

УДК 697.343

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.103.0.156

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНИХ ВИДОВЖЕНЬ ТРУБОПРОВОДІВ ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Шолудько Я. В., Гуменюк Р. В., Михалюк М. А.  
Львівський національний університет природокористування

**Анотація.** У статті розглядається вплив температури інсталяції та матеріалу провідної труби попередньо ізольованого теплопроводу на відстань між одноразовими компенсаторами. Подано рекомендації щодо визначення максимальної відстані розміщення необхідної кількості компенсаторів на теплопроводі. Визначено, що застосування легованих сталей з більшими значеннями допустимих напружень збільшує максимальну відстань між одноразовими компенсаторами, що також суттєво зменшує їхню кількість на теплопроводі.

**Ключові слова:** теплопровід, компенсатор, температура нагрівання та монтажу, температурна деформація, напруження розтягування й стискування.

### Вступ

Однією з основних проблем проектування теплових мереж у процесі безканалного прокладання попередньо ізольованих теплопроводів є правильний вибір геометрії траси та розташування одноразових компенсаторів температурного видовження теплопроводів у такий спосіб, щоб не існувало ділянок на трасі, де б напруження, яке виникає в стінці труби, перевищувало допустиме.

### Аналіз публікацій

Для дотримання цієї умови під час будівництва та монтажу теплових мереж застосовують такі три способи [1, 2, 3]: перший спосіб полягає в тому, що геометрія теплової мережі має бути запроєктована так щоб відстань від компенсатора до опори не перевищувала максимальної відстані від компенсатора до перетину труби, в якому осьові напруження досягають допустимих; другий спосіб передбачає проектування мережі так, щоб осьові напруження від приросту температури в умовних нерухомих опорах і на ділянках між ними, незалежно від відстані до компенсатора, не перевищували допустимих; третій спосіб застосовується на прямих ділянках траси великої довжини і полягає в застосуванні осьових сальникових або сильфонних компенсаторів.

За принципом компенсації температурних видовжень теплопроводів розрізняють такі методи безканалного прокладання трубопроводів: безкомпенсаційний, із радіальною та осьовою компенсацією.

Перші два методи застосовуються з попереднім підігрівом трубопроводів або без

нього, третій – тільки без попереднього підігріву.

Дотримання умови другого способу можна досягти двома методами: перший – це вибрати такий матеріал провідної труби, щоб напруження в разі розрахункової різниці температур між максимальною розрахунковою температурою теплоносія і температурою монтажу теплопроводу не перевищували допустимих; другий – це здійснення попереднього підігріву трубопроводу під час будівельно-монтажних робіт.

Відповідно до вищезазначеного, максимальну відстань між компенсаторами температурного видовження теплопроводу визначають за матеріалом провідної труби та температурою навколишнього середовища, за якою здійснюються монтажні роботи.

Під час аналізу вітчизняних [4–9] і закордонних [10–13] джерел інформації було визначено деяку суперечливість у методиці розрахунків температурних видовжень теплопроводів у процесі їх безканалного прокладання з використанням попередньо ізольованих теплопроводів, зокрема в закордонній нормативній і довідковій літературі наведені розрахунки за максимальної температури теплоносія 130 °С і монтажу теплопроводів 10 С. В іншому джерелі [11] в прикладі розрахунку проектування теплової мережі з застосуванням попередньо ізольованих теплопроводів пінополіуретановою (ППУ) ізоляцією використана максимальна розрахункова температура теплоносія 120°С і монтажна – 10°С.

Згідно з даними [3, 4], розрахункова температура в теплових мережах має бути не

нижче ніж 130 °С, а монтажна – температура середовища на глибині прокладання мережі.

Здійснивши аналіз зварних і склеєних з'єднань [14, 15, 16, 17], було визначено, що їх використання також потребує додаткових досліджень щодо компенсації температурних видовжень.

Така суперечливість у підході до розрахунків температурних видовжень мережі не дозволяє здійснити порівняльний аналіз впливу умов монтажу та матеріалу трубопроводів на відстань між компенсаторами, а отже, неможливо визначити необхідну їхню кількість.

### Мета і постановка завдання

Метою роботи є дослідження впливу параметрів компенсації температурних видовжень трубопроводів теплової мережі на відстань між одноразовими компенсаторами. Для досягнення мети були вирішені такі завдання: визначення впливу підвищення температури монтажу тепломережі й необхідної кількості компенсаторів; застосування сталей в трубопроводі з більшими значеннями допустимих напружень.

