



I. Р. Ващышак

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

МУЛЬТИПАЛИВНИЙ КОТЕЛ НА ТЕПЛОВИХ ТРУБКАХ

Для забезпечення безперебійного опалення та гарячого водопостачання житлових будинків індивідуального типу, а також для створення можливості споживачеві самостійно обирати вид енергоносія для системи опалення запропоновано розробити конструкцію мультипаливного котла з теплообмінником на теплових трубках. Встановлено вимоги до теплопередавальних елементів теплообмінника для одночасного нагрівання двох середовищ (повітря і води) та забезпечення роботи від різних видів енергоносіїв (природний газ, дизельне паливо, електроенергія). Запропоновано застосувати теплові трубки як елементи теплообмінника, що мають властивість працювати як трансформатори теплових потоків. Розроблено експериментальну модель теплообмінника з використанням шести теплових трубок та оцінено його теплову ефективність. Отримано ККД теплообмінника на рівні 90 % під час нагрівання електричними нагрівачами та 86 % під час нагрівання гарячим повітрям. За результатами досліджень моделі розраховано та спроектовано конструкцію теплових трубок теплообмінника та загальну конструкцію мультипаливного котла потужністю 17 кВт. Як нагрівальні елементи для цього котла використано комбінований двопаливний пальник та електричні нагрівачі. Наведено особливості використання та переваги запропонованого мультипаливного котла на теплових трубках, зокрема, й можливість охолоджувати повітря у приміщенні у теплу пору року.

Ключові слова: теплообмінник; комбінований пальник; повітряне опалення; джерело тепла.

Вступ. У разі виникнення перебоїв з газо- чи електропостачанням населення віддалених районів унаслідок аварій, стихійного лиха чи воєнних дій виникає необхідність швидко обігрівати приміщення за допомогою наявних видів енергоносіїв. Газові, твердопаливні та електричні котли з водяною системою опалення, що переважно використовують для обігріву приватних будинків, погано підходять для цього, оскільки застосовують один, рідко два, види енергоносіїв. Однак і за появи енергоносія час обігріву охололого приміщення потребує багато часу внаслідок теплової інерційності водяної системи опалення зі значним об'ємом теплоносія.

Одним зі шляхів вирішення питання швидкого обігріву приватних будинків у разі перебоїв із постачанням енергоносіїв є впровадження повітряної системи опалення з котлом, який може працювати від енергоносіїв кількох видів. Це дасть змогу споживачеві швидко перевести котел на той вид палива, який є, і звести до мінімуму дискомфорт, спричинений перервою в опаленні приміщень.

Мета дослідження – розробити основні технічні рішення для побудови багатопаливного (мультипаливного) котла, який одночасно нагріватиме повітря для опалення приміщення та води для технічних потреб. Котел буде працювати на поширених енергоносіях: природному газі, дизельному паливі або електроенергії.

Викладення основного матеріалу дослідження. Оскільки джерелами тепла у мультипаливному котлі будуть електричні нагрівачі та відкрите полум'я пальника, то це накладає певні вимоги на властивості теплопередавальних елементів теплообмінника. Вони повинні:

- мати змогу працювати у трьох ізольованих камерах;
- одночасно нагрівати повітря та воду;
- мати високу ефективну теплопровідність;
- працювати в широкому діапазоні температур (від -20 °C до +300 °C);
- не замерзати і не деформуватись;
- мати високі корозійну стійкість, надійність та довговічність.

Повністю реалізувати наведені вимоги можна за допомогою теплопередавальних елементів випарного типу – теплових трубок (Vashchysyak et al., 2014).

Ефективність теплової трубки визначають за допомогою поняття "еквівалентна теплопровідність", яка може бути вищою за теплопровідність міді (Gell & Ivanov, 1972). Також теплові трубки характеризуються ізотермічністю поверхні за низького термічного опору. Поверхня конденсації теплової трубки, в цьому випадку, працює практично за постійної температури.

