

УДК 697.3, 621.311, 697.343, 614.8(075.8), 316.46:373.2.034, 614.8:37

РОЗРОБКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ

Демченко В.Г., канд. техн. наук, Коники А.В., канд. техн. наук, Погорєлова Н.Д.

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, Україна, 03057

<https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2022.8>

Розглянуто аспекти впровадження сучасних енергоефективних розробок ІТТФ НАНУ, які дозволяють збільшити загальну ефективність і підвищити надійність та екологічну безпеку системи централізованого опалення. Впровадження ресурсощадних технологій в теплоенергетиці призведе до появи на ринку обладнання та матеріалів, які не мають вітчизняних та закордонних аналогів, створення та збереження робочих місць і можливість поповнення дохідної частини бюджету України.

In this article, we will consider aspects of the implementation of modern energy-efficient developments of the Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences Ukraine, which allow to increase the overall efficiency and increase the reliability and environmental safety of the district heating system. The introduction of resource-saving technologies in the heating industry will lead to the appearance of the market of equipment and materials that have no domestic and foreign analogs, the creation and preservation of jobs, and the possibility of replenishing the revenue part of the budget in Ukraine.

Бібл. 15, рис. 5, табл. 3.

Ключові слова: енергоефективність, система теплопостачання, мобільний тепловий акумулятор, водогрійний котел, теплоакмуляційна рідина.

Вступ

В умовах воєнного стану, що діє на території України, особливого значення набуває надійність системи теплопостачання. Руйнування інженерної інфраструктури, цілеспрямоване знищення джерел енергопостачання та паливний шантаж, які проводить РФ, призводить до виникнення значних проблем із забезпеченням теплотою міських агломерацій. На державному рівні теплопостачання має розглядатись як невід'ємна частина національної енергетичної безпеки. Україна має унікальний шанс переобладнання системи теплопостачання країни та приведення її до сучасних європейських вимог щодо економії енергоресурсів та здешевлення постачання теплової енергії. Тому вибір правильної стратегії розвитку надійного і стабільного теплопостачання країни є актуальною науково-технічною проблемою. Сучасна та повоєнна відбудова української енергетики – це, передусім, здійснення ініціатив, які вже впроваджують в країнах ЄС. Слід зазначити, що Європа прагне зменшити залежність від російського викопного палива шляхом швидкого переходу до чистої енергії та об'єднання зусиль для досягнення більш стійкої енергетичної системи [1].

Планом першочергових дій передбачено значно зменшити залежність від російського газу та вугілля вже цього року та прискорити енергетичний перехід. План покликаний усунути європейську залежність від

енергоресурсів з РФ та збільшити частку «зеленої» енергії до 45% до 2030 року. Основними пропозиціями визначені заходи по економії енергії, диверсифікації поставок палива, заміни викопного палива шляхом прискорення переходу Європи на чисту енергію та вмілого поєднання інвестицій та реформ.

Окрім того, країни ЄС у своїх Національних кліматичних та енергетичних планах [2,3] вважають розширення системи централізованого опалення критично важливим елементом. Щільно заселені міста зобов'язані забезпечувати можливість підключення до системи централізованого опалення. Відповідно до Директиви про енергоефективність [4] усі європейські муніципалітети з населенням понад 50 тис. жителів повинні будуть підготувати місцеві плани опалення та охолодження. Залежно від щільності населення, для сільських або приміських районів більш доцільними можуть бути теплові насоси. Крім того, важливою метою є підвищення енергетичної безпеки. Досягнення цих цілей вимагає швидких змін - заміни обладнання, зберігання та передачі теплової енергії. В останні роки в ІТТФ НАН України розроблено та впроваджено сучасне теплотехнічне обладнання, яке може бути успішно застосовано при модернізації систем теплопостачання.

Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є проведення аналізу та обґрунтування щодо пропозицій забезпечення стабі-

льного теплопостачання інфраструктурних об'єктів та міських агломерацій в умовах ведення бойових дій, надзвичайних ситуацій та подальшої трансформації теплоенергетики України відповідно до стандартів Європейського Союзу.

