

УДК: 621.577.2

В.Г.Олійніченко (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

**Аналіз технічних вимог до теплотрас геотермального теплопостачання**

*Проаналізовано існуючі методи теплоізоляції трубопроводів, визначено втрати температури по довжині нагрівального трубопроводу при оптимальній швидкості охолоджуючої рідини в трубопроводі. Бібл. 5, табл. 2.*

**Ключові слова:** теплоізоляція, температура, тепловтрати, теплопередача.

ORCID: 0000-0003-4651-9628

Для транспортування тепла до споживачів використовують трубопроводи, які відносяться до теплових мереж і можуть передавати тепло за допомогою води і пари – їх відповідно називають водяними і паровими. В даний час теплові мережі передають тепло на великі відстані. Щоб уникнути великих тепловтрат, трубопроводи повинні бути теплоізовані.

Розрізняють транзитні, магістральні, розподільні та кільцеві трубопроводи. Теплові мережі, що підводять тепло до промислових підприємств, називають промисловими, до житлових і громадських будинків – комунальними, до підприємств і цивільних будівель – змішаними.

Схеми теплових мереж у плані можуть бути двох видів: радіальні та кільцеві. Радіальна схема теплопостачання являє собою тупикові відгалуження до всіх об'єктів. У випадку аварії ці об'єкти виявляються відключеними. Кільцева схема теплопостачання більш надійна та безперебійна в роботі. У ній всі гілки дрібних відгалужень об'єднані в загальний контур. Теплові мережі різних районів міста можуть бути з'єднані між собою, щоб у разі виходу з ладу одного джерела тепла його можна було дублювати іншим. Це дозволяє безперебійно постачати тепло в усі райони міста і одночасно усувати несправність.

Теплові мережі можуть бути однотрубними, двотрубними і багатотрубними. Найбільш поширена двотрубна система, при якій одна труба – та, що подає воду, інша – зворотна. У цій системі вода циркулює по замкнутому колу: віддавши своє тепло споживачеві, вона повертається до джерела теплової енергії. Однотрубна система

подає теплоносій для опалення та вентиляції, а потім випускає його для потреб гарячого водопостачання. Цей варіант є найбільш дешевим, але важко розраховується. Тритрубна система забезпечує подачу тепла по двох трубах із різними параметрами теплоносія, а повернення здійснюється по третій трубі. У чотиритрубній системі подача тепла на опалення та гаряче водопостачання розділена по двох парах труб. На даний час у населених пунктах найбільш застосовною є роздільна двотрубна система теплопостачання завдяки зручності та економічності її використання.

Для гарячого водопостачання використовують відкритий і закритий варіанти приєднання до теплових мереж. У відкритих мережах гаряча вода забирається із загальної системи опалення. Якість гарячої води невисока. У закритих мережах вода з тепломережі повністю повертається до теплового джерела, нагріваючи водопровідну воду для гарячого водопостачання у пластинчастих теплообмінниках. У цьому випадку якість гарячої води висока.

Теплові мережі прокладаються як над, так і під землею. Надземна прокладка є дешевшою, але часто неприпустима з естетичних міркувань. Підземна прокладка є найбільш поширеною. Розрізняють каналну і безканалну прокладку трубопроводів.

Канальна прокладка трубопроводів дорожча, але надійніша, тому що стінки каналу захищають труби від випадкових впливів, блукаючих струмів і т.д. Канали роблять цегляними і залізобетонними. За конструкцією вони бувають прохідні

(висотою 2 м), напівпрохідні (висотою 1,4 м) і непрохідні.

Безканальна прокладка теплопроводів – простий і дешевий спосіб, тому він найбільш поширений, особливо при реконструкції та в малоповерховій забудові. Труби укладаються прямо в ґрунт. Цей спосіб має, однак, великі недоліки: корозія, трудомісткість ремонту, відсутність періодичного нагляду. Частково їх долають, захищаючи труби від зовнішніх впливів ґрунту ізоляційним матеріалом, цементною кіркою та гідроізоляцією.

При будівництві теплотрас особливу увагу приділяють теплової та водонепроникній ізоляції стикових з'єднань трубопроводів. При цьому використовують спеціальну зварену муфту, що забезпечує абсолютно герметичне з'єднання стиків.

