


IWT





План

1. Вода в технологічному та інженерному забезпеченні промислової будівлі: особливості та структура водоспоживання.
2. Класифікація систем водозабезпечення промислових будівель за функціональним призначенням і принципом організації.
3. Категорії та вимоги до води залежно від технологічного, господарсько-побутового та протипожежного призначення.
4. Сучасні схеми використання води: прямоточні, оборотні, повторного використання та комбіновані системи.
5. Вплив систем водозабезпечення на архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення промислових будівель.
6. Надійність, ресурсоефективність, енергоефективність і цифровізація систем водозабезпечення.

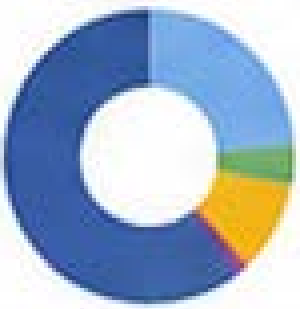
1. Вода в технологічному та інженерному забезпеченні промислової будівлі

Роль води у промисловій будівлі

- технологічний процес
- охолодження обладнання
- інженерні системи та санітарні потреби
- пожежогасіння та безпека



Структура водоспоживання (типова)



Технологічні потреби	55–80 %
Охолодження	10–30 %
Господарсько-побутові	5 –10 %
Пожежогасіння	1–2 %
Інші потреби	1–3 %

2

Технологічних потреб:

- охолодження обладнання;
- промивання сировини;
- приготування технологічних сумішей;
- миття обладнання;
- виробництва продукції;
- гідротранспортних процесів;
- виробництва пари;
- інших технологічних операцій.

Спеціальних потреб:

Залежно від технології вода може використовуватися в системах:

- охолодження;
- теплопостачання;
- кондиціонування;
- підготовки технологічних середовищ.



- продуктивність встановленого обладнання значно перевищує фактичні обсяги води;
- низький ККД насосних агрегатів, що зумовлює надмірне споживання електроенергії;
- регулювання подачі води протягом доби здійснюється засувками.

Основними причинами втрат і недообліку води є:
відсутність приладів обліку води;
відсутність зонування розподільчої мережі по оптимальних тисках;
відсутність мікрозонування;
зношеність мереж;
відсутність будинкових приладів обліку води;
зношеність внутрішніх (будинкових) мереж і сантехнічних приладів;
постійне зростання кількості індивідуальних приладів обліку води.

високе енергоспоживання :
надлишкова потужність;
надлишкові обсяги підйому і перекачування (на всіх стадіях) води;
низькі коефіцієнти корисної дії .

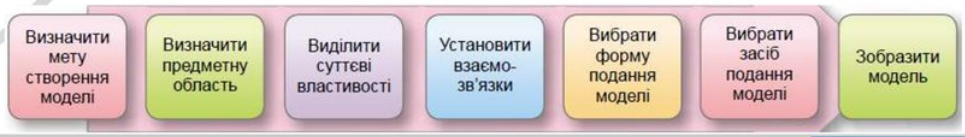


ТЕРМІН ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕРЕЖ (років)

Матеріал	Водопровід	Каналізація
Чавун (НЧКГ)	80-100	80-100
Пластик, склопластик	50-100	50-100
Сірий чавун	50-80	50-80
Сталь	15-20	15-20
Азбестоцемент/залізобетон	15-20	15-20
Кераміка	х	35-40

Алгоритм побудови інформаційної моделі

1. Визначити мету створення моделі.
2. Визначити предметну область дослідження, для якого створюється модель.
3. Виділити ті властивості об'єкта або явища, які є суттєвими для дослідження.
4. Установити взаємозв'язки між значеннями вибраних властивостей, між даним об'єктом або явищем та іншими об'єктами та явищами предметної області, що є суттєвими для дослідження.
5. Вибрати форму подання інформаційної моделі.
6. Вибрати засіб, з використанням якого буде подано модель.
7. Зобразити модель відповідно до вибраної форми подання, відобразивши в ній суттєві властивості та встановлені взаємозв'язки.