Основні завдання, передбачені метою:

- провести оцінку факторів, які впливають на енергетичну безпеку та надійність експлуатації систем централізованого теплопостачання;
- провести аналіз останніх розробок обладнання та технологій ІТТФ НАН України, які можуть в короткий термін бути впроваджені в системах теплопостачання;
- надати пропозиції та обґрунтування щодо їх використання.

Об'єкт досліджень – система централізованого теплопостачання в умовах експлуатації при дефіциті паливно-енергетичних ресурсів і надзвичайних ситуацій.

Предмет досліджень – пропозиції щодо впровадження сучасного вітчизняного обладнання в майбутніх системах теплопостачання.

Оцінка надійності систем енергопостачання

Наразі більшість систем централізованого теплопостачання світу базуються на третьому поколінні та знаходяться на межі переходу до четвертого покоління. В майбутньому очікується зменшення потреби в опаленні, в той час як потреба в охолодженні в будівлях значно зростає у найближчі десятиліття. Завдання беземісійного постачання енергії опалення та охолодження є складним завданням, особливо в міських районах. Отже, енергопостачання децентралізованими джерелами постачання не є задовільним для міських агломерацій. Натомість централізовані опалення та охолодження набувають все більшого значення [5].

Системи першого покоління мали на увазі роздільну генерацію теплової та електричної енергії, що характеризувалося високими температурами теплоносія та низькою ефективністю системи. В системах другого покоління ця тенденція зберіглася не дивлячись на те, що, окрім використання органічних палив, почалося використання альтернативних джерел енергії та теплових акумуляторів. Системи третього покоління передбачають використання органічного палива для сумісної генерації теплоти та електричного струму. Ну і нарешті системи четвертого покоління, які впроваджуються в країнах ЄС з 2020 року, передбачають сумісну генерацію теплової та електричної енергії шляхом широкого використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії, акумуляції теплоти та холоду, низькими температурами теплоносія в мережі (55/35°C) та високою

ефективністю системи (90%). Слід зазначити, що все більш велике значення набувають системи зберігання теплової та електричної енергії [6].

Майбутні енергетичні системи забезпечуватимуть мінімум 50% відновлюваної енергії або 50% скидної теплової енергії, або 75% теплової енергії, виробленої у процесі когенерації, або 50% сукупності такої енергії та тепла, 100%-ю часткою відновлюваної енергії та високою інтеграцією енергетичних систем [7].

Опалення будівель

Інфраструктура теплоенергетики, особливо централізоване теплопостачання, постане перед проблемою зниження споживання теплової енергії в нових низькоенергетичних будинках та при надзвичайних ситуаціях. Тому потрібна розробка нових концепцій та температурних графіків системи опалення, що в повній мірі відповідає забезпеченню стабільного опалення в зоні надзвичайних ситуацій. Наприклад, температура в приміщеннях в денний час підтримується на рівні +17°C, а в нічний час до +15°C. Така стратегія опалення зменшує загальне споживання теплоти та пікове навантаження, але збільшує використання джерел відновлювальної енергетики або підвищує ефективність використання теплових насосів. Також такий температурний графік надає можливість переходу до низькотемпературного централізованого теплопостачання, яке включає повторне використання відпрацьованого тепла від будівель та промисловості.

Запропонований концепт не забезпечує нагріву води для гарячого водопостачання та створення комфортних температур +20°C в приміщеннях, що потрібно вирішувати автономними електропідігрівачами. Але значно скорочує споживання природного газу, пінного рідкого палива, вугілля та деревини, а також дозволяє значно зменшити непродуктивні втрати теплоти в процесі її генерації та транспортуванні теплоносія. Окрім того, така стратегія дасть змогу для широкого впровадження низькотемпературних котлів, теплових акумуляторів та використання місцевих і альтернативних видів палив.

Генерація теплової енергії

В Україні знаходяться в експлуатації до 20 тис. газових котлів одиничною потужністю до 3,15 МВт, ККД яких складає не більше 85-90%, а термін служби скінчився ще в 90-х роках минулого століття. Щороку в Україну ввозяться по імпорту не менше 300 котлів потужністю від 1,0 до 3,0 МВт, в той час як вітчизняні машинобудівні підприємства скорочують обсяги виробництва.

