

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ**

Методичні вказівки до практичних занять  
студентів спеціальності 192  
“Будівництво та цивільна інженерія”

Запоріжжя  
2022

## Практичні заняття №1

Тема занять: *Розробка принципових схем систем водопостачання*

До початку занять необхідно вивчити матеріал за темою 1 посібника [1].

**Задача № 1.** Розробити можливі принципові схеми системи водопостачання для господарсько-питних цілей при заборі води з поверхневого джерела, якщо якість води в ньому відповідає ГОСТ 2874-82. Описати області їх використання і роль окремих елементів.

**Задача № 2.** Розробити можливі принципові схеми системи водопостачання для господарсько-питних цілей при заборі води з підземного гірського джерела, якщо якість води в ньому відповідає ГОСТ 2874-82, а різниця абсолютних позначок рівнів води в джерелі і місцевості, де знаходиться населений пункт, може бути: а) 50 м, б) 100 м, в) 200 м. Описати область їх використання і роль окремих елементів.

**Задача № 3.** Для умов попередньої задачі розробити принципові схеми системи водопостачання при заборі води з поверхневого гірського джерела.

**Задача № 4.** Розробити принципову схему системи водопостачання для господарсько-питних цілей при заборі води з підземного джерела, у якого вода не відповідає ГОСТ 2874-82 по вмісту заліза ( $2 \text{ мг/дм}^3$ ). Описати роль окремих елементів.

**Задача № 5.** Розробити принципову схему системи водопостачання міста, у якого промислова зона розташована на окраїні з боку можливої подачі води в місто. Витрата технічної води на потреби промислового підприємства орієнтовно дорівнює господарсько-питній витраті води міста. Описати роль окремих елементів.

## Практичне заняття №2

Тема заняття: *Розрахунок головних показників систем водопостачання*

До початку занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темою 2 [1].

**Задача № 1.** Побудувати графік залежності швидкості корозії сталевій труби від середньої швидкості течії при температурі  $t=25^{\circ}\text{C}$ , якщо коефіцієнт еквівалентності кисню  $\beta$  заліза знаходиться в межах  $2 \geq \beta \geq 1,33$ . При цьому ламінарний рух спостерігається при швидкостях до 10 см/с, турбулентний – при більших швидкостях.

**Задача № 2.** Побудувати графік залежності швидкості корозії в сталевих трубопроводах різних діаметрів для різних витрат води. Величину еквівалентної шершавості для сталевих труб прийняти рівною  $\Delta_{\text{екв}}=0,1$  мм. Межі переходу з одного режиму руху води до іншого розрахувати згідно з п.11 (додаток Б).

**Задача № 3.** Оцінити можливе збільшення концентрації заліза в воді за добу при проходженні її водоводом діаметром  $D$  мм і довжиною  $L$  км, якщо добова подача води  $Q_{\text{ст}}$ . Еквівалентна шершавість може бути прийнята рівною  $\Delta_{\text{екв}}=0,1$  мм. Чисельні значення величин прийняти згідно з додатком А.

## Практичне заняття №3

### Інтенсифікація роботи міських водопровідних мереж

До початку занять необхідно вивчити матеріал за темою 2 посібника [1].

**Задача № 1.** Оцінити середню необхідну потужність електричної підстанції, яка необхідна для забезпечення роботи систем подачі і розподілу води в місті з будинками в  $n$  поверхів та різницею позначок місцевості  $\Delta Z$  м. Кількість населення в місті  $N$ , благоустрій повний, довжина напірних водоводів  $L$  км. Чисельні величини прийняти по додатку А.

**Задача № 2.** Використовуючи табл.2.1 і 2.6 посібника [1] оцінити можливу загальну довжину водопровідних мереж і водоводів для міста, яке

характеризується умовами попередньої задачі. Загальну довжину мереж визначити виходячи з середніх величин  $L/N$  і  $L/Q$  та співставити їх між собою.

## Практичне заняття №4

### Тема заняття: Перевірка на стійкість окремих елементів водозаборів

До початку занять необхідно вивчити матеріал літературних джерел [2], [3], [4].

**Задача № 1.** Перевірити можливість спливання сталеві самопливної лінії діаметром  $D$  при її промиванні гідроімпульсним методом за допомогою повітря від компресора, яке подається в колону із сталеві труби  $d=1600$  мм. Самопливна лінія зверху не засипана ґрунтом, має дуже підсилену бітумну ізоляцію. Щільність сталі можна прийняти рівною  $7880$  кг/м<sup>3</sup>, а бітуму  $1200$ кг/м<sup>3</sup>. Чисельні значення прийняти по додатку А.