Трасу теплових мереж у містах прокладають у відведених для інженерних мереж технічних смугах паралельно до червоних ліній вулиць, доріг і проїздів поза проїзною частиною та смугах зелених насаджень. Іноді допускається розташування теплотраси під проїзною частиною чи тротуаром. Тепломережі не можна прокладати уздовж бровок терас, ярів і т.п.

Магістральні мережі розташовуються по головних напрямках від джерела тепла і складаються з труб великих діаметрів – від 400 до 1200 мм. Розвідні мережі мають діаметр трубопроводів від 100 до 300 мм, а діаметр трубопроводів, що ведуть до споживачів, становить 50-150 мм.

Теплові мережі монтують зі сталевих електрозварюваних труб, розташованих на спеціальних опорах. На трубах влаштовують запірну і регулюючу арматуру (засувки, вентилі). Опори трубопроводів створюють горизонтальну нерухому підставку. Інтервал між опорами визначають при проектуванні.

Опори теплових мереж підрозділяють на нерухомі та рухомі. Нерухомі опори фіксують розташування конкретних місць мереж у певній позиції, не допускаючи ніяких зсувів. Рухомі опори допускають переміщення трубопроводу по горизонталі внаслідок температурних деформацій.

Теплові втрати можуть бути присутні і на ділянці транспортування тепла безпосередньо до

споживача. Якщо теплотраса грамотно спроектована і налагоджена, то величина втрат становить близько 7%. Однак при використанні вітчизняних мережеских насосів майже завжди відбувається перевитрата електроенергії. Також, якщо трубопровід досить довгий, то втрати можуть бути при погкій теплоізоляції трубопроводів. Необхідно, щоб на об'єктах, які підключені до теплотраси, було правильно проведено шайбування – це дає рівномірний розподіл тепла. В іншому випадку тепло може бути повернене в котельню за допомогою зворотного трубопроводу. Це знижує ККД котлоагрегату і погіршує якість опалення у віддалених кінцях теплотраси. У разі, коли вода для системи ГВП підігрівається не на самому об'єкті, трубопровід гарячого водопостачання повинен мати циркулярну схему. За типовою схемою до 45% тепла буде витрачено даремно. Втрати енергії на теплотрасі фактично не повинні перевищувати 7%, але потенційно вони можуть становити до 25%.

До загальних закономірностей енергозбереження відносяться наступні:

1. Енергозбереження та економічність при створенні систем транспортування, ремонтпридатність конструкції, що дозволяє швидко виявити і усунути неполадки та відмови у надійній роботі.

2. Ефективна теплоізоляція каналу, яка надійно і довговічно працює при умовах експлуатації.

3. Малий гідравлічний опір каналу, по якому проходить транспортування теплоносія, що забезпечує малу потужність, затрачену на прокачування теплоносія.

4. Герметичність систем транспортування, що забезпечує енергозбереження на відтворення теплоносія.

Тому ефективна експлуатація теплопроводів дозволяє здійснити енергозбереження при транспортуванні тепла, яке в даний час складає близько 8% від переданої енергії. Транспортування теплової енергії має місце практично в кожній галузі промисловості, але найбільш широко вона представлена в системах теплофікації.

Теплопроводи можуть розташовуватися під землею або прокладатися над землею. Під зем-

лею вони можуть розташовуватися у прохідних, напівпрохідних та непрохідних каналах і безпосередньо в ґрунті. Найдорожчі і складніші – це теплопроводи у прохідних каналах.