Аналіз, проведений в ІТТФ НАНУ при розробці та впровадженні регіональних програм модернізації комунальної теплоенергетики, показує, що більшість котлів експлуатуються до 80% робочого часу на понижених режимах. При цьому конструктивні технічні рішення, які закладені в основу більшості котлів, розраховані на отримання найбільших значень ККД на максимальному навантаженні. Морально застарілий парк котлів створює неможливість подальшої економії паливно-енергетичних ресурсів. Заміна морально і фізично застарілих конструкцій малоефективних котлів дозволяє збільшити в 2-5 разів потужності існуючих джерел тепlopостачання. Заміна 50% парку морально застарілих котлів потужністю до 3,15 МВт - навіть за негативної економічної оцінки - дасть можливість заощадити понад 200 млн.м³ природного газу на рік.

ІТТФ НАНУ була запропонована модульна конструкція котла з утилізатором теплоти вихідних газів 1 ступеня та виносним конденсаційним економайзером 2 ступеня, що дозволяє побудувати гнучку теплову схему, яка може використовуватись як для промислових технологій, так і для централізованого та децентралізованого тепlopостачання. Кожен з блоків модуля котлоагрегату може використовуватись окремо з тепловими апаратами інших типів [8]. Зовнішній вигляд котла наведено на рисунку 1.

Запропонована універсальна конструкція топки дозволяє забезпечити роботу котла з палинками різних конструкцій на природному газі, дизельному паливі, рідких відходах виробництва та біопаливі. Котел КВМУ-1,25Гн одноходовий по димових газах та багатходовий по воді.

Проведені натурні випробування свідчать, що використання вторинного випромінювача, інтегрованого

в топку котла, зменшує температуру вихідних газів приблизно на 30%. Позитивний вплив вторинного випромінювача на кінетику процесу горіння, внутрішня рециркуляція топкових газів та їх повторний допал дозволяє на 10...15% зменшити об'єм дуттьового повітря на 30...40%, понизити утворення оксидів азоту, зменшити на 50% утворення оксиду вуглецю і водночас на 3...8% підвищити коефіцієнт використання палива – у порівнянні з існуючими котлами. Техніко-економічні показники: високий ККД від 97 до 99% при всіх режимах навантаження; повна відсутність хімічного недопалу; викиди оксидів азоту нижче від усіх чинних нормативів; питома витрата газу на 1,0 Гкал нижча від імпортованих (на 10%) та значно нижча від вітчизняних (до 40%) котлоагрегатів малої потужності; низька металоємність; простота виготовлення і обслуговування; ремонтпридатність; термін служби 25 років. Термін окупності 1-2 опалювальних сезонів. Промисловий зразок виготовлений на «Броварському заводі комунального устаткування», м. Бровари, Київської області. Апробація проведена на квартальній котельні житлового масиву Журавлівка, Київського району м. Харкова. Котел КВМУ-1,25Гн прийнятий в постійну експлуатацію. Проведені необхідні перевірки, оформлені сертифікати відповідності технічному регламенту України та Дозвіл на використання Держгірпромнагляду України. Потенціал впровадження – тільки на підприємствах «Теплокомуненерго» України, в котлах малої потужності, які вимагають заміни та модернізації, становить близько 6000 штук. Заміна тільки перших 700 котлів, які відпрацювали свої терміни експлуатації, дозволить скоротити витрати природного газу на 129,6 млн. м³/рік і знизити викиди СО на 254 тис. т/рік. Перепоною для впровадження є



*Рис . 1. Котел водогрійний модульний з утилізатором теплоти вихідних газів
КВМУ – 1,25Гн*

відсутність державного замовлення та фінансування проекту впровадження. Незважаючи на те, що на впровадження котлів КВМУ-1,25Гн в державному бюджеті України на 2013 рік було заплановано 30,0 млн. грн., а у 2014 році 90,0 млн. грн., бюджетом України не були визначені джерела фінансування і державна політика по впровадженню даного типу котлів у виробництво. Для широкого впровадження необхідні подовження роботи по створенню типоряду котлів на базі КВМУ-1,25 Гн та організація промислового виробництва на підприємствах України. Вартісні показники приведені в таблиці 1.