Ще однією перевагою теплової трубки є можливість її роботи як трансформатора теплового потоку, тобто трубка транспортує високий тепловий потік, підведений до малої площі одного її кінця, у низький, що відводиться з великої площі іншого. Втрата теплоти під час транспортування від зони підведення теплового потоку до зони його відведення є досить малими (не більше 1–5 %) (Chi, 1981). Окрім цього, тепла трубка може працювати як трансформатор двох низьких теплових потоків з одного високого. У цьому випадку в тепловій трубці буде одна зона нагрівання і випаровування та дві зони конденсації робочої рідини. Коли ж об'єднати ці властивості, то теплову трубку можна використа-

Інформація про авторів:

Ващышак Ірина Романівна, канд. техн. наук, доцент кафедри енергетичного менеджменту та технічної діагностики.

Email: savchyn.ira@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Ващышак І. Р. Мультипаливний котел на теплових трубках. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 74–79.

Citation APA: Vashchysyak, I. R. (2018). Multifuel Boiler on Heat Tubes. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 74–79.

<https://doi.org/10.15421/40280115>

ти як теплопередавальний елемент для одночасного нагрівання двох середовищ – повітря та води. При цьому зона конденсації 1 (рис. 1) буде розміщена у повітряному середовищі, а зона конденсації 2 – у водяному. Зону нагрівання відкритим полум'ям доцільно розмістити в середній частині трубки, а зону нагрівання електроенергією – у торці.

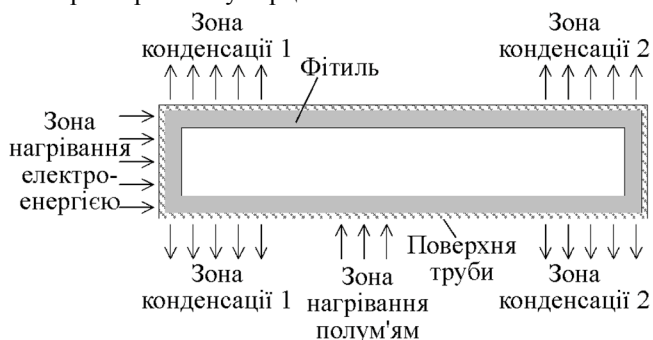


Рис. 1. Зони нагрівання та конденсації теплової трубки під час нагрівання двох середовищ

Для перевірки ефективності запропонованих рішень розроблено зменшену модель теплообмінника з використанням шести теплових трубок (рис. 2). Кожну трубку розраховували на максимальну потужність теплового потоку 110 Вт (Vashchyshak et al., 2017). Коефіцієнт теплопередачі трубок – $0,56 \cdot 10^5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, довжина – 500 мм, діаметр – 15 мм, матеріал – мідь.



Рис. 2. Експериментальна модель теплообмінника: 1) теплові трубки; 2, 3) фланці; 4) клапани; 5) нагрівальні елементи

Теплові трубки 1 розміщали між двома пластмасовими фланцями 2 і 3, які розділяють між собою зону нагрівання та зони тепловіддачі повітря і воді (див. рис. 2). Зона нагрівання – це частина теплообмінника, яка розміщена у нагрівальній камері. Зона тепловіддачі повітря – частина теплообмінника, розміщена у повітряній камері, а зона тепловіддачі воді – у водяній.

З боку водяної камери на теплових трубках встановлено клапани 4, а з боку повітряної камери – керамічні електричні нагрівальні елементи 5. Місця з'єднання теплових трубок із фланцями герметизували високотемпературним герметиком DD6705, а нагрівальні елементи приєднували до системи управління. На фланці 2 та 3 одягали пластмасові трубки, діаметром 110 мм. Одна з них була герметичною та імітувала водяну камеру, інша – мала відкриті вхід та вихід і імітувала повітряну камеру. Водяна камера мала довжину 290 мм і вміщувала 2 л води. Повітряна камера мала довжину 200 мм. Нагрівальна камера знаходилась між фланцями 2 та 3.

Для дослідження теплообмінника зі 6-ти теплових трубок розроблено експериментальну установку, зображену на рис. 3.