### Основний матеріал дослідження

Дослідження впливу температури монтажу та матеріалу провідної труби попередньо ізолюваного теплопроводу на відстань між одноразовими компенсаторами його температурного видовження здійснюємо для безканального безкомпенсаційного (з використанням одноразових компенсаторів) способу прокладання теплової мережі.

Основна умова, якої необхідно дотримуватися під час монтажу одноразового компенсатора, – це попереднє розтягування трубопроводу на величину температурного видовження теплопроводу (компенсації).

Попереднє розтягування теплопроводу можна здійснити механічним або термічним способами. Оскільки механічне розтягування для конструкції попередньо ізолюваних трубопроводів здійснити досить важко (хоча це й можна зробити), найчастіше застосовують так зване термічне розтягування – попередній підігрів трубопроводів. Під час цього процесу трубопровід перед його засипанням нагрівається до середньої температури монтажу та максимальної робочої температури теплоносія. Температура попереднього підігріву визначається за формулою

$$t_n = t_{\text{монт}} + \frac{t_{\text{монтmax}}}{2}, \quad (1)$$

де  $t_n$  – температура попереднього підігріву трубопроводів, °С;  $t_{\text{max}}$  – максимальна розрахункова температура теплоносія, °С;  $t_{\text{монт}}$  – температура монтажу трубопроводу, °С.

На рис. 1 наведено розподіл напружень у прямому трубопроводі під час застосування попереднього підігріву. У стані I незасипаний трубопровід підігрітий до температури  $t_n$ , напруження в ньому відсутні. Після засипання трубопроводу в процесі його нагрівання на  $\Delta t_1$  в ньому виникають напруження стискування, а в разі охолодження на  $\Delta t_2$  – напруження розтягування. У зонах I від кінців труби наявні теплові видовження, у зоні II теплові видовження унеможливлені сила тертя між трубопроводом і ґрунтом: труба «защемлена», і максимальні напруження виникають на ділянці труби в цій зоні.

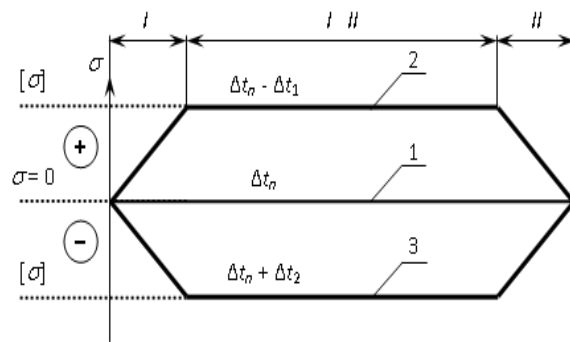


Рис. 1. Напруження в трубопроводі з попереднім підігрівом

Безкомпенсаційний метод полягає в тому, що довгі прямі ділянки трубопроводів прокладають без застосування компенсаторів елементів. Температурні деформації на таких ділянках відсутні, а напруження, які виникають у трубі, відповідають формулі

$$\sigma_t = \alpha \cdot E \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де  $\sigma_t$  – напруження від збільшення температури, МПа;  $\alpha$  – середній коефіцієнт лінійного видовження під час нагрівання від 0° до максимальної температури теплоносія;  $E$  – модуль поздовжньої пружності (за максимальної температури теплоносія);  $\Delta t = t_1 - t_{\text{монт}}$  – різниця температур між максимальною температурою теплоносія та температурою трубопроводу під час монтажних робіт.

Одним із засобів зменшення цього напруження може стати попередній підігрів трубо-

проводу перед його засипанням до певної температури попереднього підігріву  $t_n$  за формулою (1). У цьому випадку напруження, які виникають у разі зміни температури  $t_n + \Delta t_1$  і  $t_n - \Delta t_2$ , не перевищували допустимих. Для розрахунку попереднього підігріву варто, замість формули (1), застосувати формулу

$$t_n = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}, \quad (3)$$

де  $t_{\min}$  – мінімально можлива температура трубопроводу, °С.

Як мінімально можливу температуру варто використати мінімальну розрахункову температуру ґрунту для кожного конкретного регіону (якщо вона менша за температуру монтажу) або температуру монтажу. Для трубопроводів з різницею

$t_{\max} - t_{\min} > 120^\circ$  попередній підігрів не застосовується.

