ізотермічних поверхонь і вимірювання вихідного сигналу,

значення якого функціонально пов'язано з вимірюваною температурою поверхні.



Рис. 6.18. Тепловізор FLIR E4 (а) та комплект обладнання до нього (б) з програмним забезпеченням для обробки та аналізу даних вимірювань

Особливості методики тепловізійних обстежень систем опалення та вентиляції, огорожувальних конструкцій.

Метод тепловізійних обстежень тепловізором [17] заснований на дистанційному вимірюванні в натурних умовах полів температур поверхонь огорожувальних конструкцій, між внутрішніми і зовнішніми поверхнями яких створений перепад температур, і обчисленні відносних опорів теплопередачі ділянок конструкції, значення яких, разом з температурою внутрішньої поверхні, приймають за показники якості їх теплозахисних властивостей.

Аналогічно вимірюються поля температур поверхонь конструкцій та обладнання інженерних мереж, наприклад опалювальних приладів (рис. 6.19), рекуператорів вентиляційних систем (рис. 6.20). Аналіз оперативно отриманих тепловізійних даних дозволяє зробити висновки про ефективність роботи інженерних мереж та розробити рекомендації з усунення можливих недоліків.

Тепловізійні обстеження радіометрами/пірометрами виконують ручним точковим скануванням температурного поля поверхні досліджуваного об'єкта, що займає більше часу на проведення вимірювань та обробки результатів.

Дефекти теплоізоляції зовнішніх стін будівель викликають аномальне зниження або підвищення температури в місцях розташування дефекту і, отже, призводять до зміни інтенсивності теплового випромінювання. При цьому для ідентифікації виду дефектів і теплопровідних включень широко використовується метод порівняння

з типовими температурними полями аналогічних бездефектних конструкцій, що знаходяться в тих же умовах теплообміну. По оглядовій термограмі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій та елементів систем інженерних мереж виявляються ділянки з порушеними теплозахисними властивостями.

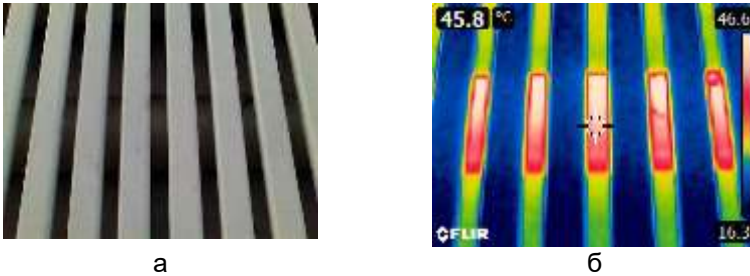


Рис. 6.19. Приклад фіксації тепловізором недоліку роботи системи опалення – через затримання тепла декоративним дерев'яним загородженням опалювального приладу: а – вигляд в натурі (фото), б – тепловізійне зображення (термограма)

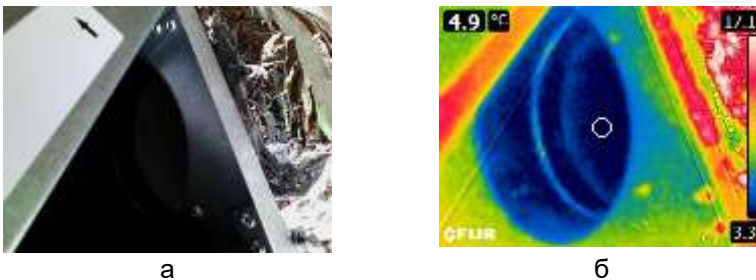


Рис. 6.20. Приклад фіксації тепловізором характерних фото (а) та термограми (б) на патрубку входу зовнішнього повітря при роботі рекуператора загальнообмінної вентиляційної системи приміщення

Наступним етапом у цих випадках є детальне дослідження таких ділянок, для яких оцінюється величина відхилення значень: спочатку візуально по екрану тепловізора (за відхиленнями кольору та орієнтовними значеннями згідно шкали), а потім – уточнено на комп'ютері за допомогою програмного забезпечення FLIR Tools.

Лінійні розміри дефектних ділянок визначаються з використанням геометричних масштабів термограм. Для подальших обстежень залучаються дані по контактних вимірах температур,

теплових потоків для контрольованої і базової ділянок, а також розрахункові характеристики на основі нормативних показників [17].

