

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУЧАСНІ ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

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 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 β 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 ΔZ 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/м³, а бітуму 1200 кг/м³. 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/м³) загальним об'ємом W_1 , покрівля W_2 ($\rho_{п}=1900$ кг/м³), підземна частина – залізобетон ($\rho_{підз}=2300$ кг/м³),. 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 10×60 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 м³/добу. Коефіцієнт фільтрації K_f м³/добу, потужність водоносного шару ΔZ 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 ξ_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 занятя: *Розрахунок можливих режимів роботи окремих видів очисних споруд*

До початку занятя 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 м², загальна кількість фільтрів на станції n_2 , інтенсивність промивки фільтрів $W=14$ л/(с·м²), 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} м². 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 α 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 α 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 40л/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 $Q_{гр}$, 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 $h_{кр}$ та граничному $h_{кр,гр}$ дощах становлять

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

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

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

g – прискорення сили тяжіння.

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

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

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; δ_{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 δ_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;

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

n – показник ступеню, кліматична характеристика.

Таблиця 1

| α | 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 |
| n | - | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 7 |
| ΔZ | м | 40 | 30 | 20 | 30 | 40 | 25 | 35 | 45 | 40 | 30 |
| N | тис.люд | 100 | 150 | 200 | 300 | 800 | 700 | 600 | 500 | 400 | 700 |
| L | км | 10 | 15 | 20 | 17 | 19 | 22 | 27 | 18 | 13 | 20 |
| D | мм | 500 | 600 | 700 | 800 | 1000 | 900 | 700 | 600 | 500 | 800 |
| H | м | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,0 |
| B | м | 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,4 |
| l | м | 4,8 | 4,9 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,2 | 5,1 | 4,8 | 4,8 | 5,0 |
| D_к | м | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 15 | 14 | 16 | 17 | 20 |
| H_з | м | 8 | 7 | 8 | 9 | 10 | 9 | 8 | 9 | 10 | 10 |
| W₁ | м ³ | 36,0 | 37,0 | 38,0 | 35,5 | 37,5 | 36,0 | 36,5 | 37,0 | 39,0 | 40,0 |
| W₂ | м ³ | 18,0 | 19,2 | 19,4 | 18,5 | 19,0 | 18,7 | 19,1 | 20,0 | 19,3 | 20,1 |
| W₃ | м ³ | 120,0 | 122,0 | 125,0 | 129,0 | 130,0 | 131,0 | 133,0 | 128,0 | 127,0 | 126,0 |
| v | м/с | 0,9 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,0 | 0,9 |
| N_i | - | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| n₁ | шт | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 32 | 28 | 24 | 22 | 20 |
| l_{гр} | м | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,5 |
| v_{гр} | м/с | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 |
| Q | тис.м ³ /доб | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 4,6 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 4,2 |
| K_ф | м/добу | 13 | 14 | 12 | 13 | 15 | 14 | 13 | 14 | 15 | 15 |
| L₁ | м | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 |
| D_ш | м | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 3,0 |
| S_ш | м | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,6 |
| R | м | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 400 |
| L₂ | м | 35 | 37 | 39 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 | 54 |
| D_в | м | 400 | 450 | 500 | 450 | 400 | 350 | 300 | 450 | 350 | 300 |
| F | м ² | 45 | 50 | 57 | 60 | 63 | 60 | 55 | 45 | 40 | 49 |
| n₂ | шт | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 16 | 14 | 12 | 10 | 12 |
| Q_{ст} | тис.м ³ /доб | 90 | 120 | 170 | 195 | 208 | 195 | 170 | 110 | 70 | 90 |
| F₃₀ | м ² | 22 | 25 | 30 | 32 | 30 | 30 | 30 | 23 | 17 | 19 |
| P_{н1} | кВт | 1000 | 1100 | 1250 | 1050 | 1150 | 1200 | 1300 | 1350 | 1000 | 1100 |
| P_{н2} | 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:

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

де $v_{\text{зр}}$ – 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;

Ω – площа поверхні стержнів грат, м².

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;

ρ – 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;

ω_{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

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

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, м³/добу;

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

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

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

ρ - 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 χ , α – параметри зв'язку між K і η (табл. Б3),

η - шпаруватість сіток, каркасів, перфорованих і щільових труб.

Таблиця Б3 – Величина параметрів χ і α

| №№ | Тип фільтру | Значення параметру | |
|----|--|--------------------|----------|
| | | χ | α |
| 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

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

де K_{ϕ} – 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_{δ} 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_{δ} - кількість променів, які розміщуються рівномірно по колу;

l - довжина променя;

r_0 - радіус променя;

K_i і η - коефіцієнти, які визначаються згідно з табл. Б4.

При значній відстані від річки R_{δ} 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 θ – 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 η

| № | 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 η | | | | | |
| 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_ϕ – коефіцієнт фільтрації,

L – довжина водозбору.

Б.10. Розрахунок економічних показників електродвигунів.

- Економічний еквівалент реактивної потужності компенсуючого пристрою

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

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,

σ – 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,

η_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 ν – швидкість руху води,

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

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