

Зміст

1	Дослідження режимів регулювання централізованого теплопостачання.	4
2	Гідропневматичне промивання водяної теплової мережі.	10
3	Методика випробувань теплової мережі на розрахункову температуру теплоносія.	15
	Література.	20
	Додатки.	21

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ТЕМА: “Дослідження режимів регулювання централізованого тепlopостачання :

- 1) при низьких температурах зовнішнього повітря;
- 2) при високих температурах зовнішнього повітря”

Теоретичні відомості:

Налагодження водяних теплових мереж здійснюють з метою забезпечення нормального теплоспоживання. В результаті налагодження створюються необхідні умови для роботи системи опалення. Налагодженню підлягають всі ланки тепlopостачання: теплова мережа, теплові пункти, системи теплоспоживання. Налагоджувальні роботи виконують в три етапи:

- 1) діагностують та випробовують систему тепlopостачання з розробленням заходів, які забезпечують ефективність її роботи;
- 2) реалізують розроблені заходи;
- 3) виконують регулювання системи.

В результаті діагностування виявляються фактичні експлуатаційні режими, визначається тип та стан обладнання, характер теплового навантаження, необхідність та об'єм випробувань теплових мереж.

В процесі налагоджувальних робіт випробовують пропускну здатність теплової мережі і комунікацій джерел тепла, визначають фактичну характеристику насосів мережі та випробовують калориферні установки. При необхідності, теплову мережу випробовують на теплові втрати, міцність і компенсувальну здатність при максимальних температурах води мережі.

До регулювання систем тепlopостачання приступають тільки тоді, коли перевіркою встановлено виконання всіх розроблених заходів з налагодження. В процесі регулювання перевіряють прогрівання установок при розроблених теплових і гідравлічних режимах джерела тепла, а також відповідність практичних витрат теплоносія розрахунковим, налагодження регуляторів та інші.

Теплове навантаження теплообмінного апарата, Вт:

$$Q = W_{II}(\tau_1 - \tau_2) = W_B(t_1 - t_2) = kF\Delta t = \varepsilon W_M \nabla, \quad (1.1)$$

де $W_{II} = c_{II}G_{II}$, $W_B = c_B G_B$ - еквіваленти витрат первинного W_{II} і вторинного W_B теплоносіїв Дж/(с·°C), Вт/°C.

c_{II} , c_B – теплоємність відповідних теплоносіїв, Дж/(кг·°C);

G_{II} , G_B – масова витрата теплоносіїв, кг/с;

τ_1, τ_2 - температури первинного теплоносія на вході в теплообмінний апарат і на виході з нього, $^{\circ}\text{C}$;

t_1, t_2 - температури вторинного теплоносія на вході в теплообмінний апарат і на виході з нього, $^{\circ}\text{C}$;

k - коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$;

F - площа прогріву, м^2 ;

Δt - температурний напір в теплообмінному апараті, $^{\circ}\text{C}$;

ε - безрозмірне питоме теплове навантаження;

W_M - менший еквівалент втрат теплоносія, $\text{Дж}/(\text{с} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$\nabla = \tau_1 - t_2$ - максимальна різниця температур теплоносіїв, $^{\circ}\text{C}$.

Відносне теплове навантаження:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q'}, \quad (1.2)$$

де Q' - максимальне теплове навантаження, Вт .

Відносне теплове навантаження системи опалення:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{Q'_0} = \frac{W_0(\tau_{01} - \tau_{02})}{W'_0(\tau'_{01} - \tau'_{02})} = \frac{t_{\varepsilon} - t_n}{t_{\varepsilon.p.} - t_{н.о.}}, \quad (1.3)$$

де Q, Q'_0 - поточне і розрахункове навантаження опалювального устаткування, Вт ;

W_0, W'_0 - поточне і розрахункове значення еквівалентів втрат мережної води на опалення, $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}$;

τ_{01}, τ'_{01} - поточні і розрахункові значення температури мережної води в подавальному трубопроводі, $^{\circ}\text{C}$;

τ_{02}, τ'_{02} - поточні і розрахункові значення температури мережної води в зворотному трубопроводі, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\varepsilon}, t_{\varepsilon.p.}$ - поточні і розрахункові значення температури повітря в приміщенні, яке опалюється, $^{\circ}\text{C}$;

$t_n, t_{н.о.}$ - температури зовнішнього повітря (поточна і розрахункова) для проектування опалення, $^{\circ}\text{C}$.

Температури води при якісному регулюванні навантаження повітряних систем опалення, $^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_{01} = t_{\varepsilon.p.} + (\tau'_{01} - t_{\varepsilon.p.}) \cdot \bar{Q}_0, \quad (1.4)$$

$$\tau_{02} = t_{\varepsilon.p.} + (\tau'_{02} - t_{\varepsilon.p.}) \cdot \bar{Q}_0 \quad (1.5)$$

Температури води при будь-якому режимі регулювання навантаження водяних систем опалення та залежної схеми їх приєднання, $^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_{01} = t_{\text{в.п.}} + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} (\delta\tau_0 - 0,5\theta') \frac{\bar{Q}_0}{G_0}, \quad (1.6)$$

$$\tau_{02} = t_{\text{в.п.}} + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} - 0,5\theta' \frac{\bar{Q}_0}{G_0}, \quad (1.7)$$

$$\tau_{03} = t_{\text{в.п.}} + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{0.8} + 0,5\theta' \frac{\bar{Q}_0}{G_0}, \quad (1.8)$$

де $\theta' = \tau_{03}' - \tau_{02}'$ – перепад температур води в системі опалення в розрахунковому режимі, $^{\circ}\text{C}$;

$\bar{G}_0 = G_0 / G_0'$ – співвідношення поточних і розрахункових втрат води в мережі опалення.

Відносну втрату або відносний еквівалент втрат води в мережі зручно описувати емпіричним рівнянням Е. Я. Соколова

$$\bar{G}_0 = \bar{W}_0 = \bar{Q}^m. \quad (1.9)$$

При якісному режимі регулювання системи опалення $m = 1$ та $\bar{G}_0 = 1$.

При якісно-кількісному режимі регулювання $m = 0,33$ та $\bar{G}_0 = \bar{Q}_0^{0,33}$.