Місця встановлення тепловізора вибираються так, щоб поверхня об'єкту вимірювань знаходилася в прямій видимості під кутом нагляду не менше 60°. Віддаленість місць встановлення тепловізора L в метрах від поверхні об'єкту визначається за формулою:

$$L \leq \frac{\Delta H N_c}{10\varphi}, \quad (6.6)$$

де: φ - кутовий вертикальний розмір поля огляду тепловізора, рад; ΔH - лінійний розмір огорожувальної конструкції, що підлягає обстеженню на предмет виявлення ділянки з порушеними теплозахисними властивостями, що приймається при контролі внутрішньої поверхні від 0,01 до 0,2 м; при контролі зовнішньої поверхні - від 0,2 до 1 м; N_c - число рядків розгортки в кадрі тепловізора.

Для забезпечення об'єктивності вимірювань поверхні огорожувальних конструкцій в період тепловізійних вимірювань не повинні піддаватися додатковій тепловій дії від біологічних об'єктів, джерел освітлення. Мінімумально допустиме наближення оператора тепловізора до обстежуваної поверхні складає 1 м, електричних ламп розжарювання - 2 м. Вимірювання більш високих (відносно огорожувальних конструкцій) температур поверхонь інженерного обладнання (наприклад, опалювальних приладів) вимагає відповідного коригування налаштувань діапазону термочутливості тепловізора.

На обстежуваній поверхні вибирають геометричний репер, яким може слугувати лінійний розмір укосу вікна, відстань між стиками панелей огорожувальної конструкції.

Універсальний прилад для вимірювання якості повітря.

Дані прилади виконують смарт вимірювання параметрів мікроклімату та якості повітря в приміщенні. Зокрема, такі сучасні портативні прилади як [18 та ін.] для завдань у сфері опалення, вентиляції та кондиціонування дозволяють не лише вимірювати параметри повітря, але і зберігати масиви різноманітних вимірних даних (у вигляді сформованих таблиць, графіків, фото об'єктів тощо) у пам'яті приладу та/або через адаптери виконувати роздрук цих даних, передавати ці дані на комп'ютер з можливістю їх подальшої обробки за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Зазвичай, використання у портативному універсальному приладі різноманітних комплектів додаткових до базової моделі (яка має базові можливості вимірювання кількох параметрів мікроклімату) насадок на корпус (у складі високоточних цифрових зондів з інтелектуальною концепцією калібрування) дозволяє цією ж моделлю приладу вимірювати ще кілька параметрів якості повітря та поверхонь:

температуру повітря та поверхонь; вологість повітря; швидкість руху повітря; забруднення повітря газами (наприклад, CO₂).

Крім того, програмне забезпечення безпосередньо на універсальних приладах або для комп'ютера дозволяє: автоматично визначати інші похідні чи інтегровані показники якості повітря чи поверхні від вимірних параметрів (рівень турбулентності та комфорту (PMV/PPD), якість повітря та рівень теплового навантаження на робочому місці); одночасно проводити професійні вимірювання у декількох місцях (за допомогою незалежного від основного приладу реєстратора даних, здатного вимірювати і записувати параметри у внутрішню пам'ять протягом тривалого часу. При цьому програмування і зчитування даних з реєстратора відбувається за допомогою базової моделі універсального приладу).

6.2. Хід виконання роботи

Для успішного проведення лабораторної роботи студенти розбиваються на групи, кожна з яких проводить певну частину замірів метеорологічних параметрів та показників роботи обладнання інженерних систем. Чисельність кожної групи приймається залежно від обсягу виконуваної нею роботи.

Методика проведення роботи

Перед початком проведення вимірювань перевіряється справність приладів та правильність їх показів (у межах допустимих відхилень), відповідно до вказівок у інструкціях до приладів та теоретичної частини даних методичних вказівок.

У таблицях результатів досліджень параметрів мікроклімату приміщення (див. нижче шапки табл.6.21-6.22) записуються дані про призначення досліджуваного у лабораторній роботі приміщення: громадське (аудиторія для практичних чи лабораторних занять, лекційна аудиторія, приміщення з ванною плавального басейну, спортивна зала, зала засідань, актові зали, їдальня, коридор, вестибуль, тощо), житлове (житлові приміщення гуртожитку), виробничі (на прикладі таких навчальних аудиторій як: лабораторія досліджень будівельних конструкцій, лабораторія технології машинобудування, лабораторія ремонту автомобілів, хімічна лабораторія тощо), а також – дата та час проведення вимірів.

1. Визначення атмосферного тиску.

З барометра-анемометра знімається значення атмосферного тиску, яке записується у табл. 6.1. У часових межах лабораторного заняття значення атмосферного тиску практично незмінне, тому достатньо одного виміру під час заняття. Приймається значення

атмосферного тиску як середнє арифметичне показів двох барометрів-анемометрів, розташованих на протилежних стінах приміщення.

2. Вивчення розподілу температури і вологості повітря в приміщенні.