2. Класифікація систем водозабезпечення промислових будівель

За функціональним призначенням	За принципом організації
Технологічні	Централізовані (від міської мережі)
Охолодження (технічні)	Децентралізовані (власне джерело)
Господарсько-побутові	Автономні (повна незалежність)
Протипожежні	Комбіновані (кілька джерел)
Комбіновані	

Технологічна

- точки підключення;
- необхідну витрату;
- необхідний тиск;
- температуру;
- якість води;
- режим роботи обладнання.

Господарсько-питна

- санітарно-побутовими приміщеннями;
- вертикальними інженерними шахтами;
- технічними приміщеннями;
- системою водовідведення.

Протипожежна

- плануванням будівлі;
- пожежним зонуванням;
- протипожежними перешкодами;
- евакуаційними рішеннями;
- проходками трубопроводів через конструкції;
- розміщенням технічних приміщень.

3. Категорії та вимоги до води

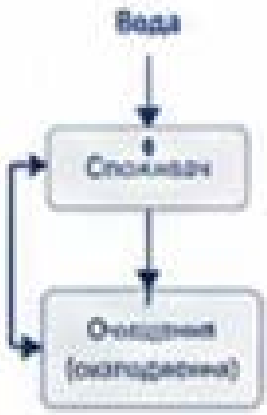
Призначення	Категорія води	Основні вимоги
Технологічна	I–III	Відповідність технологічному процесу, стабільний хімічний склад, відсутність домішок
Охолодження	III–IV	Мінімальна жорсткість, захист від накипу та корозії
Господарсько-побутова	Питна	Відповідність ДСанПіН (питна вода)
Протипожежна	Технічна	Забезпечення необхідного витрат і напору, надійність

Технологічна— входить безпосередньо до складу готової продукції (наприклад, у харчовій, фармацевтичній чи хімічній промисловості) або контактує з нею під час виготовлення. До такої води висуваються найсуворіші вимоги щодо хімічної та бактеріологічної чистоти.

Охолоджувальна вода — використовується в системах теплообміну для захисту агрегатів та обладнання від перегріву. Вона становить близько 70% від усього промислового водоспоживання. Головна вимога до неї — низька температура та мінімальний вміст солей жорсткості, щоб запобігти появі накипу й корозії

1) потрібна вода річкова технічна (неочищена);
2) технічна очищена до вмісту завислих речовин 20 мг/дм3 ;
3) технічна профільтрована до вмісту завислих речовин 5 мг/дм3 ;
4) охолоджуюча оборотна технічна вода;
5) прояснена і охолоджена до 7ºС, яка відводиться з температурою 12ºС;
6) вода частково зм’якшена натрій-катіонуванням з жорсткістю до 0,7 мгекв/дм3 ;
7) зм’якшена натрій-катіонуванням до 0,05 мг-екв/дм3 , яку використовують для приготування каталізатора та живлення котлівутилізаторів тепла;
8) знесолена до 20-30 мг/дм3 ;
9) вода господарчо-питна;
10)протипожежна.

4. Сучасні схеми використання води

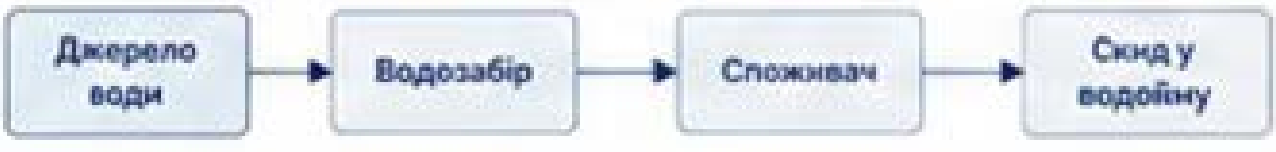
Прямоточна	Оборотна	Повторного використання	Комбінована
			

5

Прямоточна система (відкрита)

- ✓ Проста за схемою
- ✓ Низькі капітальні витрати
- ✓ Високе водоспоживання
- ✓ Велике навантаження на очисні споруди





6

Оборотна система (замкнена)

- Зменшення споживання свіжої води до 90% і більше
- Стабільна робота обладнання
- Потребує систем очищення та охолодження





7

технологічне обладнання – нагрівання води – охолодження – коригування якості – насос – технологічне обладнання.