Відносна втрата води мережі при кількісному регулюванні системи опалення ($\tau_{01} = \tau_{01}' = const$) визначається залежністю

$$\bar{G}_0 = \frac{G_0}{G_0'} = \bar{W}_0 = \frac{\bar{Q}_0}{1 + \frac{\Delta t_0'}{\delta\tau_0' - 0,5\theta'} (1 - \bar{Q}_0^n)}. \quad (1.10)$$

При водяній системі опалення $n = 0,8$, а при повітряній системі опалення $n = 1$.

ЗАВДАННЯ I При розрахунковій температурі зовнішнього повітря для опалення $t_{\text{н.о.}} = -21^{\circ}\text{C}$ температура води в подавальному трубопроводі мережі опалення $\tau_{01}' = 150^{\circ}\text{C}$ та в зворотному $\tau_{02}' = 70^{\circ}\text{C}$. Розрахункова внутрішня температура приміщення, яке опалюється, $t_{\text{в.п.}} = 18^{\circ}\text{C}$. Визначити температуру води в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі при $t_{\text{н}} = -10^{\circ}\text{C}$. Мережа працює за графіком центрального якісного регулювання систем опалення. Коефіцієнт теплопередачі нагрівальних приладів можна вважати незалежним від температури води.

Розв'язання

Відносне теплове навантаження при температурі $t_n = -10^{\circ}\text{C}$:

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q_0'} = \frac{(t_{e.p.} - t_n)}{(t_{e.p.} - t_{n.o.})} = \frac{18 + 10}{18 + 21} = 0,72.$$

Температура води в подавальному трубопроводі при $t_n = -10^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_{01} = t_{e.p.} + (\tau_{01}' - t_{e.p.}) \cdot \bar{Q}_0 = 18 + (150 - 18) \cdot 0,72 = 113,04^{\circ}\text{C}.$$

Температура води в зворотному трубопроводі при $t_n = -10^{\circ}\text{C}$:

$$\tau_{02} = t_{e.p.} + (\tau_{02}' - t_{e.p.}) \cdot \bar{Q}_0 = 18 + (70 - 18) \cdot 0,72 = 55,44^{\circ}\text{C}.$$

ЗАВДАННЯ II Розрахувати завдання I для випадку, коли до теплової мережі під'єднані системи опалення, в яких коефіцієнт теплопередачі нагрівальних приладів змінюється за зміною температури води. На опалювальних вводах встановлені елеватори, які працюють з коефіцієнтом змішування $U = 2,2$.

Розв'язання

Розрахункова температура води в подавальному трубопроводі системи опалення:

$$\tau_{03}' = \frac{\tau_{01}' + u\tau_{02}'}{1 + u} = \frac{150 + 2,2 \cdot 70}{1 + 2,2} = 95^{\circ}\text{C}.$$

Розрахункові температурні перепади в системі опалення і мережі, температурне навантаження в нагрівальних приладах системи опалення:

$$\theta' = \tau_{03}' - \tau_{02}' = 95 - 70 = 25^{\circ}\text{C},$$

$$\delta\tau_0 = \tau_{01}' - \tau_{02}' = 150 - 70 = 80^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta t_0' = 0,5(\tau_{03}' + \tau_{02}') - t_{e.p.} = 0,5(95 + 70) - 18 = 64,5^{\circ}\text{C}.$$

Відносне теплове навантаження при температурі $t_n = -10^{\circ}\text{C}$ прийнято з завдання I $\bar{Q}_0 = 0,72$.

Температури води в подавальному і зворотному трубопроводах при $t_n = -10^{\circ}\text{C}$:

температура води в подавальному трубопроводі

$$\begin{aligned} \tau_{01} &= t_{e.p.} + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{0,8} (\delta\tau_0 - 0,5\theta') \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot 0,72^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,72 = 131,2^{\circ}\text{C}, \end{aligned}$$

температура води в зворотному трубопроводі

$$\begin{aligned} \tau_{02} &= t_{e.p.} + \Delta t_0' \cdot \bar{Q}_0^{0,8} - 0,5\theta' \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot 0,72^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,72 = 91,6^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Висновок. Отже, при температурі $t_n = -10^{\circ}\text{C}$ температура води в подавальному трубопроводі мережі при водяних системах опалення повинна бути на $(91,6 - 55,4) = 36,2^{\circ}\text{C}$ вища, ніж в завданні 1.

ЗАВДАННЯ III Побудувати графік температур води в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі, а також в подавальному трубопроводі водяних систем опалення при центральному якісному режимі регулювання ($\bar{G}_0 = 1$). При розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{н.о.} = -21$ °С температура води в подавальному трубопроводі мережі $\tau'_{01} = 150$ °С, в подавальному трубопроводі опалювальної системи $\tau'_{03} = 95$ °С і в зворотному трубопроводі мережі $\tau'_{02} = 70$ °С при $t_{в} = t_{в.р.} = 18$ °С.

Розв'язання

Перепад температур води в опалювальній системі в розрахунковому режимі:

$$\begin{aligned}\theta' &= \tau'_{03} - \tau'_{02} = 95 - 70 = 25 \text{ }^\circ\text{C}, \\ \delta\tau_0 &= \tau'_{01} - \tau'_{02} = 150 - 70 = 80 \text{ }^\circ\text{C}, \\ \Delta t'_0 &= 0,5(\tau'_{03} + \tau'_{02}) - t_{в.р.} = 0,5(95 + 70) - 18 = 64,5 \text{ }^\circ\text{C}.\end{aligned}$$

Записуємо рівняння для визначення температури води в подавальному трубопроводі мережі

$$\begin{aligned}\tau_{01} &= t_{в.р.} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} (\delta\tau_0 - 0,5\theta') \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} = \\ &= 18 + 64,5 \bar{Q}_0^{-0.8} + 67,5 \bar{Q}_0^{-0.8}.\end{aligned}$$

Записуємо рівняння для визначення температури води в подавальному трубопроводі опалювальної системи

$$\begin{aligned}\tau_{01} &= t_{в.р.} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} + 0,5\theta' \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \bar{Q}_0^{-0.8} + 0,5 \cdot 25 \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \bar{Q}_0^{-0.8} + 12,5 \bar{Q}_0.\end{aligned}$$