Дані дослідження можуть бути виконані психрометрами Августа та Ассмана. Враховуючи малоконвективний режим мікроклімату житлових та громадських будівель, розподіл абсолютної вологості по їх об'єму можна вважати рівномірним. Зважаючи на це, абсолютну вологість повітря приміщення можна визначити для якоїсь однієї його точки за допомогою психрометра Ассмана. Відносну вологість повітря у різних точках приміщення можна визначити за температурами, вимірними розвішаними по приміщенню психрометрами Августа. Звичайно, найкраще це зробити такою ж кількістю дистанційно зв'язаних у схемі термопар - набагато оперативніше завдяки одночасності і малій інерційності показів, хоча значно дорожче. Однак, термопарами не можна визначити пружність водяної пари в повітрі у кожній досліджуваній точці приміщення безпосереднім вимірюванням, що можна зробити розвішаними у цих точках психрометрами Августа.

Варіант 1. Вивчення розподілу температури і вологості повітря в приміщенні за допомогою психрометра Августа.

Для виконання роботи потрібні психрометри Августа у кількості, що відповідає кількості точок замірів, і психрометр Ассмана для контролю показів психрометрів Августа.

У лабораторії (приміщенні, де проводитимуться вимірювання) попередньо вивішуються комплекти психрометрів Августа за схемою на рис.1,а на чотирьох площинах стін. Кожна площина складається з трьох вертикалей для вимірювання у трьох рівнях. Вертикаль площини 3 на рис. 6.21,а,б розташована на відстані 1 м від стіни з вікнами.

Комплект (одна вертикаль) складається з трьох приладів, які вертикально встановлені на трьох рівнях від відмітки чистої підлоги (рис.6.21,а). Рекомендовані значення рівнів (рис. 6.21,а,б):

- рівень 1 - 0,10 м;
- рівень 2 – 1,50 м;
- рівень 3 - 2,40 м.

Усі комплекти повинні бути підготовлені до роботи і перевірені психрометром Ассмана.

У кожній точці заміри проводять тричі, Методики проведення вимірювання і визначення відносної та абсолютної вологості за показами психрометра Августа наведені вище (у теоретичній частині). Результати замірів та оброблені дані заносяться у табл. 6.1.

Недоліками вимірювань за варіантом 1 є:

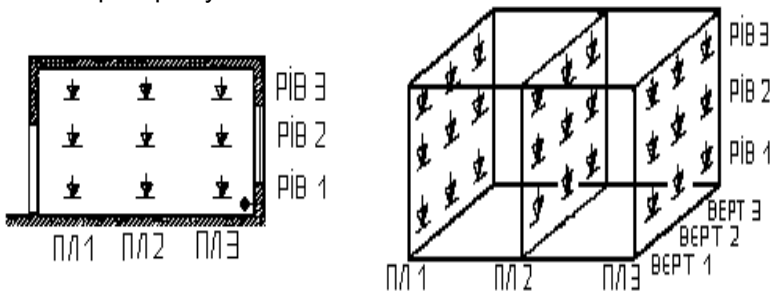
- потреба у великій кількості приладів для одночасного зняття показів у всьому об'ємі приміщення, які потребують додаткової перевірки;

- обмеженість кількості точок вимірювань:

- площинами стін приміщення (неможливість замірів у центрі приміщення без додаткових пристосувань-підставок для навішування приладів);

- кількістю приладів.

Перевагою варіанту 1 (у лабораторних умовах) є порівняно невелика затрата часу на зняття показів. Інерційність приладів в умовах лабораторії суттєвого значення не має.



а)

б)

Рис. 6.21. Схема розташування вимірювальних приладів:

а) – у поздовжньому розрізі приміщення;

б) – у об'ємі приміщення.

Варіант 2. Вивчення розподілу температури і вологості повітря в приміщенні за допомогою психрометра Ассмана.

Для виконання роботи потрібно кілька аспіраційних психрометрів Ассмана.

Вимірювання проводяться як у варіанті 1 (рис. 1,а), у трьох вертикальних площинах приміщення (по краях та в середині) на тих же рівнях (0,10, 1,50, 2,40 м). Відмінність варіанту 2 полягає у тому, що вимірювання проводяться на певній відстані від стін (рис. 1,б), заміри можна виконати у будь-якій точці об'єму приміщення. Тому, крім замірів за схемою на рис.1,б, рекомендується провести заміри у характерних точках приміщення:

- біля вікна на рівні підвіконника;

- безпосередньо біля опалювальних приладів (біля їх нижньої та верхньої частини);

- по кутах приміщення (на перетині зовнішньої стіни з іншою зовнішньою стіною, з внутрішньою стіною, з перекриттям).

Також, можна провести заміри на рівні 2 м – верхній межі обслуговуваної зони (робочої зони для виробничих приміщень).