**Задача № 2.** Перевірити залізобетонний оголовок на можливість його зсуву і перекидання, якщо його висота  $H$  м, ширина  $B$  м, довжина  $l$  м. Оголовок ромбовидної форми на кінцях у вигляді рівнобедреного трикутника висотою по  $l$  м кожний. В ньому встановлено дві фільтруючі касети розмірами  $1050 \times 850 \times 80$  мм. Оголовок встановлено на фундамент з бетону висотою  $0,5$  м і розмірами в плані такими ж, як і у оголовка. Щільність залізобетону прийняти рівною  $2300$  кг/м, коефіцієнт тертя  $f=0,35$ . Швидкість руху води в річці  $v$ . Чисельні значення прийняти по додатку А.

**Задача № 3.** Перевірити на спливання береговий колодязь діаметром  $D_k$ , якщо заглиблення дна під максимальний рівень води  $H_z$ , ґрунти – за номером  $N_i$  з табл. Б1 (додаток Б). Наземна частина колодязя – з цегли ( $\rho_{ц}=1650$ кг/м<sup>3</sup>) загальним об'ємом  $W_1$ , покрівля  $W_2$  ( $\rho_{п}=1900$ кг/м<sup>3</sup>), підземна частина – залізобетон ( $\rho_{підз}=2300$ кг/м<sup>3</sup>),. Загальний об'єм підземної частини  $W_3$  разом з обладнанням. Чисельні значення прийняти по додатку А.

## Практичні заняття №5

### Тема занять: Розрахунок окремих елементів водозаборів

До початку занять повторити матеріал за темою 3 посібника [1] і водозабори з підземних джерел [3], [4].

**Задача № 1.** Розрахувати параметри енергетичної установки для обігріву ґрат в зимових умовах, якщо ґрати мають  $n_1$  сталевих стержнів з поперечним перетином  $10 \times 60$  мм і відстанню між ними 60 мм і довжиною  $l_{гр}$ . Швидкість входу води в них  $v_{гр}$ . Кількість ґрат – 2 шт. Температура води при шугоході  $0,01^\circ\text{C}$ . Питомий опір сталевих стержнів  $\rho = 0,098 \cdot 10^{-6}$  Ом/м. Визначити силу струму і напругу в мережі і при необхідності їх оптимізувати. Чисельні значення величин прийняти по додатку А. Додаткові відомості наведено в п.4 додатка Б.

**Задача № 2.** Визначити основні параметри фільтру свердловини діаметром  $D$ , з якої забирається  $Q$  м<sup>3</sup>/добу. Коефіцієнт фільтрації  $K_f$  м<sup>3</sup>/добу, потужність водоносного шару  $\Delta Z$  м. Фільтр каркасно-стержневий з обмоткою дротом і піщано-гравійною обсіпкою. Він дотичний до нижнього водонепроникного шару. Зниження рівня води в свердловині 10 м. Розрахунковий термін експлуатації свердловин 25 років. До основних параметрів фільтру відносяться:

- допустима швидкість на вході в фільтр;
- необхідна розрахункова довжина і діаметр фільтру;
- коефіцієнт опору входу води в фільтр  $\xi_2$  (додаток Б);
- радіус впливу свердловини до кінцевого терміну експлуатації.

Чисельні значення величин прийняти по додатку А.

**Задача № 3.** Визначити раціональну схему розміщення 5 свердловин (лінійну чи кільцеву), яка б забезпечувала більшу витрату при однаковій відстані  $L$ , однієї свердловини від іншої. Діаметр свердловини  $D$ , а радіус впливу після 25 років експлуатації 7500 м. Чисельні значення величин прийняти по додатку А.

## Практичні заняття №6

Тема занять: *Особливості насосних станцій систем водопостачання зарубіжних і вітчизняних міст*

До початку занять вивчити матеріал за темою 5 посібника [1].

**Задача № 1.** Провести аналіз особливостей насосних станцій систем водопостачання зарубіжних і вітчизняних міст за такими напрямками:

- способи ув'язки подачі насосних станцій з водорозбором із водопровідної мережі;
- способи підтримування необхідних напорів в системі водопостачання;
- способи забезпечення необхідної надійності насосних станцій.

**Задача № 2.** Визначити, який з двох синхронних електродвигунів типу СДН-6кВ з номінальною потужністю  $P_{н1}$  кВт ( $\eta_{н1}=95,3$ ) і  $P_{н2}$  кВт ( $\eta_{н2}=96$ ) і однаковим числом обертів буде найбільше економічним для відцентрового насоса. Вартість 1кВт-року для обох електродвигунів – 1400 грн. Капітальні витрати відповідно для меншого двигуна – 65000 грн., для більшого двигуна – 75000грн. Сумарний коефіцієнт відрахування на електродвигун з врахуванням амортизації  $p=0,23$ , питома вартість втрат активної потужності  $K_{ва}=86$  грн/квар., питомі втрати активної потужності  $\Delta P_{ва}=0,003$  кВт/квар., тангенс кута здвигу фаз між струмом і напругою  $tg \varphi=0,483$ . Необхідна компенсація реактивного навантаження. Чисельні значення прийняти по додатку А.

