

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	4
Практичні заняття №1 і №2.....	5
Практичні заняття №3 і №4.....	7
Практичне заняття № 5.....	11
Практичні заняття №6 і №7.....	13
Практичне заняття №8.....	15
Практичне заняття № 9.....	19
Практичне заняття № 10.....	21
Практичне заняття № 11.....	24
Практичні заняття № 12 і №13.....	26
Практичне заняття № 14.....	30
Практичні заняття № 15 і №16.....	34
Література	41
Додаток А.....	42

ВСТУП

Методичні вказівки до практичних занять направлені на поглиблення теоретичних знань, одержаних на лекціях, і набуття практичних навичок розв'язування конкретних питань визначення необхідних параметрів елементів водозаборів з поверхневих і підземних джерел.

Надійність водозабору і ефективність його роботи досягається частково уже на стадії вибору створу водозабору з поверхневих джерел чи площадки водозабору і його конструкції при підземних джерелах. З цією метою необхідно оцінити можливості і характеристики самого джерела води. Після цього вибирається тип водозабору і виконуються розрахунки його елементів, які дозволяють визначити необхідні їх параметри для найбільш економічної подачі витрати води споживачеві.

Методичні вказівки включають питання для самоконтролю засвоєння теоретичного матеріалу і ряд задач, які доцільно розв'язати самостійно вдома чи в аудиторії під керівництвом викладача. Кожний студент повинен розв'язати задачу, виходячи з індивідуальних даних, які він вибирає по додатку А згідно з останньою цифрою його залікової книжки.

Учбовим планом передбачено 11 практичних занять по дві академічні години. При рейтинго-модульному контролю по завершенню кожного модуля студент представляє викладачеві оформлені результати його роботи.

Практичні заняття №1 і №2

Тема занять: Розрахунок руслового режиму ріки і **аналіз умов забору води**

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темою № 1.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Види природних джерел водопостачання.
- Дебіт поверхневих і підземних джерел в Україні.
- Санітарна оцінка якості води різних джерел.
- Умова прийому води з річок.
- Як перевіряється рухомість матеріалу русла ріки?
- Як оцінюються процеси руслоформування?
- Як оцінюються можливості шугольодових утруднень і які явища характеризують критерії швидкості?

Задача №1. Визначити коефіцієнт рухомості матеріалу русла ріки з діаметром частинок d , якщо глибина потоку H , а ухил річкових відкладень J . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №2. Побудувати графік залежності коефіцієнта рухомості матеріалу русла ріки K_n від гідравлічної крупності матеріалу русла ріки σ (табл.1), якщо глибина потоку H , а ухил річкових відкладень J . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Таблиця 1 - Гідравлічна крупність матеріалу русла

Вид матеріалу	Гідравлічна крупність частинок, мм/с	Теоретичний (приведений) діаметр частинок, мм
Крупний пісок	100,0	1,0
Середній пісок	53,0	0,5
Мілкий пісок	6,9	0,1
Мул	1,7	0,05
Мілкий мул	0,07	0,01
Глина	0,05	0,0027

Задача №3. Побудувати графік залежності коефіцієнта рухомості матеріалу русла ріки K_n від глибини потоку при його зміні від 0 до 10м, якщо діаметр частинок матеріалу русла ріки d , а ухил річкових відкладень J . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №4. Побудувати графік залежності коефіцієнта рухомості матеріалу русла ріки K_n від ухилу річкових відкладень J в межах від 0,03 до 0,00003, якщо діаметр частинок матеріалу русла ріки d , а глибина потоку H . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №5. Визначити параметр, який характеризує умови грядоутворення, якщо діаметр частинок матеріалу русла ріки d , глибина потоку H , а швидкість річкового потоку v . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №6. Визначити, як змінюється параметр, що характеризує умови грядоутворення в повінь, зимою і при мінімальному рівні води в річці при швидкостях відповідно 1,5м/с, 0,8м/с, 0,7м/с. Діаметр частинок матеріалу русла ріки d , а глибина потоку H . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №7. Побудувати графік залежності параметру руслоутворення від діаметра частинок матеріалу русла ріки d в межах від 0,003мм до 1,0мм, якщо швидкість річкового потоку v , а глибина потоку H . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №8. Побудувати графік залежності параметру руслоформування від глибини потоку в межах від 1м до 10м, якщо швидкість річкового потоку v , а глибина H . Числові значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №9. Визначити, якою буде руслоформуюча швидкість в піщаних і галькових руслах, якщо швидкість, при якій починається розмивання матеріалу дна ріки буде v м/с. Чисельну величину швидкості v прийняти по додатку А.

Задача №10. Визначити величину першої критеріальної швидкості, яка характеризує шугольодові умови в річці, якщо гідравлічна крупність льодинки буде $\sigma_{л}$, чисельне значення якої прийняти по додатку А.

Задача №11. Визначити величину другої критеріальної швидкості, яка характеризує шугольодові умови в річці, якщо глибина потоку H , чисельне значення якої прийняти по додатку А.

Практичні заняття №3 і №4

Тема занять: Розрахунок елементів берегових водозаборів

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темами №2 і №3.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- В якому випадку використовуються водозабори берегового типу і в чому їх позитивні і негативні якості?
- Чим відрізняються водозабори роздільного і сумісного типів?
- Які різновиди водозаборів сумісного типу використовуються?
- Коли можна використовувати водозабори сумісного типу з полегшеною підземною частиною?
- Чим відрізняються звичайні ґрати від ґрат з електрообігрівом?
- Що являють собою плоскі сітки?
- Достоїнства і недоліки плоских сіток.
- Як забезпечується підймання і опускання плоских сіток і ґрат при експлуатації берегових водозаборів?
- Як виконується очистка ґрат і плоских сіток від забруднень?
- Достоїнства і недоліки сіток, що обертаються.
- Як виконується очистка полотна сіток, що обертаються?
- Достоїнства і недоліки установки сіток, що обертаються, з лобовим підводом води.
- Достоїнства і недоліки установки сіток, що обертаються, з двохстороннім відводом і двохстороннім підводом води.
- Достоїнства і недоліки установки сіток, що обертаються, з лобово-зовнішнім підводом води.
- Достоїнства і недоліки малогабаритних конусних водоочисних сіток.
- Від чого залежить розрахункова продуктивність однієї секції водозабору і як вона визначається?

Задача №12. Визначити розрахункову продуктивність берегового водозабору категорії **К** і його окремих секцій **n**, якщо природні умови забору води **У**. Конкретні характеристики прийняти по додатку А.

Задача №13. Для умов задачі №12 визначити загальну площу ґрат і площу ґрат для кожної секції, якщо розрахункова продуктивність водозабору q_p . Відстань між стержнями в світлі a , товщина стержня b . Чисельні значення прийняти по додатку А.

Задача №14. Для водозабору берегового типу продуктивністю q_p визначити загальну площу плоских сіток і площу сіток для окремих секцій водозабору, у якого таких секцій n . Відстань між сусідніми дротинами в плоскій сітці a_1 , а діаметр дротинок d_1 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №15. Для водозабору берегового типу продуктивністю q_p визначити загальну робочу площу сіток, які обертаються, і робочу площу сіток для окремих секцій водозабору, у якого таких секцій n . Полотно сітки виготовлено з дроту діаметром d_2 , а розмір чарунок $b_1 \times b_1$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №16. Для умов попередньої задачі визначити робочу висоту сітки, яка обертається.

Задача №17. Визначити добову витрату води на промивку сітки, яка обертається зі швидкістю v_1 , знаючи, що витрата на промивку змінюється в межах від 5л/с до 15л/с в залежності від зміни швидкості обертання сітки в межах від 3,5см/с до 10см/с. Величину v_1 прийняти по додатку А.

Задача №18. Визначити зусилля підйому ґрат, які рухаються по направляючим із швелера, якщо маса їх разом з підйомним ланцюгом m , а площа F . Чисельні значення вихідних величин прийняти до додатку А.

Задача №19. Визначити необхідну кількість теплоти на підігрівання води, щоб не допустити прилипання внутрішньоводного льоду до ґрат, якщо витрата води q_p . При цьому слід враховувати, що підводне льодостворення починається при переохолодженні води до температури $-0,03^\circ\text{C}$, а температура стержнів ґрат повинна бути вищою температури замерзання води не менше, ніж на $0,01^\circ\text{C}$. Питому теплоємність води прийняти рівною $4,1868 \times 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \times \text{K})$. Чисельну величину розрахункової витрати води q_p прийняти до додатку А.

Задача №20. Визначити параметри енергетичної установки для обігріву ґрат в період шугоходу, які мають n_1 сталевих стержнів довжиною $H_{ст}$ розмірами $b \times b_2$ в перерізі з прозорами між ними a . Кількість ґрат – 2, швидкість води в прозорах ґрат 0,8м/с, питомий опір матеріалу стержнів ґрат $\rho = 0,098 \times 10^{-6} \text{ Ом} \times \text{м}^2/\text{м}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай вихідні дані для задачі такі: $n=2$; $n_1=15$; $H_{ст}=1,968\text{м}$; $b \times b_2=30 \times 60\text{мм}$; $a=60\text{мм}$; $v=0,8\text{м/с}$.