У кожній точці заміри проводять тричі, результати зводять у табл.1. Методика обробки отриманих експериментальних даних наведена вище (у теоретичній частині заняття).

Недоліком варіанту 2 є тривалість вимірювань (по 4-5 хв у одній точці), а до переваг відноситься портативність приладу (мінімальна кількість потрібних для вимірювань приладів, можливість проведення вимірювань температури і вологості повітря практично у будь-якій точці об'єму приміщення).

Табл. 6.1. Температура і вологість повітря в приміщенні
 Призначення приміщення _____, дата, час вимірів _____
 Атмосферний тиск $p_{бар}$ = _____ мм рт. ст. (_____ Па)

Розташування вимірюваних точок за рис.1		№ відліків по приладу	Температура, °C		Психрометрична різниця	Відносна вологість повітря, %	Тиск насиченої пари при t , Па (мм. рт. ст.)	Пружність водяної пари у повітрі приміщення, Па (мм. рт. ст.)	Температура повітря, °C	Відносна вологість повітря, %	Пружність водяної пари у повітрі приміщення, Па (мм. рт. ст.)
№ площини / № вертикалі	№ рівня / відмітка від рівня чистої підлоги, м		Сухого термометра	Вологого термометра							
1	2	3	t	t_M	Δt	φ	E	e	t_B	φ_B	e_B

Примітка. При заповненні таблиці приймається:

1. Ст. 4, 5 - за показами психрометрів, у ст. 6: $\Delta t = t - t_M$.
2. Ст. 7 – за дод. II або III, а ст. 8 – за дод. I у [14, с. 202 - 208].
3. У ст. 9: $e = E\varphi/100$.
4. У ст. 10 t_B визначаються як середньоарифметичні величини за результатами замірів і наступних обчислень із трьох обрахунків (ст. 4, 7, 9).
5. Параметри Δt , φ , E , e обчислюють для кожного заміру.

3. Вивчення розподілу швидкості руху повітря в приміщенні.

Для виконання роботи потрібно кататермометри у кількості, що відповідає кількості точок замірів за схемою на рис.6.21,б, і крильчасті анемометри (до 10 шт., залежно від розмірів та конфігурації приміщення) для визначення значень швидкості і напрямків руху повітря у приміщенні та для контролю показів кататермометрів.

У лабораторії (приміщенні, де проводимуться вимірювання), для виявлення загальної картини рухомості повітря в об'ємі приміщення проводяться вимірювання швидкості руху повітря комплектами кататермометрів. У точках за схемою на рис.6.21,а,б вивішуються комплекти підготовлених до роботи кататермометрів. Кожна площина складається з трьох вертикалей для вимірювання у трьох рівнях. Вертикаль площини 3 на рис. 6.21,а,б розташована на мінімальній відстані від стіни з вікнами, майже впритул до опалювальних приладів. Відстані від комплектів приладів до поверхонь внутрішніх огорожувальних конструкцій (внутрішніх стін, дверей, вікон) приймаються 0,1-1 м, залежно від ймовірності великої рухомості повітря біля цих поверхонь, щоб зменшити до мінімуму кількість точок вимірювань у застійних чи близьких до них зонах приміщення, де $v_B \rightarrow 0$ м/с (наприклад, у кутах між внутрішніми стінами, які розташовані далеко від вхідних дверей, вентиляційних решіток та інших джерел, що спричиняють рух повітря).

Відстані від приладів до обладнання приміщень повинна прийматись з урахуванням техніки безпеки (наприклад, до опалювальних приладів та трубопроводів систем опалення, електроприладів, верстатів тощо).

Комплект (одна вертикаль) складається з трьох при-ладів, які вертикально встановлені на трьох рівнях від відмітки чистої підлоги (рис. 6.21,а).

Рекомендовані значення рівнів розташування приладів за рис. 6.21,а,б визначаються з умов поширення переважаючих швидкостей руху повітря у об'ємі приміщення, що характерні для роботи діючої у заданому приміщенні опалювально-вентиляційної системи:

- рівень 1 - 0,10 м або на висоті низу опалювального приладу;
- рівень 2 – 1,50 м або на висоті верху опалювального приладу;
- рівень 3 – 2,0 - 2,40 м у центрі приміщення, на 0,1 м нижче стелі – в усіх інших точках вимірювань.

Усі комплекти повинні бути підготовлені до роботи і перевірені. Методика проведення вимірювань кататермометром і обробки дослідних даних наведені вище (у теоретичній частині заняття).

Результати вимірювань заносяться у табл. 6.2. Кожним кататермометром значення швидкості руху повітря вимірюється 2 – 3 рази і визначається його середня величина.