Простіше і дешевше здійснюється прокладка в ґрунті. У прохідних каналах (висота яких становить 2,5 м) обслуговуючий персонал може проводити ремонт і зварювальні роботи, у напівпрохідних – частково, а в непрохідних знаходиться трубопровід. Проте в деяких випадках прокладка у ґрунті практично неможлива. У містах, як правило, застосовується прокладка теплових мереж у прохідних каналах, де розташовуються також силові електричні кабелі, водопровід та кабелі зв'язку. Це забезпечує комплексне вирішення питання енерго- і водопостачання і, в кінцевому рахунку, веде до енергозбереження. Одним з істотних недоліків підземної прокладки теплових мереж є руйнування теплоізоляції під дією вологи ґрунтових вод і вологого повітря в каналах, що призводить до великих теплових втрат. Тому часто, де це можливо, застосовують повітряну прокладку теплопроводів із металевим захистом від дощів (часто це оцинковане залізо), яка простіша у виготовленні та ремонті, а отже, забезпечує енергозбереження. Однак такий спосіб застосовується тільки на околицях міст або на територіях промислових підприємств. Питання про вибір типу теплопроводу (повітряний чи підземний) вирішується з урахуванням місцевих умов і техніко-економічного обґрунтування. Енергозбереження при транспортуванні теплової енергії, в першу чергу, залежить від якості теплової ізоляції. Вона повинна мати не тільки низьку теплопровідність, повітро- і водонепроникність, а також низьку електропровідність, що зменшує електрохімічну корозію матеріалу труби, повітро- і водонепроникність. Тобто збільшення вологості ізоляції може не тільки погіршити її теплопровідність більше ніж у 3 рази, але і призводить до руйнування труб. У результаті термін служби може скоротитися до 4-5 років замість 30, тому самі труби мають антикорозійне покриття, наприклад, у вигляді силікатних емалей, ізолю тощо. Іноді зверху теплової ізоляції укладають азбоцементні футляри з металевими сітками, покриті азбоцементною штукатуркою. Такі футляри

перешкоджають надходженню вологи з повітря і ґрунту. Ця відносно складна конструкція хоча і вимагає додаткових енерговитрат на виготовлення, але зате більш довговічна і за рахунок цього більш вигідна. В останні роки почали широко впроваджуватися теплопроводи типу "труба в трубі" з пінополіуретановою ізоляцією в гідрозахисній оболонці. Така конструкція передбачає застосування не тільки попередньо ізольованих пінополіуретаном та ув'язаних в поліетилен труб, але і всіх компонентів системи (кульової арматури, термічних компенсаторів тощо). Теплоtrasа із попередньо ізольованих пінополіуретаном труб може укладатися в землю безканално і забезпечує суттєве енергозбереження за рахунок попереднього виготовлення окремих ізольованих елементів у заводських умовах, а також завдяки практично повній її термічно- і вологонепроникності. При транспортуванні низькотемпературних теплоносіїв (область температур холодної та криогенної техніки) питання якості теплової ізоляції постають більш гостро, ніж при високих температурах. Це пов'язано з тим, що вироблення 1 кВт холоду при низькій температурі (наприклад,  $t = -100^{\circ}\text{C}$ ) потребує набагато більше енергії, ніж вироблення 1 кВт при високій температурі (наприклад,  $t = 100^{\circ}\text{C}$ ).

В області криогенних температур широке застосування знаходять порошкові матеріали (наприклад, на основі діоксиду кремнію) і різні види вакуумної ізоляції. Слід зазначити, що тепло в пористій ізоляції передається від однієї частинки до іншої як кондуктивним шляхом, так і за рахунок променистого теплообміну.

При створенні в порошковій ізоляції вакууму зменшується теплопровідність ізолюючого матеріалу. При залишковому тиску 1,33 Па (10-2 мм рт. ст.) теплопровідність повітря в 10 разів менша, ніж у нормальних умовах, тобто 0,0023 Вт/(м·К).

Другим типом вакуумної ізоляції є така, що складається з двох герметичних труб (труба в трубі), між якими створюється вакуум. Така ж сама теплопровідність (0,0023 Вт/(м·К)) досягається при залишковому тиску 1,33-10,3 Па.

Третій тип вакуумної ізоляції називається екранно-вакуумною теплоізоляцією; вона склада-

ється з шарів, що чергуються (наприклад, скло-волокна і алюмінієвої фольги). На 1 см товщини ізоляції припадає від 20 до 30 шарів. У такій ізоляції фольга виконує роль екранів та істотно зменшує променевою складову в теплопровідності, а за рахунок вакууму істотно зменшується теплопровідність повітря в порах. Тому в області кріогенних температур така теплоізоляція вважається найбільш ефективною і знаходить широке застосування на практиці. У холодильній техніці досить часто застосовується схема холодопостачання з проміжним холодоносієм. Дану схему, як правило, застосовують тоді, коли джерело споживання холоду розташовується на віддаленій відстані від холодильної станції (відстань може бути до 1 км). Схему з проміжним теплоносієм часто використовують у системах кондиціювання повітря, коли у випарнику холодильної машини охолоджується рідкий теплоносіє, що циркулює у проміжному контурі та охолоджує повітряні калорифери, які знаходяться в кімнатах приміщення. В даному випадку для циркуляції в проміжному контурі рідкого теплоносія необхідне додаткове обладнання (насос, теплообмінники тощо). Однак транспортувати тепло рідким теплоносієм вигідніше, ніж повітрям, тому що рідина має більшу теплоємність і густину, ніж повітря, і потужності на прокачування рідкого теплоносія витрачається менше, ніж для газоподібного при однаковій переданій кількості тепла.