Записуємо рівняння для визначення температури води в зворотному трубопроводі

$$\begin{aligned}\tau_{02} &= t_{в.р.} + \Delta t'_0 \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} - 0,5\theta' \bar{Q}_0 = \\ &= 18 + 64,5 \cdot \bar{Q}_0^{-0.8} - 12,5 \cdot \bar{Q}_0.\end{aligned}$$

Приймаючи значення \bar{Q}_0 в діапазоні (0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0), визначаємо за формулами (1.6, 1.7, 1.8) температури $\tau_{01}, \tau_{02}, \tau_{03}$, а також визначаємо температуру зовнішнього повітря, яка відповідає прийнятним значенням \bar{Q}_0 (за формулою 1.3)

$$\bar{Q}_0 = \frac{Q_0}{Q'_0} = \frac{t_{в.р.} - t_{н.}}{t_{в.р.} - t_{н.о.}}$$

$$t_n = t_{г.р.} - (t_{г.р.} - t_{н.о.}) \cdot \bar{Q}_0 =$$

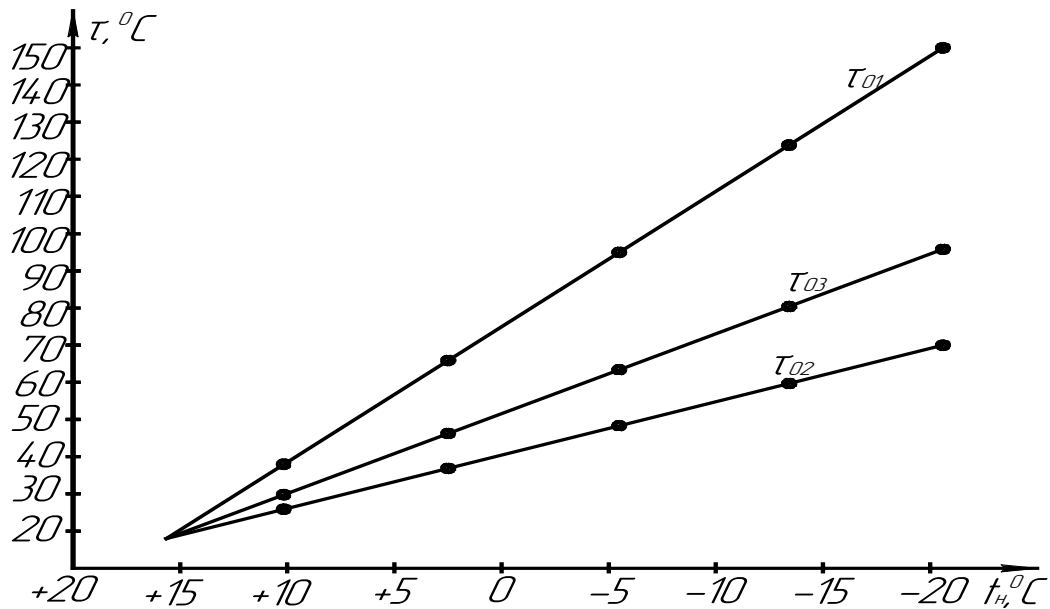
$$= 18 - (18 + 21) \cdot \bar{Q}_0 = 18 - 39\bar{Q}_0.$$

Результати обчислень наведено в табл. 1.1 і за обчисленими даними будемо графік температур води в подавальному і зворотному трубопроводах.

Таблиця 1.1 – Залежність температури в подавальному і зворотному трубопроводах системи опалення від температури зовнішнього повітря

\bar{Q}_0	$t_n, ^\circ\text{C}$	$\tau_{02}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{03}, ^\circ\text{C}$	$\tau_{01}, ^\circ\text{C}$
0	18	18	18	18
0,2	10,2	25,9	29,9	38,3
0,4	2,4	37,5	44	66
0,6	-5,4	48,5	63,5	95
0,8	-13,2	60	80	124
1,0	-21	70	95	150

Графік температур води в подавальному і зворотному трубопроводах наведено на рис. 1.1.



Рисунк 1.1 – Графік температур води в подавальному і зворотному трубопроводах

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ТЕМА: “Гідропневматичне промивання водяної теплової мережі”

Теоретичні відомості

Розрахунок режиму промивання

Перед виконанням гідропневматичного промивання уточнюють схему теплової мережі та виявляють джерела стисненого повітря, промивної води та їх параметри. При цьому джерелом стисненого повітря можуть бути стаціонарні або пересувні компресорні установки.

Джерелом промивної води може служити система циркуляційного водопостачання електростанції або водопровід. При промиванні теплової мережі великої довжини промивальна вода повинна подаватися насосом мережі.

При промиванні окремих ділянок мережі малого діаметра, які найбільш віддалені, вода подається насосами меншої продуктивності, ніж насоси мережі.

На схему теплової мережі, за даними обстежень наносять довжини, діаметри, місцеві опори та геодезичні позначки осей трубопроводів, а також місця зливання промивної води.

Для проведення гідропневматичного промивання мережа розбивається на ділянки.

Розміри ділянок визначаються в залежності від діаметрів трубопроводів, які промиваються, та не повинні перевищувати:

- 500 м, при діаметрах до 250 мм;
- 1000 м, при діаметрах 300-600 мм;
- 2500 м, при діаметрах 700-1200 мм.

Спускати промивальну воду треба в каналізаційний колодязь або у відвідний канал з використанням рельєфу місцевості. При цьому дренажна відвідна труба біля ділянки, яка промивається, повинна бути надійно закріплена, а її вільний кінець відкритий та під ним встановлено дерев'яний чи металевий щит, який запобігає розмиванню ґрунту.

Для промивання ділянок зворотного трубопроводу встановлюється перетинка між подавальним та зворотним трубопроводами мережі.

Діаметри патрубків для зливання води, штуцерів для стисненого повітря та перерізів наведено в табл. 2.1.

На основі даних обстеження та виконавчої документації складають

1 – програму промивання з наведенням параметрів режимів по ділянках та підготовчих заходів (порядок від'єднання систем абонента від ділянок теплової мережі, які промиваються, місця врізання штуцерів для під'єднання стисненого повітря, влаштування дренажних відводів та влаштування апаратури для вимірювання);

- 2 – схему промивання теплової мережі по ділянках з наведенням місця під'єднання повітря та місця скиду води;
- 3 – схему під'єднання компресорів до теплової мережі;
- 4 – робочі ескізи деталей для збирання схеми промивання.