Одним з основних шляхів скорочення споживання традиційних викопних палив (і в першу чергу - природного газу) може стати широке застосування сучасних технологій виробництва теплової енергії з місцевих видів палива, таких як біомаса. Україна володіє значним потенціалом біомаси, доступної для виробництва енергії. В Україні загальні річні обсяги біомаси складають 115,5 млн.т, з яких можливий енер-

гетичний потенціал по біомасі 22,0 млн. т п.п. і тільки 13,2 млн. т.п.п. технічно доступний [9]. Характерними є три види біомаси, з яких видобувається найбільша кількість теплової енергії: відходи деревини, сільськогосподарські відходи та тверді міські відходи. Загальна кількість відходів деревини в Україні у середньому складає 2,896 млн. т на рік, що відповідає 0,744 млн. т.п.п. Паливом з деревини можуть бути відходи [10], які отримують при рубці лісу (сучки, віти, пеньки, верхки, зелень дерева та інше), відходи деревообробної промисловості (обрізки, тріска, тирса, олівці, деревинний пил, відсіви). В ІТТФ НАН України було розроблено водогрійний котел тепловою потужністю 0,5 МВт, який працює на крупнофракційному біологічному паливі, рисунок 2.

Котел водогрійний уніфікований КВУ-0,5Т складається з двох уніфікованих елементів: футерованої топки та з'ємного водогрійного барабану з димогарними трубами. Конструкція котла дозволяє застосовувати ретортний пелетний паливник

Таблиця 1. Порівняльний розрахунок одиничної вартості водогрійних котлів 1,2 МВт робочим тиском 6,0 бар з газовими пальниками та блоками керування.

Найменування	Торгова марка	Держава виробник	Сумарна вартість, тис €	ККД, %
Водогрійний жаротрубний котел Vitoplex 100 з пальником Weishaupt та блоком керування	Viessmann	Німеччина	43,0	94
Водогрійний жаротрубний котел Super Rac з пальником Baltur та блоком керування	I.VAR	Італія	39,0	93
Водогрійний жаротрубний котел ВК-22 з пальником Riello (Італія) та блоком керування	Мегават-М	Україна	25,0	92
Водогрійний модульний котел КВМУ-1,25Гн з пальником ГБГМ та блоком керування	БЗКУ	Україна	27,5	98



Рис. 2. Котел водогрійний уніфікований КВУ - 0,5Т

або палиник затиснутого шару, які призначені для спалювання крупнофракційного твердого палива. Така конструкція котла дозволяє подавати паливо на горіння у повному автоматичному режимі або за допомогою ручної подачі твердого палива, в останньому випадку передня фронтальна стінка топки додатково обладнується завантажувальними дверцями.

Котел є 3-х ходовим по димових газах та 2-х ходовим по воді. Конструкція котла дозволяє, при необхідності, замінити водогрійний барабан на паровий, змінювати вид палива та паливоподачу. Топка котла є також уніфікованим елементом, який має подову частину з вогнетривкого бетону та футеровані легковагим вогнетривом бокові стінки з металевою плакіровкою.

Уніфікована конструкція нового котла дозволяє будувати на цьому принципі водогрійні і парові котли різноманітної теплової потужності, значно розширює асортимент продукції підприємств машинобудівної галузі України, дозволяє компонувати котельний агрегат під різного виду споживача теплоти, та в разі необхідності забезпечує швидку заміну елементів котла.

Промисловий зразок виготовлено, досліджено, сертифіковано. Серійно виготовляється на «Броварському заводі комунального устаткування», м. Бровари, Київської області. Техніко-економічні показники: високий ККД до 93 % при номінальному навантаженні; викиди вуглецю та оксидів азоту нижче від чинних нормативів (NO_x до 500 мг/м^3 та викидів CO до 250 мг/м^3); низька металоємність; простота виготовлення та обслуговування; ремонтпридатність; термін служби 25 років. Оцінка фінансової ефективності проекту показала, що реалізація усіх варіантів проекту при однакових початкових умовах є економічно доцільною з терміном окупності інвестицій до 2 років.