Визначити потужність, яка необхідна для обігріву ґрат

$$N = K_1 \alpha (t_{zp} - t_g) \Omega_{ep} / 3600 \text{ кВт},$$

де $K_1=1,5$ - коефіцієнт запасу;

t_{zp} - температура на поверхні стержнів ґрат, $t_{zp} = 0,03^\circ\text{C}$;

t_g - температура води при шугоході, $t_g = -0,01^\circ\text{C}$;

Ω_{ep} - площа поверхні стержнів ґрат, яка визначається за формулою

$$\Omega_{ep} = 2 (b + b_2) H_{ст} n_1 n \text{ м}^2,$$

$$\Omega_{ep} = 2 (0,03+0,06) \times 1,968 \times 15 \times 2 = 10,63 \text{ м}^2,$$

α - коефіцієнт теплопередачі від ґрат до води

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

$$\alpha = 13978 \times 0,8 (0,05 + 1,5 \times 0,8) = 13978 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \times \text{ч} \times ^\circ\text{C}).$$

Тоді

$$N = 1,5 \times 13978 (0,03 + 0,01) 10,63 / 3600 = 2,48 \text{ кВт} .$$

Визначити опір одного стержня за формулою

$$R = 8 \rho H_{ст} / (b \times b_2) = 8 \times 0,098 \times 10^{-6} \times 1,968 / (0,03 \times 0,06) = 87,46 \times 10^{-5} \text{ Ом}.$$

Якщо з'єднати обоє ґрат послідовно, їх загальний опір буде дорівнювати

$$R_{zp} = R \times n \times n_1 = 87,46 \times 10^{-5} \times 2 \times 15 = 26,24 \times 10^{-3} \text{ Ом}.$$

Необхідна сила струму в мережі підігріву дорівнює

$$J_{zp} = \sqrt{N / R_{zp}} = \sqrt{2,48 \times 10^3 / (26,24 \times 10^{-3})} = 0,307 \times 10^3 \text{ A} = 307 \text{ A} .$$

При цьому напруга в мережі буде

$$U_{zp} = R_{zp} J_{zp} = 26,24 \times 10^{-3} \times 307 = 8,06 \text{ В}.$$

Така напруга безпечна в експлуатації, але велика сила струму вимагає великого перерізу кабелю, що підводить електроенергію. Якщо підняти напругу до 12В, тоді сила струму повинна бути обмежена величиною

$$J = N / U = 2,48 \times 10^3 / 12 = 207 \text{ А} .$$

Задача №21. Визначити параметри гідроелеватора для видалення осаду з відділення водозабірною колодязя, якщо об'єм приямку W , м^3 , геометрична висота підйому пульпи H_{Γ} , втрати напору в напірній лінії h_n , к.к.д. гідроелеватора $\eta_{ел}$, відношення площі поперечного перерізу камери змішування гідроелеватора w_s до площі струменю робочого потоку w_p дорівнює S . Щільність осаду, який видаляється $\rho_{oc}=1100\text{кг/м}^3$, концентрація осаду в пульпі $C_{сум}=70\text{кг/м}^3$, термін відкачки T , співвідношення робочого потоку Q_p і потоку суміші $Q_{ел}$ $q_{ел}=Q_p/Q_{ел}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $W=1\text{м}^3$; $H_{\Gamma}=5,5\text{м}$; $h_n=0,8\text{м}$; $\eta_{ел}=0,25$; $\rho_{oc}=1100\text{кг/м}^3$; $C_{сум}=70\text{кг/м}^3$; $S=4$; $q_{ел}=0,45$; $T=1\text{год}$. Знайти $Q_{ел}$, Q_p , $H_{ел}$, H_p .

Витрата пульпи, яку повинен подавати гідроелеватор, визначається за формулою

$$Q_{ел} = \frac{\rho_{oc} \times W}{C_{сум} \times T} ,$$

де ρ_{oc} - щільність осаду, $\rho_{oc} = 1100\text{кг/м}^3$;

W - об'єм осаду, що видаляється (об'єм приямку);

$C_{сум}$ - концентрація осаду в пульпі $C_{сум}=70\text{кг/м}^3$;

T - термін відкачки, $T=1\text{год}$.

$$Q_{ел} = \frac{1100 \times 1}{70 \times 3600} = 0,044 \text{ м}^3/\text{с} = 15,71 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначити необхідний напір гідроелеватора

$$H_{ел} = H_{Г} + h_H = 5,5 + 0,8 = 6,3 \text{ м.}$$

Визначити витрату робочого потоку

$$Q_p = q_{ел} \times Q_{ел} = 0,45 \times 15,71 = 7,07 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Напір робочого потоку визначається за формулою

$$H_p = \frac{H_{ел}}{\eta_{ел} \left[\frac{2}{S} + \frac{S-2}{S(S-1)^2} q^2 - \frac{1}{S^2} (1+q)^2 \right]} =$$

$$= \frac{6,3}{0,25 \left[\frac{2}{4} + \frac{4-2}{4(4-1)^2} 0,45^2 - \frac{1}{4^2} (1+0,45)^2 \right]} = \frac{6,3}{0,25(0,5 + 0,01 - 0,13)} = 66,3 \text{ м}$$

Якщо напір H_p менший за напір насосів насосної станції I підйому, для подачі робочого потоку в гідроелеватори необхідно передбачити підкачуючі насоси.

Практичне заняття № 5

Тема заняття: Визначення розмірів водозаборів берегового типу

До початку практичного заняття необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №3.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Як впливають позначки рівнів води в джерелі на вертикальні розміри берегового водозабору?
- Який зв'язок розмірів ґрат і сіток і вертикальних розмірів берегового водозабору?
- Чому схема всмоктувальних ліній насосної станції I підйому впливає на глибину берегового водозабору?
- Як розміри ґрат і сіток впливають на розміри берегового водозабору в плані?

- Чи впливають діаметри всмоктувальних ліній насосної станції I підйому на розміри берегового водозабору в плані?
- Чим пояснюється вплив іншого допоміжного обладнання і будівельних конструкцій на розміри берегового водозабору.

Задача №22. Яка мінімальна позначка дна вхідної камери берегового водозабору повинна бути при мінімальному рівні води в джерелі Z , висоті ґрат $H_{\text{ст}}+0,2$, висоті сіток $1,1H_{\text{ст}}$? Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №23. Яка мінімальна позначка дна відділення всмоктувальних ліній повинна бути в береговому водозаборі, якщо діаметр всмоктувальних ліній D , а позначка мінімального рівня в джерелі Z ? Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №24. Визначити глибину берегового водозабору, який характеризується умовами задач №22 і №23.

Задача №25. Визначити позначку полу наземного павільйону берегового водозабору, якщо позначка максимального рівня води в джерелі Z_1 , висота хвилі $H_{\text{хв}}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №26. Виходячи з умов задач №24 і №25, визначити глибину підземної частини берегового водозабору.

Задача №27. Визначити мінімальну висоту надземного павільйону берегової насосної станції, яка б дозволяла відвантажувати необхідні агрегати безпосередньо в автомашину, якщо мінімальна висота вантажу $H_{\text{в}}$, висота строповки 1,0м, загальна висота підвіски гачка крана $H_{\text{кр}}$, а висота автомобіля від полу до борта 2,0м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №28. Розробити в плані схему установок сіток, які обертаються, при двох секціях водозабору берегового типу і $p_{\text{вс}}$ всмоктуючих лініях діаметром D , а також оцінити можливі мінімальні розміри водозабору в плані. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Практичні заняття №6 і №7

Тема заняття: Розрахунок самопливних і сифонних ліній **руслевих водозаборів**

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темами №4 і №5.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Чим водозабори руслового типу відрізняються від водозаборів берегового типу?
- Чим водозабори з самопливними лініями відрізняються від водозаборів з сифонними лініями?
- Чи можна використати сифонні лінії традиційного водозабору руслового типу для забезпечення I категорії надійності?
- В якому режимі працюють самопливні лінії і які ухили у них повинні бути?
- Які оголовки по відношенню до поверхні землі бувають?
- Як діляться оголовки в залежності від джерела, з якого вони одержують воду?
- Як діляться оголовки в залежності від матеріалу, з якого вони виготовляються?
- Які труби використовуються для самопливних і сифонних ліній?
- З якою метою навколо оголовків передбачається укріплення?
- Як забезпечується незамулюваність самопливних і сифонних ліній?

Задача №29. Визначити діаметр самопливних ліній від оголовка до берегового колодязя водозабору продуктивністю Q_p , у якого передбачено n робочих секцій. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №30. Для умов і результатів розрахунку задачі №29 перевірити самопливні лінії на незамулюваність, якщо каламутність річкової води ρ , а середньозважена гідравлічна крупність завислих речовин σ_z , коефіцієнт шершавості стінок труби $n=0,014$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №31. Нарисувати аксонометричну схему двох самопливних ліній від затопленого оголовку до берегового колодязя, якщо на вході в оголовки встановлені ґрати, а на кінці самопливної лінії в береговому колодязі передбачені засувки, що знаходяться в відкритому стані. Перенумерувати всі місцеві опори і визначити суми коефіцієнтів місцевих опорів для однакових швидкостей води, виходячи з того, що коефіцієнт місцевого опору орієнтовно приймається:

- для входу в ґрати - 0,5;
- в ґратах при їх забрудненні - 2;
- в переході, що звужується, при нормальному сортаменті -0,1;
- в коліні - 0,6;
- в відкритій засувці - 0,1;
- вихід води в приймальне відділення - 1.

Задача №32. Нарисувати аксонометричну схему двох сифонних ліній від затопленого оголовку до берегового колодязя аналогічно до умов попередньої задачі. Перенумерувати всі місцеві опори, згрупувати їх за швидкостями води і визначити суми коефіцієнтів місцевих опорів для окремих груп.