Система повторного використання

- Очищення стічних вод до необхідної якості
- Використання для технічних та господарських потреб
- Зменшення скидів у довкілля



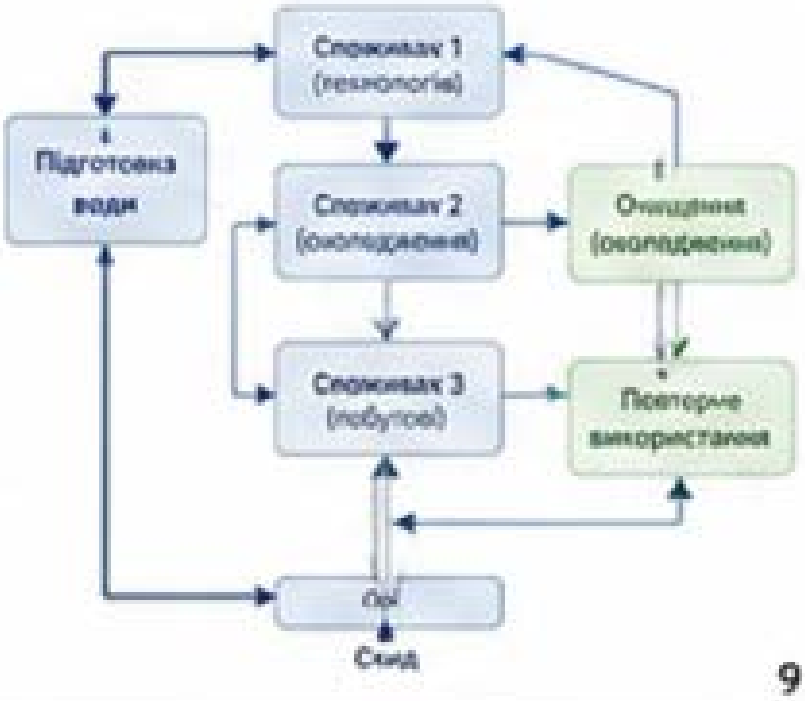


Процес 1 – використана вода – підготовка – процес 2.

. Такий підхід дозволяє:
скоротити споживання свіжої води;
зменшити кількість стічних вод;
підвищити ресурсоефективність підприємства.

Комбінована система

- ✓ Поєднання прямих, оборотних та повторних потоків
- ✓ Оптимізація балансу між витратами та ефективністю
- ✓ Найбільш розповсюджений підхід у сучасних підприємствах



У сучасних промислових комплексах доцільно поєднувати різні принципи.
Наприклад:
питна вода – господарсько-побутові потреби
технічна вода – технологічні потреби
оборотна вода – охолодження обладнання
вода після одного процесу – повторне використання в іншому процесі.

5. Вплив систем водозабезпечення на проєктні рішення

Архітектурно-планувальні
розміщення насосних, резервуарів, трасування мереж

Конструктивні
навантаження від обладнання, резервуарів, трубопроводів

Інженерні
взаємодія з іншими системами: ОВ, ВК, ЕОМ, автоматизація

Експлуатаційні
зручність обслуговування, доступ до обладнання



Приклади впливу на планування та конструкції



Розміщення резервуарів (підземні/наземні)



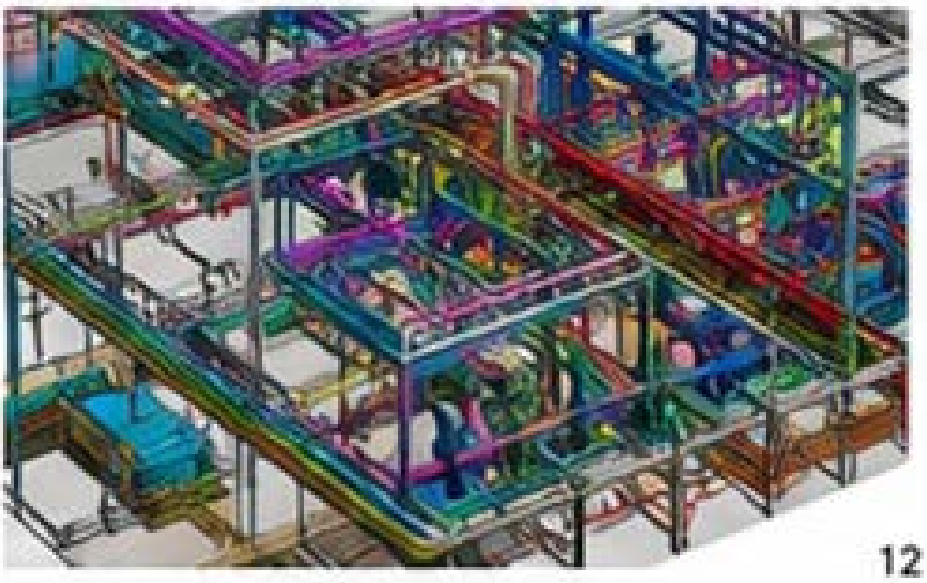
Насосні станції на технічних поверхах



Трасування трубопроводів у виробничих приміщеннях

Інтеграція у BIM-модель (приклад)