Таблиця 2.1 – Діаметри патрубків для зливання води, штуцерів для стисненого повітря та перерізи

Діаметри трубопроводів, мм	50-80	100-150	200-250	300-400	500-600
Діаметр дренажного відводу, мм	40	70	150	200	250
Діаметр штуцера для повітря, мм	25	40	40	50	70
Діаметр перетинки, мм	50	70	150	200	300

Тривалість промивання залежить від ступеня забрудненості ділянки, яка промивається, її довжини та умов, які створились під час промивання, від об'ємного опору витрат повітря L та води $G - m = L/G$, а також від швидкості проходження повітряної суміші V .

Найбільший ефект від гідропневматичного промивання буде при $m = 2$ та $V = 1,5 \div 3$ м/сек.

При тих же швидкостях, але $m = 1$, тривалість промивання збільшується в $1,3 \div 1,5$ разів.

При $m < 1$ та $V = 0,5$ м/сек. гідропневматичне промивання неефективне.

Режим гідропневматичного промивання розробляється для кожної ділянки, яка промивається, такою послідовністю:

1) для трубопроводу визначеного діаметра задаються реально можливі найбільші витрати води G для водопровідної суміші з оптимальною величиною m ;

2) визначають витрати тиску на ділянці, яка промивається, при проходженні водоповітряної суміші, МПа

$$\Delta P_{сум} = 10^{-5} \cdot h_{сум} \cdot l_{пр} \cdot \beta, \quad (2.1)$$

де $l_{пр}$ – приведена довжина ділянки, м, яка промивається, в яку входить лінійна довжина l_n та еквівалентна довжина місцевих опорів l_E , β - поправочний коефіцієнт до питомих витрат, який залежить від фактичної шорсткості труб ділянки, що промивається (визначають за результатами гідравлічних випробувань);

З достатньою точністю можна прийняти $l_{пр}$ рівним (див. табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Залежність приведеної довжини від діаметра труби

Діаметр труби, мм	l_{np}
до 350	$1,5 \cdot l_L$
400-500	$1,7 \cdot l_L$
Більше за 600	$2,0 \cdot l_L$

3) визначають втрати тиску в дренажному відводі ΔP_{dp} , МПа:

$$\text{для } m = 2 \quad \Delta P_{dp} = 4,14 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta h \cdot l_{np}^{dp} \quad (2.2)$$

$$\text{для } m = 1 \quad \Delta P_{dp} = 2,9 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta h \cdot l_{np}^{dp} \quad (2.3)$$

де Δh – питомі втрати тиску в дренажному відводі, МПа, які визначаються за номограмою для розрахунку гідравлічних витрат, за діаметром відводу та витратою води [4];

l_{np}^{dp} – приведена довжина дренажного відводу, м;

4) визначають необхідний тиск в кінці ділянки, яка промивається, МПа:

$$P_2 = 0,05 + \Delta P_{dp}, \quad (2.4)$$

5) визначають потрібний тиск водоповітряної суміші на початку ділянки, МПа:

$$P_{1сум} = P_2 + \Delta P_{сум} + \frac{z}{100}, \quad (2.5)$$

де z - різниця позначок осі трубопроводу в точках вводу та викиду води біля ділянки, яка промивається, м.

Якщо точка викиду розташована вище від точки вводу, то приймається зі знаком "+", якщо нижче – зі знаком "-".

Величина $P_{1сум}$ визначає тиск, який повинен забезпечуватись компресорною установкою;

б) визначають абсолютний тиск водоповітряної суміші, МПа:

$$P_{абс} = P_1 + 0,1; \quad (2.6)$$

7) розрахункова потужність компресора вибирається за хвилинною витратою стисненого повітря, м³/хв:

$$L_{ком} = \frac{mG}{60}. \quad (2.7)$$

Тип та кількість компресорів вибирається у відповідності з їх розрахунковою потужністю.

Б Здійснення промивання

Промивання виконується згідно з програмою в такій послідовності:

1 – від'єднується система абонентів та здійснюється переключення на ділянці мережі згідно з загальною схемою промивання;

2 - теплова мережа заповнюється водою ;

3 - відкриваються засувки в дренажному трубопроводі та одночасно вмикаються насоси, які подають воду для промивання;

4 - вмикається компресорна установка, а витрати повітря доводяться до розрахункової величини;

5 - через кожні 10-15 хвилин скорочується на 5 хвилин подача води або повітря на ділянці, яка промивається, потім знову вода подається в розрахунковій кількості.

Промивання виконується до повного освітлення води, після цього протягом 15 хвилин промивання здійснюється тільки водою.

Після закінчення промивання головної ділянки магістралі промивають наступну ділянку.

Під час промивання будь-якої ділянки магістралі через кожні 10 хвилин записуються показання витратомірів та манометрів.

Всі операції, які пов'язані з переключенням ділянок мережі та введенням в роботу насосів, вмиканням і вимиканням компресорів, здійснюються за затвердженою програмою та записуються в оперативний журнал.

У відкритих системах теплогазопостачання трубопроводи теплових мереж наприкінці промивають питною водою до досягнення показників, які відповідають санітарним нормам.

Вода після промивання повинна бути виведена та замінена на деаеровану.

Після промивання треба перевірити опори, компенсатори та запірну арматуру.

В Заходи безпеки при промиванні трубопроводів

Гідропневматичне промивання повинне виконуватись відповідно до наряду під керівництвом спеціально призначеної відповідальної особи.

При проведенні гідропневматичного промивання необхідно дотримуватися таких правил безпеки:

– забороняється здійснювати ремонтні роботи в камерах під час промивання;

– забороняється знаходитись поблизу трубопроводу, який промивається, особам, що не беруть участі в промиванні;

– заборонено знаходитись постійно в камерах під час промивання (після кожного запису показань манометрів спостерігач повинен виходити з камери);

- при використанні гнучких шлангів для подачі повітря їх з'єднання зі штуцером, який введено в трубопровід, повинно виконуватись, не менше, як двома хомутами; при цьому на штуцері повинні бути насічки;
- дренажні відводи повинні бути закріплені;
- зворотний клапан на повітроводі повинен щільно прилягати;
- перед промиванням мережі проводиться інструктаж з техніки безпеки для персоналу, який бере участь в промиванні.