Впровадження у виробництво новітніх водогрійних котлів, які працюють на відходах виробництва та місцевих видах палива, має за мету економічний захист вітчизняного машинобудівного ринку, підвищення надійності і енергоефективності роботи міських систем теплопостачання й зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Підвищення ефективності та резервування теплової здатності системи теплопостачання

Питання підвищення ефективності централізованого теплопостачання стикається з низкою наступних розбіжностей. Перша – це тип системи опалення споживача або з прямим підключенням до трубопроводу, або через теплообмінник. Друга – це втрати теплоти, які пов'язані з точками під'єднання клієнтів та

їх відстані від котельні. Третя – відведення тепла від різних абонентів, які можуть мати різні характеристики енергоефективності та рівень споживання тепла. Серед інших – довжина та діаметр трубопроводів, умови навколишнього середовища, кількість контурів опалення та їх характеристики [11].

Побудова моделі за посиланням на ці специфічні особливості є трудомістким завданням, яке ускладнюється неможливістю виконання експериментів, оскільки система опалення в регіонах при холодних зимах належить до систем життєзабезпечення. Встановлено, що управління попитом за допомогою теплових акумуляторів є гарним методом управління централізованим опаленням. Це однозначно має інвестиційну привабливість та сприяє декарбонізації міських територій. Різні роботи показують, що можна досягти таких переваг: зменшити пікове навантаження до 30%; зменшити потреби в первинній енергії до 5%; значно зменшити шкідливі викиди та витрати палива до 10% [12]. На рисунку 3 показана схема інтеграції теплових акумуляторів в систему центрального опалення.

При проектуванні нових теплових мереж може бути використана тритрубна система транспорту теплоносія. В цьому випадку по одному з трубопроводів теплоносієм подається споживачеві, а по двох інших повертається. У разі аварії пошкоджений трубопровід відключається, а для опалювання використовуються робочі. Можливий варіант тритрубною системи, коли два трубопроводи подаючі, а один зворотний. З точки зору стабільності гідравлічних режимів і ремонтпридатності тритрубна тепломагістраль доцільніша за двотрубну. Проте капітальні витрати на її будівництво на 30% вище.



Рис. 3. Інтеграція теплових акумуляторів в систему центрального опалення

Сформульовано критерії ефективності використання коаксіальних труб для будівництва нових та модернізації наявних теплових мереж. Доведено, що капітальні витрати на будівництво, в порівнянні з двотрубною тепломережою, на 30% нижче двотрубною системи постачання, а стійкість до зовнішніх чинників при експлуатації значно вища [13].

Інноваційна система постачання теплоти/холоду на базі мобільних теплових акумуляторів

Ефективне використання в системах теплопостачання теплоти від відновлювальних та альтернативних джерел енергії, утилізація скидної теплоти технологічних процесів шляхом акумуляції теплоти з подальшим її транспортуванням мобільним транспортом є актуальною задачею, вирішення якої дозволить створити принципово нову систему теплозабезпечення населених пунктів.

Залучення в енергетику місцевих видів палива, вторинних ресурсів та поновлюваних джерел енергії, рекультивация земель, чистота довкілля призведуть до створення нового екологічного бізнесу та конкуренції в теплоенергетичному секторі. Запропоноване розробленим проектом інноваційне рішення уніфікованої конструкції мобільного водогрійного теплового акумулятора МТА після його впровадження дозволить вирішити проблеми теплозабезпечення населених пунктів та окремих об'єктів з максимально можливою ефективністю, а також значно зменшити шкідливі викиди. Використання МТА дозволяє побудувати гнучку схему теплозабезпечення при модернізації діючих та при будівництві нових джерел теплопостачання. Оптимізація конструкції МТА дозволяє використання виробів, що серійно виготовляються, спрямована

на мінімізацію кількості складальних одиниць та їх уніфікацію, що дає змогу зменшити собівартість МТА, а також витрати на монтаж, наладку та експлуатацію. Усі складові частини та обладнання, які використані в проекті, є виключно українського виробництва.