Для укладення трубопроводів безкомпенсаційним методом необхідно здійснити заходи, які мають стабілізувати напруження розтягування в трубопроводі після підігріву до температури попереднього нагрівання перед його засипанням. Існує три основні способи, щоб забезпечити цю вимогу: застосування одноразових компенсаторів; бетонування фізичних нерухомих опор, якщо трубопровід перебуває в стані видовження; засипання трубопроводу ґрунтом, якщо трубопровід перебуває в стані видовження.

Варто зазначити, що найкращим є спосіб застосування одноразових компенсаторів на теплових мережах, які працюють зі сталою температурою. Одноразові компенсатори бувають двох типів: зварні або затріскові. Обов'язковим є застосування на кінцях розрахункової ділянки фізичних нерухомих опор. Крім того, застосування зварних компенсаторів можливе тільки за умови попереднього підігріву, а спосіб застосування затріскових компенсаторів попереднього підігріву труби не вимагає.

Принцип роботи зварного компенсатора такий: температура труби дорівнює  $t_{\text{монт}}$ . Нерухомі опори забетоновані перед підігрівом і засипані утрамбованим піском і ґрунтом (рис. 2). Труба, крім місця встановлення зварного компенсатора, засипана піском.

Під час підігріву температура труби збільшується до  $t_n$ , що контролюється необхідним розрахунковим видовженням:

$$\Delta l_e = \alpha \cdot 2 \cdot L_e \cdot (t_n - t_{\text{монт}}) \cdot 1000, \quad (4)$$

де  $\Delta l_e$  – розрахункове видовження, мм;  $L_e$  – довжина ділянки від нерухомого пункту до середини зварного компенсатора, м.

У разі досягнення розрахункового видовження  $\Delta l_e$  зварний компенсатор у цьому стані зварюється.

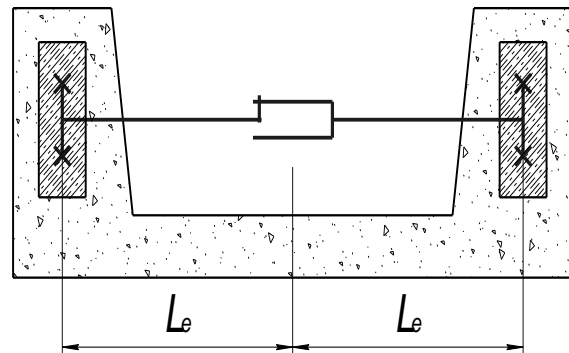


Рис. 2 Трубопровід зі зварним компенсатором перед підігрівом.

Отриману величину  $\Delta l_e$  (рис. 3) варто порівняти з компенсаційною здатністю компенсатора, який застосовується. Відповідно до формули (4), вона не враховує умови прокладання (силу тертя на засипаних ділянках і вплив тиску, якщо підігрів здійснюється способом заповнення теплоносієм). Але її можна використовувати в процесі попередніх розрахунків. У цьому випадку треба використовувати компенсатори з певним запасом.

Після зварювання температура в трубопроводі зменшується, компенсатор ізолюється і засипається.

Затрісковий компенсатор монтується на тепломережі вже в заізольованому виді. Після завершення монтажних робіт траса засипається. Конструкція компенсатора є такою, що під час прогріву траси сприймає розрахункове видовження  $\Delta l_e$ . У разі досягнення температури стабілізації  $t_c$ , яка умовно дорівнює  $t_n$ , компенсатор самофіксується (затріскується).

Одноразові компенсатори спрацьовують лише в одному напрямку і лише один раз. У подальшій роботі ділянка з такими компенсаторами є суцільною прямою трубою і всі зміни температури сприймаються як зміни напруження в трубі. Якщо температура бі-

льше за  $t_n$ , то наявні напруження стискування, якщо температура нижче за  $t_n$ , – напруження розтягування.