**Задача № 3.** Визначити, який з двох електродвигунів: асинхронний (варіант 1) чи синхронний (варіант 2) являється більш економічним. Для цього необхідно співставити їх техніко-економічні показники. Реактивну потужність необхідно скомпенсувати. Вихідні дані по варіантах наведені в табл. 1. Чисельні величини прийняти по додатку А, а залежності для визначення економічних показників – по додатку Б.

Таблиця 1 – Характеристика двигунів

№№	Показник	Одиниця виміру	Варіант №1	Варіант №2
1	Номінальна потужність	кВт	$P_{н2}$	$P_{н2}$
2	Навантаження на валу	кВт	$0,8P_{н2}$	$0,8P_{н2}$
3	Коефіцієнт завантаження	-	0,8	0,8
4	Капітальні вкладення	тис.грн.	55,0	96,0
5	Сумарний коефіцієнт відрахувань		0,225	0,21
6	ККД електродвигуна	%	94	95,8
7	Коефіцієнт потужності	-	0,91	-0,9
8	Вартість 1кВт-року електроенергії	грн	1400	1400

### Практичні заняття №7

Тема заняття: *Розрахунок можливих режимів роботи окремих видів очисних споруд*

До початку занять повторити матеріал за темою 4 посібника [1] та джерел [2], [5].

**Задача № 1.** Побудувати графік залежності швидкості фільтрування на швидких фільтрах від їх кількості, яка знаходиться в роботі. Площа одного фільтру  $F$  м<sup>2</sup>, загальна кількість фільтрів на станції  $n_2$ , інтенсивність промивки фільтрів  $W=14$  л/(с·м<sup>2</sup>), тривалість промивки одного фільтру  $t_1=0,1$  год, а термін простою фільтра у зв'язку з його промивкою  $t_2=0,33$  год. Добова продуктивність станції  $Q_{ст}$ . Робота станції рівномірна і безперервна на протязі доби. Кількість промивок фільтрів за добу  $K=1$ . Чисельні значення прийняти по додатку А.

**Задача № 2.** Для умов попередньої задачі побудувати графік залежності втрат напору в чистому завантаженні швидких фільтрів товщиною  $h_{зф}=|v|$  м від кількості працюючих фільтрів, якщо еквівалентний діаметр зерен завантаження  $d_e = 0,95$  мм, а коефіцієнт, який характеризує пористість завантаження  $\psi = 0,04$ . Величину  $h_{зф}$  прийняти рівною величині  $v$  з виміром в метрах згідно з додатком А.

**Задача № 3.** Для умов попередньої задачі побудувати графік залежності параметра „а”, що характеризує час проникнення завислих речовин в середину завантаження, від кількості працюючих фільтрів, якщо коефіцієнт, що враховує сукупний вплив всіх фізичних і фізико-хімічних властивостей води і завислих речовин  $\alpha=0,414$ . При розрахунках  $d_e$  береться в см, а  $v$  – в см/с.

**Задача № 4.** Побудувати графік залежності швидкості висхідного потоку в освітлювачах з завислим осадом від кількості працюючих освітлювачів. Загальна кількість освітлювачів  $n_2$ , витрата освітлювачів при нормальній роботі  $Q_{ст}$ , коефіцієнт розподілу води між зоною освітлення і зоною ущільнення осаду  $K=0,75$ . Площа зони освітлення одного освітлювача  $F_{30}$  м<sup>2</sup>. Чисельні значення прийняти по додатку А.

### **Практичні заняття №8**

#### **Удосконалення проектування та будівництва мереж**

##### **водовідведення**

**Мета занять:** закріпити навички роботи з нормативною літературою, пошуку розрахункових параметрів для визначення витрат дощових вод та проектування камери розподілу донного типу.

**Завдання 1.** Визначити глибину перепаду та основні розміри камери розподілу донного типу для дощового колектора довжиною,  $L$ , м для розрахункової площі стоку  $F$ , га; коефіцієнту водопроникної поверхні  $Z$ , середньої швидкості течії  $V$ , м/с (таблиця А1 додатку А).

**Завдання 2.** Визначити об'єм регулюючого резервуара для дощового колектора за даними попередньої задачі.

**Завдання 3.** Пневматична установка піднімає стічні води при витраті  $q_1$  на висоту  $H$ . Після дощу витрата стічних вод зросла в  $\alpha$  разів. Як зміниться повний напір пневматичної установки, якщо довжина напірного трубопроводу  $l_1$ , питомий опір  $S_0=3787 \times 10^{-6}$  (для витрат в л/с). (таблиця А1 додатку А).