Задача №33. Визначити, на стільки знизиться в порівнянні з річковим рівень води у вхідному відділенні берегового колодязя водозабору при нормальній роботі, якщо діаметр самопливних ліній із сталевих труб D , довжина L , питомий опір S_c , витрата Q_p , а сума місцевих опорів в самопливній лінії $\sum \xi = 5$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №34. Визначити, на стільки знизиться рівень води в вхідному відділенні берегового колодязя водозабору при аварії однієї з двох самопливних ліній, кожна з яких характеризується даними попередньої задачі.

Задача №35. Визначити допустиму висоту підйому сифонної лінії над розрахунковим рівнем в джерелі, якщо розрахунковий мінімальний атмосферний тиск дорівнює $P_{ат}$, тиск насиченого водяного пару h_n , загальні втрати напору в сифонній лінії $h_{сл}$ (з врахуванням кавітаційного запасу). Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №36. Визначити, на скільки знижується допустима висота підйому сифонної лінії при вихідних даних таких же, як і в попередній задачі, якщо вийде з ладу одна із двох сифонних ліній.

Задача №37. Визначити продуктивність вакуум-насосу для зарядки сифону водозабору, якщо діаметр сифонної лінії D , його довжина L , розрахунковий атмосферний тиск $P_{ат}$, висота підйому в сифоні $H_{сиф}$, тривалість зарядки сифону $t_{сиф}$. Коефіцієнт, який враховує надходження повітря через нещільність з'єднань, прийняти рівним $\eta=1,1$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Практичне заняття №8

Тема занять: Розрахунок режимів промивки самопливних і сифонних ліній

До початку практичного заняття необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №5.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Чим відрізняється промивка зворотним током води від промивки прямим током води?
- Як видаляється повітря з сифонної лінії?
- З якою метою при зворотній промивці самопливних і сифонних ліній в береговому колодязі встановлюють напірну колону?
- Що таке гідроімпульсна промивка і як вона організується?

Задача №38. Визначити мінімальну швидкість води в самопливній лінії при її промивці для того, щоб з труби діаметром D вимити частинки діаметром d . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №39. Розрахувати і побудувати графік залежності необхідної витрати води при промивці самопливної лінії Q для вимиву частинок діаметром d з трубопроводу діаметром D , тобто $Q=f(d)$ при $D=const$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі №39

Щоб побудувати графік залежності $Q=f(d)$ необхідно скласти таблицю за формою табл.2.

Таблиця 2 - Розрахунок залежності $Q=f(d)$

Середньозважений діаметр частинок наносів, які промиваються, $d \times 10^4$ м	0.5	1	5	10	20
Розрахункова швидкість води, м/с					
Витрата води, м ³ /с					

Для спрощення розрахунку таблиці залежність необхідної швидкості води для вимивання частинок наносів діаметром d з труби діаметром D доцільно представити в вигляді

$$v = 7.5 (D d)^{0.25} = 7.5 D^{0.25} d^{0.25} = C_1 d^{0.25},$$

де $C_1=7.5D^{0.25}$ - постійна величина для діаметра, який розглядається.

Формулу, яка пов'язує витрату і швидкість води, також доцільно представити у вигляді

$$Q=v \frac{\pi D^2}{4} = C_2 v ,$$

де $C_2= \frac{\pi D^2}{4}$ - постійна величина для діаметра, який розглядається.

Графік $Q=f(d)$ дозволяє оцінити, які частини наносів можна вимити з самопливної лінії при тій витраті води, що її може забезпечити насосна станція І підйому.

Задача №40. Визначити швидкість руху води в самопливній лінії на початку і в кінці її прямої промивки. Самопливна лінія характеризується діаметром D , довжиною L , з питомим опором S_c і сумою коефіцієнтів місцевих опорів $\sum \xi=7$. Продуктивність водозабору q_p . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі №40

При прямій промивці спочатку закривається одна із самопливних ліній, а вся витрата подається у вхідну камеру по другій лінії. При цьому збільшення втрат напору в самопливній лінії призводить до зниження рівня води у вхідній камері. Після цього відкривається закрита лінія, і рівень води у вхідній камері підіймається до рівня, який підтримується при нормальній роботі. За рахунок збільшеної витрати осад з самопливних ліній вимивається у вхідну камеру. Таким чином, найменша швидкість в самопливній лінії буде спостерігатися при нормальній роботі водозабору.

$$v_{\min} = \frac{4q_p}{2\pi D^2} = \frac{2q_p}{\pi D^2},$$

Втрати напору в самопливній лінії при пропусканні по ній повної витрати визначаються за формулою

$$h = S_c L q_p^2 + \sum \xi \frac{v^2}{2g} = S_c L q_p^2 + \sum \xi \frac{2q_p}{g\pi D^2}.$$

При цьому швидкість в самопливній лінії, яка працює, буде рівною

$$v = 2 v_{\min}.$$

Після відкривання закритої самопливної лінії по кожній з них буде проходити повна витрата q_p тому, що вона буде визиватися різницею рівнів в джерелі і в вхідній камері, яка дорівнює h . Таким чином, при прямій промивці у вхідну камеру спочатку почне надходити витрата $2q_p$ зі зменшенням її в кінці промивки до величини q_p . Тоді максимальна швидкість води в самопливних лініях при прямій промивці буде рівною $2v_{\min}$.

Задача №41. Для умов задачі №40 розрахувати і побудувати графік зміни витрати води, яка надходить з джерела по одній із самопливних ліній до вхідної камери водозабору на протязі прямої промивки.

Вказівки до розв'язування задачі №41

За термін прямої промивки витрата по кожній з самопливних ліній зменшується від витрати q_p до витрати $q_p/2$. Графік зміни цієї витрати можна

побудувати на основі формули сумарних втрат напору в самопливній лінії, представивши її у вигляді $q_i=f(h_i)$, тобто

$$S_c L q_i^2 + \sum \xi \frac{2q_i}{g \pi D^2} - h_i = 0$$

або

$$q_i^2 + \sum \xi \frac{2q_i}{g \pi D^2 S_c L} - \frac{1}{S_c L} h_i = 0.$$

звідки

$$q_i = -\frac{\sum \xi}{g \pi D^2 S_c L} \pm \sqrt{\left(\frac{\sum \xi}{g \pi D^2 S_c L}\right)^2 + \frac{h_i}{S_c L}} = -a \pm \sqrt{a^2 + b h_i}.$$

де $a = \frac{\sum \xi}{g \pi D^2 S_c L}$ - постійна величина для тієї самопливної лінії, яка розглядається;

$b = \frac{1}{S_c L}$ - постійна величина для тієї ж самопливної лінії.

Для побудови графіка доцільно, задаючись величинами h_i , визначити витрати q_i . Розрахунки зводяться в таблицю 3. Величини повинні охоплювати діапазон змін втрат напору при витратах від q_p до $q_p/2$.

Таблиця 3 - Розрахунок залежності $q_i=f(h_i)$ при $D=\text{const}$, $L=\text{const}$

Втрати напору в самопливній лінії, м	h_1	h_2	...	h_n
Витрата по самопливній лінії, м ³ /с	q_1	q_2	...	q_n

Задача №42. Визначити, яка швидкість руху води буде в самопливному трубопроводі на початку його промивки гідроімпульсним способом зворотним током води. Висота напірної колони H_k , діаметр самопливної лінії D , довжина L , питомий опір S_c , сума коефіцієнтів місцевого опору $\sum \xi=6$, вихід води з оголовку знаходиться нижче рівня води в джерелі на 1м, а низ колони - на рівні води в джерелі. Чисельні значення величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі №42

Швидкість руху води в трубопроводі на початку його промивки буде визначатися витратою води в ньому. Остання пов'язана з втратами напору в самотпливному трубопроводі і описується залежністю, яка розглянута в задачі №41. При цьому максимальні втрати напору дорівнюють

$$h_c = H_k \pm \Delta Z - h_{вих},$$

де ΔZ - різниця між рівнем води в джерелі і низом напірної колони,
 $\Delta Z=0$ (за умовами задачі);

$h_{вих}$ - занурення виходу води з оголовку під рівень води в джерелі.

Виходячи з максимальних втрат напору h_c , обчислити $q_{i \text{ макс}}$, а потім $v_{\text{макс}}$ за формулою

$$v_{\text{макс}} = \frac{4 q_{i \text{ макс}}}{\pi D^2}.$$

Практичне заняття № 9

Тема заняття: Проектування рибозахисних пристроїв річкових водозаборів

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №6.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Чим пояснюється та обставина, що класифікація водозаборів з точки зору рибозахисту відрізняється від класифікації традиційної?
- В чому принципові особливості механічних загороджень?
- В чому принципові особливості гідравлічних загороджень?
- В чому принципові особливості "фізіологічних" загороджень?
- Які типи механічних загороджень використовуються для рибозахисту?
- Які типи гідравлічних загороджень використовуються для рибозахисту?
- Які типи "фізіологічних" загороджень використовуються для рибозахисту?

- Які основні обставини необхідно враховувати при проектуванні рибозахисних пристроїв?

Задача №43. Визначити необхідну площу плоскої сітки з рибовідводом з дроту $d=0,5\text{мм}$ з чарунками $1\times 1\text{мм}$, яка б забезпечувала захист риби з будь-якою довжиною тіла при продуктивності водозабору q_p . Рекомендуєма швидкість входу води в сітку $v\leq 0,5\text{м/с}$. В водозаборі передбачено два відділення. Чисельне значення продуктивності прийняти по додатку А.