- Координація інженерних систем
- Виявлення колізій
- Оптимізація трасування мереж
- Підготовка експлуатаційної документації



12

6. Надійність та безпека систем



- ✔ Резервування основного обладнання
- ✔ Поділ мереж на зони
- ✔ Автоматизація та дефектичеризація
- ✔ Забезпечення протипожежної надійності
- ✔ Стійкість до аварійних ситуацій

1:

резервне насосне обладнання;
резервуари;
кільцеві мережі;
резервні джерела;
зонування;
можливість локального відключення;
автоматичне перемикання.

Ключове питання:
Чи можна вважати систему водозабезпечення сучасною, якщо вона забезпечує необхідну витрату води, але не враховує ресурсоефективність, енергоспоживання, надійність, ремонтопридатність та можливість подальшої реконструкції промислової будівлі?

Ресурсоефективність

- Раціональне використання води
- Мінімізація втрат
- Використання дощових та очищених стічних вод
- Зменшення навантаження на довкілля



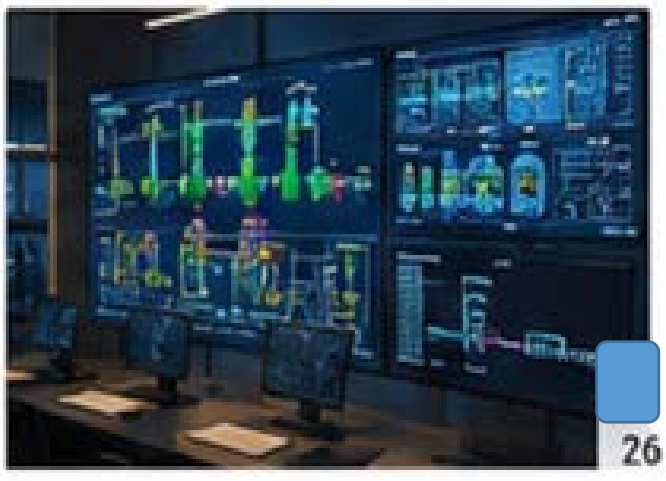
Енергоефективність

- Високоефективні насоси та електродвигуни
- Частотне регулювання
- Рекуперація енергії
- Оптимізація режимів роботи систем



Цифровізація та автоматизація

- Датчики якості та витрат
- SCADA-системи
- Онлайн-моніторинг
- Прогнозування та аналітика
- Цифровий двійник системи