**Завдання 4.** Визначити зміни в гідравлічному режимі роботи ділянок дощового дюкера довжина яких становить  $l_2$  і  $d=150$ мм при збільшенні витрати атмосферних стічних вод в  $\alpha$  разів.

Три ділянки самопливного колектора  $d=300\text{мм}$  з верхової сторони дюкера характеризується такими показниками: ухил труб  $i=4\times 10^{-3}$ , загальна довжина  $l=150\text{м}$ , витрата  $40\text{л/с}$ , швидкість руху стоків  $v=0,9\text{м/с}$ , наповнення  $h/d=0,6$  (таблиця А1 додатку А).

### Методичні рекомендації

В основу роботи камери розподілу донного типу покладено принцип зміни дальності відльоту струмини при зміні витрати.

При витратах, що не перевищують витрату граничного дощу  $Q_{\text{гр}}$ , вся вода провалюється через щілину, і надходить у лоток загальносплавного колектора (у загальносплавній або напівроздільній системі), або направляється на очистку (у повній роздільній системі). При витратах, що перевищують граничний дощ, струмина перелітає через щілину, і надходить у лоток зливоспуску.

Розрахунок камери розподілу зводиться до визначення глибини перепаду, ширини щілини й основних розмірів камери.

Розрахунки базуються на критичних глибинах, що встановлюються в кінці лотка перед перепадом.

Критичні глибини при розрахунковому  $h_{\text{кр}}$  та граничному  $h_{\text{кр,гр}}$  дощах становлять

$$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{\frac{Q}{g \times b^2}} \qquad h_{\text{кр,гр}} = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{гр}}}{g \times b^2}}, \qquad (8)$$

де  $h_{\text{кр}}$ ,  $h_{\text{кр,гр}}$  – критичні глибини відповідно при витратах розрахункового  $Q$  й граничного  $Q_{\text{гр}}$  дощу;

$b$  – ширина лотка, приймається рівною діаметру труби на вході в камеру  $d_1$ ;

$g$  – прискорення сили тяжіння.

Для забезпечення заданої величини граничного дощу  $Q_{\text{гр}}$ , що не скидається у водойму, слід надати необхідний кут нахилу струмини до горизонту  $\beta$ .

$$\cos \beta = 1 - 2Q_{zp} / Q \quad (9)$$

При цьому необхідна висота перепаду становить

$$P = 1.5 \times h_{кр} \times tg^2 \beta \quad (10)$$

$$P = \frac{6 \times h_{кр} \times Q_{zp} \times (Q - Q_{zp})}{(Q - Q_{zp})^2} \quad (11)$$

або

Ширина щілини повинна забезпечувати приймання витрати граничного дощу

$$a = l_{zp} + \delta_{zp}, \quad (12)$$

де  $a$  – ширина щілини;

$l_{zp}$  – дальність відльоту струмини при витраті граничного дощу;  $\delta_{zp}$  –

проекція товщини струмини на горизонталь.

$$l_{zp} = 1.41 \times h_{кр,zp} \times \sqrt{0,3 + P / h_{кр,zp}}, \quad (13)$$

$$\delta_{zp} = \frac{Q_{zp}}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{кр,zp}) \times \sin \beta}}, \quad (14)$$

$$l_1 = 1.41 \times h_{кр} \times \sqrt{0,3 + P / h_{кр}}, \quad (15)$$

$$\delta_1 = \frac{Q}{2 \times b \times \sqrt{2g \times (P + 1.5 \times h_{кр}) \times \sin \beta}} \quad (16)$$

$$\sin \beta = \sqrt{1 - \cos^2 \beta} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{zp} \times (Q - Q_{zp})}{Q^2}}, \quad (17)$$

де  $l_1$  та  $\delta_1$  – дальність відльоту струмини та проекція товщини струмини на горизонталь при розрахунковому дощі.

Довжина камери

$$L = s + l_1 + \delta_1 + e \quad (18)$$

де  $s$  – відстань від входу в камеру до перепаду, приймається  $s = (4 \dots 5) h_{кр}$ ;

$l_1$  – дальність відльоту струмини при витраті розрахункового дощу;

$\delta_1$  – проекція товщини струмини на горизонталь при витраті розрахункового дощу;

$e$  – відстань від струмини до стінки камери; орієнтовно  $e = 0,3$  м.

Діаметр зливоспуску  $d_2$  зазвичай приймають рівним діаметру на вході  $d_1$ .

Діаметр відвідного колектора  $d_3$  визначають виходячи з витрати граничного дощу  $Q_{гр}$ .

При розв'язанні завдання 2 слід враховувати, що регулюючі резервуари влаштовують на дощовій мережі для накопичування в них стічних вод під час злив, і спрацьовування в суху погоду. При цьому малоінтенсивні дощі скидаються у водойму або на очисні споруди повз регулюючий резервуар.