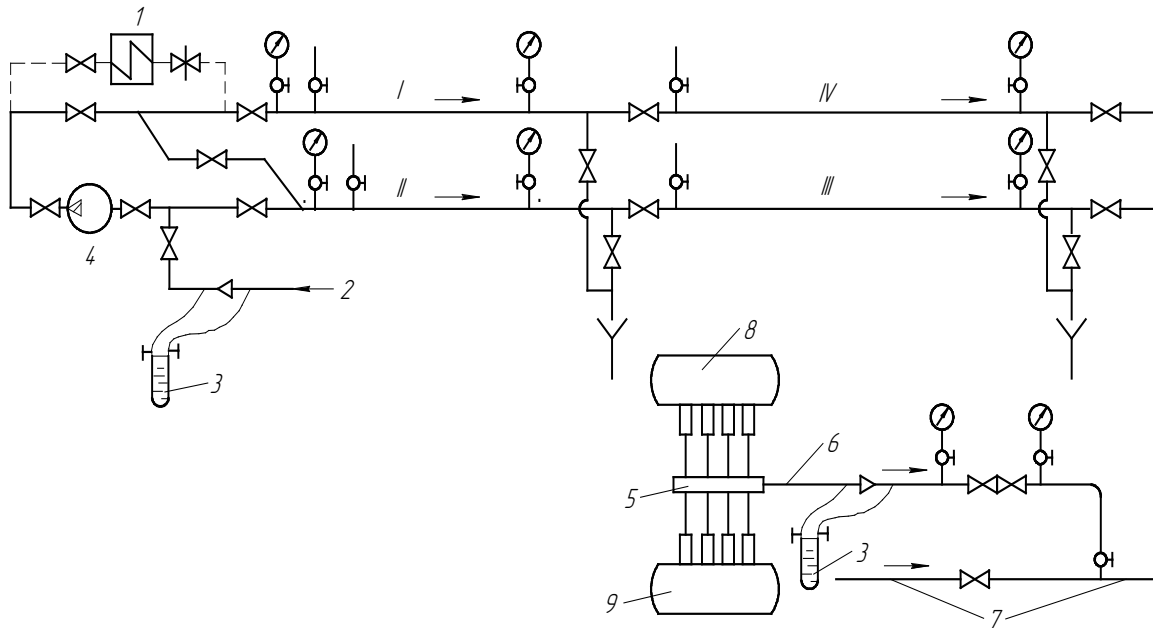


Рисунок 2.1 – Схема промивання теплової мережі:

I–IV – номери ділянок; 1 – водопідігрівна установка; 2 – живильний трубопровід технічної води; 3 – дифманометр; 4 – насос мережі; 5 – колектор; 6 – повітровід; 7 – трубопровід, який промивається; 8 – компресор №1; 9 – компресор №2; 1,4- ділянки, що промиваються; 2,3 – від'єднані ділянки.

Приклад розрахунку

Потрібно промити ділянку магістралі діаметром $D_y = 500 \text{ мм}$ довжиною 1000 м. Реальні витрати води на промивання не більше $G = 400 \text{ м}^3/\text{год}$. Фактична величина еквівалентної шорсткості труб $k = 3 \text{ мм}$; дренажна труба діаметром $d = 250 \text{ мм}$, довжиною $l = 13,5 \text{ м}$, висота підйому $z = 2 \text{ м}$. Потрібно знайти необхідний тиск суміші на початку ділянки, яка промивається, та витрати повітря для цього.

Розв'язання

1. Приймаємо об'ємний опір витрат повітря та води $m = 2$, з метою створення більшої швидкості під час промивання та поліпшення умов промивання, і за номограмою для труб $D_y = 500 \text{ мм}$ знаходимо реально можливу швидкість $V = 1,5 \text{ м/сек.}$, витрати води $G = 360 \text{ м}^3/\text{год}$ та питому витрату тиску повітряної суміші $h_{\text{сум}} = 12 \text{ кгс/м}^3$, [1].

2. Поправочний коефіцієнт $\beta = 1,63$, [1].

3. Втрати тиску на ділянці, яка промивається:

$$\Delta P_{\text{сум}} = h_{\text{сум}} \cdot l_{\text{пр}} \cdot \beta \cdot 10^{-4} = 12 \cdot 1,7 \cdot 1000 \cdot 1,63 \cdot 10^{-5} = 0,332 \text{ МПа.}$$

4. Питомі витрати тиску в дренажному відводі при витраті води $360 \text{ м}^3/\text{год}$ за номограмою для труб діаметром 250 мм становлять $\Delta h = 18 \text{ кгс/м}^3$ [1].

Отже, витрати тиску на цьому відводі:

$$\Delta P_{\text{оп}} = 4,14 \cdot \Delta h \cdot l_{\text{пр}}^{\text{оп}} \cdot 10^{-5} = 4,14 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot 13,5 \cdot 10^{-5} = 0,015 \text{ МПа.}$$

5. Потрібний тиск в кінці ділянки, яка промивається:

$$P_2 = 0,05 + 0,015 = 0,065 \text{ МПа.}$$

6. Тиск суміші на початку ділянки, яка промивається:

$$P_1 = P_2 + \Delta P_{\text{сум}} + \frac{Z}{100} = 0,065 + 0,332 + 0,02 = 0,417 \text{ МПа.}$$

7. Абсолютний тиск суміші на початку ділянки:

$$P_{\text{абс}} = P_1 + 0,1 = 0,417 + 0,1 = 0,517 \text{ кПа.}$$

8. Розрахункова потужність компресорів визначається за витратою стисненого повітря за хвилину:

$$L_{\text{ком}} = \frac{mG}{60} = \frac{2 \cdot 360}{60} = 12 \text{ (м}^3/\text{хв).}$$

Для промивання необхідно використовувати два компресори ЗИФ ВКС-6 [4].

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ТЕМА: “Методика випробувань теплової мережі на розрахункову температуру теплоносія”

Теоретичні відомості

Випробовуються, як правило, теплові мережі з діаметром трубопроводів більше за 100 мм . При цьому ділянки мережі, які не підлягають випробуванням, а також всі системи, які використовуються для охолодження води в мережі, повинні бути надійно від'єднані.