Задача №44. Визначити розміри сітчастих барабанів, які необхідно встановити на оголовку руслового водозабору продуктивністю q_p . Для захисту риби з будь-якою довжиною тіла на барабані треба передбачити сітку з чарунками $1\times 1\text{мм}$ з дроту $d=0,5\text{мм}$. Рекомендуєма швидкість входу води в сітку $0,25\text{м/с}$. Чисельне значення продуктивності водозабору прийняти по додатку А.

Задача №45. Визначити, як зміниться швидкість входу води в водоприймальне вікно, якщо з метою рибозахисту вхідні ґрати замінити фільтруючою касетою з пористістю щебня P . Ґрати мали прозори a і товщину стержнів b при швидкості входу води в них $0,2\text{м/с}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №46. Для умов задачі №45 визначити коефіцієнт фільтрації води і швидкість проходження води через касету.

Задача №47. Використовуючи результати розв'язування задачі №46, визначити втрати напору в чистій касеті, в касеті при допустимому забрудненні і в касеті при форсованому режимі роботи в аварійних умовах, коли буде працювати тільки одна із двох секцій водозабору. Товщину касети b_k прийняти по додатку А.

Задача №48. Визначити коефіцієнт фільтрації фільтруючої касети, яка завантажена ґравієм з діаметром фракцій d_z , при пористості P . Чисельні значення прийняти по додатку А.

Задача №49. Визначити середню швидкість проходження води через пороеластову плиту товщиною b_k , якщо середня крупність зерен наповнювача d_z , а напір на плиту H_1 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача № 50. Сформулювати, як нормується величина вхідної швидкості в грати з врахуванням вимог рибозахисту. Оцінити, як це впливає якісно на використання гідравлічних загороджень у якості рибозахисних споруд.

Практичне заняття № 10

Тема заняття: Перевірка елементів водозаборів з поверхневих джерел на стійкість

До початку практичного заняття необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №7.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- В чому зміст статичної стійкості оголовків руслових водозаборів?
- Що таке коефіцієнт стійкості оголовка на зрушення з місця?
- Що таке коефіцієнт стійкості на перекидання оголовка?
- Які фактори можуть бути причинами порушення стійкості самопливних і сифонних ліній?
- За рахунок чого може порушуватись стійкість берегових колодязів?

Задача №51. Перевірити на стійкість оголовки з загальним об'ємом (без врахування об'єму водоприймальних вікон і дифузора) $W_{ог}$, об'ємом фундаменту під оголовку $W_{ф}$, щільністю оголовка $\rho_{ог}=2300\text{кг/м}^3$ і щільністю фундаменту $\rho_{ф}=2150\text{кг/м}^3$. Коефіцієнт тертя підшви оголовку по його основі f , площа основи оголовку $\Omega_{ог}$, переріз оголовку, перпендикулярний потоку води $W_{ог}$, коефіцієнт лобового опору оголовку, який залежить від його форми ψ , швидкість води в річці v_p , коефіцієнт підймання оголовку водою $K_{під}$, який залежить від виду ґрунту, на якому стоїть оголовку, плече сил ваги відносно вісі перекидання X_G , плече підймальної сили відносно вісі перекидання X_P . Висота оголовку $h_{ог}$, висота фундаменту $h_{ф}$. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $W_{ог}=6,974\text{м}^3$; $W_{ф}=2,31\text{м}^3$; $\rho_{ог}=2300\text{кг/м}^3$; $\rho_{ф}=2150\text{кг/м}^3$; $f=0,3$; $\Omega_{ог}=4,62\text{м}^2$; $w_{ог}=1,76\text{м}^2$; $\psi=0,3$; $v_p=0,7\text{м/с}$; $K_{під}=0,95$; $X_G=2,1\text{м}$; $X_P=2,1\text{м}$; $h_{ог}=1,6\text{м}$; $h_{ф}=0,5\text{м}$.

Визначити силу ваги оголовку

$$G_{ог} = m_{ог} g = \rho_{ог} W_{ог} g = 2300 \times 6,974 \times 9,81 = 157354 \text{ Н} = 157,354 \text{ кН}.$$

Визначити силу ваги фундаменту

$$G_{ф} = m_{ф} g = \rho_{ф} W_{ф} g = 2150 \times 2,31 \times 9,81 = 48721 \text{ Н} = 48,721 \text{ кН}.$$

Визначити підймальну силу, яка діє на оголовок

$$P = K_{під} g \rho_v \Omega (h_{ог} + h_{ф}) = 0,95 \times 9,81 \times 1000 \times 4,62 (1,6 + 0,5) = 90417 \text{ Н} = 90,417 \text{ кН}.$$

Визначити силу гідродинамічного тиску води

$$F = \psi g \rho_v w \frac{v^2}{2g} = 0,3 \times 9,81 \times 1000 \times 1,76 \frac{0,7^2}{2 \times 9,81} = 129 \text{ Н} = 0,129 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт запасу оголовку на зрушення визначається за формулою

$$K_{зр} = \frac{(G - P) f}{F} = \frac{(157,354 + 48,721 - 90,417) \times 0,3}{0,129} = 299 > |K_{дон}|.$$

Коефіцієнт запасу оголовку на перекидання визначається за формулою

$$K_{пер} = \frac{G \times X_G}{F y_F + P X_P},$$

де $y_F = h_{ф} + 0,6 h_{ог}$.

$$K_{пер} = \frac{(157,354 + 48,721) \times 2,1}{0,129 (0,5 + 0,6 \times 1,6) + 90,418 \times 2,10} = 2,28 > |K_{пер.дон}|.$$

Так як $K_{зр}$ і $K_{пер}$ значно перевищують 1, при який буде рівновага сил, то стійкість оголовку забезпечена.

Задача №52. Перевірити на стійкість самопливну лінію діаметром **D**, яка не присипана ґрунтом, при промивці її гідроімпульсним способом за допомогою повітря від компресора, яке подається в колону із сталеві труби діаметром **2D**. При промивці внутрішній об'єм самопливної лінії заповнюється повітрям на 60-70%, маса одного метра труби з врахуванням її покриття **m₁**. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №53. Перевірити на можливість спливання самопливної лінії діаметром D і довжиною L , яка присипана піском зі щільністю $\rho_{\text{п}}=1500\text{кг/м}^3$. Маса одного метра труби з врахуванням її покриття m_1 , товщина шару піску поверх труби 0,5м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі

Перевірка не спливання самопливної лінії виконується за умовою

$$\rho_{\text{в}} W_{\text{с.л.}} < \rho_{\text{тр}} W_{\text{тр}} + \rho_{\text{гр}} W_{\text{гр}} + \rho_{\text{в}} W_{\text{в}} + \rho_{\text{нов}} W_{\text{нов}} ,$$

де $\rho_{\text{в}}$, $\rho_{\text{тр}}$, $\rho_{\text{гр}}$, $\rho_{\text{нов}}$ - щільність води, труби, ґрунту і повітря відповідно, $\rho_{\text{в}}=1000\text{кг/м}^3$; $\rho_{\text{тр}}=7950\text{кг/м}^3$; $\rho_{\text{гр}}=1500\text{кг/м}^3$; $\rho_{\text{нов}}=1,293 \text{ кг/м}^3$;

$W_{\text{с.л.}}$ - об'єм самопливної лінії;

$W_{\text{тр}}$ - об'єм металу разом з його покриттям в самопливній лінії;

$W_{\text{гр}}$ - об'єм ґрунту, який прикриває самопливну лінію;

$W_{\text{в}}$, $W_{\text{нов}}$ - об'єм води і об'єм повітря в самопливній лінії відповідно.

Задача №54. Перевірити на спливання береговий колодязь діаметром $D_{\text{к}}$, у якого заглиблення дна під максимальний рівень $H_{\text{рив}}$, ґрунти — щільна глина. Наземна частина колодязя - цегляна ($\rho_{\text{ц}}=1650\text{кг/м}^3$) загальним об'ємом $W_{\text{н}}$, покрівля має щільність $\rho_{\text{покр}}=1900\text{кг/м}^3$ і загальним об'ємом $W_{\text{покр}}$, підземна частина залізобетонна загальним об'ємом $W_{\text{п}}$ з $\rho_{\text{підз}}=2300\text{кг/м}^3$ (з врахуванням обладнання). Коефіцієнт передачі тиску від води до колодязя $K_{\text{під}}=0,75$ (для глини). Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $D_{\text{к}}=9\text{м}$; $H_{\text{к}}=7\text{м}$; $W_{\text{н}}=33,075\text{м}^3$; $W_{\text{покр}}=22,891\text{м}^3$; $W_{\text{п}}=124,469\text{м}^3$.

