

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи, проведення практичних занять і
виконання контрольної роботи
з навчальної дисципліни

МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ ВОДОПРОВІДНО-
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
всіх форм навчання)*

Харків
ХНАМГ ім. О. М. Бекетова
2022

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи, проведення практичних занять і виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Методи оперативного керування водопровідно-каналізаційних систем» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології всіх форм навчання) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. І. М. Чуб. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 39 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. І. М. Чуб

Рецензент

С. С. Душкін, професор, доктор технічних наук, професор кафедри водопостачання, водовідведення і очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 27.08.2021.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Задачі до практичних занять.....	5
ЗМ 1 Управління технологічними процесами і системами водопостачання, водовідведення.....	5
Тема 1.....	5
Тема 2.....	7
Тема 3.....	10
ЗМ 2 Автоматичне регулювання технологічних процесів і автоматизація систем водопостачання та водовідведення.....	13
Тема 4.....	13
Тема 5.....	15
2 Питання для самостійного вивчення.....	21
3 Контрольна робота.....	26
Додаток А.....	36
Додаток Б.....	37
Список рекомендованих джерел.....	38

ВСТУП

Ці методичні рекомендації з дисципліни «Методи оперативного керування водопровідно-каналізаційних систем» містять дві частини, в яких наведено методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи студентів.

Практичні заняття з курсу «Методи оперативного управління системами водопостачання» спрямовані на поглиблення теоретичних знань та набуття практичних навичок вирішення задач, що виникають при організації оперативного управління системами водопостачання та експлуатації мереж і споруд. Рішення задач в процесі вивчення курсу дозволяє усвідомити взаємозв'язки між окремими елементами системи водопостачання, вивчити закономірності функціонування систем, навчити студентів основним способам розрахунків при оперативному плануванні роботи систем ПРВ, більш глибоко вивчити сучасні способи отримання, відображення та обробки інформації.

Для самостійного вивчення дисципліни у другому розділі запропоновано сім тем, та завдання на виконання контрольної роботи.

Мета контрольної роботи – застосування засобів автоматизації та контрольно-вимірювальних приладів у системах водопостачання та водовідведення. Вивчення приладів для автоматичного контролю температури, автоматичного контролю тиску, рідини, газу. У процесі виконання КР студенти закріплюють одержані теоретичні знання, опановують навички роботи з науково-технічною, досвідною літературою.

1 ЗАДАЧІ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ І СИСТЕМАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Тема 1 Принципи організації диспетчерського управління

Задача 1. Визначити структуру диспетчерського управління (ДУ) системи водопостачання та водовідведення населеного пункту, наведеного на рисунку 1. Водозабір здійснюється з річки та 12 артезіанських свердловин. В системі водопостачання наявні чотири насосні станції III підйому і насосні станції підкачки. Насосні станції підкачування працюють в автоматичному режимі. У місті працюють шість каналізаційних насосних станцій підкачки, що подають стічну воду на очисні споруди. Оперативне управління здійснюється центральним диспетчерським пунктом.

Порядок розв'язання задачі. Визначити склад споруд з підйому і очищення води, визначити склад споруд і мереж системи водопостачання, водовідведення в цілому, визначити кількість ступенів ДУ, розробити схему функціональних зв'язків.

Центральний диспетчерський пункт (ЦДП) доцільно розмістити у приміщенні управління ПУВКГ. Диспетчерська служба має двох-ступеневу структуру (рис. 2). Необхідно організувати місцеві диспетчерські пункти МДП-1 і МДП-2, відповідно до кількості ВОС. Для управління артезіанськими свердловинами та насосною станцією III підйому – ВОС-1, та ВОС-2, що управлятиме очисними спорудами, насосними станціями I, II і III під'ємів поверхневого джерела. Ще створити диспетчерський пункт, що контролюватиме каналізаційні очисні споруди МДП-3, місцевий диспетчерський пункт мережи – МДПС, та місцевий диспетчерський пункт, що контролюватиме шість каналізаційних районних станцій – МДПКН. Структура диспетчерської служби буде мати наступний вигляд.

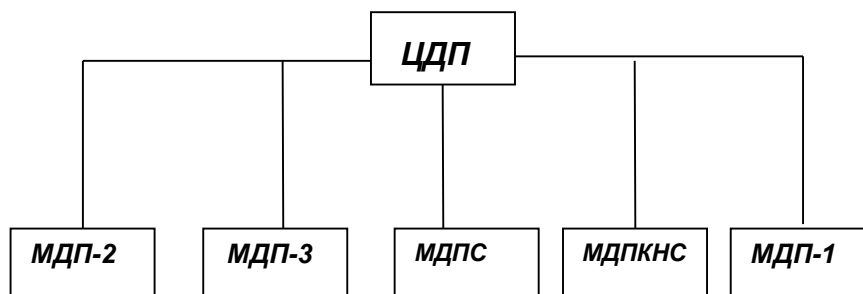


Рисунок 1 – Структура диспетчерського управління

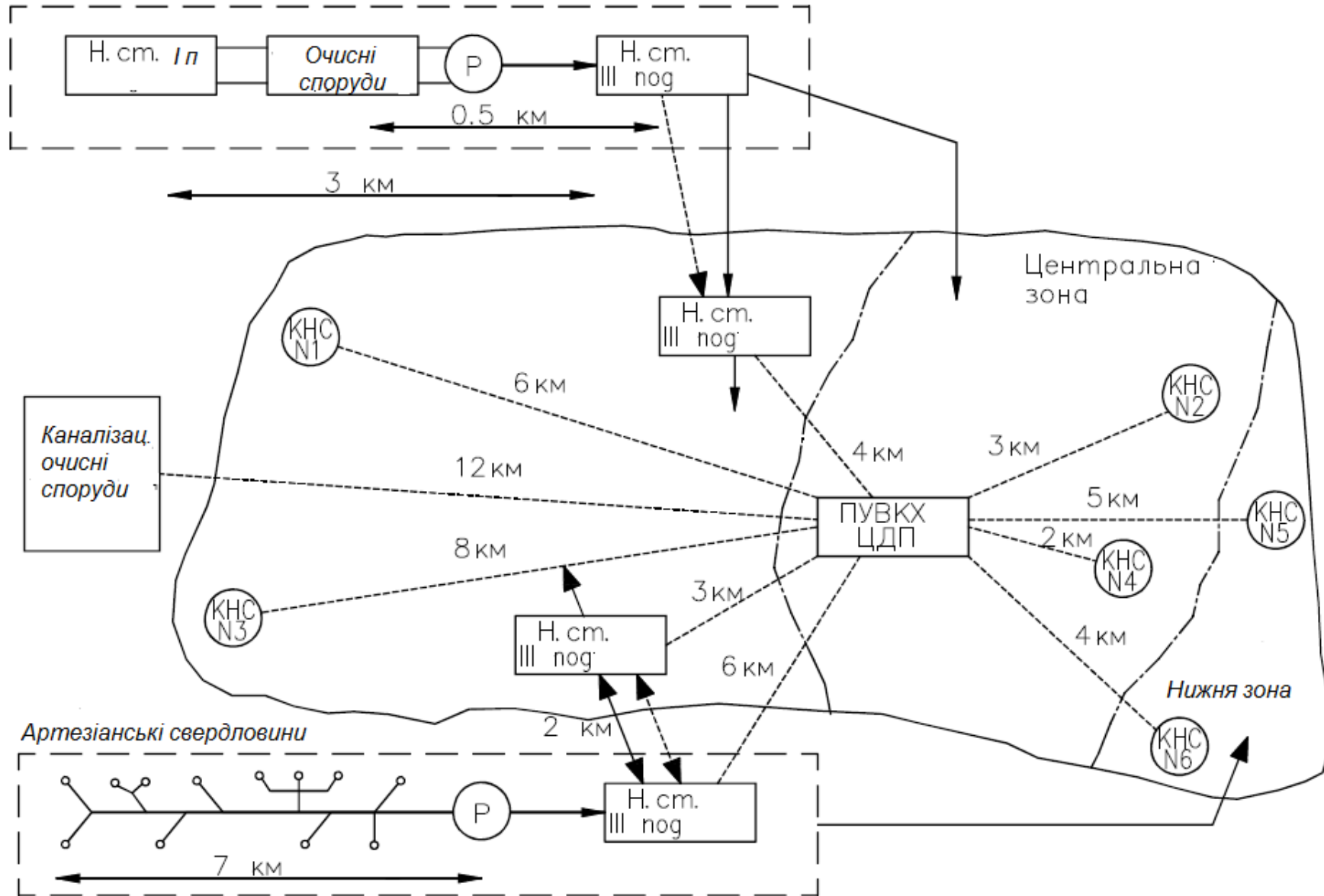


Рисунок 2 – Структурна схема систем водопостачання та водовідведення міста

Завдання для самостійного вирішення. Визначити структуру ДУ системи водопостачання населеного пункту. Водозабір здійснюється з річки, водосховища, 9 артезіанських свердловин. В системі подачі і розподілу води є 8 насосних станцій III підйому, 12 насосних станцій підкачки. Обладнання насосних станцій підкачки і артезіанських свердловин працює в автоматичному режимі. Водопровідні мережі експлуатують 8 лінійних цехів. Оперативне управління здійснює головний диспетчер.

Порядок Розв'язання задачі аналогічний порядку для задачі 1.

Тема 2 Визначення концентрації забруднень у замкненій системі водопостачання підприємства

Задача 2. Для наведеної системи оборотного водопостачання промислового підприємства, (рис. 3), визначити концентрацію хлоридів для кожного вузла цієї системи.

Розв'язання. Розглянемо приклад. Для технологічної схеми водного господарства заданого промислового підприємства складається балансова схема, як показано на рисунку 3.

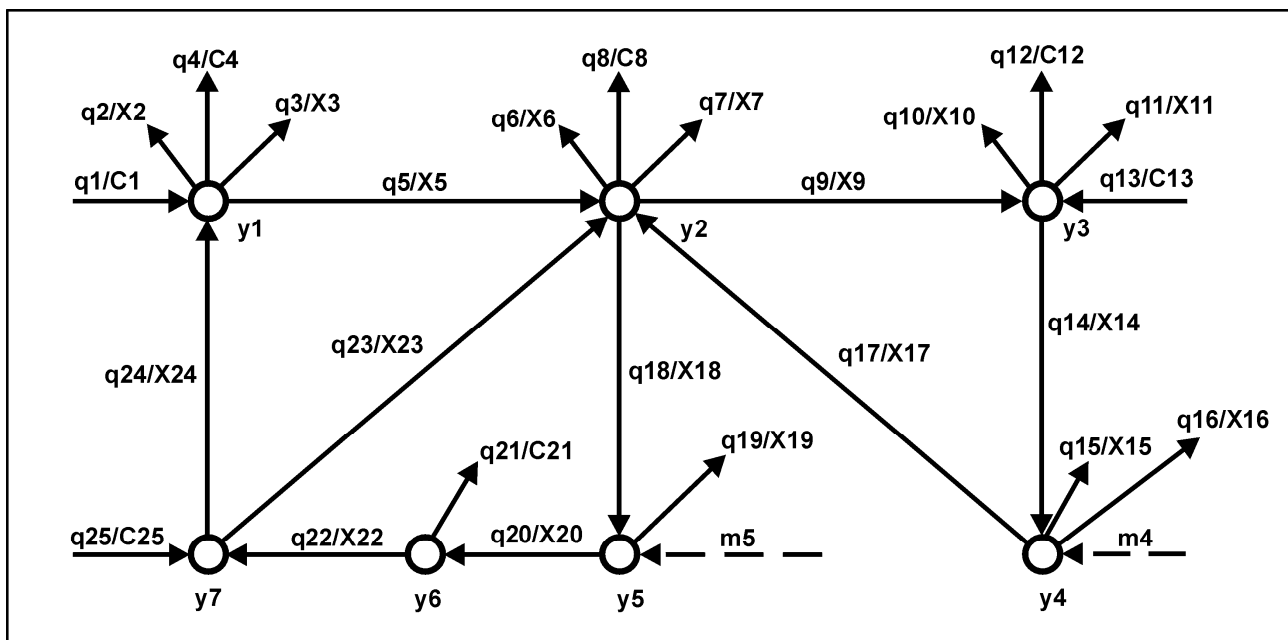


Рисунок 3 – Розрахункова балансова схема промислового підприємства

Всі відомі вузлові витрати а також деякі значення концентрацій приведені в таблиці 1. Вузли в цій схемі, позначені y^1 - y^7 , відповідають реальним об'єктам.