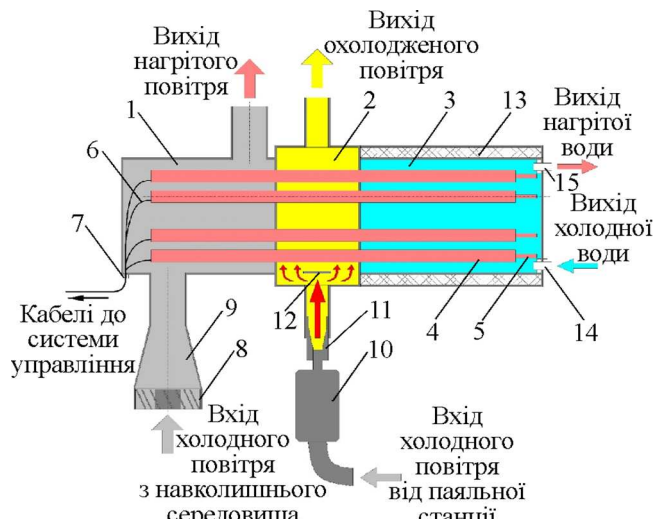


Рис. 3. Експериментальна установка для дослідження теплообмінника: 1) повітряна камера; 2) нагрівальна камера; 3) водяна камера; 4) теплові трубки; 5) клапани; 6) електричний кабель; 7) ущільнювач; 8) вентилятор; 9, 11) раструби; 10) термофен; 12) розсіювач теплового потоку; 13) теплоізоляційний шар зі спіненого поліуретану; 14, 15) штуцери з різьбою

Між повітряною 1, нагрівальною 2 та водяною камерами 3 розміщували теплові трубки 4. У трубках 4 з боку водяної камери розміщували клапани 5, а з боку повітряної камери кріпили електричні нагрівальні елементи, які за допомогою кабелів 6, що проходять через ущільнювач 7, приєднували до системи управління. Холодне повітря з навколишнього середовища захоплювалось вентилятором 8 і через раструб 9 подавалось у повітряну камеру 1. Там воно нагрівалось і виходило через верхній патрубок, імітуючи повітряну систему опалення.

Джерелом тепла у нагрівальній камері був термофен 10 від паяльної станції типу SM-852D, який може створювати повітряний потік до 24 л/хв у температурному діапазоні від 150 до 500 °С та максимальну потужність – 640 Вт. Термофен 10 для подачі гарячого повітря за допомогою раструба 11 приєднували до нагрівальної камери 2. Для рівномірного розподілу теплового потоку за об'ємом нагрівальної камери застосовували розсіювач 12. Охолоджене повітря виходило через патрубок у верхній частині нагрівальної камери.

Водяна камера мала теплоізоляційний шар 13 зі спіненого поліуретану. Вхід холодної та вихід гарячої води з водяної камери здійснювався через штуцери з різьбою 14 і 15. На виході кожної з камер теплообмінника встановлювали термодатчик, а потужність споживання електрофена вимірювалась цифровим ватметром типу Lemanso LM669.

Мета експериментальних досліджень – встановити ККД теплообмінника під час роботи від електричних нагрівачів та гарячого повітря, що імітувало паливні гази пальника. Перепад температур для води приймали 50 °С, враховуючи, що вона мала початкову температуру +20 °С, а кінцеву – +70 °С. Для повітря перепад температур становив 30 °С за початкової температури +20 °С, а кінцевої – +50 °С. За результатами проведення серії експериментів середній ККД теплообмінника під час нагрівання електричними нагрівальними елементами становив 90 %, а за нагрівання гарячим повітрям – 86 %, що підтвердило його високу теплову ефективність. Після цього розраховано та спроектовано теплові трубки для теплообмінника мультипаливного котла, що

зможє опалювати приміщення, площею 100 м² і матимє водяну камеру для нагрівання 100 л води (Mikhalenko & Gubin, 2012).