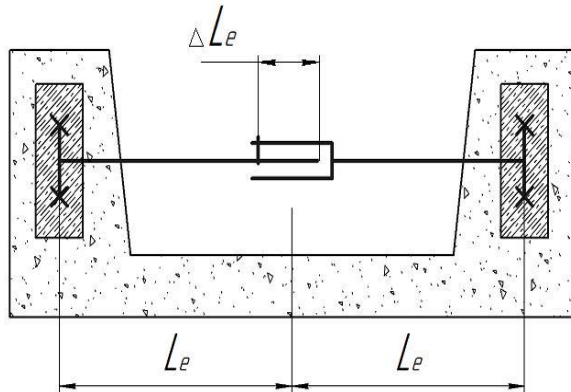


Рис. 3 Трубопровід зі зварним компенсатором після підігріву.

Проектуючи теплову мережу з одноразовими компенсаторами, необхідно правильно визначити температуру підігріву  $t_n$ , а також правильно вибрати й розташувати компенсатори на трасі.

Основою вибору й розташування компенсаторів цього типу є дотримання умови, щоб напруження стискування та напруження розтягу не перевищували допустимих у разі підвищення та зменшення температури.

Застосування стартових компенсаторів дозволяє здійснити розтягування трубопроводу, защемленого в ґрунті. Розтягування здійснюється за допомогою попереднього нагрівання трубопроводу. Температура попереднього нагрівання визначається за формулою (1) або за формулою (3).

Перепад напружень під час переходу трубопроводу з холодного стану в робочий визначається за формулою

$$\Delta\sigma = \alpha(t_{\max} - t_{\text{монт}})E, \quad (5)$$

де  $\Delta\sigma$  – перепад напружень під час переходу трубопроводу з холодного стану в робочий, МПа;  $t_{\max}$  – температура в робочому стані теплопроводу, °С;  $t_{\text{монт}}$  – температура, за якою здійснюється монтаж одноразового компенсатора (температура монтажу), °С;  $E$  – модуль пружності за робочою температурою, МПа;  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення, °С<sup>-1</sup>.

Прямолінійне прокладання теплопроводів із застосуванням одноразових компенсаторів можливе за дотримання умови

$$\Delta\sigma < 2[\sigma_{oc}], \quad (6)$$

де  $[\sigma_{oc}]$  – осьове допустиме напруження, МПа;

Якщо ця умова не дотримується, необхідно застосувати інші схеми компенсації температурних видовжень (наприклад, використати радіальний компенсатор). Спробуємо знайти способи, які дозволять дотриматися умови рівняння (6).

Якщо  $[\sigma_{oc}] \approx 1,25 [\sigma]$ , то

$$\alpha(t_{\max} - t_{\text{монт}})E < 2,5[\sigma]. \quad (7)$$

Отже:

$$(t_{\max} - t_{\text{монт}}) < \frac{2,5[\sigma]}{\alpha E}. \quad (8)$$

Максимальна довжина прямого трубопроводу з одноразовим компенсатором визначається за формулою

$$L_{\max} = \frac{F}{q_{mp}} \{2,5[\sigma] - \alpha E(t_{\max} - t_{\text{монт}})\}, \quad (9)$$

де  $q_{mp}$  – сила тертя одного погонного метра теплопроводу об ґрунт, кН/м;  $F$  – площа поперечного перетину трубопроводу, м<sup>2</sup>.

Рекомендується визначити максимальну довжину прямого трубопроводу із 30-відсотковим запасом, тобто

$$L_{\max} = \frac{0,7 \cdot F}{q_{mp}} \{2,5[\sigma] - \alpha E(t_{\max} - t_{\text{монт}})\}. \quad (10)$$

Аналіз формули (8) демонструє, що права її частина залежить тільки від властивостей матеріалу провідної труби теплопроводу. Наприклад, для сталі Ст.10, якщо  $[\sigma] = 137$  МПа,  $\alpha = 1,25 \times 10^{-5}$  °С<sup>-1</sup> і  $E = 1,89 \times 10^5$  МПа за максимальної температури теплоносія  $t_{\max} = 150$  °С [2]. Отже:

$$(t_{\max} - t_{\text{монт}}) < \frac{2,5 \cdot 137}{1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 1,89 \cdot 10^5} \approx 145^\circ\text{C}.$$

Якщо максимальна температура теплоносія становить 150°С і будівельно-монтажні роботи здійснюються у зимовий період за температури монтажу, що дорівнює -20°С, то

$$(t_{\max} - t_{\text{монт}}) = 150 - (-20) = 170^\circ\text{C} > 145^\circ\text{C}.$$

У такому випадку застосування одноразових компенсаторів неможливе.