Випробування подавального трубопроводу водяної мережі здійснюються мережною водою, яка нагріта до розрахункової температури. При цьому температура води в зворотному трубопроводі не повинна перевищувати 100 °С.

Для охолодження води в мережі при випробуваннях вмикаються системи опалення, які приєднані через змішувальні пристрої або водопідігрівачі, а також закриті автоматизовані системи гарячого водопостачання.

Розрахункова витрата води мережі при випробуваннях визначається з умов забезпечення турбулізації потоків. Мінімальні витрати води G при випробуваннях для трубопроводів різних діаметрів наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Мінімальні витрати води для трубопроводів різних діаметрів

D_y , мм	100	125	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900
G , т/год	10	15	60	100	125	130	200	250	350	450	600	850

Тривалість випробувань визначається періодом підвищення температури теплоносія до розрахункової, витримкою її на кінцевих ділянках мережі протягом 30 хвилин та зниженням цієї температури до початкової на вводах з районної котельні.

При випробуваннях парових мереж в паропровід треба подавати пару розрахункових експлуатаційних параметрів, забезпечуючи при цьому потрібну температуру в кінці паропроводів за рахунок вихлопу в атмосферу.

Швидкість підвищення або зниження температури води мережі не повинна перевищувати 30 °С/год. Не дозволяється підвищення температури теплоносія більше за граничну, яка передбачена програмою випробувань. Контроль температури води мережі повинен здійснюватись на ТЕЦ та на теплових пунктах автоматизованих систем теплопостачання, які працюють.

При випробуванні в будь-яких точках водяної теплової мережі повинен підтримуватись тиск, який забезпечує незакипання води при розрахунковій температурі.

При випробуваннях теплової мережі на максимальну температуру забороняється:

- здійснювати будь-які роботи на ділянках, що випробовуються (окрім робіт, які пов'язані з випробуваннями);
- знаходитись в камерах або тунелях.

Обхід камер і тунелів теплової мережі під час випробувань на розрахункову температуру здійснюється по верху траси. Спуск в камеру

дозволяється тільки у виняткових випадках для аварійних від'єднань мережі.

Протягом всього періоду випробувань необхідно через люки, не спускаючись в камеру, слідкувати за станом нерухомих опор, компенсаторів, арматури, фланцевих прокладок.

У випадку різкого збільшення в період випробувань підживлення відповідальний керівник через чергового диспетчера зобов'язаний дати вказівки про припинення (до знаходження та усунення причин протікання) підвищення температури та зниження тиску в подавальному трубопроводі до мінімального, який забезпечує незакипання води в мережі.

При знаходженні місць пошкодження ділянок, їх, по можливості, від'єднують, а випробування продовжують.

Робота компенсаторів перевіряється шляхом порівняння їх дійсних переміщень з розрахунковими (теоретичними).

Переміщення стакана сальникового компенсатора під час випробувань на розрахункову температуру повинні реєструватись фіксатором (рис.3.1).

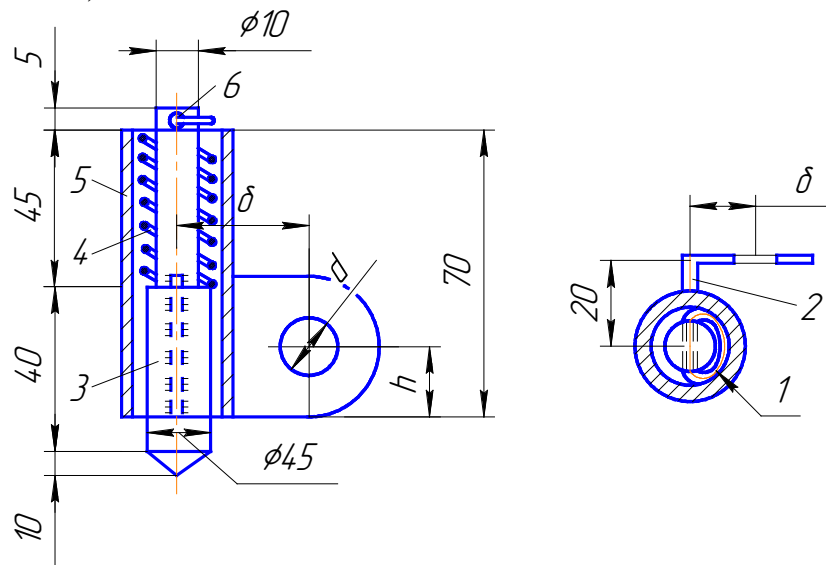


Рисунок 3.1 – Фіксатор:

1 – стопорне кільце; 2 – кронштейн; 3 – сталевий керн; 4 – прижимна пружина; 5 – корпус (труба газова $d=15$ мм); 6 – отвір для кільця $d=4$ мм.

Основні розміри фіксаторів наведенні в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні розміри фіксаторів

D_y , мм	δ , мм	h , мм	d , мм
100-175	18	15	25
200-350	22	20	25
400-700	26	25	35
800-1000	29	30	35

Фіксатор кронштейном 2 кріпиться до фланця сальникового компенсатора одним з болтів, які пропущені через отвір кронштейну. При цьому гостра частина керну 3 повинна щільно притискатись до стакана компенсатора пружиною 4.

Фактичне переміщення компенсатора визначається, як різниця вимірювань при нагріванні та охолодженні, мм:

$$\Delta l_{нагр.ф.} = S_2 - S_1, \quad (3.1)$$

$$\Delta l_{ох.ф.} = S_2 - S_3, \quad (3.2)$$

До початку випробувань з використанням фіксаторів на стакан компенсатора треба нанести негорючою фарбою поздовжню полосу шириною 4-5 см, довжиною на 100-150 мм більше від максимального ходу компенсатора. Віддалений від фланця компенсатора кінець полоски служить репером, від якого ведуть відлік переміщення компенсатора.

Перед нагріванням трубопроводу вимірюється відстань S_1 від репера до вістря керна. При переміщенні стакана компенсатора під час нагрівання керн прокреслить по полосі, яка пофарбована, лінію. Відстань S_2 від репера до цієї лінії вимірюється після закінчення випробувань та охолодженні трубопроводів. Одночасно з цим вимірюється відстань S_3 від репера до кінцевого положення вістря керна.