Загальну конструкцію теплової трубки теплообмінника зображено на рис. 4. На поверхню теплової трубки 1 з пористим гнітом 2 встановлено ребра радіатора 3. Це зроблено для розширення діапазону теплових потоків трубок у режимі бульбашкового кипіння і запобігання виникненню кризи теплообміну. З одного боку тепла трубка заварена кришкою з клапаном 4 для її герметизації. З іншого – вона заварена кришкою з різьбою 5 для встановлення електричного нагрівального елемента 6. Електричний нагрівальний елемент 6 кріпиться до кришки 5 за допомогою гвинта 7, шайби 8 та ізоляційної прокладки 9. В ізоляційній прокладці 9 зроблено отвори для виводів живлення 10 нагрівального елемента 6.

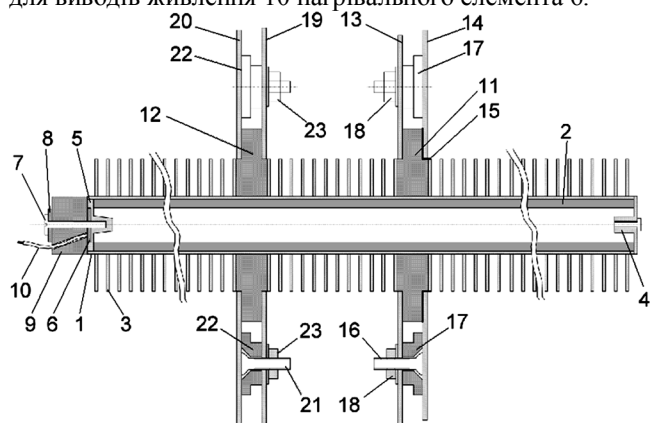


Рис. 4. Конструкція теплової трубки теплообмінника мультипаливного котла з елементами кріплення: 1) тепла трубка; 2) пористий гніт; 3) ребра радіатора; 4) кришка із клапаном; 5) кришка з різьбою; 6) електричний нагрівальний елемент; 7, 16, 21) гвинти; 8) шайба; 9) ізоляційна прокладка; 10) виводи живлення; 11, 17, 22) ізоляційні шайби; 12) ізоляційна шайба з напівсферичних половинок; 13, 19) металева трубна дошка; 14) водяна камера; 15) високотемпературний герметик; 18, 23) гайки; 20) повітряна камера

Між ребрами теплової трубки встановлено суцільну ізоляційну шайбу 11 та ізоляційну шайбу із двох напівсферичних половинок 12. До суцільної ізоляційної шайби 11 з одного боку кріпиться металева трубна дошка 13, а з іншого – стінка герметичної водяної камери 14. Герметизацію водяної камери здійснено високотемпературним герметиком 15. До стінки герметичної водяної камери приварено гвинти 16 з різьбою. На ці гвинти надіто ізоляційні шайби 17, за допомогою яких встановлюється фіксована відстань від металевої трубної дошки 13 до стінки герметичної водяної камери 14 по всій їх довжині. Кріплення трубної дошки 13 до стінки водяної камери 14 здійснюється за допомогою гайок 18.

До ізоляційної шайби із двох напівсферичних половинок 12 з одного боку кріпиться трубна дошка 19, а з іншого – стінка повітряної камери 20. До стінки цієї камери приварено гвинти 21 з різьбою. На гвинти 21 надіто ізоляційні шайби 22, за допомогою яких встановлюється фіксована відстань від трубної дошки 19 до стінки повітряної камери 20 по всій їх довжині. Кріплення трубної дошки 19 до стінки повітряної камери 20 здійснено за допомогою гайок 23. Через те, що теплоємність води більша за теплоємність повітря, тепловіддавальна площа трубки у водяній камері повинна бути більшою за тепловіддавальну площу в повітряній.

Основні параметри теплової трубки, отримані внаслідок розрахунку, є такими: максимальна потужність теплового потоку в докритичному режимі – 1200 Вт; довжина – 1,2 м; діаметр – 25 мм, товщина стінки – 1 мм; матеріал – нержавіюча сталь AISI 201; кількість шарів сітки гніту – 4; діаметр проводу сітки – 0,036 мм; кількість ребер радіатора – 110; зовнішній діаметр ребер – 55 мм; товщина ребер – 1 мм; теплоносії – дистильована вода; коефіцієнт теплопередачі теплової трубки – $0,43 \cdot 10^5$ Вт/(м²·К).