Якщо температура монтажу дорівнює  $+20^{\circ}\text{C}$ , то

$$(t_{\max} - t_{\text{монт}}) = 150 - 20 = 130^{\circ}\text{C} < 145^{\circ}\text{C}.$$

У цьому випадку можливе застосування одноразових компенсаторів.

За максимальної температури теплоносія  $130^{\circ}\text{C}$  і монтажної  $0^{\circ}\text{C}$  здійснюється вплив і максимальної температури теплоносія, і температури монтажу, тобто

$$(t_{\max} - t_{\text{монт}}) = 130 - 0 = 130^{\circ}\text{C} < 145^{\circ}\text{C}.$$

Згідно з формулою (9), різниця у фігурних дужках суттєво впливає на різницю температур (температурний перепад). Наприклад, якщо  $(t_{\max} - t_{\text{монт}}) = 130^{\circ}\text{C}$ , то

$$L_{\max} = \frac{F}{g_{\text{тр}}} \{10^3 [2,5 \cdot 137 - 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 1,89 \cdot 10^5 (130 - 0)]\} = 35375 \frac{F}{g_{\text{тр}}}$$

Для теплопроводу із зовнішнім діаметром 89 мм і номінальною товщиною стінки 3,5 мм за глибини його прокладання 1,0 м та за цих самих умов максимальна відстань становитиме

$$L_{\max} = 35375 \frac{0,00094}{3,24} \approx 10,3 \text{ м.}$$

Якщо монтаж одноразового компенсатора здійснити в літній період ( $t_{\text{монт}} = +20^{\circ}\text{C}$ ), то температурний перепад буде становити  $(t_{\max} - t_{\text{монт}}) = 110^{\circ}\text{C}$ , тоді

$$L_{\max} = \frac{F}{g_{\text{тр}}} \{10^3 [2,5 \cdot 137 - 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 1,89 \cdot 10^5 (130 - 20)]\} = 82625 \frac{F}{g_{\text{тр}}}$$

$$L_{\max} = 82625 \frac{0,00094}{3,24} \approx 24 \text{ м.}$$

Визначимо вплив матеріалу провідної труби, використавши, замість сталі Ст.10, леговану сталь, в якій  $[\sigma] = 195 \text{ МПа}$ . Якщо температурний перепад дорівнює  $130^{\circ}\text{C}$ , то

$$L_{\max} = \frac{F}{g_{\text{тр}}} \{10^3 [2,5 \cdot 195 - 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 1,89 \cdot 10^5 \cdot 130]\} = 180375 \frac{F}{g_{\text{тр}}}$$

Отже:

$$L_{\max} = 180375 \frac{0,00094}{3,24} \approx 52,3 \text{ м.}$$

Визначена максимальна довжина трубопроводу з легованої сталі.

### Висновки

Збільшення відстані між одноразовими компенсаторами температурного видовження теплопроводу (зменшення їхньої кількості) можливе за таких умов:

- підвищення температури монтажу тепломережі (згідно з розрахунками, у разі зміни температури монтажу з  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$  максимальна відстань між компенсаторами збільшується в 2,33 раза (замість 10,3 м, отримали 24 м), тому й необхідна кількість компенсаторів зменшиться);

- застосування сталей з більшими значеннями допустимих напружень (згідно з розрахунками, заміна сталі Ст.10 на леговану в разі збільшення допустимих напружень у 1,42 раза збільшує максимальну відстань між одноразовими компенсаторами в 5,1 раза, що також суттєво зменшить їхню кількість на теплопроводі).

### Література

1. Гнатишин Я., Криштапович В. Теплотехніка: навчальний посібник. Київ: Знання, 2008. 364 с.
2. Лабай В. Й. Тепломасообмін: підручник для ВНЗ. Львів: Тріада Плюс, 2004. 260 с.
3. Прядко М. О., Павелко В. І., Василенко С. М. Теплові мережі: навчальний посібник. Київ: Алерта, 2005. 227 с.
4. Любарець О. П., Зайцев О. М., Любарець В. О. Проектування систем водяного опалення. Видання 2, перероблене та доповнене. Відень – Київ – Сімферополь, 2010. 200 с.
5. Обертюх, Р. Р., Слабкий Р. Р. Теоретичні основи теплотехніки: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. 2-ге вид., перероб. та доп. Вінниця: ВНТУ, 2020. 180 с.
6. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. Київ: П ДП «Такі справи», 2003. 176 с.