Останнім часом найбільш популярною є ізоляція трубопроводів пінополіуретаном (ППУ).

Пінополіуретан – легкий і міцний теплоізоляційний матеріал, що має закриту пористу структуру, завдяки якій має найнижчий коефіцієнт теплопровідності в порівнянні з іншими теплоізоляційними матеріалами та мале водопоглинання.

Популярність пінополіуретанів пояснюється простотою процесу їх отримання на місці застосування. Це досягається тим, що вихідною сировиною для отримання пінополіуретанів служать рідкі продукти, при змішуванні яких у певному співвідношенні відбувається хімічна реакція синтезу полімеру з одночасним його спінюванням. Можливість рецептурної зміни властивостей пінополіуретанів у широкому діапазоні дозволяє використовувати їх для теплоізоляції промисло-

вих і житлових будинків, приміщень, що зводяться із залізобетонних блоків, цегли та інших матеріалів, для теплоізоляції та ущільнення віконних і дверних прорізів (у будівництві), а також для теплоізоляції трубопроводів різного призначення.

Унікальні якості ППУ – найменший коефіцієнт теплопровідності, екологічна безпека, довговічність, забезпечення акустичної ізоляції, антикорозійний захист, мале водопоглинання і висока технологічність переробки – зумовили широке застосування пінополіуретанів для теплоізоляції трубопроводів, тепловодопостачання, кріогенних трубопроводів, стін, дахів, підвалів, стель, мансард, житлових і виробничих приміщень, саун, бань; при виготовленні ізотермічних і морозильних автофургонів та камер, "сендвіч-панелей", теплоізоляційних блоків різного призначення; для герметизації міжпанельних стиків у будинках, дверних і віконних коробок. І це далеко не повний перелік можливостей такого унікального матеріалу.

Переваги пінополіуретану як ізолятора:

- найнижчий коефіцієнт теплопровідності (0,022-0,03 Вт/(м·К));
- низька щільність (40-55 кг/м<sup>3</sup>);
- висока адгезійна міцність (немає необхідності в кріпильних елементах або клеї);
- висока акустична ізоляція;
- відсутність "містків холоду";
- можливість ізоляції конструкцій будь-якої конфігурації та розмірів;
- довговічність покриттів (не схильні до розкладання і гниття, не руйнуються під впливом сезонних температурних коливань, атмосферних опадів, агресивної промислової атмосфери);
- екологічність одержуваного матеріалу (за гігієнічними нормами дозволено застосування в холодильних камерах для зберігання харчових продуктів).

Ізоляція труб пінополіуретаном є одним із шляхів економії теплової енергії при обслуговуванні об'єктів теплопостачання.

Застосування в будівництві та промисловості трубопроводів із теплоізоляцією з ППУ є одним із основних джерел економії тепла в наші дні.

Пінополіуретанова теплоізоляція трубопроводів – це швидке безшовне нанесення будь-якої

складності і форми, необмежена товщина шару, швидке затвердіння, а також стійкість до механічних навантажень і високе енергозбереження.

Конструкції з використанням пінополіуретану мають вигідні переваги в порівнянні з раніше застосовуваними теплоізоляційними матеріалами (таблиця 1):

- підвищення довговічності з 10-15 до 30 років і більше;
- зниження теплових втрат з дійсних 25-30% до 2-3%;
- зниження експлуатаційних витрат у 2 рази;
- зниження витрат на ремонт теплотрас у 3 рази.

Пінополіуретан – це новий і найбільш актуальний на сьогоднішній день теплоізоляційний матеріал, різновид пластмаси, широко застосовуваний у всьому світі. По теплопровідності пінополіуретан перевершує практично всі відомі полімери. Найближче до нього тільки екструдований пінополістирол, але труба ППУ перевершить його і

по технологічності, і по температуровитривалості.