Для перевірки надійності та визначення оптимального робочого діапазону температур було виготовлено дві теплові трубки з радіаторами згідно з розрахованими параметрами. Ізоляційні шайби 11 і 12 виготовлено з високотемпературного полімеру TECASINT (довготривала робоча температура до +300 °С).

Після герметизації та діагностики ефективність і надійність трубок перевірено нагріванням відкритим полум'ям комбінованого пального. Пальник працював по чергово на природному газі та дизпаливі. Час нагрівання змінювався в межах від однієї хвилини до трьох годин, а поверхня трубки нагрівалась до +300 °С. Потім теплові трубки перевірено на можливість розгерметизації під час замерзання. Для цього їх виносили на мороз -3...-8 °С і витримували там упродовж доби, після чого знову нагрівались. Наступним етапом була перевірка трубок під час нагрівання електричними нагрівачами. Для цього на кожен трубку встановлювали два нагрівачі, сумарною потужністю 250 Вт. Процес нагрівання тривав від 1 хв до 12 год. Під час проведення експериментів здійснювали тепловізійний, візуальний та ультразвуковий контроль трубок, а також перевіряли їхню герметичність.

Дослідження показали високу надійність теплових трубок із нержавіючої сталі, оскільки їхні механічні та гідравлічні параметри не змінилися під час експериментів. Оптимальний робочий діапазон температур встановили експериментально: +85...+110 °С. При цьому час виходу на робочий режим – 180...130 с. На основі теплової трубки (див. рис. 4) розроблено загальну конструкцію мультипаливного котла для повітряного опалення приміщень (рис. 5), в якому застосовано комбінований палик для спалювання природного газу і дизельного палива (наприклад від Riello 40D8). Оскільки розрахункова потужність котла за одночасного нагрівання повітря для обігріву приміщення і води для технічних потреб становить 17 кВт, то його теплообмінник повинен містити 15 теплових трубок.

Мультипаливний котел – це закрита стаціонарна конструкція довготривалої експлуатації (Vashchysyak & Tatsakovych, 2017). Його основою є теплообмінник на теплових трубках 1, що проходить через водяну, повітряну та нагрівальну камери. Водяна камера представляє собою сталевий циліндр 2, заварений з обох боків плоскими кришками. В одну з кришок вмонтовано трубки для підведення холодної води 3 та відведення гарячої 4. В іншій кришці зроблено отвори для встановлення теплових трубок і приварено гвинти з різьбою для кріплення до трубної дошки 5. Трубні дошки 5 та 6 виготовляють з товстої сталі для запобігання деформації під час нагрівання і можливості нарізання різьби для кріплення до камер котла. У кожній трубній дошці зроблено отвори для встановлення теплових трубок, які співвісні з отворами у кришці водяної камери 2.

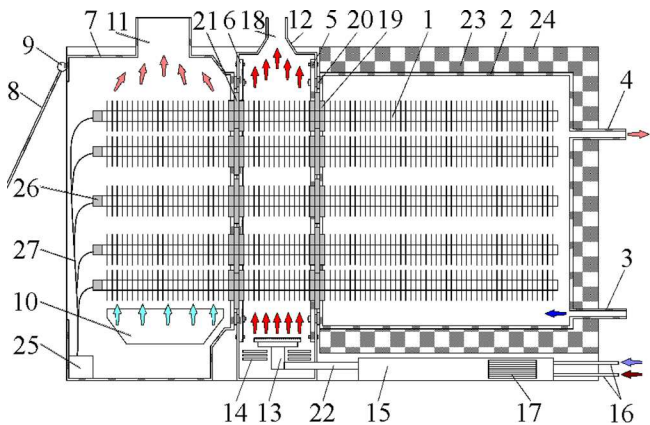


Рис. 5. Конструкція мультипаливного котла: 1) теплові трубки теплообмінника; 2) водяна камера; 3) підвід холодної води; 4) відвід гарячої води; 5, 6) трубні дошки; 7) повітряна камера; 8) кришка для технічного обслуговування; 9) шарніри; 10) отвір для подачі холодного повітря; 11) отвір для виходу нагрітого повітря; 12) нагрівальна камера; 13) комбінований паливник; 14, 17) перфорація в корпусі; 15) блок підготовки палива; 16) патрубки подачі палива; 18) отвір для виходу паливних газів, 19, 20, 21) ізоляційні шайби, 22) елементи запалювання і підводу повітря та палива, 23) теплоізоляційна вата, 24) корпус котла, 25) блок керування електричним нагрівом, 26) електричні нагрівальні елементи, 27) електричні кабелі