На балансовій схемі позначені: вузли y_k (k – номер вузла, M – кількість вузлів, $1 \leq k \leq M$), потоки q_i (i – номер потоку, N – кількість потоків, $1 \leq i \leq N$), відомі C_i і невідомі X_i , концентрації компоненту в потоці q_i , відомі масові витрати компоненту m_k , що надходить у відповідний вузол y_k .

Для кожного вузла y_k складають по розглянутому компоненту рівняння матеріального балансу по формулі (1).

$$\sum_{i=1}^N q_{ik} \times X_i + \sum_{i=1}^N q_{ik} \times C_i + m_k = 0 \quad (1)$$

Таблиця 1 – Вихідні дані

I	$C_i, \text{г/м}^3$	$X_i, \text{г/м}^3$	$q_i, \text{м}^3/\text{год}$	i	$C_i, \text{г/м}^3$	$X_i, \text{г/м}^3$	$q_i, \text{м}^3/\text{год}$
1	8	–	99	14	–	X_{14}	251
2	–	X_2	12	15	–	X_{15}	5
3	–	X_3	5	16	–	X_{16}	1
4	0	–	28	17	–	X_{17}	245
5	–	X_5	89	18	–	X_{18}	79
6	–	X_6	20	19	–	X_{19}	2
7	–	X_7	8	20	–	X_{20}	77
8	0	–	56	21	8 000	–	1
9	–	X_9	250	22	–	X_{22}	76
10	–	X_{10}	8	23	–	X_{23}	79
11	–	X_{11}	90	24	–	X_{24}	35
12	0	–	21	25	8	–	38
13	20	–	120	–	–	–	–
Масова витрата $\text{Cl}^- : m_4 = 2\,510 \text{ г/год}$				Масова витрата $\text{Cl}^- : m_5 = 6\,500 \text{ г/год}$			

Число рівнянь дорівнює числу вузлів. В рівняння з таблиць вихідних даних підставляють відомі q_i, C_i, m_k , замінюють рівні один одному концентрації X_i на нові невідомі $Z_j (1 \leq j \leq L, L \leq M)$ и призводять рівняння до вигляду:

$$\sum_{j=1}^L a_{kj} \times Z_j = b_k, \quad (2)$$

де a_{kj} – коефіцієнти при нових невідомих Z_j для вузлів y_k ;

b_k – вільні члени рівнянь.

Для розглянутого прикладу отримана наступна система рівнянь, розташованих в порядку зростання Номери вузлів розрахункової схеми:

$$\begin{aligned} -q_2 \times X_2 - q_3 \times X_3 - q_5 \times X_5 + q_{24} \times X_{24} + q_1 \times C_1 - q_4 \times C_4 &= 0 \\ + q_5 \times X_5 - q_6 \times X_6 - q_7 \times X_7 - q_9 \times X_9 + q_{17} \times X_{17} - q_{18} \times X_{18} + q_{23} \times X_{23} - q_8 \times C_8 &= 0 \\ + q_9 \times X_9 - q_{10} \times X_{10} - q_{11} \times X_{11} - q_{14} \times X_{14} - q_{12} \times C_{12} + q_{13} \times C_{13} &= 0 \\ + q_{14} \times X_{14} - q_{15} \times X_{15} - q_{16} \times X_{16} - q_{17} \times X_{17} + m_4 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$+ q_{18} \times X_{18} - q_{19} \times X_{19} - q_{20} \times X_{20} + m_5 = 0$$

$$+ q_{20} \times X_{20} - q_{22} \times X_{22} - q_{21} \times C_{21} = 0$$

$$+ q_{22} \times X_{22} - q_{23} \times X_{23} - q_{24} \times X_{24} + q_{25} \times C_{25} = 0 \quad Z_1 = X_2 = X_3 = X_5,$$

$$Z_2 = X_6 = X_7 = X_9 = X_{18},$$

$$Z_3 = X_{10} = X_{11} = X_{14},$$

$$Z_4 = X_{15} = X_{16} = X_{17},$$

$$Z_5 = X_{19} = X_{20}, \quad Z_6 = X_{22}, \quad Z_7 = X_{23} = X_{24}$$

Перетворимо вищенаведену систему (3) і остаточно отримаємо для семи невідомих систему (4) з семи рівнянь:

$$-106Z_1 + 35Z_7 = -792; \quad 89Z_1 - 357Z_2 + 245Z_4 + 79Z_7 = 0;$$

$$250Z_2 - 349Z_3 = -2400; \quad 251Z_3 - 251Z_4 = -2510; \quad (4)$$

$$79Z_2 - 79Z_5 = -6500; \quad 77Z_5 - 76Z_6 = 8000;$$

$$76Z_6 - 114Z_7 = -304.$$

Складемо матрицю (рис. 4) для розрахунку Z_j з коефіцієнтів при невідомих і вільних членах системи (4), маючи на увазі, що коефіцієнти при Z_j , відсутніх в рівняннях, дорівнюють нулю.

Отримана матриця вирішується методом Гаусса або методом сингулярного розкладання. Розрахунок виконують за розробленою комп'ютерною програмою. Значення розрахованих концентрацій знаходяться в графі «результат».

узел	1	2	3	4	5	6	7	k	результат
1	-106.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.0	-792.0	10.752041297...
2	89.0	-357.0	0.0	245.0	0.0	0.0	79.0	0.0	32.378167239...
3	0.0	250.0	-349.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2400.0	30.070320372...
4	0.0	0.0	251.0	-251.0	0.0	0.0	0.0	-2510.0	40.070320372...
5	0.0	79.0	0.0	0.0	-79.0	0.0	0.0	-6500.0	114.65664825...
6	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0	-76.0	0.0	8000.0	10.902130466...
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.0	-114.0	-304.0	9.9347536441...

Рисунок 4 – Матриця для розрахунку невідомих Z_j на ЕОМ

Рішення рівнянь перевіряють підстановкою обчислених концентрацій в рівняння матеріального балансу (1).

Завдання до самостійного виконання за наведеним прикладом міститься у додатку А.

Тема 3 Автоматичне управління КНС. Оптимізація роботи каналізаційних насосів

Задача 3. Режим роботи каналізаційних насосних станцій (КНС) визначається режимом добового притоку стічних вод. Визначити (графічно) режим роботи насосів та побудувати графік погодинного режиму роботи КНС для даних, наведених у таблиці 2.

Таблиця 2 – Сумарне надходження стічних вод від населення міста та підприємств за годинами доби $K_{год}=1,80$

Номер з/п	Години доби	Добовий приток		
		%	м ³ /Г	л/с
1	0 – 1	1,25	250	69,5
2	1 – 2	1,25	250	69,5
3	2 – 3	1,25	250	69,5
4	3 – 4	1,25	250	69,5
5	4 – 5	1,25	250	69,5
6	5 – 6	3,3	660	183,48
7	6 – 7	5	1 000	278
8	7 – 8	7,2	1 400	400,38
9	8 – 9	7,5	1 500	417
10	9 – 10	7,5	1 500	417
11	10 – 11	7,5	1 500	417
12	11 – 12	6,4	1 280	355,78
13	12 – 13	3,7	740	205,72
14	13 – 14	3,7	740	205,72
15	14 – 15	4	800	222,4
16	15 – 16	5,7	1 140	316,92
17	16 – 17	6,3	1 260	350,28
18	17 – 18	6,3	1 260	350,28
19	18 – 19	6,3	1 260	350,28
20	19 – 20	5,25	1 050	291,9
21	20 – 21	3,4	680	189,04
22	21 – 22	2,2	440	122,32
23	22 – 23	1,25	250	69,5
24	23 – 24	1,25	250	69,5
	Всього	100	20 000	5 560

Розв’язання. На практиці для насосних станцій подібного типу продуктивність насосів приймається рівною максимальному часовому притоку стічних вод $q_{год}^{max}$. У таблиці 2 приведені витрати стічних вод, що надходять на КНС протягом доби. Згідно даних, наведених у таблиці 3, максимальний годинний приток каналізаційних стоків в приймальний резервуар станції становить $q_{год}^{max} = 7,5 \% \cdot Q_{доб}$, (50 – відсотковий (середній) і мінімальний притоки

$q_{зод}^{50\%} = 3,75\% \cdot Q_{ооб}$, $q_{зод}^{min} = 1,3\% \cdot Q_{ооб}$), а мінімальна ємність приймального резервуару станції $W_{нр.р}^{min} = 0,63, \% \cdot Q_{ооб}$.

Продуктивність кожного з прийнятих на станції двох робочих насосів дорівнюватиме: Що складає $q_{нас} = 20\ 000 \times 3,75/100 = 750\ \text{м}^3/\text{год}$ або $208,5\ \text{л/с}$.

Приток стічних вод до насосної станції нерівномірний по годинах доби. Для забезпечення максимально можливого оптимального режиму роботи насосів необхідно встановити (залежно від їх подачі) необхідну регулюючу місткість приймального резервуару, обумовлену за поєднаним графіком притоку побутових стічних вод і відкачування стічної рідини.

У години мінімального і середнього притоку подача насосів перевищує приплив рідини і їх доводиться часто вимикати і вмикати, при автоматичному управлінні призначається до п'яти включень на годину.

На графіку (рис. 5) по осі ординат відкладаються значення притоку стічної води та подачі насосів у відсотках від добового притоку, а по осі абсцис – час у хвилинах. Подачу насосів приймають рівною максимальному часовому притоку – $7,5\%$, тому на графіку лінії притоку і відкачки в годину максимального притоку збігаються (лінія 1).

Для побудови графіка подачі насосів у години 50% (лінія 2) і мінімального (лінія 3) притоків визначають мінімально допустиму місткість приймального резервуару в відсотках від максимального годинного притоку.

$$W = 7,5 \cdot 5/60 = 0,625\% \cdot q_{\text{max.зод}}$$

Отримане значення **W** відкладають по осі ординат і проводять пунктирні лінії, паралельні осі абсцис. Точки перетину пунктирних ліній з лініями притоку відповідають моменту наповнення резервуару і необхідності включення в роботу насосів (це точки 1, 2, 3). З точки перетину пунктирної лінії з лінією припливу (точка 1) опускають перпендикуляр на вісь абсцис і з отриманої точки **а** проводять лінію **аб**, паралельну лінії подачі насосів – 1, до перетину з лінією притоку 2. Точка перетину ліній притоку і відкачки **б** відповідає моменту спорожнювання резервуару і вимкнення насосів з роботи. Горизонтальна ділянка **бв** – відповідає часу наповнення резервуару і інтервалу часу між ввімкненням і вимиканням насосів. Лінія **вг** – насоси вмикаються в роботу.