Фактичні переміщення компенсатора під час нагрівання та охолодження визначаються за формулами (3.1) та (3.2).

Теоретичні переміщення компенсаторів при змінах температури визначаються, мм:

$$\Delta l_{нагр.теор} = 0,012l(t_2 - t_1), \quad (3.3)$$

$$\Delta l_{охол.теор} = 0,012l(t_2 - t_3), \quad (3.4)$$

де l - довжина ділянки між нерухомою опорою та компенсатором, м.

Величину теоретичного переміщення ділянок компенсування при нагріванні або охолодженні визначають за номограмою (додаток А).

Збіг значень теоретичних та фактичних подовжень або різниця менша за 25% теоретичного подовження свідчить про нормальну роботу компенсувальних пристроїв на ділянці.

Якщо різниця теоретичних та фактичних температурних подовжень позитивна й перебільшує 25% теоретичного подовження, то причиною недокомпенсування може бути защемлення труби, її просідання або зсув

нерухомої опори. В останньому випадку різниця теоретичних та фактичних подовжень може бути від'ємною.

Якщо фактичне подовження компенсувальної ділянки буде менше за 75% теоретичного, то треба зменшити затяжку компенсатора. Якщо послаблення затяжки не дає необхідних результатів, треба шляхом шурфування знайти місце заземлення трубопроводу та усунути його причину.

Порівнювати фактичні та теоретичні подовження треба сумарно для двох суміжних ділянок між двома компенсаторами, щоб виключити вплив можливого зсуву нерухомих опор та виявити дійсні величини температурних подовжень.

Результати випробувань теплових мереж на розрахункову температуру теплоносія повинні записуватись за формою П-20-2 та підлягати аналізу і обліку при розробці планів ремонту теплових мереж (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Форма для виконання практичної роботи

Номер розрахункової ділянки		Значення
Довжина компенсувальної ділянки l , м		
Номер компенсатора		
Температура води в мережі, $^{\circ}\text{C}$	до нагрівання t_1	
	після нагрівання t_2	
	після охолодження t_3	
Відстань від репера до нерухомої точки компенсатора, мм	до нагрівання S_1	
	після нагрівання S_2	
	після охолодження S_3	
Фактичні переміщення компенсатора, мм	при нагріванні $\Delta l_{\text{нагр.ф.}}$	
	при охолодженні $\Delta l_{\text{ох.ф.}}$	
Теоретичне подовження ділянки, яка компенсується, мм	при нагріванні $\Delta l_{\text{нагр.теор.}}$	
	при охолодженні $\Delta l_{\text{ох.теор.}}$	
Різниця теоретичних та фактичних переміщень при нагріванні, мм	$\Delta l_{\text{нагр.теор.}} - \Delta l_{\text{нагр.ф.}}$	
Співвідношення різниці подовжень при нагріванні до теоретичної, %	$\frac{\Delta l_{\text{нагр.теор.}} - \Delta l_{\text{нагр.ф.}}}{\Delta l_{\text{нагр.теор.}}} 100$	
Різниця теоретичних та фактичних переміщень при охолодженні, мм	$\Delta l_{\text{ох.теор.}} - \Delta l_{\text{ох.ф.}}$	

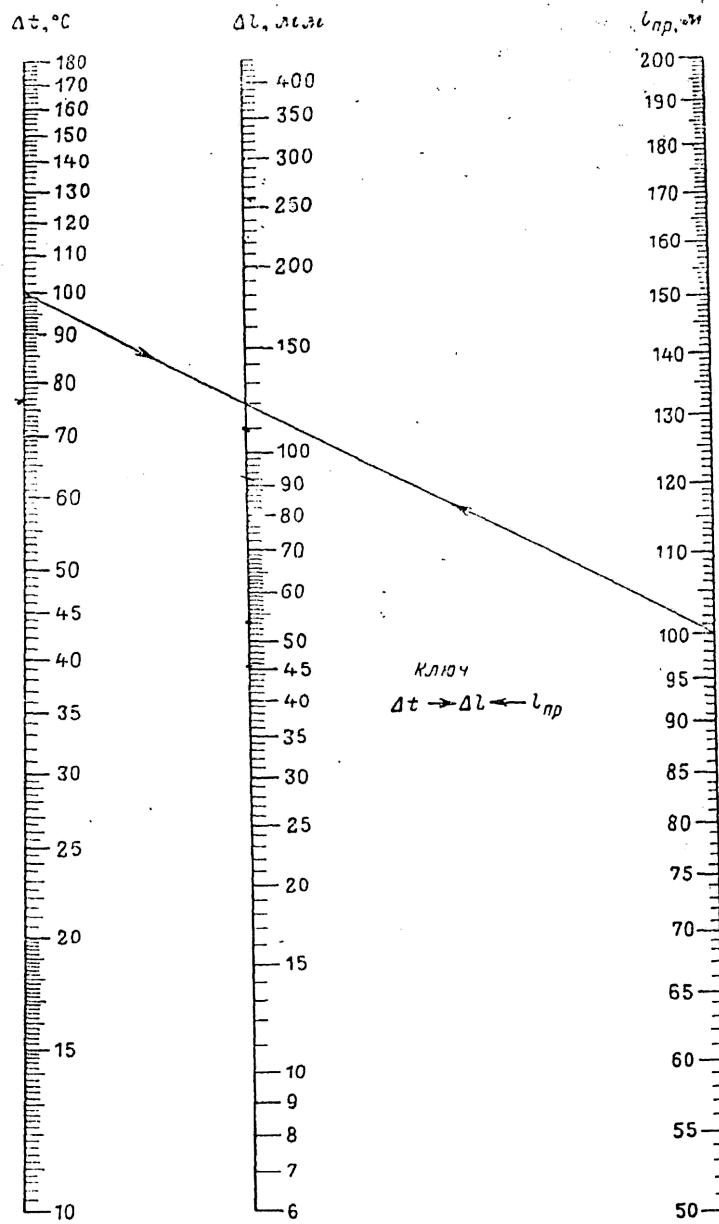
Співвідношення різниці подовжень при охолодженні до теоретичної, %	$\frac{\Delta I_{ox.теор.} - \Delta I_{ox.ф.}}{\Delta I_{ox.теор.}} 100$	
--	--	--

Література

1. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Высш. школа, 1991. – 255 с.: ил.
2. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Експлуатація систем теплопостачання та вентиляції. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 122 с.
3. Ратушняк Г.С., Попова Г.С. Енергозбереження та есплуатація систем теплопостачання та вентиляції. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 122 с.
4. СНИП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». – К.: Украинский научно-исследовательский и проектный институт по гражданскому строительству: 2001. – 44 с.
5. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие /Л.Д. Богуславський, В.И. Мевчек. Под ред. Л.Д. Богуславського. – М.: Стройиздат, 1990, - 624 с.
6. Эффективные системы отопления зданий /Под общей ред. В.Е. Минина. – М.: Стройиздат, 1988. – 216 с.