Завдяки незвичайним властивостям пінополіуретану, його використовують у широкому діапазоні галузей, зокрема, в геотермальній енергетиці.

Пінополіуретан має високу стійкість до дії хімічних сполук (за винятком деяких розчинників і концентрованих кислот).

Асортимент попередньо ізольованих труб ППУ і сполучних вузлів дає можливість прокласти трасу на будь-якій місцевості, а також в обмежених міських умовах.

Пінополіуретановий теплоізолюючий шар виготовляють на основі двох озононеруйнівних та екологічно безпечних хімічних компонентів: поліолу та ізоціанату. В результаті реакції компонентів утворюється однорідний матеріал із закритими порами. Цей матеріал має високі теплоізоляційні властивості. Основні характеристики фізико-механічних властивостей ППУ наведені в таблиці 2.

**Таблиця 1. Порівняльний аналіз фізичних властивостей жорсткого пінополіуретану та інших матеріалів теплоізоляції**

| Вид теплоізоляції труб | Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К) | Щільність, кг/м <sup>3</sup> | Діапазон робочих температур, °С | Пористість | Термін експлуатації, років |
|------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------|----------------------------|
| ППУ жорсткий           | 0,019-0,040                           | 60-160                       | -150...+145                     | закрита    | 30                         |
| Пінополістирол         | 0,043-0,064                           | 15-35                        | -80...+80                       | відкрита   | 15                         |
| Мінеральна вата        | 0,052-0,058                           | 55-150                       | -40...+120                      | відкрита   | 5                          |
| Керамзит               | 0,120-0,180                           | 200-250                      | –                               | відкрита   | 15                         |
| Пробкова плита         | 0,050-0,060                           | 220-240                      | -30...+90                       | закрита    | 3                          |

**Таблиця 2. Основні характеристики фізико-механічних властивостей ППУ**

|                                                                                |                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Матеріал                                                                       | пінополіуретан                        |
| Щільність                                                                      | не менше 64 кг/м <sup>3</sup>         |
| Міцність при стисненні                                                         | не менше 0,37 МПа                     |
| Об'ємна частка закритих пор                                                    | не менше 88,9%                        |
| Водопоглинання при 90-хвилинному кип'ятінні                                    | не більше 5%                          |
| Міцність на зсув в осьовому напрямку при температурах:<br>20°C<br>140°C        | не менше 0,12 МПа<br>не менше 0,8 МПа |
| Міцність на зсув у тангенціальному напрямку при температурах:<br>20°C<br>140°C | не менше 0,2 МПа<br>не менше 0,13 МПа |
| Теплопровідність при 50°C                                                      | не більше 0,031 Вт/(м·°C)             |
| Адгезія                                                                        | не менше 0,0012 кг/см <sup>2</sup>    |

Завдяки адгезії даного теплоізоляційного матеріалу трубопровід в ППУ ізоляції являє собою єдину конструкцію і забезпечує високоміцне зчеплення між наступними різномірними поверхнями: сталеві труба – пінополіуретан і ППУ – зовнішня водозахисна оболонка.

Висока адгезія вищевказаних поверхонь є необхідною умовою для тривалої експлуатації трубопроводів і скорочення втрат тепла у процесі транспортування. Високоміцна адгезія трубопроводної конструкції досягається при строгому дотриманні наступних умов:

- ретельного механічного очищення зовнішньої поверхні металеві труби;
- необхідного температурного режиму, який потрібен для спінування ППУ;
- правильного вибору компонентів пінополіуретану;
- обов'язковою умовою для забезпечення адгезії є спеціальна обробка внутрішньої поверхні оболонки (у разі теплоізоляції поліетиленових труб).

Завдяки високим показникам адгезії, якими характеризується пінополіуретан, а також іншим фізичним властивостям даного матеріалу, трубопроводи, покриті ППУ ізоляцією, мають такі переваги:

- монолітний шар теплоізоляції без так званих "містків холоду";
- ППУ ізоляція повністю повторює конфігурацію трубопроводу;
- високі тепло- та гідроізоляційні властивості;
- тривалий період експлуатації теплоізоляційного шару;
- стійкість до ультрафіолету та атмосферних опадів;
- стійкість до корозії;
- підвищення шумоізоляційних властивостей пінополіуретану;
- стійкість до механічних впливів.