7. Теплогазопостачання та вентиляція / Возняк О. Т. та ін. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 276 с.
8. Деркач І. Л., Клімов А. О., Ковальов Д. О. Експлуатація інженерних мереж. Харків: ХНАМГ, 2013. 180 с.
9. Дослідження термонапруженого стану при інсталяції теплопроводів систем централізованого енергопостачання / Шолудько Я. В. та ін.: *матеріали XXII Міжнародного науково-практичного форуму «Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій»*, м. Львів, 5–7 жовтня 2021 р. Львів, 2021. Т. 2. С. 163–166.
10. Яушовець Р. Гідравліка – серце водяного опалення. Herz Armaturen Ges.m.b.H. 2022. 316 с.
11. Steffensen H. Recent Development. Danish Board of District Heating (DBDH). 2001. Vol. 2. P.73–82.
12. Shoudko Y., Shoudko V., Humenyuk R. Investigation of the strain-stress state of rotating elements of a complex construction. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin-Rzeszow. 2019. Vol. 19 № 3. P. 33–38.
13. Humenyuk R., Wójcik A. Impact of scale factor on cracking resistance of thermostressed and output reinforcement steel. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2017. Vol. 17. № 1. С. 49–54.
14. Когут М., Гуменюк Р., Шолудько Я. Спосіб виготовлення кільцевого шва в циліндрі та оцінка його і термонапруженої арматури за тріщиностійкістю // *Техніка в с.-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: збірник наукових праць Кіровоград. націон. техн. університету*. 2015. Вип. 28. С. 37–41.
15. Дослідження міцності склеєних композитних з'єднань із термонапруженою арматурою / Гуменюк Р. В. та ін. *Вісник ХНАДУ Сер. «Матеріалознавство»*. 2020. Вип. 88. Т. 1. С. 143–153.
16. Гуменюк Р. В. Оцінка міцності склеєних з'єднань на основі суміші базальтоволокно-епоксидна смола ЕДП. *Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ»*. 2015. Випуск № 51. С. 52–54.
17. Оцінка міцності склеєних композитних з'єднань із термонапруженою арматурою / Гуменюк Р. В. та ін.: *матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасне матеріалознавство: ідеї, рішення, результати»*, м. Харків, 26–27 вересня 2019. Харків, 2019. С.134–143.
3. Pryadko M. O., Pavelko V. I., Vasylenko S. M. Thermal networks: study guide. Kyiv: Alerta, 2005. 227 p.
4. Lyubarets O. P., Zaitsev O. M., Lyubarets V. O. Design of water heating systems. 2nd Edition, Revised and Augmented. Vienna – Kyiv – Simferopol, 2010. 200 p.
5. Obertyukh, R. R., Slabky, R. R. Theoretical foundations of heat engineering: an electronic training manual for combined (local and network) use [Electronic resource]. Second edition, revised and supplemented. Vinnytsia: VNTU, 2020. 180 p.
6. Pyrkov V. V. Design features of modern water heating systems. Kyiv: II State Enterprise "Such Matters", 2003. 176 p.
7. Heating gas supply and ventilation / Vozniak O. T. et al. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2013. 276 p.
8. Derkach I. L., Klimov A. O., Kovalev D. O. Operation of engineering networks. Kharkiv: KhNAMG, 2013. 180 p.
9. Study of the thermal stress state during the installation of heat pipes of centralized energy supply systems / Sholudko Y. V. et al.: materials of the XXII International Scientific and Practical Forum "Theory and Practice of the Development of the Agro-Industrial Complex and Rural Territories", Lviv, October 5–7, 2021: in 2 Vol. Lviv. NNVK "ATB". 2021. Т. 2. P. 163–166.
10. Yaushovets R. Hydraulics – the heart of water heating. Herz Armaturen Ges.m.b.H. 2022. 316 p.
11. Steffensen H. Recent Development. Danish Board of District Heating (DBDH). 2001. Vol. 2. P.73–82.
12. Shoudko Y., Shoudko V., Humenyuk R. Investigation of the strain-stress state of rotating elements of a complex construction. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin-Rzeszow. 2019. Vol. 19 № 3. P. 33–38.
13. Humenyuk R., Wójcik A. Impact of scale factor on cracking resistance of thermostressed and output reinforcement steel. *Teka. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2017. Vol. 17. № 1. С. 49–54.
14. Kogut M., Humenyuk R., Sholudko Y. The method of making an annular seam in a cylinder and evaluation of it and thermostressed reinforcement in terms of crack resistance // *Engineering in the village of production, industrial engineering, automation: collection of scientific papers Kirovogr. the nation technical University*. Vol. 28. Kirovohrad: KNTU, 2015. P. 37–41.
15. Study of the strength of glued composite joints with thermostressed reinforcement / Humenyuk R. V. et al. Bulletin of the KHNADU "Materials Science". Vol. 88. Vol. 1. 2020. P. 143–153.