Визначити загальну масу колодязя

$$m_{\text{к}} = W_{\text{н}}\rho_{\text{ц}} + W_{\text{покр}}\rho_{\text{покр}} + W_{\text{п}}\rho_{\text{п}} = 33,075 \times 1650 + 22,891 \times 1900 + 124,469 \times 2300 = 384346\text{кг}.$$

Визначити силу ваги колодязя

$$G_{\text{к}} = m_{\text{к}} g = 384346 \times 9,81 = 3770,4 \text{ кН} .$$

Підймальна сила, що діє на колодязь, буде

$$P_{\text{в}} = K_{\text{під}} g \rho_{\text{в}} W_{\text{м.гр}} ,$$

де $W_{м.зр.}$ - об'єм підземної частини, яка знаходиться під рівнем максимального рівня води в джерелі.

$$W_{м.зр.} = \frac{\pi D_k^2}{4} H_{рив} = \frac{3,14 \times 9^2}{4} 7 = 445,095 \text{ м}^3 ,$$

$$P_v = 0,75 \times 9,81 \times 1000 \times 445,095 = 3274,8 \text{ кН} .$$

Оскільки $G_k > P_v$, то навіть без врахування сил тертя зовнішньої поверхні об ґрунт, спливання колодязя не буде. Коефіцієнт запасу на спливання визначається за формулою

$$K_{спл} = G_k / P_v ,$$

$$K_{спл} = 3770,4 / 3274,8 = 1,15 .$$

Практичне заняття № 11

Тема заняття: Розрахунок водозаборів з ковшами

До початку практичного заняття необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №8.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Що таке водоприймальний ківш?
- З якою метою використовуються ковші в водозаборах?
- Які ковші по відношенню до русла ріки бувають?
- Що таке режим ділення при водозаборах з ковшами?
- Що таке режим водообміну при водозаборах з ковшами?
- Коли спостерігається перехідний режим при водозаборах з ковшами і чим він характеризується?
- Які водозабори частіше всього використовуються в ковшах?

Задача №55. Визначити максимально можливу швидкість в ковші при різних кутах спряження його з річкою, якщо мінімальна швидкість води в річці v_p . Значення критерію Миловича для різних кутів спряження і режимів роботи ковша прийняти згідно з табл.5 [1], а величину швидкості руху води в річці прийняти по додатку А.

Задача №56. Використавши результати розв'язування задачі №55, визначити максимально можливу площу поперечного перерізу ковша, у якого зберігається режим водообміну при різних кутах спряження ковша з річкою, якщо розрахункова продуктивність водозабору Q_p .

Примітка: Якщо при заданих швидкостях в річці неможливо досягти режиму водообміну, необхідно перейти до ковша, який видвинуто в русло ріки, коли при найбільш раціональному куті $\varphi=135^\circ$ і режимі водообміну $M=0,137$, а в режимі ділення - $M=0,32$.

Задача №57. Використавши результати розв'язування задачі №56, визначити розміри перерізу ковша, якщо висота ґрат, які необхідно встановити в береговому водозаборі, буде дорівнювати H_v , а можлива товщина льоду 0,5м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі №57.

Поперечний переріз ковша доцільно проектувати, виходячи з необхідної мінімальної його глибини, яка визначається за формулою

$$H_{\text{мін.к}} = H_{\text{гр}} + 1,3h_{\text{л}} + h_{\text{ос}},$$

де $H_{\text{гр}}$ - висота ґрат,

$h_{\text{л}}$ - товщина льоду в ковші,

$h_{\text{ос}}$ - запас глибини на накопичення осадів і недопущення їх попадання в береговий колодязь, $h_{\text{ос}}= 1,0 - 1,5\text{м}$.

Ширина ковша по дну визначається за формулою

$$B_{\text{к}} = \omega_{\text{к}} / H_{\text{мін.к}} - m H_{\text{мін.к}},$$

де $\omega_{\text{к}}$ - площа поперечного перерізу ковша,

m - коефіцієнт закладення схилу ковша, $m \geq 2$.

Ширина ковша по верху визначається, виходячи з його трапецевидного перерізу і ширині по низу $B_{\text{к}}$.

Задача №58. Визначити необхідну довжину ковша, якщо його продуктивність Q_p , а глибина і ширина ковша можуть бути прийняті за результатами розв'язування задачі №57. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Практичні заняття № 12 і №13

Тема заняття: Розрахунок водозаборів із свердловин

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темами №10 - №13.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Які види підземних вод використовуються для водопостачання?
- Чим принципово відрізняються окремі види підземних водозаборів один від одного?
- Які складові частини фільтрів для свердловин і в чому їх призначення?
- Чим щільові фільтри відрізняються від дірчастих?
- Що являють собою каркасно-стержневі фільтри?
- Чим відрізняються дротяні фільтри від сітчастих?
- Що таке гравійні фільтри, і які вони бувають?
- В чому особливості гравійних фільтрів, які виготовляються на поверхні землі?
- Від чого залежить робоча поверхня фільтрів?
- Що таке безфільтрові свердловини і як вони споруджуються?
- Від чого залежить продуктивність свердловин в безнапірних водоносних породах?
- В чому суть методу М.Є. Альтовського при визначенні притоку води до свердловин?
- Як враховується нестабільність у часі руху підземних вод?
- Як визначається приплив води при недосконалих колодязях?
- В чому особливість схем водозборів зі свердловин?
- В чому суть взаємодії свердловин?
- Що таке коефіцієнт впливу взаємодіючих свердловин і що таке коефіцієнт зниження дебіту свердловин?

Задача №59. Визначити приплив води до свердловини при безнапірних водах, якщо діаметр свердловини D , радіус впливу R , потужність водоносного пласту $H_{\text{рів}}$, відстань від підстилаючого водонепроникного шару до динамічного рівня води h_g , а коефіцієнт фільтрації K_f . Чисельні значення величин прийняти по додатку А.

Задача №60. Визначити приплив води до свердловини діаметром D в напірному водоносному пласті потужністю $H_{\text{рів}}$, якщо радіус впливу R , а коефіцієнт фільтрації K_f . Відстань від підстилаючого водонепроникного шару до статичного рівня 16м, а до динамічного рівня - 10 м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №61. Визначити приплив води до одиночної свердловини в напірному водоносному пласті за умовами задачі №60 за виключенням того, що відстань від підстилаючого водонепроникного шару до статичного рівня 10м, а до динамічного рівня 5м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №62. Відомі результати пробної відкачки із свердловини: витрата Q_1 при зниженні S_1 , витрата Q_2 при зниженні S_6 , витрата Q_3 при зниженні S_3 . Визначити дебіт свердловини при зниженні S_4 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №63. Відомі результати пробної відкачки із свердловини: витрата Q_1 при зниженні S_5 , витрата Q_2 при зниженні S_6 , витрата Q_3 при зниженні S_7 . Визначити дебіт свердловини при зниженні S_4 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №64. Проаналізувати, як зміниться приплив води до одиночної свердловини, що характеризується параметрами, які приведені в задачі №59, коли підстилаючий водонепроникний шар знизиться на 10м, і свердловина стане недосконалою. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вказівки до розв'язування задачі

Для розв'язування задачі рекомендується спочатку зробити рисунок за умовами задачі №59, потім підстилаючий водонепроникний шар змістити вниз на 10м. Після цього, виходячи з отриманого рисунка, розв'язувати задачу, враховуючи, що вихідна досконала свердловина стане недосконалою.

Задача №65. Для умов задачі №60 визначити приплив води до свердловини, якщо вона буде недосконалою з довжиною водоприймальної частини l_c , яку взяти по додатку А.

Задача №66. Визначити коефіцієнт зниження дебіту і коефіцієнт впливу свердловин, які взаємодіють, якщо зниження рівня води без врахування взаємодії S_1 , а зрізка в свердловині при роботі сусідньої свердловини t . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №67. Використовуючи результати розв'язування задачі №60, визначити її питомі дебіти без взаємодії і в умовах взаємодії з сусідньою свердловиною, якщо в ній при роботі сусідньої свердловини спостерігається зрізка t . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №68. Розрахувати фільтр свердловини для витрати $Q_{св}$ в ґрунтах з коефіцієнтом фільтрації K_f при потужності водоносної породи H_k і безнапірних водах. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №69. Визначити загальну продуктивність водозабору з підземного джерела, яке знаходиться на значній відстані від поверхневого джерела. Водозабір включає 5 свердловин, які розташовані в один ряд на відстані 2σ одна від одної. Свердловини досконалі, діаметр кожної 200мм, потужність водоносного горизонту $H_{рів}$, коефіцієнт фільтрації K_f , радіус впливу R , напір водоносного шару 20м, а втрати напору на вході в свердловину 4м. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $2\sigma=70\text{м}$, $K_f=40\text{м/добу}$, $R=150\text{м}$, $H_{рів}=9,5\text{м}$, $H_{в.ш}=20\text{м}$, $H_f=5\text{м}$, $d_f=200\text{мм}$, $n_{св}=5$.

Допустиме значення статичного рівня орієнтовно визначається за формулою

$$S = H_{в.ш} - 0,5H_{рів} - H_f = 20 - 0,5 \times 9,5 - 5 = 10,25 \text{ м} .$$

Приведений радіус лінійного водозабору буде

$$r_{np} = 0,37 l ,$$

де l - половина довжини ряду свердловин

$$l = 2 \sigma (n_{св} - 1) ,$$

$n_{св}$ - кількість свердловин

$$l = 70 (5 - 1) = 280 \text{ м.}$$

Тоді

$$r_{np} = 0,37 \times 280 = 103,6 \text{ м.}$$

Загальна продуктивність водозабору визначається за формулою

$$Q_{заг} = \frac{2,73 K_{\phi} m S}{\lg \frac{R}{r_{np}} + \frac{1}{n_{св}} \lg \frac{\sigma}{\pi r_0}},$$

де m – потужність водоносної породи, $m = H_{piв} = 9,5 \text{ м}$;

σ – половина відстані між свердловинами, $\sigma = 35 \text{ м}$.

$$Q_{заг} = \frac{2,73 \times 40 \times 9,5 \times 10,25}{\lg \frac{150}{103,6} + \frac{1}{5} \lg \frac{35}{3,14 \times 0,1}} = \frac{1063335}{0,16 + 0,41} = 18655 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Задача №70. Визначити загальну продуктивність водозабору за умовами задачі №69, якщо свердловини розміщуються по колу.