Табл. 6.2. Швидкість руху повітря в приміщенні
 Призначення приміщення _____, дата, час вимірів _____

Розташування вимірюваних точок						Значення швидкості руху повітря v_B , м/с				Примітка
За рис. 1,б			Інші точки			За анемометром	№ відліків по приладу	За кататермометром	№ відліків по приладу	
№ точки	№ площини / № вертикалі	№ рівня / відмітка від рівня чистої підлоги, м	№ точки	№ площини / № вертикалі	№ рівня / відмітка від рівня чистої підлоги, м					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

За даними вимірювань комплектами кататермометрів проводяться додаткові вимірювання дещо менш чутливими, але зручнішими у користуванні крильчастими анемометрами. Ці додаткові заміри проводяться у характерних точках приміщення (в яких найбільша швидкість руху повітря), зокрема:

- на встановлених за допомогою кататермометрів зонах найвищої рухомості повітря;
- біля кожного вікна, на рівні підвіконника (залежно від розташування і розмірів опалювального приладу та верху вікна і на половині висоти вікна (враховуючи центр вікна);
- біля вхідних дверей (зверху, знизу, посередині дверей);
- безпосередньо біля опалювальних приладів (біля їх нижньої та верхньої частини) та на ймовірних напрямках потоку повітря;
- по підлозі на прямих протязу від вікон до дверей;

- біля працюючих (якщо такі є у приміщенні): обладнання, вентиляційних решіток систем припливної і витяжної вентиляції та системи повітряного опалення;

- під стелею приміщення.

Також, можна провести заміри на рівні 2 м – верхній межі обслуговуваної зони (робочої зони для виробничих приміщень) та у інших точках, що враховують специфіку приміщення. При потребі, провести повторні заміри у точках, де кататермометри за схемою рис. 1 показали значення швидкостей понад допустимі нормативами

Методика вимірювань та обробки отриманих експериментальних даних наведена вище. У кожній точці заміри проводять не менше двох разів, при розбіжності результатів понад $\pm 5\%$ виконуються додаткові вимірювання, результати зводять у табл. 6.2.

4. Аналіз отриманих даних, висновки та рекомендації за результатами лабораторної роботи.

На основі експериментальних даних, отриманих при вимірюванні параметрів повітряного середовища приміщення, яке обігрівається приладами з гладкими трубами системи водяного опалення, та результатів розрахунків будуються:

- графіки розподілу по ширині, довжині і висоті досліджуваного приміщення:

- температури;

- відносної і абсолютної вологості повітря
(варіанти 1 та 2);

- схема конвекційного руху повітря у об'ємі приміщення

Складається висновок про відповідність температури і вологості, швидкості руху повітря нормативним вимогам та про рівномірність розподілу значень цих параметрів у об'ємі приміщення.

Аналізується вплив конструкції будівлі (віконних та дверних проїомів, з'єднання конструкцій) та роботи системи опалення (особливостей конструкції та розташування опалювальних приладів; способу прокладання трубопроводів у приміщенні; температури теплоносія у трубопроводах та приладах) на розподіл значень параметрів повітряного середовища у об'ємі приміщення.

6.3. Контрольні запитання

1. Що розуміють під поняттям мікроклімат приміщень?
2. Перелічіть основні нормативні характеристики мікроклімату житлових, громадських, виробничих (промислових, сільськогосподарських тощо) приміщень.

3. Як оцінюється комфортність повітряного середовища приміщення?

4. Яка різниця між оптимальними та допустимими нормативними метеорологічними умовами?

5. Що розуміють у нормативах під робочою та обслуговуваною зоною приміщень?

6. Розкажіть про ідеальний розподіл температури у житловому приміщенні.

7. Що таке градієнт температури, як він змінюється реально і як повинен змінюватись в ідеалі для забезпечення найкомфортніших умов у приміщеннях?

8. Які чинники впливають на рівномірність розподілу температури і вологості повітря у приміщенні?

9. Розкажіть про загальні вимоги до санітарно-гігієнічного обстеження приміщень громадсько-комунального призначення, приміщень промислових підприємств.

10. Перелічіть основні вимоги, що висувуються до опалювально-вентиляційних систем, для забезпечення санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях.

11. Розкажіть про вплив систем опалення та їх елементів (опалювальних приладів і трубопроводів) на температурний розподіл повітря у об'ємі приміщення, на конвекційний рух повітря у об'ємі приміщення.

12. Які прилади використовуються для визначення температури повітря приміщень, повітря і води у тепломережах і системах вентиляції.

13. Які прилади використовуються для вимірювання швидкості повітряного потоку у приміщеннях.

14. Розкажіть про порядок перевірки справності приладів та правильності їх показів.

15. Розкажіть про будову і роботу барометра – анероїда, про порядок проведення вимірювань атмосферного тиску в приміщенні.