Об'єм регулюючого резервуара визначається за формулою:

$$W = Q_{\max} \times T_p \times k \quad (19)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна витрата дощового стоку,  $m^3/c$ ;

$T_p$  – розрахункова тривалість дощу, с;

$k$  – коефіцієнт об'єму регулюючого резервуара (таблиця 1),  $k=f(\alpha, n)$ ,

де  $\alpha$  – коефіцієнт регулювання, це відношення витрати, що йде повз резервуар  $Q_{ск}$ , до максимальної витрати  $Q_{\max}$ . Зазвичай  $\alpha$  приймають рівним коефіцієнту розподілу  $k_{div}$  для напівроздільної системи водовідведення;

$n$  – показник ступеню, кліматична характеристика.

Таблиця 1

$\alpha$	Значення коефіцієнта $k$					
	Значення коефіцієнта $k$ при					
	$n=0.5$	$n=0.55$	$n=0.6$	$n=0.67$	$n=0.7$	$n=0.75$
1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7
0.8	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06
0.7	0.10	0.09	0.11	0.12	0.12	0.13
0.6	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.21
0.5	0.20	0.18	0.18	0.28	0.20	0.31
0.4	0.45	0.42	0.40	0.40	0.41	0.42
0.3	0.69	0.62	0.58	0.51	0.52	0.54
0.25	0.9	0.77	0.69	0.64	0.63	0.68
0.2	1.16	0.96	0.85	0.77	0.73	0.76
0.15	1.55	1.27	1.08	0.932	0.86	0.81
0.1	-	1.84	1.46	1.17	1.07	0.97

## Література

1. Українець М.О., Сокольник В.І. Вдосконалення систем водопостачання. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Вид-во ЗДІА, 2005. – 98 с.
2. Шевелев Ф.А., Орлов Г.А. Водоснабжение больших городов зарубежных стран. - М.: Стройиздат, 1987. – 350 с.
3. Тугай А.М. Водоснабжение. Водозаборные сооружения. - К.: Вища шк., 1984. – 200 с.
4. Курганов А.М. Водозаборные сооружения систем коммунального водоснабжения. – М., Санкт-Петербург, 1988. – 246 с.
5. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды, примеры и расчеты. – М.: Стройиздат, 1971. – 304 с.

Таблиця А.1 – Вихідні дані до задач

Вид показника	Один. вим.	Чисельні значення показника при останній цифрі залікової книжки									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>n</b>	-	5	6	7	8	9	8	7	6	5	7
<b><math>\Delta Z</math></b>	м	40	30	20	30	40	25	35	45	40	30
<b>N</b>	тис.люд	100	150	200	300	800	700	600	500	400	700
<b>L</b>	км	10	15	20	17	19	22	27	18	13	20
<b>D</b>	мм	500	600	700	800	1000	900	700	600	500	800
<b>H</b>	м	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,2	2,0
<b>B</b>	м	1,0	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,1	1,4	1,4
<b>l</b>	м	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,2	5,1	4,8	4,8	5,0
<b>D<sub>к</sub></b>	м	12	13	14	15	16	15	14	16	17	20
<b>H<sub>з</sub></b>	м	8	7	8	9	10	9	8	9	10	10
<b>W<sub>1</sub></b>	м <sup>3</sup>	36,0	37,0	38,0	35,5	37,5	36,0	36,5	37,0	39,0	40,0
<b>W<sub>2</sub></b>	м <sup>3</sup>	18,0	19,2	19,4	18,5	19,0	18,7	19,1	20,0	19,3	20,1
<b>W<sub>3</sub></b>	м <sup>3</sup>	120,0	122,0	125,0	129,0	130,0	131,0	133,0	128,0	127,0	126,0
<b>v</b>	м/с	0,9	1,2	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9
<b>N<sub>i</sub></b>	-	1	2	3	4	5	4	3	2	1	3
<b>n<sub>1</sub></b>	шт	20	24	28	32	36	32	28	24	22	20
<b>l<sub>гр</sub></b>	м	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5
<b>v<sub>гр</sub></b>	м/с	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16
<b>Q</b>	тис.м <sup>3</sup> /доб	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,6	4,0	3,5	3,0	4,2
<b>K<sub>ф</sub></b>	м/добу	13	14	12	13	15	14	13	14	15	15
<b>L<sub>1</sub></b>	м	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380
<b>D<sub>ш</sub></b>	м	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	3,0
<b>S<sub>ш</sub></b>	м	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,6
<b>R</b>	м	300	350	400	450	500	450	400	350	300	400
<b>L<sub>2</sub></b>	м	35	37	39	42	44	46	48	50	52	54
<b>D<sub>в</sub></b>	м	400	450	500	450	400	350	300	450	350	300
<b>F</b>	м <sup>2</sup>	45	50	57	60	63	60	55	45	40	49
<b>n<sub>2</sub></b>	шт	10	12	14	16	18	16	14	12	10	12
<b>Q<sub>ст</sub></b>	тис.м <sup>3</sup> /доб	90	120	170	195	208	195	170	110	70	90
<b>F<sub>30</sub></b>	м <sup>2</sup>	22	25	30	32	30	30	30	23	17	19
<b>P<sub>н1</sub></b>	кВт	1000	1100	1250	1050	1150	1200	1300	1350	1000	1100
<b>P<sub>н2</sub></b>	кВт	1250	1350	1000	1250	1350	1000	1100	1050	1250	1350