Розв'язування типової задачі

Якщо свердловини розміщені по колу, приведений радіус буде дорівнювати радіусу кільця свердловин, тобто

$$r_{np} = R_0 = \frac{5 \times 70}{2\pi} = 55,7 \text{ м.}$$

Тоді

$$Q_{заг} = \frac{2,73 m K S}{\lg \frac{R}{r_{np}} + \frac{1}{n_{св}} \lg \frac{\sigma}{\pi r_0}} = \frac{2,73 \times 9,5 \times 40 \times 10,25}{\lg \frac{150}{55,7} + \frac{1}{5} \lg \frac{35}{3,14 \times 0,1}} = \frac{1063335}{0,43 + 0,41} = 12659 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Задача №71. Визначити схему розміщення $n_{св}$ свердловин, які розміщуються на відстані 2σ одна від одної. Радіус свердловини 200мм, а радіус впливу після 25-и років експлуатації становить R_1 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Вихідні дані: $n_{св}=10$, $2\sigma=250\text{м}$, $R_1=4186\text{м}$, $r_{св}=400\text{мм}$.

Визначити загальну довжину водозабору при лінійному розміщенні свердловин

$$L_{л} = (n_{св} - 1) 2\sigma = (10 - 1) 250 = 2250 \text{ м.}$$

Визначити загальну довжину кільцевої системи

$$L_{к} = 1,1 n_{св} 2\sigma = 1,1 \times 10 \times 250 = 2750 \text{ м.}$$

Радіус кільця кільцевої схеми розміщення свердловин

$$r_{к} = L_{к} / 2\pi = 2750 / (2 \times 3,14) = 435 \text{ м.}$$

Визначити безрозмірний фільтраційний опір свердловини при їх лінійному розміщенні

$$\Phi_{л} = \ln \frac{2\sigma}{2\pi r_{св}} + \frac{\pi R_1}{2\sigma} = \ln \frac{250}{2 \times 3,14 \times 0,4} + \frac{3,14 \times 4186}{250} = 4,6 + 52,6 = 57,2 .$$

Фільтраційний опір при кільцевій схемі

$$\Phi_{л} = \ln \frac{R_1^{n_{св}}}{n_{св} \times r_{к}^{n_{св}-1} \times r_{св}} = \ln \frac{4186^{10}}{10 \times 435^9 \times 0,4} = \frac{1}{0,43429} \times \lg \frac{4186^{10}}{10 \times 435^9 \times 0,4} = 2,30 \times 11,072 = 25,49.$$

Оскільки $\Phi_{л} \gg \Phi_{к}$, а цей опір входить в знаменник формули для визначення витрати однієї свердловини, то доцільно прийняти кільцеву схему розміщення свердловин.

Практичне заняття № 14

Тема заняття: Розрахунок горизонтальних водозборів

До початку практичного заняття необхідно вивчити матеріал лекцій за темою №14.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- В якому випадку доцільно використовувати горизонтальні водозбори, і чим це пояснюється?
- Що таке траншейний водозбір?

- Що являє собою трубчатий водозбір?
- Чим галерейний водозбір відрізняється від трубчатого водозбору?
- Яким вимогам повинні задовольняти горизонтальні водозбори?

Задача №72. Визначити продуктивність досконалого горизонтального трубчатого водозбору діаметром **D**, загальною довжиною **L**, розташований на значній відстані від поверхні джерел в водоносній породі з коефіцієнтом фільтрації **K_ф** і радіусом впливу **R**. Статичний рівень води в джерелі **H_в**, а динамічний рівень встановлюється на висоті, яка дорівнює діаметру труби водозбору. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що **K_ф**=22м/добу; **D**=400мм; **L**=1000м; **R**=100м; **H_в**=3м.

Продуктивність горизонтального водозбору визначається за формулою

$$Q = 2 K l m S / (R + E_{\phi}) ,$$

де **K** - коефіцієнт фільтрації, **K**=22м/добу;

l - довжина горизонтального водозбору, **l**=1000м;

R - радіус впливу, **R**= 100м.

Розрахункова потужність водоносного пласту визначається за формулою

$$m = (h_c + h_{\partial}) / 2 ,$$

де **h_c** - статичний рівень води в водозборі, **h_c**=**H_в**=3м;

h_∂ - динамічний рівень води в водозборі, **h_∂**=0,4м (за умовою задачі).

Тоді $m = (3 + 0,4) / 2 = 1,7 \text{ м.}$

S - зниження статичного рівня води при роботі водозабору

$$S = h_c - h_{\partial} = 3 - 0,4 = 2,6 \text{ м.}$$

E_φ - коефіцієнт, який враховує фільтраційний опір, що визивається недосконалістю розкриття водоносного шару

$$E_{\phi} = 0,37 \pi \lg \frac{h_{сер}}{2 \pi r \sin \frac{\pi c}{h_{сер}}},$$

$h_{сер}$ - середня глибина підземного потоку в процесі експлуатації,

$$h_{сер} = 0,75 h_c = 0,75 H_г = 0,75 \times 3 = 2,25 \text{ м};$$

c - глибина занурення водозбірної труби під статичний рівень,

$$c = h_c - D/2 = 3 - 0,4/2 = 2,8 \text{ м.}$$

Тоді

$$E_{\phi} = 0,37 \times 3,14 \times \lg \frac{2,25}{2 \times 3,14 \times 0,2 \times \sin \frac{3,14 \times 2,8}{2,25}} = 1,16 \times \lg \frac{2,25}{6,28 \times 0,2 \times 0,068} = 1,16 \times \lg 26,34 = 1,65.$$

Продуктивність горизонтального водозбору буде

$$Q = 2 \times 22 \times 1000 \times 1,7 \times 2,6 / (100 + 1,65) = 1913,2 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Задача №73. Визначити притік води до недосконалої дрени горизонтального водорозбору, яка має розміри перерізу: ширину $b=0,8\text{м}$ і висоту $h=1\text{м}$ і прокладена на відстані від водонепроникного шару до рівня води в пласті T . Коефіцієнт фільтрації K_{ϕ} , зниження рівня води S_1 , радіус впливу R , а довжина лінії L . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай дано: $T=6\text{м}$; $K_{\phi}=12,5\text{м}/\text{добу}$; $S_1=3\text{м}$; $R=350\text{м}$; $L=60\text{м}$;

$b=0,8\text{м}$; $h=1\text{м}$.

Притік води до недосконалої дрени при симетричному притоці води визначається за формулою

$$Q = \left[\frac{S}{R} + \left(2,3 \lg \frac{1,67 T}{\pi b} + \frac{R}{2 T} \right)^{-1} \right] K_{\phi} S L =$$

$$= \left[\frac{3}{350} + \left(2,3 \lg \frac{1,67 \times 6}{3,14 \times 0,8} + \frac{350}{2 \times 6} \right)^{-1} \right] \times 1,25 \times 3 \times 60 = 73,63 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Задача №74. Для умов задачі №73 визначити притік води, якщо дрена розташувати на водонепроникному шарі. Притік води до дрена двохсторонній.

Задача №75. Визначити необхідну довжину досконалого горизонтального трубчатого водозбору діаметром D , який знаходиться на відстані l_1 від річки, для одержання q_1 м³ на добу. Водозбір інфільтраційного типу. Глибина води в річці при мінімальному її рівні над водонепроникною породою, на якій знаходиться водозбірна дрена, H_k , коефіцієнт фільтрації K_f , глибина води в місці розміщення водозбірної труби в процесі експлуатації дорівнює її діаметру. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $D=1000\text{мм}$; $l_1=50\text{м}$; $q_1=7100\text{м}^3$; $H_k=5\text{м}$;

$K_f=52\text{м/добу}$; $h=1\text{м}$.

Розрахункова потужність безнапірного водоносного шару за рахунок живлення від ріки визначається за формулою

$$m = (H + h) / 2 ,$$

де H - глибина води в річці при її мінімальному рівні над водопроникним шаром, $H=H_k=5\text{м}$;

h - глибина води у водозборі при його роботі, $h=D=1\text{м}$.

$$m = (5 + 1) / 2 = 3 \text{ м.}$$

Зниження статичного рівня води буде

$$S = H - h = 5 - 1 = 4 \text{ м.}$$

Середня глибина підземного потоку

$$h_{сер} = 0,75 H = 0,75 \times 5 = 3,75 \text{ м.}$$

Коефіцієнт фільтраційного опору при розміщенні водозбірної труби на водонепроникній породі визначається за формулою

$$E_{\phi} = 0,74 h_{сер} \lg \frac{0,225 h_{сер}}{r} = 0,74 \times 3,75 \times \lg \frac{0,225 \times 3,75}{0,5} = 0,63.$$

Коефіцієнт, який враховує додатковий опір руху води від відкритого джерела до водозабору визначається за формулою

$$f = \sqrt{\frac{1}{m}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = 0,82.$$

Тоді необхідна довжина горизонтального водозбору визначається залежністю

$$2l = \frac{Q \left(l_1 + \frac{1}{f} + E_\phi \right)}{K_\phi m S} = \frac{7100 \left(50 + \frac{1}{0,82} + 0,63 \right)}{52 \times 3 \times 4} = 590 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Практичні заняття № 15 і №16

Тема занять: Розрахунок променевих водозаборів і санітарна охорона джерел водопостачання

До початку практичних занять необхідно вивчити матеріал лекцій за темами №15, №16, №20.