16. Розкажіть про будову і роботу приладів та про порядок проведення вимірювань температури і вологості повітря в приміщенні.

17. Розкажіть про переваги та недоліки варіантів 1 та 2 вимірювань температури і вологості повітря в приміщенні.

18. Розкажіть про методику обробки отриманих експериментальних даних вимірювань температури і вологості повітря в приміщенні.

19. Розкажіть про порядок проведення вимірювань швидкості руху повітря в приміщенні.

20. Розкажіть про методику обробки отриманих експериментальних даних вимірювань швидкості руху повітря в приміщенні.

21. Розкажіть про закономірності розподілу температури і вологості, швидкості руху повітря у об'ємі приміщення, відображення рівномірності розподілу значень цих параметрів у нормативних вимогах.

22. Розкажіть про вплив конструкції будівлі та роботи системи опалення на розподіл значень параметрів повітряного середовища в об'ємі досліджуваного у лабораторній роботі приміщення.

23. Розкажіть про ті особливості роботи, переваги та недоліки систем опалення з гладкими трубами, радіаторами, конвекторами, які впливають на характеристики мікроклімату приміщень.

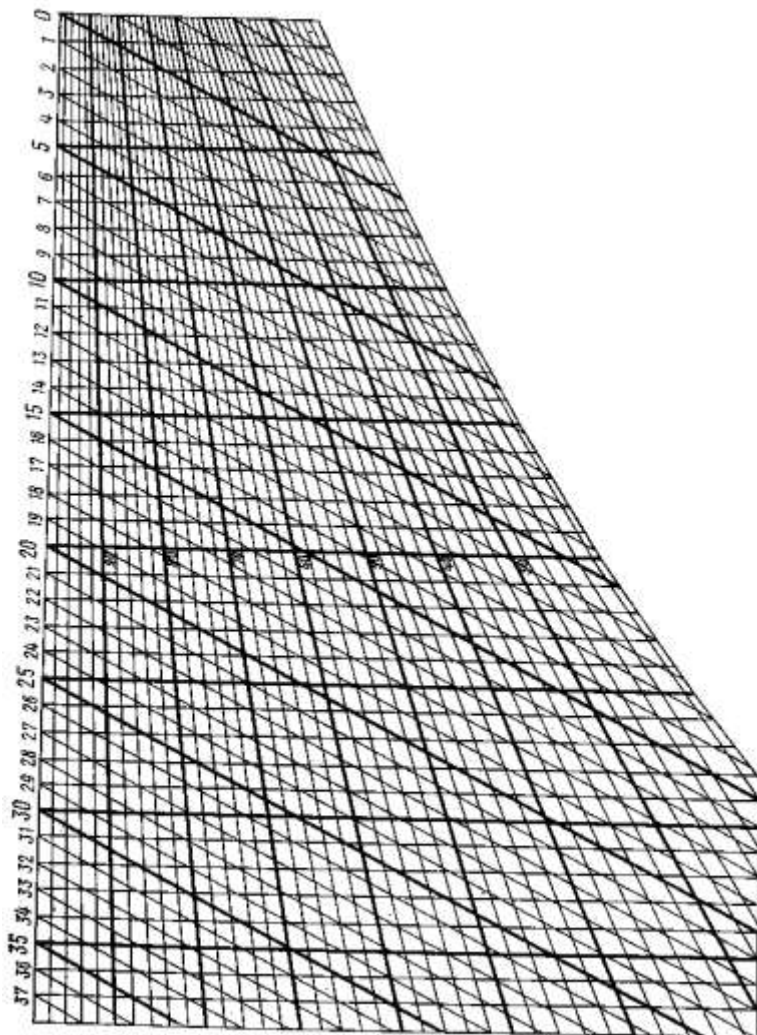
6.4. Список рекомендованої літератури

1. Розрахунок систем інженерного обладнання будівель: навч. пос. / Кравченко В. С., Проценко С. Б., Кравченко Н. В.; За ред. В. С. Кравченка. - Рівне: НУВГП, 2016. 495 с.
2. Шульга М. О. Теплогазопостачання та вентиляція: навч. посібник / М. О. Шульга, О. О. Алексахін, Д. О. Шушляков; ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. 191 с.
3. Кравченко В. С., Саблій Л. А., Давидчук В. І., Кравченко Н.В. Інженерне обладнання будівель: Підручник. За ред. В.С. Кравченка. Рівне: НУВГП, 2005 413 с.
4. Зінич П. Л. Вентиляція громадських будівель. Навч. пос. К: КНУБА, 2002. 256 с.
5. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2019.
6. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019.
7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. К.: Мінрегіон України, 2013.
8. ДБН В.2.5-20:2018 Газопостачання. К.: Мінрегіон України, 2019.
9. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). К.: Мінрегіонбуд, 2012.
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень – К: МОЗ України, 1999.
11. ДСТУ EN 482:2022 Повітря робочої зони. Загальні вимоги до характеристик методик вимірювання вмісту хімічних речовин (EN 482:2021, IDT). К: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
12. ДСТУ EN 16798-3:2019 Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Частина 3. Вентиляція в нежитлових будівлях. Експлуатаційні вимоги до систем вентиляції та кондиціонування повітря