Подібний графік наповнення і відкачування стоків з резервуару може бути побудований при мінімальному притоці стічної рідини – лінія 3. Ламані лінії **а, б, в, г, д, е, и, к, л** є графіками режиму роботи насосів у години 50-відсоткового і мінімального притоків.

З графіка видно, що прийнята місткість резервуару забезпечує допустиму частоту ввімкнення насосних агрегатів (до 5 ввімкнень на годину).

Завдання до самостійного виконання міститься у додатку Б.

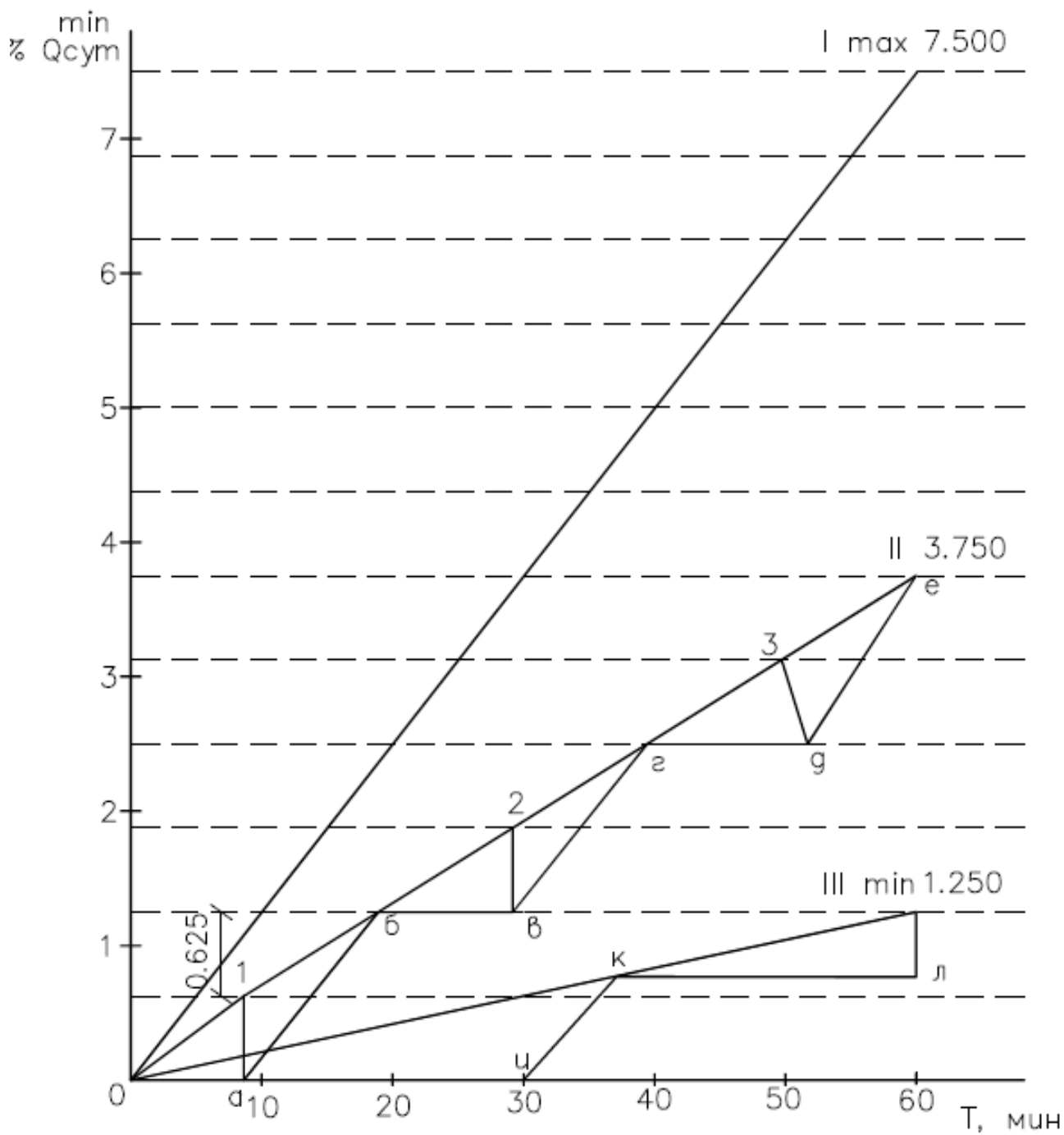


Рисунок 5 – Графік погодинного режиму роботи насосної станції:

I – лінія максимального притоку; II – лінія 50 – відсоткового притоку; III – лінія мінімального притоку; 1, 2, 3 – моменти наповнення резервуару; **а, б, г, е**, – моменти спорожнювання резервуару; **а, в, д** – моменти включення насосів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Тема 4 Контроль технологічних параметрів КОС. Управління біологічною очисткою

Задача 4. Для каналізаційних очисних споруд, продуктивністю 50 тис. м³/доб. на технологічній схемі визначити контрольовані технологічні параметри. Описати, як здійснюються контроль та управління основними етапами очищення стічних вод.

Розв'язання. Автоматизація контролю технологічних параметрів каналізаційних очисних споруд здійснюється з диспетчерського щита. На диспетчерський щит передаються усі аварійні сигнали а також інформація про зміну основних технологічних параметрах (рН, витрата стічної води, осад, повітря, хлор, каламутність стічної води, вміст розчинного кисню). На рисунку 6 наведено схему технологічного контролю каналізаційної очисної станції. Схема відображає автоматизацію технологічного контролю основних процесів очистки води.

Завдання до самостійного виконання. Для каналізаційної насосної станції, на якій встановлено три насоса. (рис. 7), навести схему автоматичного управління технологічні параметри.

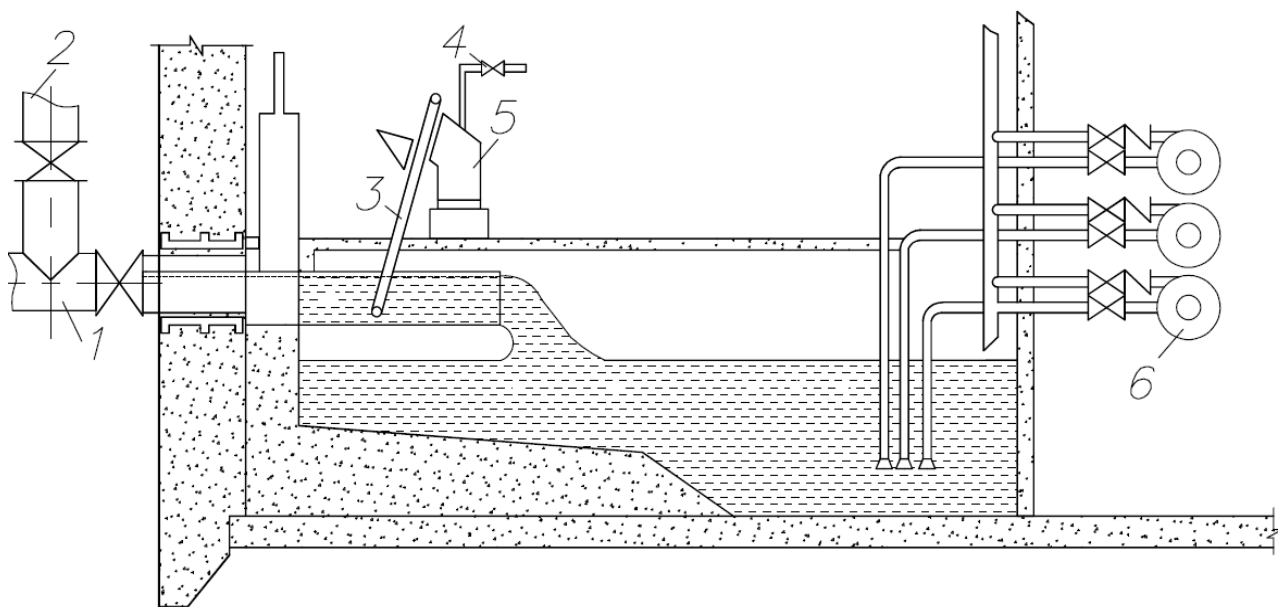


Рисунок 7 – Каналізаційна насосна станція:

- 1 – підвідний трубопровід; 2 – обвідний трубопровід; 3 – решітка;
- 4 – вентиль; 5 – дробарка; 6 – насоси.