Додаток А

Номограма для визначення розрахункових температурних видовжень прогонів сталевих трубопроводів теплових мереж



Δl - температурне видовження, $l_{пр}$ - довжина прогону, Δt - зміна температури мережі

Додаток Б
Вихідні дані для виконання практичної роботи №1

№ варіанта	Температури, °С						Коефіцієнт змішування елеватора U
	розрахункова зовнішня температура повітря для системи опалення $t_{н0}$	води в подавальному трубопроводі мережі опалення t_{01}	води в зворотному трубопроводі системи опалення t_{02}	води в подавальному трубопроводі системи опалення t_{03}	поточна зовнішня температура повітря $t_{н}$	Розрахункова середня температура приміщення $t_{вр}$	
1	-10	130	68	90	-8	16	1,9
2	-11	135	69	91	-7	17	1,95
3	-12	140	70	92	-9	18	2
4	-13	145	71	93	-11	19	2,05
5	-14	150	72	94	-7	20	2,1
6	-15	130	73	95	-12	21	2,15
7	-16	135	74	90	-10	16	2,2
8	-17	140	75	91	-15	17	1,9
9	-18	145	68	92	-8	18	1,95
10	-19	150	69	93	-12	19	2
11	-20	130	70	94	-13	20	2,05
12	-21	135	71	95	-17	21	2,1
13	-22	140	72	90	-15	16	2,15
14	-23	145	73	91	-8	17	2,2
15	-24	150	74	92	-7	18	1,9
16	-25	130	75	93	-9	19	1,95
17	-26	135	68	94	-11	20	2
18	-27	140	69	95	-7	21	2,05
19	-28	145	70	90	-12	16	2,1
20	-29	150	71	91	-10	17	2,15
21	-30	130	72	92	-15	18	2,2
22	-18	135	73	93	-11	19	1,9
23	-19	140	74	94	-7	20	1,95
24	-20	145	75	95	-12	21	2
25	-21	150	68	90	-10	16	1,9
26	-22	130	69	91	-15	17	1,95
27	-23	135	70	92	-8	18	2
28	-24	140	71	93	-12	19	2,05
29	-25	145	72	94	-13	20	2,1

30	-26	150	73	95	-17	21	2,15
----	-----	-----	----	----	-----	----	------

Додаток В

Вихідні дані для виконання практичної роботи №2

№ варіанта	Діаметр теплопроводу Ду, мм	Довжина ділянки теплопроводу L, м	Еквівалентна шорсткість трубок, мм	Реальні витрати води на промивання G, м ³ /год	Діаметр дренажної труби d, мм	Довжина дренажної труби l, м	висота підйому z, м
1	100	500	2,5	16	70	16	1,9
2	125	600	2,6	30	100	17	1,95
3	150	700	2,7	35	100	18	2
4	200	800	2,8	60	150	19	2,05
5	250	900	2,9	100	150	20	2,1
6	300	1000	3	140	150	21	2,15
7	350	500	3,1	200	200	16	2,2
8	400	600	3,2	250	200	17	1,9
9	450	700	3,3	350	250	18	1,95
10	500	800	3,4	400	250	19	2
11	600	900	3,5	500	300	20	2,05
12	600	1000	3,6	600	300	21	2,1
13	700	1100	3,7	700	300	16	2,15
14	700	1200	3,8	800	300	17	2,2
15	800	1300	3,9	1000	400	18	1,9
16	900	1400	3	1200	400	19	1,95
17	1000	700	3,1	1300	400	20	2
18	1200	800	3,2	2200	500	21	2,05
19	150	900	3,3	30	100	16	2,1
20	200	1000	3,4	70	125	17	2,15
21	250	500	3,5	110	175	18	2,2
22	300	600	3,6	150	175	19	1,9
23	350	700	3,7	190	175	20	1,95
24	400	800	3,8	240	250	21	2
25	450	900	3,9	300	250	16	1,9
26	500	1000	2,5	350	250	17	1,95
27	800	500	2,6	900	350	18	2
28	600	600	2,7	550	350	19	2,05
29	900	1500	2,8	1350	450	20	2,1
30	700	1600	2,9	750	450	21	2,15

Додаток Г
Вихідні дані для виконання практичної роботи №3

№ ва-ріан-та	Температури води в мережі, °С			Відстань від репера до нерухомої точки компенсатора, мм		
	до нагрівання t_1	після нагрівання t_2	після охолодження t_3	до нагрівання S_1	після нагрівання S_2	після охолодження S_3
1	16	91	68	16	110	40
2	17	92	69	17	108	41
3	18	93	70	18	106	42
4	19	94	71	19	104	43
5	20	95	72	20	102	44
6	21	90	73	21	100	45
7	16	89	74	16	98	46
8	17	88	75	17	96	47
9	18	87	68	18	94	48
10	19	86	69	19	92	49
11	20	85	70	20	90	50
12	21	84	71	21	110	40
13	16	90	72	16	108	41
14	17	91	73	17	106	42
15	18	92	74	18	104	43
16	19	93	75	19	102	44
17	20	94	68	20	100	45
18	21	95	69	21	98	46
19	16	90	70	16	96	47
20	17	89	71	17	94	48
21	18	88	72	18	92	49
22	19	87	73	19	90	50
23	20	86	74	20	110	40
24	21	85	75	21	108	41
25	16	84	68	16	106	42
26	17	90	69	17	104	43
27	18	92	70	18	102	44
28	19	93	71	19	100	45
29	20	94	72	20	98	46
30	21	95	73	21	96	47