Довідковий матеріал для розв'язування задач

**Б.1.** Величина коефіцієнту тертя підшви бетонного оголовку по його основі:

- при терті бетону по бетону чи скелі  $f=0,5$ ;
- при терті по піску  $f=0,45$ ;
- при терті по супісі  $f=0,35$ ;
- при терті по суглинку  $f=0,25$ ;
- при терті по глині  $f=0,2$ .

Величина коефіцієнту тертя підшви ряжового оголовку по його основі:

- при терті по кам'яній накидці  $f=0,6$ ;
- при терті по піску  $f=0,4$ .

**Б.2.** Коефіцієнт лобового опору оголовку в залежності від форми оголовку в плані:

- для прямокутного оголовку  $\varphi=0,6$ ;
- для круглого  $\varphi=0,4$ ;
- для оголовку в формі ромбу  $\varphi=0,3$ ;
- для каплевидного оголовку  $\varphi=0,07$ .

**Б.3.** Таблиця Б1 – Величина коефіцієнту підіймання  $K_{\text{під}}$

№№	Вид ґрунту	$K_{\text{під}}$
1	Мілкий і середній пісок	0,8 – 0,95
2	Глина	0,7 – 0,8
3	Суглинки і супісі	0,85 – 0,9
4	Зруйновані скельні породи	0,75 – 1,0
5	Незруйновані скельні породи	0,35

**Б.4.** Коефіцієнт теплопередачі від ґрат до води визначається за формулою:

$$\alpha = 13978 v_{zp} (0,05 + 1,5 v_{zp}) \quad \text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С}),$$

де  $v_{zp}$  – швидкість входу води в ґрати, м/с.

Необхідна потужність для обігріву грат визначається за формулою:

$$N = K \alpha (t_{gp} - t_e) \Omega / 3600 \quad \text{кВт},$$

де  $K = 1,5$  – коефіцієнт запасу;

$t_{gp}$  і  $t_e$  – відповідно температура стержнів грат і води в період шугоходу, °С;

$\Omega$  – площа поверхні стержнів грат, м<sup>2</sup>.

Опір однієї грати визначається за формулою:

$$R_{gp} = K_3 \rho H_{gp} / (n_{gp} \omega_{gp}) \quad \text{Ом},$$

де  $K_3 = 8$  – коефіцієнт збільшення опору грати при її живленні змінним струмом;

$\rho$  – питомий опір матеріалу стержнів грат (для сталі  $\rho = 0,098 \cdot 10^{-6}$  Ом/м);

$H_{gp}$  – висота грат, м;

$n_{gp}$  – кількість стержнів в граті;

$\omega_{gp}$  – площа поперечного перерізу одного стержні, м.

#### Б.5. Таблиця Б2 – Параметр фільтраційного опору А

№№	Тип фільтру	Величина параметру А
1	Дірчастий і щільовий	6 ÷ 8
2	Каркасно-стержневий з дротяною обмоткою і гравійною обсіпкою	8 ÷ 10
3	З штампованого листа з піщано-гравійною обсіпкою	10 ÷ 15
4	Сітчастий	15 ÷ 25

Б.6. Коефіцієнт опору фільтра свердловини можна приблизно оцінити величиною, яка визначається формулою С.К. Абрамова

$$\xi_2 = 0,2 A \hat{E}^{0,5h_{\text{вод}}} \sqrt{S v_{\text{д.ві.}}} / Q,$$

де  $A$  – параметр фільтраційного опору,

$S$  – зниження рівня води в водоносному шарі, м,

$V_{ф.доп.}$  - допустима швидкість входу води в фільтр, м/добу;

$Q$  - добова витрата води, м<sup>3</sup>/добу;

$h_{сер}$  - середня потужність водоносного шару в районі дії свердловини;

$K$  - проникність шарів фільтру, який для піщаних і гравійних ґрунтів визначається за формулою

$$\hat{E} = 1,8 \rho \sqrt{d} ,$$

$\rho$  - пористість завантаження;

$d$  - середній розмір частинок завантаження, м.