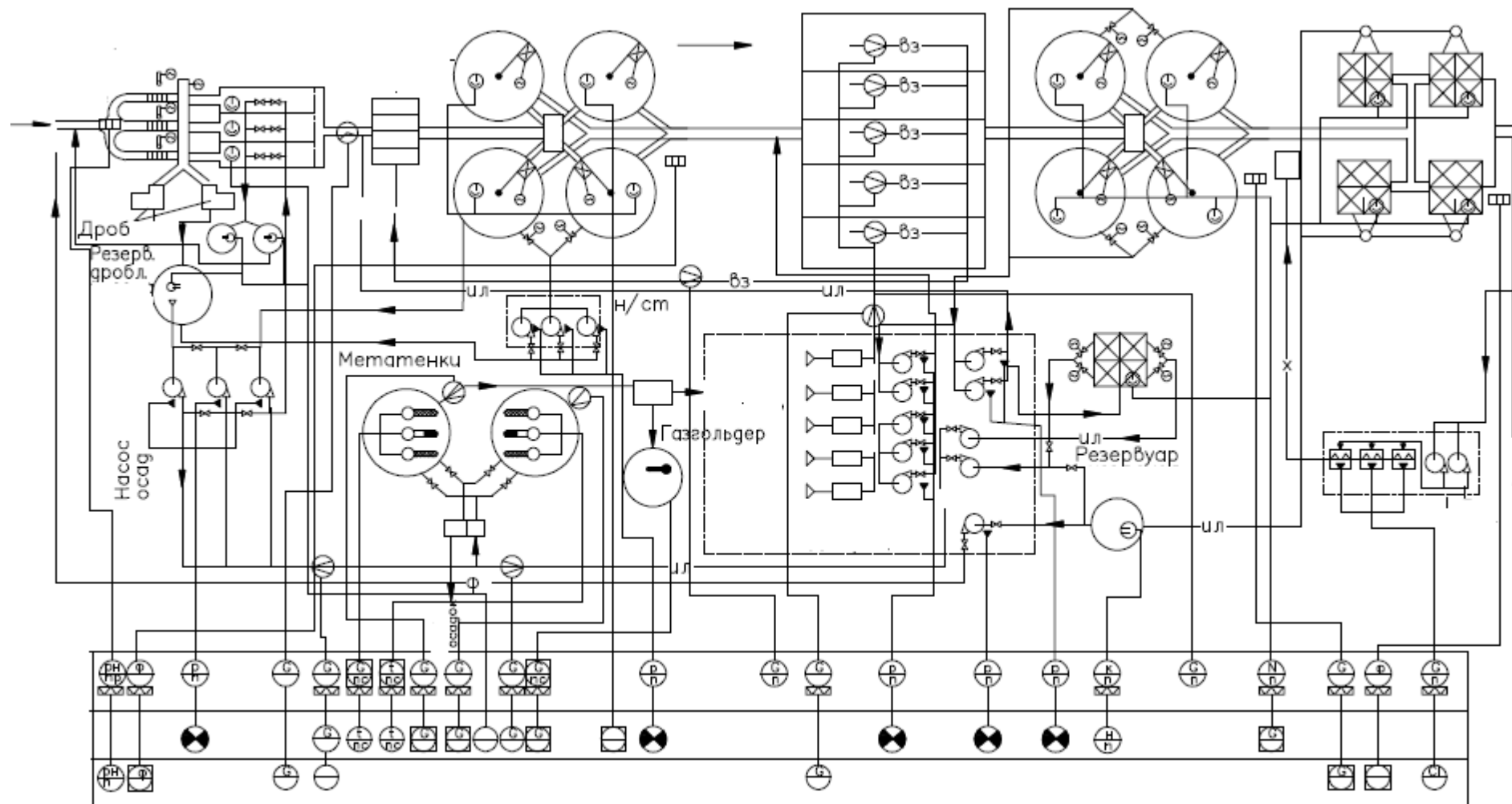


Рисунок 6 – Автоматичне управління каналізаційними очисними спорудами

Тема 5 Технічні засоби АСУ. Засоби вимірювання

Задача 5. П'єзометричний рівнемір з пневмометричною трубкою вимірює рівень лугу в випарному апараті, рисунок 8. Максимальна щільність розчину лугу $\rho_{\text{л}} = 1280 \text{ кг/м}^3$. Інтервал зміни рівня від 0 мм до 400 мм – Н, внутрішній діаметр пневмометричної трубки $d = 6 \text{ мм}$, температура лугу в випарному апараті 80°C , а абсолютний тиск в випарному апараті 160 мм рт. ст.

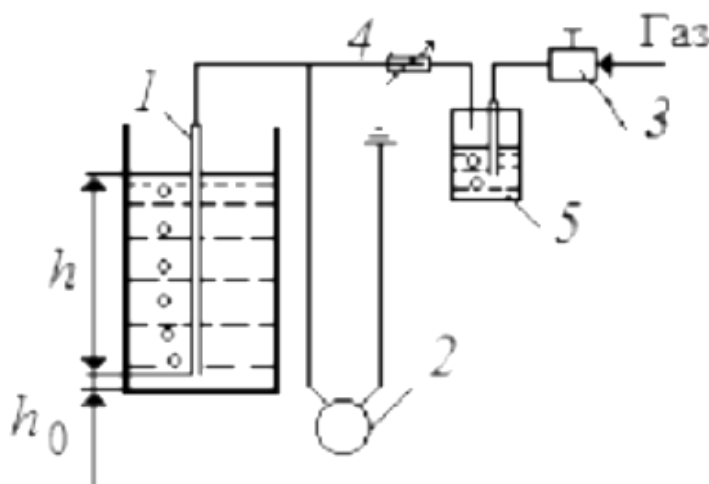


Рисунок 8 – Вимірювання рівня п'єзометричним рівнеміром

1 – п'єзометрична трубка; 2 – манометр; 3 – стабілізатор витрати; 4 – постійний дросель 5 – стаканчик призначений для оцінки витрати газу по числу пухирців

Визначити тиск повітря в джерелі живлення і приблизну часову витрату повітря при максимальному рівні.

Розв'язання. Приймаємо, що при вимірюванні рівня п'єзометричним рівнеміром з пневмометричною трубкою тиск повітря в джерелі живлення приблизно на $0,2 \text{ кгс/см}^2$ більше, ніж тій, який необхідний, щоб подолати тиск стовпа рідини і тиск в апараті.

Максимальний тиск стовпа рідини

$$p_{\text{max}} = H_{\text{max}} \cdot \rho \cdot g^2, \quad (5)$$

де H_{max} – інтервал зміни рівня, мм;

ρ – щільність розчину лугу, кг/см^3 ;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

$$p_{\text{max}} = 0,4 \times 1280 \times 9,81 = 512 \times 9,81 \text{ Па} = 512 \text{ кгс/м}^2$$

Абсолютний тиск в апараті: $p_a = 2176 \text{ кгс/м}^2$. Таким чином, мінімальний абсолютний тиск повітря в напірній лінії повинен бути

$$p_H = p_{\text{max}} + p_a + 2000 = 4688 \text{ кгс/м}^2$$

Це значить, що в якості джерела живлення можливо використовувати атмосферне повітря. Витрата повітря повинна бути такою, щоб з

пневмометричної трубки виходило в рідину одна-дві бульбашки повітря в секунду. Якщо в рідину виходить дві бульбашки повітря в секунду, то за одну годину через розчин пройде об'єм повітря (припускаємо, що діаметр пухирця дорівнює діаметру трубки), рівний:

$$V = 2 \times \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^3, \quad (6)$$

де d – внутрішній діаметр пневмометричної трубки, мм;

$$V = 0,814 \times 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Повітря, що виходить з пневмометричної трубки з температурою 80°C знаходиться під абсолютним тиском, трохи більшим значення $2\,688 \text{ кгс/м}^2$ ($p_{\text{max}} + p_a$) Припустимо, що воно дорівнює $2\,700 \text{ кгс/м}^2$ Тепер можна визначити об'ємну часову витрату, що відбирається з атмосфери при нормальних умовах ($t = 20^\circ\text{C}$, $p_N = 1,0332 \text{ кгс/см}^2$):

$$V_N = \frac{T_N \cdot p}{k \cdot T \cdot p_N}, \quad (7)$$

де T_N – абсолютна температура повітря за нормальних умов, K ;

p – абсолютний тиск повітря, кгс/см^2 ;

p_N – абсолютний тиск повітря за нормальних умов, кгс/см^2 ;

k – коефіцієнт стискаємості повітря, l .

$$V_N = 0,814 \cdot 10^{-3} \times \frac{293 \times 0,27}{1 \cdot 353 \times 1,0332} = 0,177 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Примітка. Індексом « N » відзначені параметри повітря при нормальних умовах, $k=1$ – коефіцієнт стискання повітря.

Таблиця 3 – Вихідні дані для самостійного вирішення

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
d , мм	7	5	6	8	7
H , мм	410	380	360	420	390
p_a , мм рт. ст	170	188	175	180	165
t , $^\circ\text{C}$	0,33	0,31	0,35	0,34	0,32
ρ , кг/см^3	1 288	1 190	1 235	1 310	1 270

Задача 6. При установці діафрагми в трубопроводі передбачалося, номінальне значення витрати середовища складе 230 т/год. Діафрагму розрахували на максимальну витрату $F_{\max} = 250$ т/год, а дифманометр – на $\Delta p_{\max} = 400$ кгс/м². В процесі експлуатації з’ясувалося, що витрата середовища дорівнюватиме 380 т/год і змінити діафрагму видається неможливим. Підберіть дифманометр, щоб виміряти витрату середовища, рівний 380 т/год.

Розв’язання. Витрата і перепад тиску на діафрагмі пов’язані співвідношенням $F = K\sqrt{\Delta p}$

Знайдемо

$$K = \frac{F_{\max}}{\sqrt{\Delta p_{\max}}} = \frac{250}{\sqrt{400}} = 12,5 \frac{(т/ч)}{(кгс/м^2)^{0,5}}.$$

Визначимо, чому буде дорівнювати перепад тиску на діафрагмі при витраті середовища, рівного 380 т/год;

$$\Delta p = \left(\frac{F}{K}\right)^2 = \left(\frac{380}{12,5}\right)^2 = 924,2 \text{ кгс/м}^2$$

Це означає, що дифманометр повинен мати верхню межу виміру можливо близьку до розрахованого значення перепаду тиску. Отже, щоб виміряти витрату середовища, рівного 380 т/год, необхідно вибрати дифманометр з верхньою межею, вимірюючим $\Delta p^*_{\max} = 1000$ кгс/м². При цьому максимальна витрата середовища, вимірювана знову підібраним дифманометром, складе:

$$F^*_{\max} = K \cdot \sqrt{\Delta p^*_{\max}} = 12,5 \cdot \sqrt{1000} = 395,3 \text{ т/год.}$$

Таблиця 4 – Вихідні данні для самостійного вирішення

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
D , мм	55	46	48	57	52
F_{\max} , м ³ /год	79	76	69	77	75
p_{\max} , кгс/м ²	0,88	0,86	0,90	0,85	0,89
p_2 , мПа	0,33	0,31	0,35	0,34	0,32
ρ , кг/см ³	2	2,5	2,6	1,8	2,2
T_1 , К	297	295	290	292	296

Задача 7. Розрахуйте і підберіть регулюючий орган виконавчого пристрою для потоку газу. Характеристики газу: інертний, щільність $\rho = 2$ кг/см³; абсолютна температура $T_1 = 293$ К; коефіцієнт, що враховує відхилення газу від законів ідеального газу, $k = 1$, абсолютний тиск перед

регулюючим органом при максимальній витраті газу $p_1 = 0,8$ мПа; абсолютний тиск після регулюючого органу при максимальній витраті газу $p_2 = 0,38$ мПа. Максимальна витрата газу $F_{\max} = 2\,700$ м³/год. Діаметр трубопроводу $D = 50$ мм.

Розв'язання. Знайдемо перепад тиску на регулюючому органі при максимальній витраті газу:

$$\Delta P_{\text{кл}} = p_1 - p_2 = 0,8 - 0,38 = 0,42 \text{ мПа}$$

Визначимо режим течії газу через регулюючий орган. Оскільки

$$\Delta p_{\text{кл}} = \frac{P_1}{2} = \frac{0,8}{2}, \text{ тобто, } 0,42 \supset 0,40,$$

то режим течії газу критичний, і пропускну здатність регулюючого органу для потоку газу розраховуємо за рівнянням

$$K_{v,\max} = \frac{F_{\max}}{2\,640 \cdot p_1} \sqrt{\rho \cdot T_1 \cdot k}$$

$$K_{v,\max} = \frac{2\,700}{2\,640 \times 0,8} \sqrt{2 \times 293 \times 1} = 31.$$

Вибираємо регулюючий орган з умовною пропускну здатністю $K_{v,s}$, більшою його розрахункового значення на 20 %:

$$K_{v,s} \supseteq 1,2 K_{v,\max}; K_{v,s} = 1,2 \times 31 = 37,2.$$

З переліку типорозмірів дросельних регулюючих органів, наведених в каталогах і довідниках, як регулюючого органу вибираємо двох сідельний регулюючий клапан з $K_{v,s} = 40$ і діаметром умовного проходу $D_y = 50$ мм.

Таблиця 5 – Вихідні дані для самостійного вирішення

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
D , мм.	55	46	48	57	52
F_{\max} , м ³ /год.	79	76	69	77	75
p_1 , мПа	0,88	0,86	0,90	0,85	0,89
p_2 , мПа	0,33	0,31	0,35	0,34	0,32
ρ , кг/см ³	2	2,5	2,6	1,8	2,2
T_1 , К	297	295	290	292	296

Задача 8. На рисунку 9 наведений фрагмент технологічної схеми з ректифікаційною колоною (РК).