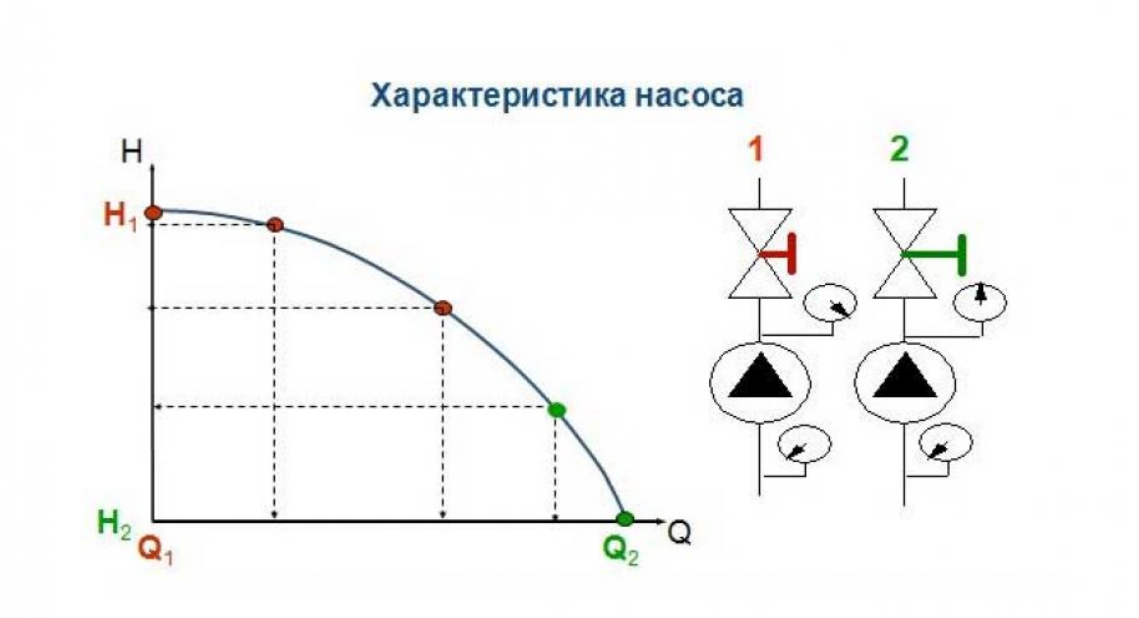


надійне джерело води → резервування → раціональне трасування → конструктивно правильні проходки → захист від протікань → компенсація деформацій → захист від температурних і корозійних впливів → доступність для ремонту → контроль технічного стану

<u>ТЕМА ЗАНЯТТЯ</u>: Гідравлічні характеристики і перевірочні розрахунки систем водовідведення

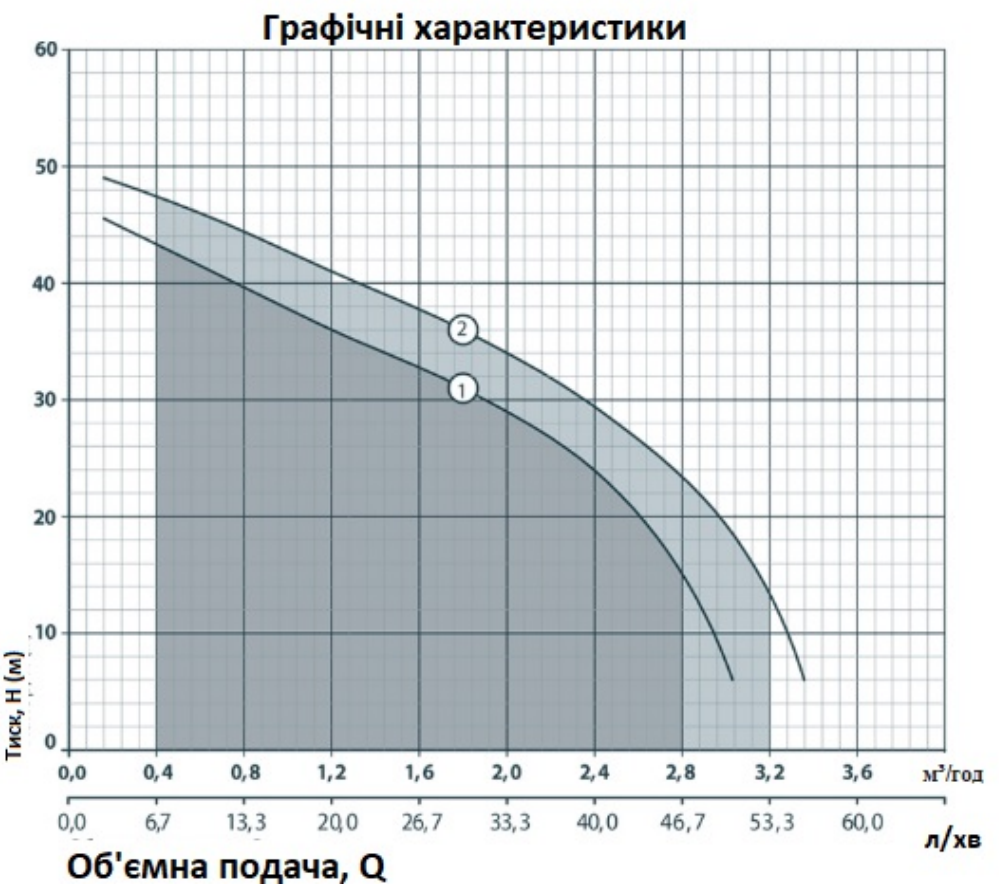
- Чим відрізняється напірно-витратні характеристики насосів для перекачки стоків від насосів для перекачки чистої води?
- В чому особливість гідравлічних характеристик напірних трубопроводів систем водовідведення в порівнянні з характеристиками напірних трубопроводів систем водопостачання?
- Чим характеризуються ємності-регулятори в системах водовідведення?
- Яка характеристика самопливних ліній в системах водовідведення?
- Для чого виконуються перевірочні розрахунки комплексу водовідведення?
- Головні задачі перевірочних розрахунків комплексу водовідведення.
- Як забезпечується збільшення пропускної можливості напірних елементів систем водовідведення?