Повітряну камеру 7 виготовляють з тонкого сталюого листа, привареного до круглої кришки з отворами для встановлення теплових трубок. До цієї ж кришки приварено гвинти з різьбою для кріплення до трубної дошки 6. Протилежну їй круглу кришку 8 підвішено на шарнірах 9 і зроблено рухомою. Через цю кришку можна встановлювати обладнання, здійснювати контроль та обслуговування теплових трубок і нагрівних елементів. Подача холодного зовнішнього повітря від вентилятора у повітряну камеру 7 здійснюється через отвір 10, а вихід нагрітого повітря – через отвір 11, який з'єднаний з каналами повітряної системи опалення приміщення. Нагрівальну камеру 12 виготовляють зі сталюого листа, яка складається з двох половинок для можливості закріплення на трубних дошках 5 та 6. Джерелом тепла у нагрівальній камері слугує комбінований паливник 13.

Забір вторинного повітря для горіння палива здійснюється через перфорацію 14 у кожній з частин корпусу нагрівальної камери 12. Регулятор потужності паливника 13, редуктор, насос, компресор і система запалювання знаходяться у блоці 15. Подача природного газу та дизельного палива у блок 15 здійснюється за допомогою патрубків 16. Забір первинного повітря для компресора у блоці 15 здійснюється через перфорацію корпусу 17.

Вихід паливних газів з нагрівальної камери 12 у димодіну систему будинку здійснюється через отвір 18. Для фіксації та термоізоляції теплових трубок використовують ізоляційні шайби 19, 20 та 21. Елементи запалювання і підводу повітря та рідкого і газоподібного палива до паливника 13 розміщені у блоці 22. Корпус водяної камери 1 покритий кількома шарами теплоізоляційної вати 23. Увесь котел поміщається в розбірний корпус 24, на днище якого встановлюють блок підготовки палива 15. На дно повітряної камери 7 встановлюють блок автоматики і керування електричним нагрівом 25, в якому здійснюється програмування роботи котла. На торцях теплових трубок закріплені електричні нагрівальні елементи 26, які за допомогою термос-

тійких кабелів 27 приєднуються до блоку автоматики і керування 25.

Мультипаливний котел на рис. 5 може працювати в кількох режимах.

Перший режим – активне нагрівання двох середовищ. У цьому режимі комбінованим паливником у нагрівальній камері спалюється природний газ або дизпаливо, гарячі паливні гази якого нагрівають середню частину поверхонь теплових трубок, що з високою інтенсивністю передають тепловий потік у повітряну та водяну камеру. Тепле повітря з повітряної камери йде на обігрів приміщення, а гаряча вода з водяної камери – на побутові потреби мешканців.

Другий режим – пасивне нагрівання повітря. У періоди, коли вода у водяній камері нагріта, вона може виконувати роль теплоаккумулятора середовища на час вимкнення комбінованого паливника в нагрівальній камері. В цьому випадку, розміщена у водяній камері секція теплової трубки починає працювати як випаровувач, а тепло переноситься до іншого її кінця – у повітряну камеру, де відбувається конденсація. Перенесене тепло нагріває повітря, що подається для обігріву приміщення. Втрати тепла у нагрівальній камері під час транспортування є незначними через слабкий рух повітря у ній.

Третій режим – активне нагрівання одного середовища (води або повітря). Для цього доцільно застосувати металокерамічні електричні нагрівачі фірми Zhuhai 4U Electronic Ceramics. Ці нагрівачі мають діаметр 21 мм, товщину 1,2 мм і потужність 125 Вт. Живлення електричних керамічних нагрівачів здійснюється від стандартної мережі, напругою 220 В. Їх перевагою є висока швидкість розігріву і значна робоча температура (вище + 300 °С).