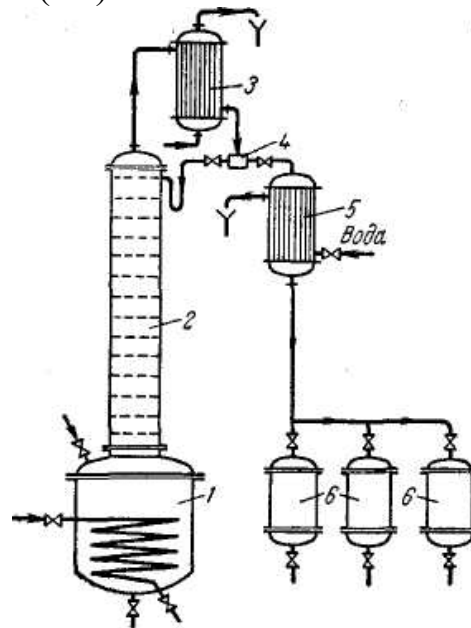


Рисунок 9 – Приклад технологічної схеми з ректифікаційною колоною:

1 – куб; 2 – ректифікаційна колона; 3 – дефлегматор; 4 – дільник флегми; 5 – холодильники; 6 – збірники дистилляту

Оцінити необхідний перепад тиску на РК, якщо діаметр труби для подачі флегми в колону ректифікації збільшили з 51 мм до 76 мм. Надлишковий початковий тиск p_H становить 1 035 кПа, надлишковий тиск в ректифікаційній колоні $p_{рф}$ рівний 690 кПа. Для того, щоб підняти потік флегми на рівень її введення в колону, необхідно ще 131,1 кПа.

Розв'язання. Надлишковий кінцевий тиск повинен мати величину

$$p_k = 690 + 131,1 = 821,1 \text{ кПа.}$$

Втрати тиску на тертя складуть 13,8 кПа на діафрагмі і 110,4 кПа в трубопроводі для введення флегми, тобто

$$\Delta p_{тр} = 13,8 + 110,4 = 124,2 \text{ кПа.}$$

За рівнянням доступний перепад тиску на клапані складе:

$$\Delta p_{кл} = (p_H - p_k) - \Delta p_{тр} = (1035 - 821,1) - 124,2 = 89,7 \text{ кПа.}$$

Припустимо, що $V_{max} / V_p = 1,25$. Тоді необхідний перепад тиску $\Delta p_{кл}^*$ рівний

$$\Delta p_{кл}^* = 0,05 \cdot p_H + 1,1 \cdot \left[\left(\frac{v_{max}}{v_p} \right)^2 - 1 \right] \cdot \Delta p_{тр} + \Delta p_{кл0} \quad (8)$$

де p_H – початковий тиск кПа;

v_{max} – максимальна швидкість потоку, м/год;

v_p – робоча швидкість потоку, м/год;

Δp_{mp} – втрати на тертя у трубопроводі, кПа;

$\Delta p_{кл0}$ – перепад тиску на клапані, кПа;

$$\Delta p_{кл}^* = 0,05 \cdot 1035 + 1,1 \cdot [(1,25)^2 - 1] \cdot 124,2 + 27,6 = 134,8 \text{ кПа},$$

тобто, виявляється більшим доступного перепаду тиску. Оскільки найбільші втрати тиску на тертя спостерігаються в трубопроводі, то зміни в технологічній схемі повинні торкнутися саме його. Збільшимо діаметр трубопроводу з 0,051 м до 0,076 м, тоді втрати тиску на тертя в трубопроводі знизяться до 27,6 кПа і загальні втрати тиску на тертя стануть рівні

$$\Delta p_{mp} = 13,8 + 27,6 = 41,4 \text{ кПа}.$$

Доступний перепад тиску на РК за рівнянням складе

$$\Delta p_{кл} = (1035 - 821,1) - 41,4 = 172,5 \text{ кПа}.$$

Розрахуємо необхідний перепад тиску на РК відповідно до рівняння

$$\Delta p_{кл}^* = 0,05 + p_H + 1,1 \cdot \left[\left(\frac{V_{\max}}{V_p} \right)^2 - 1 \right] \cdot \Delta p_{mp} + \Delta p_{кл0}.$$

Отримаємо значення

$$\Delta p_{кл}^* = 0,05 \times 1035 + 1,1 \times [(1,25)^2 - 1] \cdot 41,4 + 27,6 = 104,9 \text{ кПа}.$$

Таким чином, збільшення діаметру трубопроводу для подачі флегми в колону ректифікації призводить до збільшення перепаду тиску на РК, що створює більше можливостей для лінеаризації робочих видаткових характеристик клапана і, отже, для управління процесом.

Примітка. Для розрахунку перепаду тиску на регулюючому клапані потрібно знати співвідношення між максимальною і робочою швидкістю потоку V_{\max} / V_p . Це співвідношення становить 1/1 для клапанів, регулюючих швидкість потоку, і 1/25 для клапанів, регулюючих рівень тиску і температуру.

Таблиця 6 – Вихідні дані для самостійного вирішення

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1	2	3	4	5
d_1 , мм	55	46	48	57	52
d_2 , мм	79	76	69	77	75
p_n , кПа	1 033	1 038	1 025	1 037	1 034
$p_{рф}$, кПа	680	695	675	685	694

2 ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ

ТЕМА 1 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (САК)

1. Основні поняття про автоматизацію систем водопостачання та водовідведення як об'єктів автоматизації. 2. Класифікація систем автоматизації. Основні елементи САК. 3. Класифікація САК. 4. Загальні характеристики САК та форми запису їх рівнянь статички і динаміки. 5. Типові елементарні ланки САК. Передаточні функції та частотні характеристики САК. 6. Структурні схеми САК та їх перетворення. 7. Стійкість неперервних лінійних САК, їх алгебраїчні та частотні критерії стійкості. 8. Якість неперервних лінійних САК. 9. Дослідження лінійних САК на стійкість за частотним критерієм Михайлова. 10. Аналіз лінійної САК рівнем рідини на стійкість за алгебраїчним критерієм Гурвіца та якість перехідних процесів. 11. Типові закони керування (П, І, ПІ, ПД, ПІД) параметрами технологічних процесів.

Питання для самоперевірки

1. Що таке автоматизація з сучасного погляду?
2. Що розуміють під технологічним об'єктом керування, вхідним і вихідним параметрами цих об'єктів?
3. За рахунок чого визначають успіх автоматизації систем водопостачання та водовідведення?
4. Які системи автоматизації виділяють: за призначенням, за ступенем автоматизації і залежно від носіїв інформації?
5. Назвіть основні елементи систем автоматичного керування.
6. Що називають первинним і передавальним перетворювачами сигналів, вторинним приладом, автоматичним регулятором і виконавчим механізмом?
7. Які основні елементи складають технологічну частину систем автоматичного керування (САК) і які називають локальними контрольно-вимірjuвальними приладами та засобами автоматизації?
8. Що розуміють під системою автоматичного керування (САК) і які їх види згідно з інформативним принципом класифікації?
9. Чим відрізняються принципи керування за відхиленням, за збуренням і комбінований? Наведіть загальні характеристики ланок САК і форми запису їх рівнянь статички і динаміки. Назвіть типові елементарні ланки САК і їх основні динамічні характеристики.

ТЕМА 2 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ РЕГУЛЮВАННЯ

1. Вивчення властивостей об'єктів регулювання. 2. Статичні і динамічні властивості об'єктів регулювання: вхідні і вихідні сигнали. 3. Оцінки якості автоматичного регулювання. 4. Основні закони автоматичного регулювання та типи регуляторів. Налаштування автоматичних регуляторів. 5. Класифікація систем автоматичного регулювання. 6. Регулятори прямої дії. 7. Мікропроцесорні регулятори. 8. Програмовані мікропроцесорні регулятори «Ремиконт». 9. Принцип

дії і структурна схема регулятора. 10. Цифрові та імпульсні перетворювачі – ЦПП.
11. Електричні виконавчі механізми.

Питання для самоперевірки

1. У чому виявляються статичні і динамічні властивості об'єктів регулювання?
2. Що повинні забезпечувати виконавчі механізми. Для чого вони застосовуються?
3. Що таке вхідні і вихідні сигнали?
4. Що розуміють під технічним об'єктом управління. Вхідними і вихідними параметрами об'єктів?
5. Назвіть основні елементи систем автоматичного регулювання?

ТЕМА 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ ТЕМПЕРАТУРИ І ТИСКУ

1. Автоматичний контроль температури. 2. Класифікація термометрів за принципом дії. 3. Термоперетворювачі опору. 4. Термоелектричні перетворювачі. Нормуючі перетворювачі сигналів. 5. Термоперетворювачі з уніфікованими вихідними сигналами постійного струму. Вторинні прилади. 6. Автоматичний контроль тиску. 7. Класифікація приладів для вимірювання тиску за принципом дії та видом вимірювальної величини тиску, їх коротка характеристика. 8. Електричні тензорезисторні перетворювачі сигналів для контролю тиску, витрат і рівня рідини.

Питання для самоперевірки

1. За якими ознаками класифікують контрольно-вимірювальні прилади?
2. Наведіть співвідношення між термодинамічною шкалою Кельвіна і міжнародною практичною шкалою Цельсія.
3. Перелічіть термометри розширення і наведіть принципи їх дії.
4. Чим відрізняється принцип дії манометричних термометрів і термометрів розширення?
5. Назвіть принцип дії термоперетворювачів опору і типи цих перетворювачів.
6. Назвіть принцип дії термоелектричних перетворювачів.
7. Нарисуйте принципову схему нормуючого перетворювача сигналів.
8. Які термоперетворювачі з уніфікованими вихідними сигналами постійного струму Вам відомі?
9. Чим відрізняються вторинні прилади типів А-542 і А-543?
10. Назвіть види вимірювальної величини тиску і принцип дії рідинних манометрів.
11. Назвіть принцип дії деформаційних приладів для вимірювання тиску.
12. Наведіть принцип дії вимірювальних тензорезисторних перетворювачів сигналів типу «КВАНТ» і які типи з них використовують для вимірювання тиску, витрати, рівня?

ТЕМА 4 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ВИТРАТИ РІДИНИ Й ГАЗУ, РІВНЯ РІДИНИ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ Й ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1. Автоматичний контроль витрати і кількості рідини і газу.
2. Класифікація витратомірів.
3. Електромагнітні (індукційні) витратоміри.
4. Витратоміри змінного перепаду тиску на звужуючому пристрої.
5. Стандартні звужуючі пристрої.
6. Лічильники для вимірювання кількості рідини.
7. Автоматичний облік кількості спожитої теплової енергії.
8. Автоматичний контроль рівня рідини. Автоматичний контроль концентрації (складу), вологості, густини і в'язкості.
9. Автоматичні регулятори та їх класифікація. Автоматичні регулятори безперервної дії (П, І, ІІ, ПД, ПІД – регулятори) й виконавчі механізми.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть визначення витрати та кількості рідини, а також методи вимірювання витрати рідини і газу.
2. Наведіть принцип дії електромагнітних (індукційних) витратомірів.
3. Наведіть принцип дії витратомірів змінного перепаду тиску на звужуючому пристрої та визначення коефіцієнта (модуля) звужуючого пристрою.
4. Назвіть стандартні звужуючі пристрої та їх короткі характеристики.
5. Наведіть типи лічильників рідини та газу, принцип їх дії.
6. За допомогою яких приладів виконують автоматичний облік теплової енергії, принцип їх дії.
7. Наведіть принцип дії приладів для вимірювання рівня рідини, концентрації, вологості, густини і в'язкості.
8. Наведіть принципи класифікації автоматичних регуляторів (АР) і визначення АР неперервної дії, зокрема П-, І-, ІІ-, ПД-, ПІД-регуляторів.