Втрати тепла при транспортуванні теплової енергії залежать від коефіцієнта теплопередачі від теплоносія до навколишнього середовища через стінку трубопроводу і шар теплоізоляції.

В геотермальній енергетиці ізолюють трубопровід від видобувної свердловини до тепlopункту і трубопроводи прямої та зворотної мережевої води.

Оптимальна товщина ізолюючого шару пінополіуретану складає приблизно 20% від діаметра трубопроводу. Збільшення товщини ізолюючого шару не дає значного ефекту в зменшенні втрат теплової енергії, але значно збільшує вартість капітальних витрат.

Визначимо максимальну відстань, на яку доцільно транспортувати теплову енергію згідно з вимогами чинних нормативних документів.

Для варіантних розрахунків вибираємо попередньо ізольований ППУ трубопровід 315/219.

Втрати тепла при режимі тепlopостачання 90-70°C і температурі ґрунту  $t_{\text{гр}} = 10^{\circ}\text{C}$ :

$$Q = \Delta t \cdot A \cdot \frac{\lambda}{\delta},$$

$$Q = (90^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C}) \cdot 1\text{м}^2 \cdot \frac{0,02}{0,05} = 32\text{ Вт},$$

де  $\Delta t$  – різниця між температурою прямої води і температурою ґрунту;  $A$  – площа зовнішньої поверхні одного погонного метра трубопроводу;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності трубопроводу з теплоізолюючим шаром;  $\delta$  – товщина теплоізолюючого шару.

Площа одного погонного метра трубопроводу:

$$A = \pi \cdot D \cdot L = 3,14 \cdot 0,315 \cdot 1 = 1\text{ м}^2,$$

де  $D$  – діаметр трубопроводу;  $L$  – довжина трубопроводу.

Площа поперечного перетину проточної частини:

$$S = \pi \frac{d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{0,04}{4} = 0,0314\text{ м}^2.$$

Витрати теплоносія при його швидкості  $V = 1\text{ м/с}$ :

$$G = V \cdot S = 1 \cdot 0,0314 = 0,0314\text{ м}^3/\text{с} \text{ (31,4 л/с)}.$$

Втрати температури на ділянці довжиною 1000 м складуть:

$$t = \frac{32}{31,4 \cdot 4,19} = 0,243^{\circ}\text{C}.$$

Втрати тепла при режимі тепlopостачання  
 $t_t = (60 - 40)^\circ\text{C}$  і  $t_{tp} = 10^\circ\text{C}$ :

$$Q = (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) \cdot 1\text{м}^2 \cdot \frac{0,02}{0,05} = 20 \text{ Вт}.$$

Втрати температури на ділянці довжиною 1000 м:

$$t = \frac{20}{31,4 \cdot 4,19} = 0,152^\circ\text{C}.$$

Кількість теплоти, виробленої при теплових режимах  $90-70^\circ\text{C}$  і  $60-40^\circ\text{C}$  однакова і складає:

$$Q = 31,4 \cdot 4,19 \cdot 20 = 505 \text{ кВт}.$$

Втрати тепла при транспортуванні теплоти по КТМ 284 не повинні перевищувати 13%, що складає:

$$505 \cdot 0,13 = 65 \text{ кВт}.$$

Втрати температури теплоносія на ділянці 1000 м складають  $0,152^\circ\text{C}$ . Таким чином, у відсотковому відношенні від згенерованої температури  $20^\circ\text{C}$  втрати тепла складуть:

$$\frac{0,152}{20} \cdot 100 = 0,76\% \text{ на } 1000 \text{ м}.$$

Таким чином, враховуючи, що норми втрат при транспортуванні теплоти не повинні перевищувати 13% [4], визначаємо максимальну довжину трубопроводу вищевказаного діаметра, через який доцільна передача теплової енергії згідно з існуючими нормами:

$$L = \frac{13\%}{0,76\%} = 17105 \text{ м}.$$

В системах геотермального тепlopостачання можлива ситуація, коли теплоспоживач знаходиться на великій відстані від видобувної свердловини, і геотермальний теплоносій необхідно транспортувати на велику відстань. У такому випадку втрата температурного потенціалу на декілька градусів може бути не дуже критичною.

Наприклад:

- температура геотермального теплоносія дорівнює  $90^\circ\text{C}$ ;
- температура, яка потрібна на вході в теплообмінник, становить  $70^\circ\text{C}$ .