16. Humenyuk R. V. Evaluation of the strength of glued joints based on the basalt fiber-epoxy resin EDP mixture. Interuniversity collection "SCIENTIFIC NOTES". Lutsk, Issue No. 51. 2015. P. 52–54.
17. Evaluation of the strength of glued composite joints with heat-stressed reinforcement / Humenyuk R. V. et al: materials of the International Scientific and Practical Conference "Modern Materials Science: Ideas, Solutions, Results" Kharkiv, HNADU, September 26–27 sept. 2019. P. 134–143.

**Шолудько Ярослав Васильович**, к.т.н., доцент кафедри енергетики, тел. +380673744344, sholudko@email.ua,

**Гуменюк Руслан Васильович**, к.т.н., доцент кафедри машинобудування,

тел. +38 095 10 99 079, gumenyukrv@lnup.edu.ua,

**Михалюк Микола Адамович**, к.т.н., в.о. доцента кафедри енергетики, Львівський національний університет природокористування, вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, 80381, Україна, тел. +380679793084, gazowod@ukr.net

#### **Justifying the parameters of compensation of temperature extensions of heat network pipelines**

**Abstract. Problem.** Influence of temperature of editing and material of leading pipe of the preliminary isolated hot-water system is set on the size of distance between non-permanent scrays and rule-making in relation to determination of size of maximal distance of placing of scrays on the hot-water system, that determination of their necessary amount.

**Goal.** The purpose of the work is to study the influence of the installation temperature and the material of the conductive pipe of the pre-insulated heat pipe on the distance between the disposable compensators of the temperature elongation of the heat pipe. **Method.** Preliminary stretching of the heat pipe can be done mechanically or thermally. Since mechanical stretching for the construction of pre-insulated pipelines is very difficult to perform (although it is done), so-called thermal stretching is used in practice –

preheating of pipelines. The essence of this method is that the pipeline is heated to an average temperature between the installation temperature and the maximum operating temperature of the heat carrier before it is backfilled. **Results.** An increase in the distance between one-time compensators for thermal expansion of the heat pipe (reduction in their number) is possible under the conditions of an increase in the temperature of the heat network installation (calculations showed that when the installation temperature changes from 0 °C to +20 °C, the maximum distance between compensators increases by 2.33 times (instead of 10.3 m, received 24 m), therefore the required number of compensators will decrease). **Scientific novelty.** The influence of the installation temperature and the material of the conductive pipe of the pre-insulated heat pipe on the distance between disposable compensators has been established, and recommendations have been made for determining the maximum distance of placing compensators on the heat pipe, that is, determining their required number. **Practical significance.** The use of steels with higher values of allowable stresses (calculations showed that replacing St.10 steel with an alloyed one, with an increase in allowable stresses by 1.42 times, increases the maximum distance between disposable compensators by 5.1 times, which also significantly reduces their number on the heat pipe). **Key words:** hot-water system, scray, temperature of heating and editing, temperature deformation tensile

**Sholudko Yaroslav**, Ph.D., Associate Professor, Department of Energy, tel. (+38) 067-37-44-344, e-mail: [sholudko@email.ua](mailto:sholudko@email.ua),

**Humeniuk Ruslan**, Ph.D., Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, tel. (+38)095-10-99-079,

e-mail: [gumenyukrv@lnup.edu.ua](mailto:gumenyukrv@lnup.edu.ua),

**Mykhaliuk Mykola**, Ph.D., Acting Assistant Professor. Department of Energy, tel. (+38) 067-97-93-084, e-mail: [gazowod@ukr.net](mailto:gazowod@ukr.net),

Lviv National Environmental University, str. Volodymyra Velyky, 1, Dublyany, Lviv district, Lviv region, 80381, Ukraine.