Запитання для самоконтролю засвоєння матеріалу, який вивчається:

- Що являють собою променеві водозабори?
- Чим берегові променеві водозабори відрізняються від підруслових?
- В чому особливості комбінованих променевих водозаборів?
- Які променеві водозабори називаються міжрічковими?
- Що таке водороздільні променеві водозабори?
- Чим відрізняються променеві водозабори основного типу від водозаборів особливого типу?
- Як споруджуються промені і що вони собою являють?
- Від яких параметрів залежить величина притоку до променевого водозабору?
- Достоїнства і недоліки променевих водозаборів в порівнянні з іншими типами водозаборів з підземних джерел.

Задача №75. Визначити продуктивність променевого водозабору берегового типу в напірному водоносному пласті потужністю H_{piv} , який знаходиться на відстані l_1 від водосховища. Водозабір має n_p променів довжиною l_2 і радіусом кожного r . Коефіцієнт фільтрації K_f , а розрахункове зниження рівня води S_2 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $l_1=75\text{м}$; $n_p=4$; $l_2=30\text{м}$; $H_{piv}=5\text{м}$; $r=100\text{мм}$;
 $K_f=50\text{м/добу}$; $S_2=8\text{м}$.

Визначити фільтраційний опір радіальної системи

$$R_{\sigma} = \frac{m}{l \times K_u \times N_{\sigma}} (\ln v_r + 2\eta \ln v_T),$$

$$\text{де } v_r = \frac{l_2 v}{1,36 r},$$

$$v = \sqrt{\frac{4l_1 - l_2}{4l_1 + l_2}} = \sqrt{\frac{4 \times 75 - 30}{4 \times 75 + 30}} = 0,9;$$

$$v_r = \frac{30 \times 0,9}{1,36 \times 0,1} = 198;$$

$$v_T = \frac{\left(l_2 + \sqrt{l_2^2 + 4H_{piv}^2} \right) v}{2H_{piv}} = \frac{\left(30 + \sqrt{30^2 + 4 \times 5^2} \right) 0,9}{2 \times 5} = 5,6.$$

Для визначення фільтраційного опору R_{σ} необхідно знати коефіцієнти K_u і η , які визначаються від кількості променів n_p і співвідношень довжини променя до потужності водоносного шару l_2/H_{piv} і відстані водозабору від джерела до потужності водоносного шару l_1/H_{piv} згідно з табл.4.

Таблиця 4 - Величини коефіцієнтів K_u і η

№	$l / m = l_2 / H_{piv}$				
	2	4	6	8	10
Коефіцієнт K_u					
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
l_1 / H_{piv}	Коефіцієнт η				
50	4,5	5,0	6,2	7,0	8,0
25	4,2	4,5	5,5	6,2	7,0
10	2,8	3,5	4,0	4,5	5,0

При $l_2/H_{piv} = 30/5 = 6$ і $n_p=4$ $K_u=0,57$.

При $l_1/H_{piv} = 75/5 = 15$ і $l_2/H_{piv} = 30/5 = 6$ $\eta=4,5$.

Тоді

$$R_{\phi} = \frac{5}{30 \times 0,57 \times 4} (\ln 198 + 2 \times 45 \times \ln 5,6) = 0,073(5,29 + 15,5) = 1,52.$$

Продуктивність променевого водозабору буде

$$Q = 2 \pi K_{\phi} \times H_{piv} S \left(\frac{1}{R_{\phi}} + \frac{1}{R_u} \right).$$

При $\frac{1}{R_u} = 0$ $Q = 2 \times 3,14 \times 50 \times 5 \times 8 \times 1 / 1,52 = 8263 \text{ м}^3/\text{добу}.$

Задача №76. Визначити продуктивність променевого підруслового водозабору, якщо коефіцієнт фільтрації ґрунту K_{ϕ} , а зниження в береговому колодязі відносно рівня води в річці S_2 . Збірний колодязь розташований на острові, кут між променями θ , кількість променів n_p , довжина кожного променя l_2 , радіус r . Промені прокладено на глибині $Z_{пр}$ під дном річки в водоносному шарі потужністю H_{piv} . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $K_{\phi}=25\text{м/добу}$; $S_2=5\text{м}$; $\theta=36^\circ$; $n_p=5$; $l_2=30\text{м}$; $r=0,1\text{м}$;
 $H_{\text{рів}}=6\text{м}$; $Z_{np}=3\text{м}$.

Визначити фільтраційний опір підруслового водозабору за формулою

$$R_n = (U_o + U_n) m / (l N) ,$$

m - потужність водоносного шару, $m=H_{\text{рів}}=6\text{м}$;

l - довжина променя, $l=l_2=30\text{м}$;

N - кількість променів $N=n_p=5$.

$$U_o = \ln \frac{3 Z_{np} m l \left[l + \sqrt{l^2 + 16(m - Z_{np})^2} \right]}{r (m - Z_{np}) \left(l + \sqrt{l^2 + 16m^2} \right) \left(l + \sqrt{l^2 + 16Z_{np}^2} \right)} =$$
$$= \ln \frac{3 \times 3 \times 6 \times 30 \times \left[30 + \sqrt{30^2 + 16(6 - 3)^2} \right]}{0,1(6 - 3)30 \times \left(30 + \sqrt{30^2 + 16 \times 6^2} \right) \left(30 + \sqrt{30^2 + 16 \times 3^2} \right)} = 3,71 ,$$

$$U_n = \frac{2+N}{3} \ln \left\{ 1 + \left[\frac{4m}{(l - 0.5m) \sin \theta} \right]^2 \right\} = \frac{2+5}{3} \ln \left\{ 1 + \left[\frac{4 \times 6}{(30 - 0.5 \times 6) \sin 36} \right]^2 \right\} = 2,76 .$$

Тоді

$$R_n = (3,71 + 2,76) \times 6 / (30 \times 5) = 0,26 .$$

Продуктивність водозабору буде

$$Q = 2 \pi K_{\phi} \times m \times S \left(\frac{1}{R_{\sigma}} + \frac{1}{R_n} \right) ,$$

$m=H_{\text{рів}}=6\text{м}$; $S=5\text{м}$; $K_{\phi}=25\text{м/добу}$.

Так як водозабір підрусловий, то $\frac{1}{R_{\sigma}} = 0$ і

$$Q = 2 \times 3,14 \times 25 \times 6 \times 5 / 0,26 = 18115 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Задача №77. Для умов задачі №75 визначити приблизно можливий дебіт променевого водозабору, користуючись формулою К.Абвезера. Результат порівняти з витратою, яка отримана в задачі №75.

Задача №78. Для умов задачі №76 визначити приблизно можливий дебіт променевого підруслового водозабору, користуючись формулою К.Абвезера. Результат порівняти з витратою, яка отримана в задачі №76.

Задача №79. Визначити продуктивність променевого безруслового водозабору при розташуванні трьох його променів на глибині $h_{np}=h_{ог}$ під дном річки і трьох променів в товщині берегу ріки. Довжина променів по l_3 метри, а їх радіус r . Збірний колодязь водозабору знаходиться на березі річки на відстані l_2 від урізу води при її мінімальному рівні. Дно і береги річки утворені ґрунтами з коефіцієнтом фільтрації K_f . Потужність водоносної породи, яка утворює дно ріки, H_v . Мінімальна глибина води в річці X_p . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Розв'язування типової задачі

Нехай відомо, що $h_{np}=1,50\text{м}$; $l_3=120\text{м}$; $r=100\text{мм}$; $l_2=20\text{м}$; $H_v=2,2\text{м}$; $K_f=3\text{м/добу}$; $X_p=2\text{м}$.

Визначити величину статичного рівня води за формулою

$$H_{ст} = H_v + X_p = 2,2 + 2 = 4,2 \text{ м}.$$

Середня глибина води над водонепроникним шаром в процесі експлуатації водозабору дорівнює

$$h_{сер} = 0,75 H_{ст} = 0,75 \times 4,2 = 3,15 \text{ м}.$$

Визначити динамічний рівень води, якщо вважати, що він в процесі експлуатації встановлюється в колодязі на позначці верху кінців променів, які заходять в нього

$$h_{дин} = H_{ст} - X_p - h_{np} = 4,2 - 2 - 1,5 = 0,7 \text{ м}.$$

Зниження статичного рівня в процесі експлуатації водозабору буде

$$S = H_{ст} - h_{дин} = 4,2 - 0,7 = 3,5 \text{ м.}$$

Глибина занурення центру водозабірної промені під статичним рівнем дорівнює

$$C = H_{ст} - h_{дин} + r = 4,2 - 0,7 + 0,1 = 3,6 \text{ м.}$$

Визначаємо величину коефіцієнту E_{δ} , який враховує розміщення водоприймального променя в водоносному шарі берегу річки за формулою

$$E_{\delta} = 0,37\pi \lg \frac{h_{сер}}{2\pi r \sin \frac{\pi C}{h_{сер}}} = 0,37 \times \pi \times \lg \frac{3,15}{2 \times \pi \times 0,1 \times \sin \frac{\pi \times 3,6}{3,15}} = 2,16.$$

Фільтраційний опір берегу визначається за формулою

$$R_{\delta} = \frac{1}{\ln \frac{2 \times l_2}{\alpha \times l_3} + \frac{2}{n_{\delta}} E_{\delta}} = \frac{1}{\ln \frac{2 \times 20}{0,7 \times 120} + \frac{2}{3} \times 2,16} = 1,36.$$

Величина коефіцієнту E_{δ} , який враховує розміщення променя під дном ріки, визначається за формулою

$$E_{\delta} = \frac{0,32 \pi h_{сер}}{n_p l_3} \ln \left(\frac{4 h_{сер}}{\pi r} \operatorname{tg} \frac{\pi C}{2 h_{сер}} \right) =$$

$$= \frac{0,37 \times \pi \times 3,15}{3 \times 120} \ln \left(\frac{4 \times 3,15}{0,1} \operatorname{tg} \frac{3,6}{3,15} \right) = 0,008.$$

Фільтраційний опір русла ріки буде

$$R_{\delta} = \frac{1}{E_p} = \frac{1}{0,008} = 123,18.$$

Продуктивність водозабору визначається за формулою

$$Q = 2 \pi K_{\phi} h_{сер} S (R_{\delta} + R_p) = 2 \times \pi \times 3 \times 3,15 (1,36 + 123,18) = 2465 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Задача №80. Для умов задачі №59 і з використанням результатів її розв'язування визначити координати характерних точок нейтральної лінії потоку при експлуатації цієї свердловини, якщо природний потік підземних вод q_2 . Нарисувати графік потоку з нейтральною лінією, яка дозволяє встановити межі другого поясу санітарної охорони. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Задача №81. Для умов попередньої задачі побудувати графік залежності часу руху забруднень по головній лінії потоку від відстані до свердловини $t=f(L_\phi)$, якщо активна пористість водоносної породи n_2 . Чисельні значення вихідних величин прийняти по додатку А.