Задача № 1. Описати аналітично напірно-витратну характеристику Q-H каналізаційного насосу в межах робочої області кривою другого порядку і прямою лінією, якщо вона описується даними: $Q_{1к}$-$H_{1к}$, $Q_{2к}$-$H_{2к}$, $Q_{3к}$-$H_{3к}$, $Q_{4к}$-$H_{4к}$, $Q_{5к}$-$H_{5к}$, числові значення яких наведено в додатку А. Оцінити відхилення апроксимації від реальної характеристики. Чисельні значення $Q_{ік}$ і $H_{ік}$ прийняти по додатку А.



напірні колектори мають такі ж характеристики, як і водоводи, тобто,

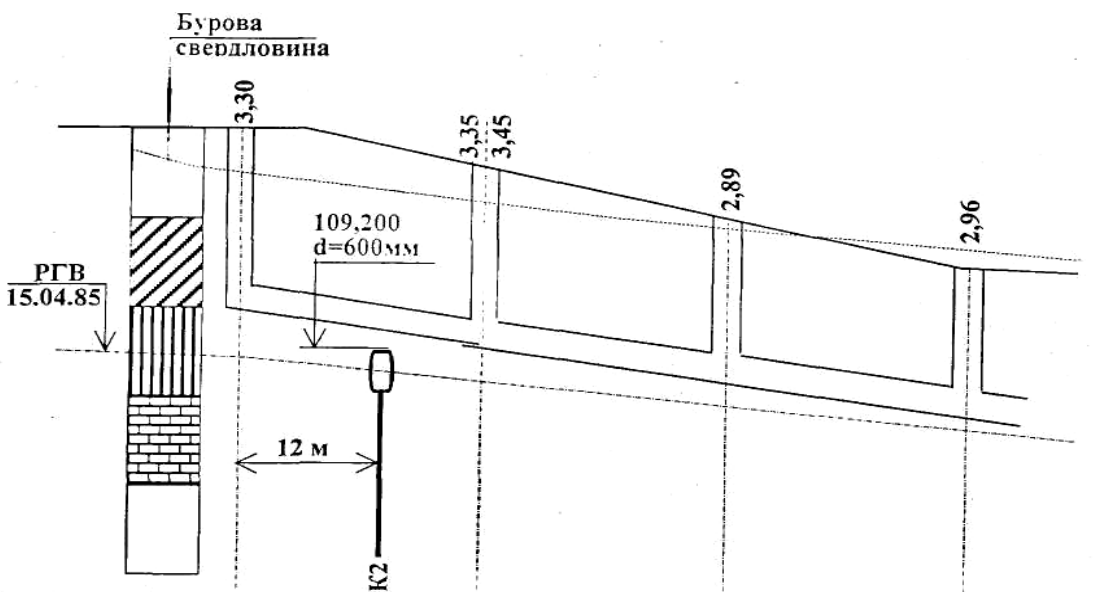
$$П_i - П_к = h_{ік} = S_{ік} Q_{ік}^2 .$$



$$H = a_0 - a_1 Q_1 ,$$

Ємності - регулятори в залежності від задач, які розв’язуються, можна описати напірно-витратною характеристикою вигляду

$$H = Z_{рв} - S\,Q2\ ,$$



Позначка низу або лотка труби	109,000	108,700	108,600	108,312	107,937
Проектна позначка землі	112,300	112,050		111,200	111,800
Натурна позначка землі	111,800	111,900		111,800	111,800
Позначення труби і типу ізоляції		Труби керамічні ∅ 200		∅ 300	
Основа		Природна			
Довжина \ Похил		30,00 \ 0,01	24,00 \ 0,012	25,00 \ 0,015	
Відстань		30,00	24,00	25,00	
Номер колодязя, точка кута повороту	8	9		10	11