Електричні нагрівачі вмикаються при вимкненому комбінованому паливнику в нагрівальній камері. Нагрівання тільки одного середовища за допомогою електричних нагрівачів зумовлене їхньою потужністю (3750 Вт), яка нижча за потужність комбінованого паливника.

Для нагрівання води у водяній камері вентилятор подачі повітря у повітряну камеру потрібно вимкнути. Зона випаровування знаходиться у торцях теплових трубок біля електричних нагрівних елементів. Потік тепла транспортується тепловими трубками через повітряну та нагрівальну камери з невеликими втратами у них. Конденсація парів робочої рідини і передача тепла воді відбувається у водяній камері.

Для нагрівання повітря необхідно випустити воду з водяної камери і запустити вентилятор подачі холодного повітря у повітряну камеру. Тоді зони випаровування і конденсації будуть розміщені у повітряній камері.

Перевагою застосування електричних нагрівачів є можливість їхнього ввімкнення від багатьох джерел електроенергії (аккумулятори, сонячні батареї, повітряні та переносні генератори, термоелектричні батареї тощо).

Четвертий режим – пасивне охолодження повітря. У літню пору року за допомогою теплових трубок можна здійснити кондиціонування повітря у приміщенні. Для цього у водяну камеру подається холодна вода, яка слугує поглиначем теплоти. Випаровування робочої рідини здійснюється у повітряній камері від нагрітого повітря, яке подається з вулиці, а конденсація – у водяній камері. Охоложене тепловими трубками повітря подається

вентилятором у приміщення каналами системи повітряного опалення.

Вибір того чи іншого режиму роботи котла або виду енергоносія можна запрограмувати за допомогою недорогих сучасних мікропроцесорних засобів. Також можна запрограмувати два режими роботи комбінованого пальника – імпульсний і постійний, поєднання яких дасть змогу економити енергоносії.

Висновки

1. Основною перевагою мультипаливного котла є можливість роботи від трьох різних енергоносіїв, що дає змогу не припиняти опалення у разі перебоїв з постачанням одного чи двох з них.
2. Застосування теплових трубок у теплообміннику мультипаливного котла дає змогу одночасно нагрівати два середовища – повітря та воду.
3. Проведені розрахунки показують, що теплові трубки з нержавіючої сталі мають досить високий коефіцієнт теплопередачі, ніж якісна трубна мідь.
4. Застосування в теплообміннику котла теплових трубок забезпечує його високі ККД та теплову ефективність і, відповідно, нижчий, порівняно з наявними котлами, час розігріву повітря та води.
5. Теплові трубки, виготовлені з нержавіючої сталі, є високонадійними пристроями, які можуть працювати тривалий час без спеціального обслуговування.

6. Теплообмінник на теплових трубках розширює можливості котла, оскільки дає змогу, відповідно до потреб, нагрівати одне або два середовища, а також охолоджувати повітря.

Перелік використаних джерел

- Vashchyshak, I. R., & Tatsakovych, O. I. (2017). Udoskonalennia teploobminnyka na teplovykh trubkakh dlia zabezpechennia enerhoefektyvnoho teplopостachannia budynku. *Metody ta zasoby neruivnynoho kontroliu promyslovoho obladnannia: zb. tez dop. nauk-prakt. konf. studentiv i molodykh vchenykh*, m. Ivano-Frankivsk, 15–16 lystopada 2017. Ivano-Frankivsk, 73–74.
- Vashchyshak, I. R., Vashchyshak, O. P., & Yavorskyi, A. V. (2014). Shliakhy pidvyshchennia enerhoefektyvnosti budivel ob'ektiv naf-tohazovoho kompleksu. *Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu*, 1(36), 176–184. [In Ukrainian].
- Vashchyshak, I. R., Vashchyshak, S. P., Popovych, O. V., & Dotsenko, Ye. R. (2017). Udoskonalennia parokrapelnykh nahrivachiv dlia systemy opalennia prymyshchen ta budivel. *Metody ta pryklady kontroliu yakosti*, 39(2), 68–74. [In Ukrainian].
- Gell, P. P., & Ivanov, N. K. (1972). *Konstruirovano radioelektronnoi apparatury*. Lviv: Energiia. 232 p. [In Russian].
- Mikhailenko, T. G., & Gubin, S. V. (2012). Podkhod k proektirovaniu teplovoi truby vakuumirovannogo solnechnogo kollektora. *Aviatsionno-kosmicheskaia tekhnika i tekhnologiya*, 2, 78–82. [In Russian].
- Chi, S. (1981). *Teplovye truby: teoriia i praktika* (Trans. from English). Moscow: Mashinostroenie. 207 p.