Вихідні дані для розв'язування задач

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	мм	0,003	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	0,6	0,7	0,8	0,9
H	м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
J	$J \times 10^5$	3	5	8	10	10	30	25	20	15	10
v	м/с	0,9	0,5	0,6	0,5	1,5	1,3	1,0	1,1	1,3	1,5
σ_л	м/с	0,015	0,016	0,017	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024
K	-	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1
n	секцій	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3
У	-	с.	л.	в.	л.	д.в.	л.	с.	в.	д.в.	в.
Q_p	тис. м ³ /год.	2,7	1,2	3,0	1,3	3,2	3,5	1,0	1,5	4,0	3,6
a	мм	60	70	50	80	50	70	60	50	50	50
b	мм	10	8	10	9	12	14	8	10	15	14
a₁	мм	3	2	4	2	5	5	2	2	5	5
d₁	мм	1,5	1	1,5	1	1,5	1,5	1	1	1,5	1,5
v₁	см/с	7	4	8	4	10	3,5	6	8	10	9
m	кг	135	33	420	94	205	420	20	52	693	582
F	м ²	1,62	0,48	3,2	1,08	2,58	3,2	0,24	0,8	6,24	4,16
n₁	шт.	20	14	30	12	25	30	10	16	40	35
H_{ст}	м	1,6	1,04	2,8	1,60	2,2	2,8	0,60	1,00	3,00	2,7
b₁	мм	1,0	0,6	1,6	0,8	1,2	1,5	0,5	0,7	2	1,8
d₂	мм	0,3	0,25	0,35	0,20	0,35	0,2	0,25	0,3	0,4	0,3
b₂	мм	60	40	70	50	60	70	40	50	80	80
W	м ³	1,0	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,4	1,3	1,2
H_г	м	6,0	6,2	6,5	4,9	5,3	5,2	5,7	5,5	5,0	6,3
h_н	м	5,0	5,2	5,3	5,5	6,0	6,1	5,9	5,7	5,5	5,0
η_{ел}	-	0,3	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
T	годин	2,0	1,0	2,0	1,9	1,8	1,5	1,0	2,0	3,0	2,5
q_{ел}	-	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5	0,49	0,48	0,47	0,46
S	-	4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
Z	м	51	64	28	35	38	56	25	27	32	45
D	м	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,5	0,6	1,0	0,9
Z₁	м	54	66	33	38	40	59	29	32	36	47
H_{хв}	м	0,6	0,7	0,5	0,6	0,8	0,5	0,7	0,8	0,6	0,55
H_в	м	2,6	2,7	3,0	3,1	2,9	2,8	2,7	2,8	2,9	3,0
H_{кр}	м	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,6
n_{вс}	шт.	2	3	4	5	4	3	3	5	2	3

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ	кг/м ³	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18
σ_3	мм/с	6,9	6,5	6,0	5,5	5,4	5,0	4,8	4,7	4,5	5,0
L	км	0,6	0,5	0,4	0,45	0,55	0,65	0,35	0,65	0,7	0,75
$S_c \times 10^3$	для Q в м ³ /с	5,514	22,62	10,98	22,62	5,514	2,962	57,84	22,62	1,699	2,962
P _{ат}	кПа	98,1	96,2	95,0	94,1	90,0	85,0	84,0	83,0	82,0	80,0
h _п	м	0,09	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
h _{сл}	м	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80	0,85	0,87	0,90	0,92	0,95
H _{сиф}	м	4,0	4,5	5,0	4,6	4,8	5,2	5,5	5,1	4,9	4,2
t _{сиф}	хв.	5	3	5	3,5	4	5	2,5	3,6	6	5,5
H _к	м	7	6	8	6,7	7,8	7	8	8	6,5	6
P	-	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,47	0,42	0,37	0,32	0,44
b _к	см	8	9	10	12	11	10	9	8	9	10
d _з	мм	19	20	21	22	23	24	25	24	23	22
H ₁	м	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,08	0,09	0,07	0,06
W _{ог}	м ³	6,8	7,2	7,3	7,5	7,6	7,7	7,8	7,7	7,6	7,5
W _ф	м ³	2,1	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	2,7	2,5	2,2
f	-	0,5	0,48	0,44	0,45	0,35	0,25	0,2	0,42	0,47	0,6
$\Omega_{ог}$	м ²	4,5	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,4	5,3
$\omega_{ог}$	м ²	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,15	1,95
ψ	-	0,07	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,35	0,45	0,55	0,6
v _p	м/с	0,5	0,55	0,6	0,7	0,65	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
K _{під}	-	0,8	0,7	0,85	0,95	0,75	0,9	0,35	0,4	0,45	0,5
X _G	м	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
X _P	м	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
h _{ог}	м	1,5	1,65	1,7	1,45	1,4	1,6	1,5	1,55	1,6	1,7
h _ф	м	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,6	0,65	0,7	0,55	0,4
m ₁	кг/м	199,8	152,9	172,1	152,9	199,8	224,4	128,0	152,9	249,1	224,4
D _к	м	9,5	10	10,5	12	13	14	13	12	10	11
H _{рів.}	м	6	6,5	7,5	8	8,5	7,6	6,8	8,2	8,4	7,9
W _н	м ³	33,2	33,0	34,1	35,2	35,5	34,4	32,9	35,4	35,8	35,0
W _{покр.}	м ³	21,1	21,5	22,0	22,9	23,1	22,1	21,8	23,2	23,4	22,8
W _п	м ³	122,0	123,0	125,1	126,4	127,1	125,3	124,0	127,0	127,2	125,4
h _g	м	3	3,5	3,8	5	4,3	3,8	3,5	3,2	4,4	4
R	м	150	170	155	170	155	160	180	170	150	160
K _ф	м/добу	25	30	40	30	25	35	45	40	20	30
Q ₁	м ³ /добу	100	100	81	101,5	150	64	85,8	154	100,8	199,8
Q ₂	м ³ /добу	200	200	135	147	300	100	119,6	220	126	270

Продовження додатку А

Показник		Величина показника при останній цифрі залікової книжки									
Вид	Одиниця виміру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q_з	м ³ /добу	250	240	186	189	350	160	143	286	168	318,6
S₁	м	2	2,5	2,7	2,9	3	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7
S₂	м	4	5	4,5	4,2	6	5	4,6	5	4,5	5
S₃	м	5	6	6,2	5,4	7	8	5,5	6,5	6	5,9
S₄	м	4,2	5,1	5,3	4,9	6,5	5,9	5,4	6,2	5,6	5,7
S₅	м	3	3,5	2	2,5	3,0	2,5	3	3,5	2,7	4,5
S₆	м	4,0	4,9	3,5	3,6	5,4	3,8	4,1	4,6	3,6	5,1
S₇	м	4,7	5,7	5,9	5,0	6,6	7,5	5,1	6,1	5,7	5,6
l_c	м	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
t	м	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,5	2,6	2,4	2,2	2,0
q_{св}	м ³ /с	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,018	0,016	0,014	0,012
2σ	м	80	110	85	120	100	85	100	120	80	110
n_{св}	шт.	12	14	16	18	20	18	16	14	12	8
R₁	м	4500	4300	4200	4700	4600	4500	4400	4300	4200	4100
T	м	5	5,5	4,5	4	4,7	5,7	6	5,5	5,3	4,8
l₁	м	55	60	57	62	58	63	65	67	68	64
q₁	тис. м ³ /добу	7,5	7,8	8,0	6,5	8,4	9,0	5,0	6,0	10,0	9,5
r	мм	125	150	100	125	150	200	175	150	125	100
l₂	м	27	32	25	29	37	30	31	35	32	27
n_p	шт.	2	3	4	5	4	3	2	3	2	4
θ	град.	45	36	30	34	30	35	45	33	50	31
Z_{np}	м	4	3,5	3,2	3,6	3,7	4,1	4,3	4,5	4,4	5,0
l₃	м	100	110	150	140	130	160	150	140	130	120
q₂	м ² /добу	0,2	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,33	0,35	0,37	0,40
n₂	-	0,3	0,35	0,40	0,36	0,39	0,42	0,45	0,41	0,36	0,33