Аналітичне описання характеристики самопливної лінії буде мати вигляд ,

$$Z_к = Z_н - h_{вт} = Z_н - il = Z_н - \frac{q^2 l}{w^2 c^2 R} = Z_н - \frac{q^2 l}{K^2}$$

Таблиця 6.1 – Напірно-витратна характеристика насосу

Напір $H_{ік}$, м	52	50	48	46	44
Подача $Q_{ік}$, $м^3/с$	25	30	35	42	47

$$H = a_0 + a_1 Q^2.$$

$$\begin{cases} 52 = a_0 + a_1 \times 25^2, \\ 44 = a_0 + a_1 \times 47^2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 52 = a_0 + 625 a_1, \\ 44 = a_0 + 2209 a_1. \end{cases}$$

Якщо від першого рівняння відняти друге, то

$$8 = -1584\ a_1\ .$$

Звідки $a_1 = -0{,}00505$.

$$52 = a_0 - 0{,}00505 \times 625\ ,$$

$$a_0 = 52 + 3{,}16 = 55{,}16\ .$$

$$H = 55{,}16 - 0{,}00505\ Q^2.$$

Таблиця 6.2 – Співставлення розрахункових і вихідних напорів при описуванні характеристики Q-H кривою другого порядку

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметру				
Напір по графічній характеристиці насоса, м	52	50	48	46	44
Напір, який розраховано по кривій H=f(Q), м	52	50,6	49	46,2	44
Абсолютне відхилення, %	0	-0,6	-1	-0,2	0
Відносне відхилення, %	0	-1,2	-2,08	-0,4	0

Тепер отримаємо характеристику лінійною залежністю вигляду:

$$H = a_0 - a_1 Q.$$

$$\begin{cases} 52 = a_0 - a_1 \times 25 \ , \\ 44 = a_0 - a_1 \times 47 \ . \end{cases}$$

$$8 = 22\, a_1 \ , \qquad a_1 = 0{,}3636 \ ,$$

$$a_0 = 52 + 25 \times 0{,}3636 = 52 + 9{,}09 = 61{,}09 \ .$$

$$H = 61{,}09 - 0{,}3636\, Q \ .$$

Таблиця 6.3 – Співставлення розрахункових і вихідних напорів при описуванні характеристики Q-H лінійною залежністю

Параметр, що аналізується	Чисельна величина параметру				
Напір по графічній характеристиці насоса, м	52	50	48	46	44
Напір, який розраховано по кривій H=f(Q), м	52	50,2	48,4	45,8	44
Абсолютне відхилення, %	0	-0,2	-0,4	+0,2	0
Відносне відхилення, %	0	-0,4	-0,8	+0,4	0

Задача №2. Визначити, як зміниться повний напір пневматичної установки, яка забезпечує підіймання стоків на висоту $H_{бак}$ при витраті q_{15} і довжині напірного трубопроводу l_3 і питомим опором S_0= 3686×10^{-6} (для витрат в л/с), якщо витрата зросте в φ разів. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додаткуА.

Розв'язування типової задачі

Дано: q_{15}=3л/с, $H_{бак}$=5м, l_3=10м, φ=1,5.

Визначимо повний напір установки до збільшення її подачі:

$$H_Г + S_0 \, l_3 \, q_{15}^2$$

$$H = 5 + 3686\times10^{-6}\times10\times3^2=5{,}33\text{м}\ .$$

При збільшенні подачі в φ разів повний напір установки зросте до величини:

$$H_1 = H_Г + S\,\varphi^2\, q_{15}^2 = 5 + 3686\times10^{-6}\times10\times1{,}5^2\times3^2=5{,}75\text{м}\ ,$$

Таким чином, при збільшенні витрати в 1,5 рази повний напір повинен зрости в 1,08разів, щоб компенсувати збільшення витрат напору в 2,25разів.

Задача №3. Побудувати графік залежності довжини l додаткового колектора, який прокладається паралельно до тих колекторів, що вже існують, з метою зменшення їх загального опору, від відносного збільшення витрати в напірних трубопроводах φ_i. В вихідному положенні напірні трубопроводи виконано у вигляді n_0 паралельних ліній довжиною L такого ж діаметра, як і існуючі колектори.