- в приміщенні (модулі М5-1, М5-4) (EN 16798-3:2017, IDT мова документу – англ.); - К: ДП УкрНДНЦ, 2019.
13. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. К: Мінрозвитку України, 2022.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
15. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності «Теплоенергетика». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. URL: <https://ela.kpi.ua/items/54703f63-284b-4926-8831-3bdee6fdf1d6>
16. FLIR. FLIR E4, E5, E6, E8 with MSX Enhancement. Boston: FLIR Systems, Inc. 2 p.
17. Енергозбереження в будівлях. Особливості тепловізійних обстежень огорожувальних конструкцій. Національний портал з енергозбереження PATRIOT-NRG. URL: <https://patriot-nrg.com/content/osoblyvosti-teploviziynyh-obstezhen-ogorodzhuvalnyh-konstrukciy-0>
18. Універсальний прилад якості повітря testo 400. Сайт ЛІФОТ (дистриб'ютор Testo в Україні). URL: <https://www.testo.kiev.ua/>
19. Визначення необхідного повітрообміну приміщень. Рекомендації до проектування. Офіційний сайт компанії Вентс. URL: <https://vents.ua/ua/viznacenna-neobhidnogo-povitroobminu-primisen-rekomendacii-do-proektuvanna>
20. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). К: Мінрегіон України, 2012.

6.5. Додатки

Додаток 6.5.1. Психрометричний графік (повернуто)



продовження додатку 6.5.1

Приклад визначення φ за психрометричним графіком.

Завдання.

Знайти відносну вологість φ , %, для показів психрометра:

- термометра сухого $t_{\text{сухого}} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- термометра мокрого $t_{\text{мокрого}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рішення (див. рис. 1).

Точка перетину значень $t_{\text{сухого}}=24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (вертикальні лінії) та $t_{\text{мокрого}}=18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (похилі лінії) знаходиться на лінії відносної вологості $\varphi = 56 \text{ } \%$ (майже горизонтальні лінії, на рисунку позначено Вл).