Для сіток, каркасів, перфорованих і щільових труб проникність фільтру визначається за формулою

$$K = \chi \eta^{\alpha} ,$$

де  $\chi$ ,  $\alpha$  – параметри зв'язку між  $K$  і  $\eta$  (табл. Б3),

$\eta$  - шпаруватість сіток, каркасів, перфорованих і щільових труб.

Таблиця Б3 – Величина параметрів  $\chi$  і  $\alpha$

№№	Тип фільтру	Значення параметру	
		$\chi$	$\alpha$
1	Каркасно-дротяний фільтр з горизонтальними щілинами	0,65	1,20
2	Фільтр-каркас з вертикальними щілинами з штампованих матеріалів або пластмасових з фрезерованими отворами	0,105	1,00
3	Пластмасовий фільтр з горизонтальними фрезерованими отворами	0,03	0,80
4	Фільтр-каркас з штампованих матеріалів з мостоподібними отворами для відхилення гравію, у яких шпаруватість визначається за площею бокових отворів	0,045	0,70
5	Фільтр-каркас з штампованих матеріалів з мостоподібними отворами для відхилення гравію, у яких шпаруватість визначається за загальною площею отворів	0,197	1,00
6	Щільовий фільтр з ребристою водоприймальною поверхнею (щілини вертикальні)	0,400	1,40
7	Щільовий фільтр з ребристою водоприймальною поверхнею (щілини горизонтальні)	0,130	1,00
8	Сітчастий фільтр квадратного плетіння	0,105	1,00
9	Сітчастий фільтр кіперного або галунного плетіння не рекомендується, враховуючи велику щільність	-	-

**Б.7.** Дебіт променевого водозабору визначається за формулою

$$Q = 2 \pi K_{\phi} m S (1/R_{\phi} + 1/R_n), \quad (\text{Б1})$$

де  $K_{\phi}$  – коефіцієнт фільтрації;

$m$  – потужність водоносного шару (для безнапірних вод  $m \approx 0,8 H_{cm}$ );

$S$  – зниження рівня води в водозбірному колодязі

$$S = H_{cm} - H_{дин},$$

$H_{cm}$  і  $H_{дин}$  – відстань від підстиляючого водонепроникного шару до статичного і динамічного рівня води відповідно;

$R_{\phi}$  і  $R_n$  – фільтраційний опір радіальної системи берегових і підруслових горизонтальних променів відповідно.

Для берегового променевого водозабору, коли вісь колодязя знаходиться на відстані  $L$  від урізу води в водоймищі чи річці,  $R_n \rightarrow \infty$  ( $1/R_n = 0$ ).

$$R_a = \frac{m}{l K_i N_a} (\ln v_r + 2\eta \ln v_{\delta}), \quad (\text{Б2})$$

$$\text{де } v_r = \frac{l v}{1,36 r_0}, \quad v = \sqrt{\frac{4L-l}{4L+l}},$$

$$v_{\delta} = \left( l + \sqrt{l^2 + 4m} \right) v / (2m),$$

$N_{\phi}$  - кількість променів, які розміщуються рівномірно по колу;

$l$  - довжина променя;

$r_0$  - радіус променя;

$K_i$  і  $\eta$  - коефіцієнти, які визначаються згідно з табл. Б4.

При значній відстані від річки  $R_{\phi}$  можна визначити за формулою:

$$R_a = \ln \frac{2L}{r_{i\delta}},$$

де

$$r_{i\delta} = \frac{l}{4^{1/N_a}} \left( \frac{m}{2\pi r_c \sin \frac{\pi c}{m}} \right)^{-m/(2N_a l)},$$

$C$  - заглиблення променя під рівень ґрунтових вод.

Для підруслового водозабору з колодязем не березі  $R_b \rightarrow \infty$  ( $l/R_b=0$ )

$$U_0 = \ln \frac{R_n = \frac{(U_0 + U_n) m / (l N_n)}{3 z_0 m l \left( l + \sqrt{l^2 + 16(m - z_0)^2} \right)}}{r_0 (m - z_0) \left( l + \sqrt{l^2 + 16m^2} \right) \left( l + \sqrt{l^2 + 16z_0^2} \right)}, \quad (Б3)$$

де  $N_n$  – кількість променів під руслом ріки,

$z_0$  – заглиблення променів під русло ріки.

При  $l/m \geq 3$  функція  $U_n$  має вигляд

$$U_n = \frac{2 + N_n}{3} \ln \left\{ 1 + \left[ \frac{4m}{(l - 0,5m) \sin \theta} \right]^2 \right\},$$

де  $\theta$  – кут між променями.

Для двохпроменевого водозабору ( $N_n=2$ )

$$U_n = \frac{1}{2} \ln \left( 1 + \frac{16 m^2}{l^2 \sin^2 \theta} \right).$$

Дебіт комбінованого водозабору, у якого  $N_b$  берегових і  $N_n$  підруслових променів, визначається за формулою (Б1),  $R_b$  – за формулою (Б2), а  $R_n$  – за формулою (Б3).