Аналітична залежність $l_i = f(\varphi_i)$ має вигляд:

$$l_i = \frac{1-\varphi_i^2}{\varphi_i^2} \times \frac{n_1^2}{n_0^2 - n_1^2} L$$

де φ_i – коефіцієнт збільшення витрати,

n_1 і n_0 - кількість напірних колекторів на різних ділянках (відповідно там де є підсилюючий колектор і де його немає).

було n_0 напірних колекторів довжиною L,

n_0+1 паралельний колектор повинен бути такої ж довжини при необхідності збільшення загальної витрати в $\frac{n_0+1}{n_0}$ рази,

коли кожний колектор буде подавати по $\frac{1}{n_1}$ від загальної витрати.

Розглянемо випадок, коли $n_0 = 2$, а $L = 100$м.

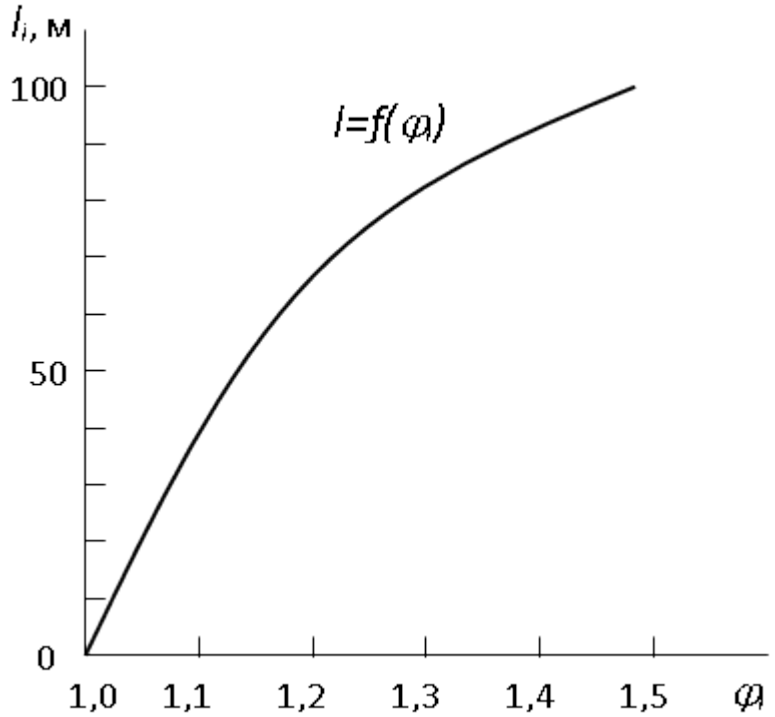
В цьому випадку $n_0 = 2$ і $n_1 = 3$. Тоді

$$\frac{n_1^2}{n_0^2 - n_1^2} = \frac{3^2}{2^2 - 3^2} = -\frac{9}{5} = -1{,}8.$$

Складаємо допоміжну таблицю. Для цього задаємось величинами φ_i в межах від φ_i=1,1 до

Таблиця 6.4 – Необхідна довжина підсилюючого колектора l_i при різному φ_1

Параметр, який визначається	Величина параметра при φ_i				
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$(1-\varphi_i^2)/\varphi_i^2$	-0,17	-0,30	-0,41	-0,49	-0,56
l_i, м	31	54	74	88	100



Задача №1. Напірно-витратна характеристика відцентрового насосу описується даними Q_1-H_1, Q_2-H_2, Q_3-H_3, Q_4-H_4, Q_5-H_5, Q_6-H_6, числові значення яких наведено в додатку А. Описати характеристику аналітично тричленом. Оцінити відхилення апроксимації від реальної характеристики за абсолютною величиною і в відсотках і зробити висновок про доцільність такої апроксимації.

Задача №2

Визначити, як зміниться повний напір пневматичної установки, яка забезпечує підіймання стоків на висоту $H_{бак}$ при витраті q_{15} і довжині напірного трубопроводу l_3 і питомим опором S_0= 3686×10^{-6} (для витрат в л/с), якщо витрата зросте в φ разів. Чисельні значення вихідних величин прийняти по додаткуА.