ТЕМА 5 КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ Й ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ (КВП ТА ЗА) СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1. Загальні відомості про електричні релейно-контактні схеми автоматизації (ЕРКСА), визначення, основні елементи.
2. Умовні літерні й графічні зображення елементів ЕРКСА.
3. Типові елементарні ЕРКСА.
4. Автоматичне керування роботою електро-двигуна.
5. Призначення систем автоматичного захисту і технологічної сигналізації.
6. Дослідження роботи лічильника теплової енергії типу SUPERCAL 539 при роботі з фізичною моделлю системи опалення (ФМСО) для автоматичних: обліку спожитої теплової енергії ФМСО, контролю температури теплоносія на вході й виході ФМСО, а також витрати теплоносія, який пройшов через ФМСО.
7. Дослідження роботи мікропроцесорного контролера (МПК) типу РТГ-32 для реалізації системи автоматичного керування температурою.
8. Дослідження

роботи мікропроцесорного контролера (МПК) типу РТГ-32 для реалізації системи автоматичного керування температурою.

Питання для самоперевірки

1. Назвіть основні елементи ЕРКСА на схемах головного струму і схемах керування (допоміжних ланок)?

2. Нарисуйте типові елементарні ЕРКСА повторювача, самоблокування і взаємного блокування.

3. Нарисуйте ЕРКСА послідовного блокування включенням і виключенням.

4. Нарисуйте ЕРКСА пуску, зупинки й захисту від перевантаження асинхронного трифазного електричного двигуна з короткозамкненим ротором.

5. Назвіть призначення системи автоматичного захисту і технологічної сигналізації.

ТЕМА 6 ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ (ФСА ТП) СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1. Загальні відомості про розробку ФСА ТП, їх визначення. Характерні функції САК. Умовні, графічні, літерні й цифрові зображення технологічного обладнання, матеріальних потоків, КВП та ЗА. 2. Адресний метод розробки ФСА ТП. 3. Методика розробки ФСА ТП систем водопостачання та водовідведення на базі сучасних КВП та ЗА, в тому числі МПК. 4. ФСА ТП фільтрації води на базі сучасних КВП та ЗА, в тому числі МПК. 5. ФСА ТП кисневого режиму в аеротенках для очищення стічних вод на сучасних КВП та ЗА, в тому числі МПК. 6. Розробка ФСА ТП очищення стічних вод каналізаційних споруд на базі сучасних КВП та ЗА, в тому числі МПК.

Питання для самоперевірки

1. Що визначають структурна, принципова і функціональна схеми автоматизації технологічного процесу?

2. Які характерні функції систем автоматичного керування реалізують при розробці функціональних схем автоматизації технологічних процесів (ФСА ТП)?

3. Наведіть умовні графічні, цифрові та літерні зображення матеріальних потоків, технологічного обладнання і локальних КВП та ЗА на ФСА ТП.

4. За рахунок яких переваг треба використовувати адресний метод розробки ФСА ТП, наведіть його визначення.

7. Нарисуйте ФСА ТП очищення стічних вод каналізаційних споруд із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000, які функції реалізовано при розробці цієї схеми?

8. Назвіть сучасні КВП та ЗА, які застосовано при розробці ФСА ТП очищення стічних вод каналізаційних споруд із застосуванням МПК типу

РЕМІКОНТ Р-2000 і повні назви САК, їх основні елементи та позиції цих елементів на ФСА ТП.

9. Нарисуйте ФСА ТП кисневого режиму в аеротенках для очищення стічних вод із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000, які функції реалізовано при розробці цієї схеми?

10. Назвіть сучасні КВП та ЗА, які застосовано при розробці ФСА ТП кисневого режиму в аеротенках для очищення стічних вод із застосуванням МПК типу РЕМІКОНТ Р-2000 і повні назви САК, їх основні елементи та позиції цих елементів на ФСА ТП.

14. Назвіть основне призначення щитів автоматизації і як класифікують щити автоматизації за призначенням, обсягом обладнання, конструктивним оформленням?

ТЕМА 7 ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ, ОСОБЛИВОСТІ ДИСПЕТЧЕРСЬКОЇ СЛУЖБИ ЦИХ СИСТЕМ

1. Завдання диспетчерського управління. 2. Види управління системами водопостачання та водовідведення; 3. Управління режимами системи водопостачання і керовані параметри; 4. Ситуативна і часова ієрархії; 5. Організація диспетчерської служби. 6. Технічне забезпечення диспетчерських служб. 7. Інформаційні функції, централізований контроль і облік. 8. Діагностика протікання технологічного процесу водопостачання. 9. Забезпечення диспетчера оперативною інформацією.

Питання для самоперевірки

1. Що передбачає і забезпечує диспетчеризація систем водопостачання та водовідведення?

2. Назвіть функції центрального і місцевого диспетчерів систем водопостачання та водовідведення і де застосовують одноступеневу схему диспетчерської служби систем водопостачання, її призначення?

3. Де застосовують двоступеневу і триступеневу схеми диспетчерської служби систем водопостачання, її призначення?

4. Назвіть три групи об'єктів водопостачання та водовідведення за ступенем автоматизації і диспетчерського керування.

5. Як відрізняються ситуативна і часова ієрархії?

6. У чому полягає організація диспетчерської служби?

7. Параметри технологічних процесів водопостачання які підлягають контролю (перерахувати) ?

3 КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Розробка функціональних схем автоматизації технологічних процесів (ФСА ТП) на базі сучасних контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації (КВП та ЗА), в тому числі мікропроцесорного контролера (МПК)

Мета контрольної роботи – оволодіння навичками розробки ФСА ТП адресним методом деяких систем водопостачання та водовідведення на базі сучасних КВП та ЗА, в тому числі МПК.

Для розробки ФСА будь якого технологічного процесу у галузі водопостачання або водовідведення необхідно виконати наступні завдання:

- навести короткий опис фрагмента технологічного процесу, для якого повинна бути розроблена ФСА ТП та опис функцій, які треба реалізувати;
- виконати обґрунтування вибору застосованих сучасних КВП та ЗА, в тому числі мікропроцесорного контролера (МПК) для реалізації функцій; вказати повні назви систем автоматичного керування (САК) параметрами технологічного процесу; навести специфікацію на КВП та ЗА та експлікацію обладнання.

Розробка систем автоматичного керування технологічними процесами пов'язана з інтенсифікацією технологічних режимів систем водопостачання і водовідведення. До основних споруд систем водопостачання відносять: насосні станції, реагентне господарство, відстійники, освітлювачі, фільтри, контактні освітлювачі, водоводи, мережі, резервуари тощо. До основних споруд систем водовідведення відносять: механічну очистку, обробку осадів, біохімічну очистку, мережі тощо.

Для системи водопостачання розглянемо розробку ФСА технологічного процесу очищення води з поверхневого джерела.

Через цю складну технологічну схему процесу без порушення вимог ДСТУ до розробки ФСА ТП, розглянемо опис фрагмента процесу, що наведений на рисунку 10.

Опис фрагменту технологічного процесу. Вихідна вода (1.1) з поверхневого джерела після попереднього відстоювання (на ФСА ТП не показане) надходить в змішувач (1), де відбувається її змішування з розчинами: коагулянту (28), флокулянту (29), вапняного молока (30) і хлорної води (31). Для інтенсифікації процесів у змішувачі (1), зокрема – утворення пластівців, попереднього хлорування, осадження та ін., Необхідно передбачити автоматичний контроль витрат зазначених матеріальних потоків і управління співвідношенням витрат води (1.1) і всіх інших матеріальних потоків зміною їх витрат з корекцією за вмістом, відповідних речовин у воді (1.9), після змішувача (1).

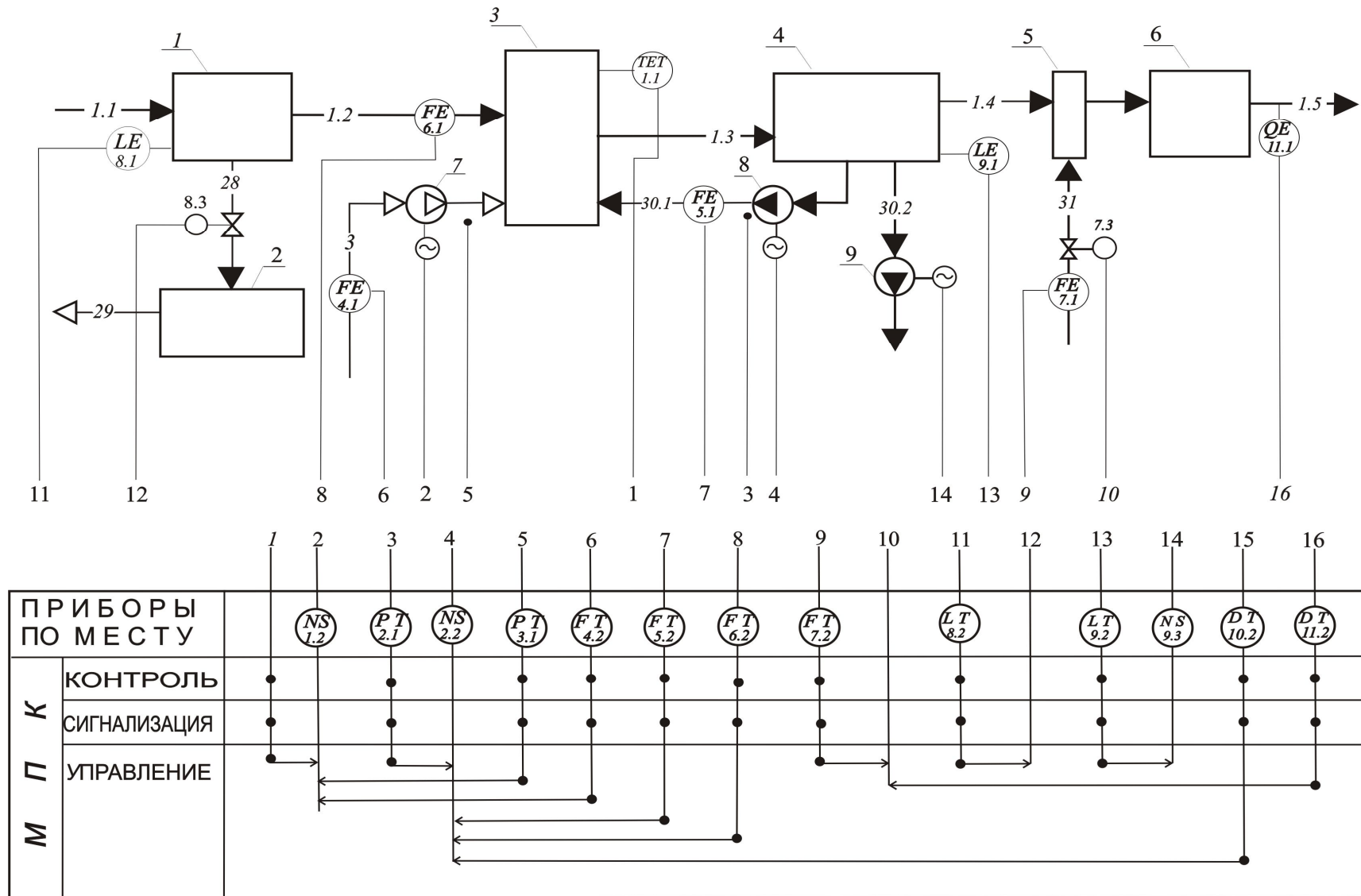


Рисунок 10 – Функціональна схема автоматизації технологічного процесу водопостачання

Оброблена вода (1.2) після змішувача (1) надходить в камеру утворення пластівців (2), поєднану з горизонтальним відстійником (3), де можливе випадання осаду (32), який при великому скупченні порушує нормальну роботу споруди. Тому необхідно виробляти автоматичний рівень осаду (31) і, при досягненні регламентного рівня осаду (32), управління його відведенням при необхідності.