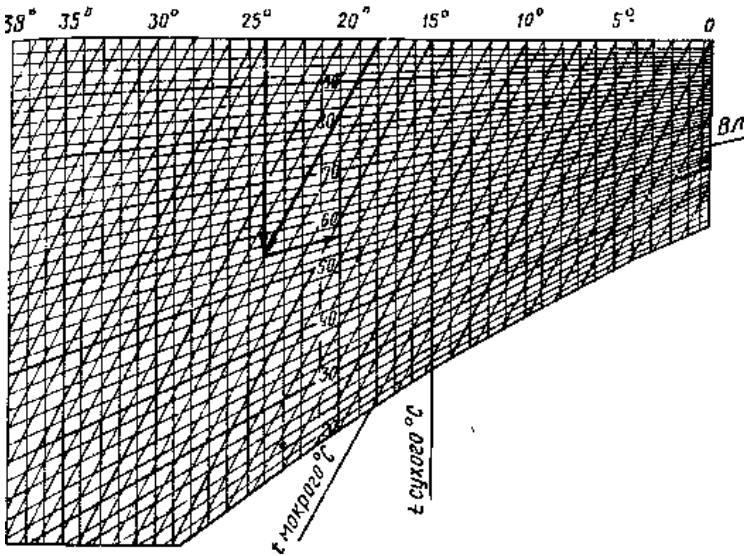
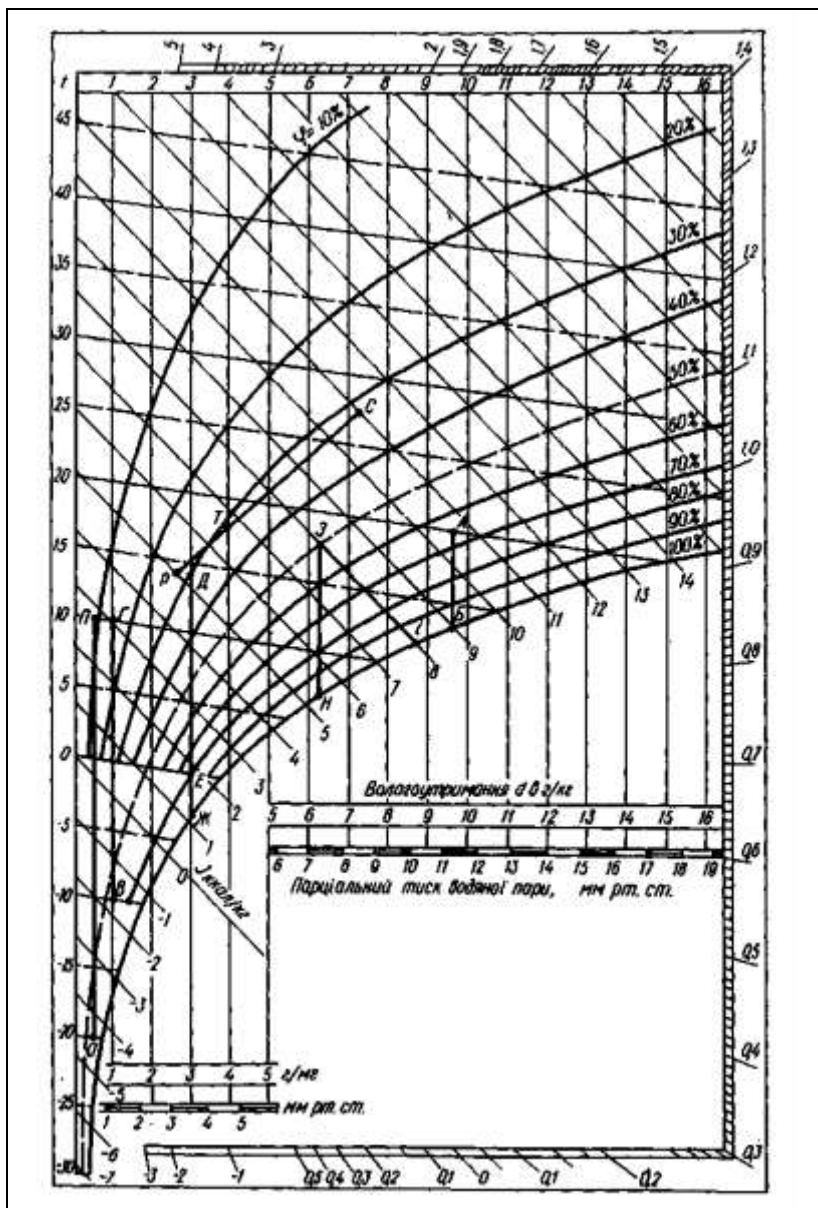


Рис.1. Схема до прикладу визначення φ за психрометричним графіком

Додаток 6.5.2. $t-d$ діаграма вологого повітря



продовження додатку 6.5.2

Приклад визначення φ за $I-d$ діаграмою вологого повітря.

Завдання.

Знайти відносну вологість φ , %, для показів психрометра:

- термометра сухого $t_{\text{сухого}} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- термометра мокрого $t_{\text{мокрого}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рішення (див. рис. 1).

Температура повітря у шарі, що межує з чутливою частиною мокрого термометра, буде рівна $t_{\text{мокрого}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при 100 % вологості (точка А на рис. 1). Оскільки з поверхні мокрого термометра при сталому стані волога випаровується за рахунок тепломісткості повітря, то процес зміни стану повітря піде по лінії постійної тепломісткості. Проводячи з точки А лінію $I = \text{const}$ до перетину з ізотермою, яка відповідає температурі сухого термометра $t_{\text{сухого}} = 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$, отримуємо точку В. Тобто, $\varphi = 56 \text{ } \%$.

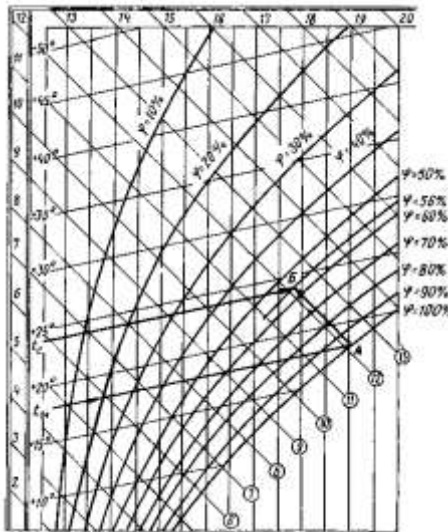


Рис.1. Схема до прикладу визначення φ за $I-d$ діаграмою вологого повітря

Інженерні мережі [текст]: Методичні вказівки до виконання лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. С. В. Синій. – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 128 с.

Комп'ютерний набір

С. В. Синій

Редактор

С. В. Синій

Підп. до друку 2025 р.

Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.

Ум. друк. арк. 7,44. Обл. – вид. арк. 8,0

Тираж ___ прим. Зам.

Луцький національний технічний університет
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75