Можливо допустити втрати  $20^\circ\text{C}$  при транспортуванні геотермального теплоносія від свердловини до теплообмінника.

Таким чином, враховуючи попередні розрахунки, є можливість транспортувати геотермальний теплоносій на відстань:

$$L = 20 : 0,152 = 131 \text{ км}.$$

**Висновки.** При використанні найбільш сучасних ізоляційних матеріалів для зменшення втрат теплової енергії, враховуючи вимоги існуючих нормативних документів, визначена максимальна відстань, на яку доцільно транспортувати теплову енергію.

Визначення відстані, на яку доцільно транспортувати геотермальний теплоносій, розраховується в кожному окремому випадку з урахуванням конкретних умов та вимог до температурного режиму опалюваного об'єкта теплоспоживача.

1. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Держбуд Росії.- М.: ЦИТП Держбуду СРСР, 1998. - 28 с.

2. Сайт <http://prom.ua/Predizolirovannye-truby.html>

3. Сайт <http://teplolivam.ru/yteplenie/novye-tehnologii/ppu-teploprovodnost.html>

4. КТМ 204 Україна 244-94 "Посібник та доповнення до норм та вказівок о нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні".

5. Сайт <http://www.polyfoam.dp.ua/ppu.htm>

#### REFERENCES

1. SNyP 2.04.14-88. Thermal insulation of equipment and pipelines / Derzhbud Rosii. - M.: TsITP Derzhbudu SRSR, 1998. - 28 p. (Ukr)

2. <http://prom.ua/Predizolirovannye-truby.html>

3. <http://teplolivam.ru/yteplenie/novye-tehnologii/ppu-teploprovodnost.html>

4. КТМ 204 Ukraine 244- 94 "Manual and amendments to standards and guidelines on rationing fuel and heat energy costs for heating residential and public buildings, as well as economic needs in Ukraine". (Ukr)

5. <http://www.polyfoam.dp.ua/ppu.htm>

**В.Г.Олейниченко** (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

#### Анализ технических требований к теплотрассам геотермального теплоснабжения

*Проанализированы существующие методы теплоизоляции трубопроводов, определены потери температуры по длине нагревательного трубопровода при оптимальной скорости охлаждающей жидкости в трубопроводе. Библ. 5, табл. 2.*

**Ключевые слова:** теплоизоляция, температура, теплотери, теплопередача.

**Oliinichenko V.H.** (Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine)

**Analysis of technical requirements for heating mains in geothermal heating supply systems**

*Analyzed existing methods insulation piping loss temperature determined by the length of the heating pipeline at the optimum speed of coolant in the pipeline. References 5, tables 2.*

**Keywords:** Heat insulation, temperature, heat losses, heat transfer.

**SYNOPSIS**

The article suggests a review of existing methods to transfer coolants from generating source to heat consumers. There have been analyzed technical requirements for heating mains as well as requirements to reduce heat losses in heat transmission process over long distances. The main objective of the article was determining maximum expedient distance to transport thermal energy and transporting features for geothermal heat carrier over long distances.

Стаття надійшла до редакції 07.04.16

Остаточна версія 18.05.16

**ХІV МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА  
ЕНЕРГЕТИКА В ПРОМИСЛОВОСТІ-2016**

**ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ, КАБЕЛІ, ПРОВІДИ,  
ПРОМИСЛОВА СВІЛОТЕХНІКА, ГІРНИЧІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КВПІА**

**ХІV МІЖНАРОДНИЙ ФОРУМ  
ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ:  
СЬОГОДЕННЯ ТА МАЙБУТНЄ**



**МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР**  
Україна, 02660  
Київ, Броварський пр-т, 15  
М "Лівобережна"  
тел./факс: (044) 201-11-57  
e-mail: [lyudmila@iec-expo.com.ua](mailto:lyudmila@iec-expo.com.ua)  
[www.iec-expo.com.ua](http://www.iec-expo.com.ua)  
[www.tech-expo.com.ua](http://www.tech-expo.com.ua)

**ОРГАНІЗАТОРИ:**  
Міністерство енергетики  
та вугільної промисловості України  
Міжнародний виставковий центр

Технічний партнер: *Rene Media*

**8-10  
листопада**