Відстояна вода (1.3) після горизонтального відстійника (3), надходить на швидкий фільтр (4). Принцип роботи швидкого фільтра (4) полягає в фільтруванні води, при цьому затримуються дрібні пластівці зважених речовин. Тому через деякий час відбувається забруднення швидкого фільтра (4), в результаті чого збільшується тиск всередині фільтра (4). Для запобігання виносу забруднень з швидкого фільтра (4) необхідно контролювати тиск всередині споруди. При досягненні тиску регламентного граничного значення, швидкий фільтр (4) автоматично переводиться в режим промивання шляхом: припинення подачі води для нього (1.3) на нього, припинення відводу відфільтрованої води (1.4) після нього, автоматичного пуску електродвигуна насоса (5) подачі чистої промивної води (1.5), на фільтр (4) з резервуара чистої води (6) і скидання забрудненої промивної води (1.6) після.

Ефективність промивки фільтра (4) залежить від якості вихідної забрудненої промивної води (1.6). Процес промивки контролюють по світлопроникності забрудненої промивної води (1.6). При досягненні світлопроникності цієї води значення, встановленого регламентом, швидкий фільтр (4) автоматично переводиться з режиму промивки в режим нормальної роботи шляхом: припинення скидання забрудненої промивної води (1.6), зупинка електродвигуна насоса (5) подачі чистої промивної води (1.5), відновлення відводу відфільтрованої води (1.4) і подачі відстояної води (1.3) на швидкий фільтр (4).

Після швидкого фільтру (4) відфільтрована вода (1.4) надходить в резервуар чистої води (РЧВ) (6), з якого очищена вода (1.7) надходить споживачам.

Опис функцій, виконуваних ФСАТП:

1. Автоматичний контроль надлишкового тиску на швидкому фільтрі технологічна сигналізація при досягненні цим тиском заданого регламентного значення, розрахунок і видача керуючих впливів на автоматичний переключальник цього фільтру в режим промивки шляхом: припинення подачі відстояної води на нього, припинення відводу відфільтрованої води з нього, автоматичного пуску електродвигуна насоса подачі чистої промивної води на швидкий фільтр і скидання забрудненої промивної води після нього.

2. Автоматичний контроль надлишкового тиску в напірному патрубку насоса подачі чистої промивної води під час його роботи, технологічна сигналізація при виході тиску за норми технологічного регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на керування тиском зміною числа обертів електродвигуна цього насоса при необхідності.

3. Автоматичний контроль витрат початкової води і розчину коагулянту в змішувач, технологічна сигналізація в разі виходу їх за норми технологічного

регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на керування цим співвідношенням зміною витрати розчину коагулянту з корекцією за вмістом розчину коагулянту в воді після змішувача.

4. Автоматичний контроль витрат початкової води і розчину флокулянту в змішувач, технологічна сигналізація в разі виходу їх за норми технологічного регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на керування співвідношенням зазначених витрат шляхом зміни витрат розчину флокулянту корекцією по залишкової жорсткості води після змішувача.

5. Автоматичний контроль витрат початкової води і вапняного молока в змішувач, технологічна сигналізація в разі виходу їх за норми технологічного регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на зміну витрат вапняного молока з корекцією за вмістом величини рН у воді після змішувача.

6. Автоматичний контроль витрат вихідної і хлорної води у змішувачі, технологічна сигналізація в разі виходу їх за норми технологічного регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на зміну витрати хлорної води з корекцією по концентрації залишкового хлору у воді після змішувача.

7. Автоматичний контроль рівня осаду в горизонтальному відстійнику, технологічна сигналізація в разі виходу їх за норми технологічного регламенту, розрахунок і видача керуючих впливів на скидання осаду з відстійника при необхідності.

8. Автоматичний контроль якості промивки швидкого фільтру по світлопроникності забрудненої промивної води, технологічна сигналізація при досягненні світлопроникності забрудненої промивної води значення, встановленого регламентом, розрахунок і видача керуючих впливів на переключення його з режиму промивки в режим нормальної експлуатації шляхом: автоматичної зупинки електродвигуна насоса подачі чистої промивної води на швидкий фільтр, припинення скидання забрудненої промивної води з фільтру, відновлення подачі відстояної води на швидкий фільтр, відводу відфільтрованої води з нього.

Обґрунтування вибору первинних (ПП) і передавальних (ПрП) перетворювачів, мікропроцесорного контролера (МПК) та відповідних виконавчих механізмів (ВМ)

Для виконання зазначених функцій найдоцільніше застосовувати мікропроцесорний контролер типу РЕМІКОНТ Р-2000, який є компактним, багатоканальним, багатофункціональним, високопродуктивним і високонадійним контролером (МПК), призначений для автоматичного і логічного керування технологічними процесами.

МПК РЕМІКОНТ Р-2000 призначений для вирішення наступних задач:

1) автоматичний контроль параметрів технологічних процесів з первинною обробкою відповідних сигналів (фільтрація отриманих сигналів, лінеаризація характеристик перетворювачів, «офизичивание» сигналу і т. д.);

2) технологічна сигналізація виходу параметрів за норми технологічного регламенту з звуковою або світловою сигналізацією;

3) розрахунок і видача керуючих впливів на відповідні механізми для реалізації керуючих впливів;

4) автоматичне керування як прямими так і непрямими параметрами за різними законами управління;

5) логічне, програмно-логічне керування технологічними агрегатами, зокрема автоматичний пуск і зупинка технологічного обладнання;

6) математична обробка інформації за різними алгоритмами, що виконують функції лічильників та таймерів;

7) автоматичний технічний облік енергетичних і матеріальних потоків (електроенергія, теплова енергія тощо);

8) реєстрація і архівація значень параметрів технологічних процесів;

9) обслуговування технічного персоналу, програмної перевірки технічного стану контролера;

10) самоконтроль і діагностика всіх пристроїв контролера в безперервному режимі.

Вирішення зазначених задач апаратними програмами і мовними засобами контролера.

До складу МПК РЕМИКОНТ Р-2000 входять:

1) центральний блок (блок-контролер з пультом налаштування);

2) блок розширювача пристроїв у зв'язку з об'єктом;

3) комплект модулів і блоку зв'язку з об'єктом;

4) інші модулі, необхідні для вирішення вищевказаних задач;

В запам'ятовуючих пристроях МПК РЕМИКОНТ Р-2000 записано 256 алгоритмів, він має 170 вхідних і 50 вихідних уніфікованих сигналів постійного струму 4–20 мА, а також по 176 вхідних і вихідних дискретних сигналів, величина яких: логічна «1» – 30 В; логічний «0» – 7 В.

Для автоматичного контролю надлишкового тиску у відповідних точках технологічної схеми в якості ПрП застосовуємо вимірювальний тензорезисторний перетворювач надлишкового тиску з уніфікованими вихідними сигналами постійного струму 4–20 мА типу КВАНТ ДИ – 11 (поз.1.1, 2.1). Сигнали від цих передавальних перетворювачів надходять на відповідні входи МПК РЕМИКОНТ Р-2000, який по алгоритмах «контроль тиску» перетворює ці сигнали в значення тиску в Па, кПа, МПа. Якщо значення виходять за допустимі регламентом значення, МПК за алгоритмами «технологічна сигналізація тиску» видає світлові і / або звукові сигнали і реєструє ці значення на лицьовій панелі МПК. В цей же час для видачі відповідних керуючих впливів, МПК за алгоритмами «розрахунок і видача керуючих впливів» розраховує ці впливи, і вони надходять на відповідні виконавчі механізми (поз. 1.2; 1.3; 1.4; 1.5;) обґрунтування вибору яких описано нижче.

Для автоматичного контролю витрати матеріальних потоків в якості первинних перетворювачів (ПП) застосовуємо діафрагми камерні з фланцевим способом відбору перепаду тиску на ній типу ДК – 0,6 (поз.3.1; 4.1; 5.1; 6.1; 7.1), сигнали від яких, пропорційні витраті за різницею тисків, надходять на ПрП, в якості яких застосовують вимірювальні тензорезисторні перетворювачі

різниці тисків з уніфікованими вихідними сигналами постійного струму 4–20 мА типу КВАНТ ДД – 12 (поз.3.2, 4.2; 5.2; 6.2; 7.2;), пропорційні витраті, надходять на входи МПК, який за алгоритмом «контроль витрати» виконує перетворення їх в одиниці витрати (м³/ч).

У разі виходу параметра за норми технологічного регламенту, МПК за алгоритмом «технологічна сигналізація витрат» виконує цю функцію з виведенням на екран дисплея. В цей же час для видачі відповідних впливів «розрахунок керуючих впливів і видача їх за відповідними каналами», розраховує їх і видає на відповідні механізми (поз. 4.3; 5.3; 6.3; 7.3), обґрунтування вибору яких описано нижче.

Для автоматичного контролю концентрація коагулянту в воді після змішувача застосовується в якості ПП автоматичний кондуктометр вмісту розчину коагулянту в рідині типу АКК-202 (поз. 9.1), сигнали від якого надходять на ПрП (поз. 9.2), вибір якого обґрунтований нижче.

Для автоматичного контролю жорсткості води в якості ПП застосовується автоматичний калориметр для вимірювання залишкової жорсткості води типу URFA-II-ZT (поз. 10.1), сигнали від якого надходять на ПрП (поз. 10.2), вибір якого обґрунтований нижче.

Для автоматичного контролю величини рН у воді після змішувача в якості ПП застосовується автоматичний рН-метр типу рН-261 (поз. 11.1), сигнали від якого надходять на ПрП (поз. 11.2), вибір якого обґрунтований нижче.

Для автоматичного контролю вмісту залишкового хлору в воді після змішувача в якості ПП приймаємо концентратометр вмісту залишкового хлору у воді типу АПК-01М (поз. 12.1), сигнали від якого, пропорційні вимірянній концентрації, надходять на ПрП (поз. 12.2), вибір якого описаний нижче.

Для автоматичного контролю якості промивки швидкого фільтру застосовується в якості ПП фотоелектрична установка для контролю якості промивки фільтру за світлопроникністю промивної води типу АОВ-8 (поз. 13.1), сигнали від якого надходять на ПрП (поз. 13.2), вибір якого обґрунтований нижче.