Таблиця Б4 – Величина коефіцієнтів  $K_i$  і  $\eta$ 

№	$l / m$				
	2	4	6	8	10
Коефіцієнт $K_i$					
3	0,63	0,67	0,70	0,71	0,72
4	0,48	0,52	0,57	0,60	0,63
6	0,33	0,38	0,40	0,45	0,47
8	0,28	0,33	0,36	0,42	0,45
Коефіцієнт $\eta$					
50	4,5	5,0	6,2	4,0	8,0
25	4,2	4,5	5,5	6,2	7,0
10	2,8	3,5	4,0	4,5	5,0

**Б.8.** Порядок визначення схеми розміщення свердловин в водозаборі:

- визначається загальна довжина лінійного водозабору

$$L_n = (n - 1) l ,$$

де  $n$  – кількість свердловин,

$l$  - відстань між сусідніми свердловинами;

- визначається загальна довжина кільцевої системи

$$L_k = l, l n l ;$$

- визначається фільтраційний опір свердловин при їх лінійному розміщенні

$$\hat{O}_e = \ln \frac{l}{2\pi r} + \frac{\pi R}{l},$$

де  $R$  - радіус впливу,

$r$  - радіус свердловини,

- визначається фільтраційний опір свердловин при їх кільцевому розміщенні

$$\hat{O}_e = \ln \frac{R^n}{n r_e^{n-1} r},$$

де  $r_k$  – радіус кільця;

- порівнюються між собою фільтраційні опори і вибирається та схема, у якої фільтраційний опір менший.

**Б.9.** Приплив води до недосконалого горизонтального водозбору

$$Q = \left[ \frac{S}{R} + \left( 2,31g \frac{1,67T}{\pi b} + \frac{R}{2T} \right) \right] \hat{E}_o S L ,$$

де  $S$  – зниження рівня води,

$R$  – радіус впливу,

$b$  – ширина каналу,

$T$  – відстань від підстиляючого водонепроникного шару до рівня води в водозборі,

$K_\phi$  – коефіцієнт фільтрації,

$L$  – довжина водозбору.

**Б.10.** Розрахунок економічних показників електродвигунів.

- Економічний еквівалент реактивної потужності компенсуючого пристрою

$$\hat{E}_{\tilde{n}e} = \frac{\delta \hat{E}_{\dot{a}\dot{a}}}{\sigma} + \Delta \mathcal{D}_{\dot{a}\dot{a}} \quad \text{кВт/кВАр,}$$

де  $p$  – сумарний коефіцієнт відрахувань на електродвигун з врахуванням амортизації,

$K_{ва}$  – питома вартість втрат активної потужності, грн./кВАр,

$\Delta P_{ва}$  – питомі втрати активної потужності кВт/кВАр,

$\sigma$  – вартість одного кВт-року.

- Реактивне навантаження електродвигуна

$$N_{н.р} = K P_n \operatorname{tg} \varphi_n / \eta_n \quad \text{кВАр,}$$

де  $P_n$  – номінальна потужність двигуна, кВт,

$\operatorname{tg} \varphi_n$  – тангенс кута здвигу фаз між струмом і напругою,

$\eta_n$  – ККД електродвигуна,

$K$  – коефіцієнт завантаження.

- Втрати активної потужності електродвигуна

$$\Delta D_{\hat{a}\hat{a}} = D_i \frac{1 - \eta_i}{\eta_i} \quad \text{кВт.}$$

- Приведені втрати активної потужності

$$\Delta D'_{\hat{a}\hat{a}} = \Delta D_{\hat{a}\hat{a}} - \hat{E}_{\hat{a}\hat{e}} \cdot N_{i\delta}.$$

- Вартість річних втрат електроенергії

$$\tilde{N}_{\hat{a}\hat{e}} = \Delta D'_{\hat{a}\hat{a}} \cdot \sigma.$$

- Річні приведені витрати

$$\tilde{I} = \delta \hat{E} + \tilde{N}_{\hat{a}\hat{e}},$$

де  $K$  – капітальні вкладення.

**Б.11.** Межі гідравлічних режимів руху води в трубах розраховуються за формулами:

- область гідравлічно гладеньких труб

$$Re \frac{\Delta_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}}{D} < 10;$$

- перехідна область

$$10 < Re \frac{\Delta_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}}{D} < 500;$$

- область гідравлічно шершавих труб

$$Re \frac{\Delta_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}}}{D} > 500.$$

В наведених формулах  $\Delta_{екв}$  – еквівалентна шершавість труб,  $D$  – діаметр труб,  $Re$  – число Рейнольдса

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu},$$

де  $\nu$  – швидкість руху води,

$\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{с}$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Ламінарний режим руху води спостерігається при числах Рейнольда  $Re < 2320$ .