И. Р. Вацущак

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск, Украина

МУЛЬТИТОПЛИВНЫЙ КОТЕЛ НА ТЕПЛОВЫХ ТРУБКАХ

Для обеспечения бесперебойного отопления и горячего водоснабжения жилых домов индивидуального типа, а также для создания возможности потребителю самостоятельно выбирать вид энергоносителя для системы отопления предложено разработать конструкцию мультитопливного котла с теплообменником на тепловых трубках. Установлены требования к теплопередающим элементам теплообменника для одновременного нагрева двух сред (воздуха и воды) и обеспечения работы от различных видов энергоносителей (природный газ, дизельное топливо, электроэнергия). Предложено применить тепловые трубки как элементы теплообменника, имеющие свойства работать как трансформаторы тепловых потоков. Разработана экспериментальная модель теплообменника с использованием шести тепловых трубок и оценена его тепловая эффективность. Получены КПД теплообменника на уровне 90 % при нагреве электрическими нагревателями, и 86 % при нагреве горячим воздухом. По результатам исследований модели рассчитаны и спроектированы конструкция тепловых трубок теплообменника и общая конструкция мультитопливного котла мощностью 17 кВт. В качестве нагревательных элементов для данного котла использованы комбинированная двухтопливная горелка и электрические нагреватели. Приведены особенности использования и преимущества предложенного мультитопливного котла на тепловых трубках, в том числе и возможность охладить воздух в помещении в теплое время года.

Ключевые слова: теплообменник; комбинированная горелка; воздушное отопление; источник тепла.

I. R. Vashchyshak

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

MULTIFUEL BOILER ON HEAT TUBES

Providing private houses heating, located in areas with energy interruptions, needs new technical solutions. The authors suggest supplying of air heating system with a boiler which can work on several energy sources types. This multi-fuel boiler will simultaneously heat the air for the heating system and water for technical needs. Horizontally placed heat tubes are applied as heat transfer elements of such a boiler. To heat two environments – air and water, the property of a heat pipe to work as transformer of two low heat fluxes from one high is used. The high heat flow heats the heat tube in the middle, and the low flow heats are diverted from its edges. The source of the heat flow is the open flame of the combined burner from the combustion of gas or diesel fuel. To heat one of two environments, the property of the heat tube as a transformer of one heat flow is used. The heat tube transfers a high heat flow, from one end, into a low heat flow diverted from the other end. The electric heater is the source of the heat flow. The effectiveness of the proposed solution was verified on a reduced model of the heat exchanger of six heat pipes. As a result of experimental studies it was established that the coefficient of efficiency of the heat exchanger when heated by electric heaters was 90 %, when heated by hot air it was 86 %. According to research results, heat pipes for heat exchanger of multi-fuel boiler of 17 kW power were designed. Radiators are installed on the surface of heat tubes in order to prevent a heat exchange crisis. The research of heat tubes on reliability and efficiency has been verified by the heating of an open flame of a combined burner and electric heaters. As a result, the design of multi-fuel boiler for air heating of houses is proposed and variants of its work are considered. Thus, the proposed heat exchanger on the heat tubes expands the capabilities of the boiler, since it allows you to work from three types of energy carriers and heat one or two environments, or carry out air cooling.

Keywords: heat exchanger; combined burner; air heating; heat source.