В якості ПрП для перетворення сигналів від ПП (поз. 8.1; 9.1; 10.1; 11.1; 12.1; 13.1) в уніфіковані вихідні сигнали постійного струму 4–20 мА, вибираємо нормуючі перетворювачі типу Ш-703 (поз. 8.2; 9.2; 10.2; 11.2; 12.2; 13.2). Отримані сигнали, пропорційні відповідним параметрам, надходять на входи МПК РЕМІКОНТ Р-2000, який за алгоритмами «контроль ...» відповідних параметрів виконує перетворення їх в одиниці виміру цих параметрів. У разі виходу параметрів за норми технологічного регламенту, МПК РЕМІКОНТ Р-2000, за алгоритмами «технологічна сигналізація ...» відповідних параметрів виконує ці функції з виведенням на екран дисплея. При цьому МПК РЕМІКОНТ Р-2000, за алгоритмами «розрахунок керуючих впливів і видача по відповідним каналам» розраховує і видає їх на відповідні виконавчі механізми, вибір яких описаний нижче.

Для автоматичного пуску / зупинки електродвигуна відповідного насосу, а також зміни числа оборотів цього електродвигуна в якості виконавчого

механізму (ВМ) вибираємо електромагнітний пускач в комплекті ПМЕ (поз. 1.5).

Для автоматичної зміни витрат матеріальних потоків в якості ВМ вибираємо електричний однооборотний двигун з гальмом типу МЕВ-1 (поз. 1.2; 1.3; 1.4; 4.3; 5.3; 6.3; 7.3; 8.3).

Умовне графічне позначення на розробленій ФСА ТП всіх виконуваних МПК функцій показано окружностями \circ 2 мм.

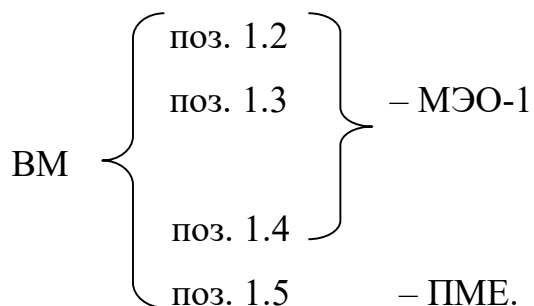
Опис повних найменувань систем автоматичного управління (САУ) відповідними параметрами. У зв'язку з тим, що в попередніх підрозділах описані шляхи проходження від ПП і ПрП до відповідних входів МПК і далі на ВМ, в цьому підрозділі описані повні найменування САУ, їх основні елементи, позиції і типи КВП і СА.

1. САУ тиском на швидкому фільтрі з видачею керуючих впливів на переведення цього фільтру при необхідності в режим промивки шляхом припинення подачі оброблюваної води на швидкий фільтр, припинення відводу відфільтрованої води в РЧВ, автоматичного пуску електродвигуна насосу подачі чистої промивної води на цей фільтр і початку скидання забрудненої промивної води після нього.

САУ складається з:

ПрП – поз. 1.1 – КВАНТ ДИ 11;

МПК РЕМІКОНТ Р – 2000;



2. САУ тиском в напірному патрубку насосу подачі чистої промивної води на швидкий фільтр під час його роботи з видачею керуючих впливів на зміну числа обертів електродвигуна цього насоса.

Система складається з :

ПрП – поз. 2.1 – КВАНТ ДИ. 11;

МПК – РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ – прз. 1.5 – ПМЕ.

3. САУ співвідношенням витрат початкової води і розчину коагулянту в змішувач з видачою керуючих впливів на зміну витрат коагулянту з корекцією за вмістом розчину коагулянту в воді після змішувача.

САУ складається з:

ПП	{	поз. 3.1; 4.1	ДК-06;
		поз. 9.1	АКК-202;
ПрП	{	поз. 3.2; 4.2	КВАНТ ДД – 12;
		поз. 9.2	Ш- 703;

МПК – РЕМІКОНТ Р – 2000

ВМ – поз. 4.3 – МЭО-1.

4. САУ співвідношенням витрат початкової води і розчину флокулянту в змішувач з видачою керуючих впливів на зміну витрат розчину флокулянту з корекцією за залишкової жорсткості води після змішувача. САУ складається з:

ПП	{	– поз. 3.1	} ДК – 0.6;
		– поз. 5.1	
		– поз. 10.1 – UPFA – II – ZT	
ПрП	{	– поз. 3.2	} КВАНТ ДД – 12;
		– поз. 5.2	
		– поз. 10.2 – Ш – 703;	

МПК – РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ – поз. 5.3 – МЭО – 1.

5. САУ співвідношенням витрат початкової води і вапняного молока в змішувач з видачою керуючих впливів на зміну витрат цього молока з корекцією за вмістом величини рН у воді після змішувача.

САУ складається з:

ПП $\left\{ \begin{array}{l} - \text{поз. 3.1} \\ - \text{поз. 6.1} \end{array} \right\}$ ДК – 0.6;
– поз. 11.1 – рН – 261

ПрП $\left\{ \begin{array}{l} - \text{поз. 3.2} \\ - \text{поз. 6.2} \end{array} \right\}$ КВАНТ ДД – 12;
– поз. 11.2 – Ш – 703;

МПК – РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ – поз. 5.3 – МЭО – 1.

6. САУ витрат вихідної хлорної води в змішувачі з видачою керуючих впливів на зміну витрати хлористості води з корекцією за концентрацією залишкового хлору у воді після змішувача.

САУ складається з:

ПП $\left\{ \begin{array}{l} - \text{поз. 3.1} \\ - \text{поз. 7.1} \end{array} \right\}$ ДК – 0.6;
– поз. 12.1 – АКЛ – 01М

ПрП $\left\{ \begin{array}{l} - \text{поз. 3.2} \\ - \text{поз. 7.2} \end{array} \right\}$ КВАНТ ДД – 12;
– поз. 12.2 – Ш – 703;

МПК – РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ – поз. 7.3 – МЭО – 1.

7. САУ рівнем осаду в горизонтальному відстійнику з видачою керуючих впливів на відвід осаду при досягненні максимально заданого рівня і припинення при зниженні його до мінімального значення.

САУ складається з:

ПП – поз. 8.1 – СУ – 101;

ПрП – поз. 8.2 – Ш – 703;

МПК РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ – поз. 8.3 – МЭО – 1.

8. САУ якістю промивки швидкого фільтру за світлопроникністю забрудненої води після нього з видачою керуючих впливів на автоматичне перемикання при необхідності швидкого фільтру в нормальний робочий режим шляхом: автоматичної зупинки електричного двигуна насосу подачі чистої промивної води на швидкий фільтр, припинення скидання забрудненої промивної води з нього, поновлення подачі відстояної води на швидкий фільтр і відводу відфільтрованої води з нього в РЧВ. САУ складається з:

ПП – поз. 13.1 – АОВ – 8;

ПрП – поз.13.2 – Ш – 703;

МПК РЕМІКОНТ Р – 2000;

ВМ {
– поз. 1.5 – ПМЕ
– поз. 1.2
– поз.1.3
– поз. 1.4 } МЭО – 1.

Висновки

Розроблена ФСА ТП очищення води з поверхневого джерела сприяє підвищенню продуктивності обладнання на 20–25 %.

Завдання до контрольної роботи видає викладач.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1– Завдання до самостійного виконання до задачі 2

<i>I</i>	$C_i, \text{г/м}^3$	$X_i, \text{г/м}^3$	$q_i, \text{м}^3/\text{год}$	<i>i</i>	$C_i, \text{г/м}^3$	$X_i, \text{г/м}^3$	$q_i, \text{м}^3/\text{год}$
1	12	–	90	14	–	X_{14}	115
2	–	X_2	15	15	–	X_{15}	5
3	–	X_3	8	16	–	X_{16}	1
4	0	–	24	17	–	X_{17}	115
5	–	X_5	80	18	–	X_{18}	79
6	–	X_6	10	19	–	X_{19}	2
7	–	X_7	12	20	–	X_{20}	66
8	0	–	60	21	9 000	–	1
9	–	X_9	250	22	–	X_{22}	76
10	–	X_{10}	12	23	–	X_{23}	81
11	–	X_{11}	90	24	–	X_{24}	45
12	0	–	31	25	8	–	28
13	15	–	140	–	–	–	–
Масова витрата $Cl^- : m_4 = 2\,510 \text{ г/ч}$				Масова витрата $Cl^- : m_5 = 6\,500 \text{ г/ч}$			

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1– Завдання до самостійного виконання до задачі 3

Номер з/п	Години доби	Добовий притік		
		%	м ³ /год	л/с
25	0 – 1	1,25	500	139
26	1 – 2	1,25	500	139
27	2 – 3	1,25	500	139
28	3 – 4	1,25	500	139
29	4 – 5	1,25	500	139
30	5 – 6	3,3	1 320	366,8
31	6 – 7	5	2 000	556
32	7 – 8	7,2	2 800	800,76
33	8 – 9	7,5	3 000	834
34	9 – 10	7,5	3 000	834
35	10 – 11	7,5	3 000	834
36	11 – 12	6,4	2 560	711,4
37	12 – 13	3,7	1 480	411,44
38	13 – 14	3,7	1 480	411,44
39	14 – 15	4	1 600	444,8
40	15 – 16	5,7	2 280	633,84
41	16 – 17	6,3	2 530	700,56
42	17 – 18	6,3	2 530	700,56
43	18 – 19	6,3	2 530	700,56
44	19 – 20	5,25	2 100	583,8
45	20 – 21	3,4	1 380	378,1
46	21 – 22	2,2	880	244,64
47	22 – 23	1,25	500	139
48	23 – 24	1,25	500	139
	Всього	100	40 000	11 120

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автоматизація виробничих процесів : підручник / О. І. Черевко, Л. В. Кіптела, В. М. Михайлов, О. Є. Загорулько ; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2014. – 186 с.
2. Рувльов А. А. Автоматизация инженерных систем зданий и очистных сооружений / А. А. Рувльов, И. И. Горюнов, К. Ю. Евстафьев. – М. : МГСУ, 2004. – 214 с.
3. Эгильский И. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды / И. С. Эгильский. – Л. : Стройиздат, 1988. – 216 с.
4. Беспалов А. В. Задачник по системам управления химико-технологическими процессами : учебное пособие для вузов / А. В. Беспалов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005. – 307 с.
5. Автоматизація систем водопостачання та водовідведення : навч. посібник / А. О. Бобух, О. І. Малєєв, О. В. Гейко. – Харків : ХНАМГ, 2007. – 184 с.
6. Попович М. Г. Теорія автоматичного керування : підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – Київ : Либідь, 1997. – 544 с.
5. Романенко В. Д. Методи автоматизації прогресивних технологій [підручник] / В. Д. Романенко. – Київ : Вища школа, 1995. – 519 с.
6. Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : навч. посібник / В. Г. Трегуб. – Київ : Вид-во Ліра, 2014. – 344 с.
7. Автоматика и автоматизация производственных процессов / под ред. проф. Г. К. Нечаева. – Київ : Вища шк., 1985. – 279 с.
8. Грабко В. В. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання : монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 138 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи, проведення практичних
занять і виконання контрольної роботи
з навчальної дисципліни

**МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО КЕРУВАННЯ
ВОДОПРОВІДНО-КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
всіх форм навчання)*

Укладач **ЧУБ** Ірина Миколаївна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. М. Чуб*

План 2019, поз. 129 М

Підп. до друку 20.10.2021. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк.2,3.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.