Перспективи розвитку для різних технологій сталого енергопостачання, таких як сонячна фотоелектрична, сонячна теплова, вітрова енергія та біомаса повинні бути розглянуті з особливою оцінкою їх інтеграції в мережу. Те саме стосується впровадження технологій сталої енергетики, які включають паливні елементи, електролізери, теплові насоси та накопичувачі енергії. На цей час запропоновано велику кількість технологій для майбутніх систем централізованого опалення, які значною мірою базуються на відновлюваних джерелах енергії та скидному теплі, яке зазвичай надходить від промисловості та надавачів деяких послуг - таких як переробка комунальних відходів, робота дата-центрів, метрополітену та інше. Для забезпечення енергетичної безпеки та екологічних цілей необхідно збільшити постачання енергії з відновлюваних джерел – енергії вітру, сонця, геотермальних і вторинних джерел, біомаси тощо.

ІТТФ НАНУ було розроблено, впроваджено та досліджено роботу мобільного теплового акумулятора [14], наведеного на рисунку 4. Основні технічні характеристики наведено в таблиці 2.

Призначення: транспортування, акумуляція, передача та збереження теплової енергії, постачання води та її розчинів. Сфера застосування: теплоенергетика, житлово-комунальне господарство, обора та ліквідація надзвичайних ситуацій. Переваги: залучення промислових відходів теплоти, джерел



Рис. 4. Мобільний тепловий акумулятор МТА-0,5МВт

відновлюваної енергетики та місцевих видів палива; створення гнучкої системи постачання теплоти (холоду) та зменшення шкідливих викидів у довкілля. Впроваджено: ІТТФ НАН України, м. Київ, вул. Марії Капніст 2а.

Теплоакумулювальний рідинний теплоносіє

Висока щільність зберігання енергії і висока потужність для зарядки та розрядки є бажаними властивостями будь-якої системи зберігання. Найбільш ефективна акумуляція досягається при використанні теплоти фазових перетворень чи теплоти хімічних реакцій (утворення та розпаду кристалогідратів солей). Найменш ефективною є акумуляція при використанні тільки теплоємності речовини, зміни її ентальпії зі зміною температури без фазових перетворень.

Акумулятор прихованого тепла має більш високу щільність енергії, але більшість матеріалів із зміною фази мають низьку теплопровідність. Сучасні дослідження зосереджені на механізмі теплопередачі з домінуванням провідності для підвищення ефективності теплопередачі. Однак конвекція також має важливий вплив на сприяння процесам плавлення та затвердіння

матеріалів з фазовим переходом. Низька ємність зберігання зазвичай перешкоджає їх застосуванню у великих масштабах, а найбільш доступною та розповсюдженою речовиною залишається вода. Тому актуальним є пошук нових доступних матеріалів для акумуляції енергії, які поєднують властивості води та фазо-змінних матеріалів, а також обладнання для їх виробництва.

Суттєве зменшення споживання енергоресурсів, збільшення продуктивності та скорочення питомої енергоємності виробництва теплової енергії може бути досягнуто шляхом використання колоїдних розчинів на основі водорозчинних полімерів в якості рідинних теплоакумуляційних матеріалів та енергоефективних теплоносіїв. ІТТФ НАНУ проводяться роботи з пошуку оптимального складу та вивченню технологічних та технічних характеристик рідинних теплоносіїв, рисунок 5, призначених для підвищення інтенсивності теплообміну, зменшення енергетичних витрат на перенесення теплоти (холоду) та які мають високу теплоакумуляційну здатність при зберіганні енергії [15]. Основні технічні характеристики представлені у таблиці 3.

Таблиця 2. Основні технічні характеристики мобільного теплового акумулятора

Параметр, одиниці вимірювання	Значення
Теплова потужність, МВт	до 0,8
Температурний діапазон, °С	95...35
Теплопродуктивність, кВт-год	1200
Час зарядки, год.	4...6
Час розрядки, год.	10...12
Споряджена маса, кг	17500
Об'єм запасу води, л	12000

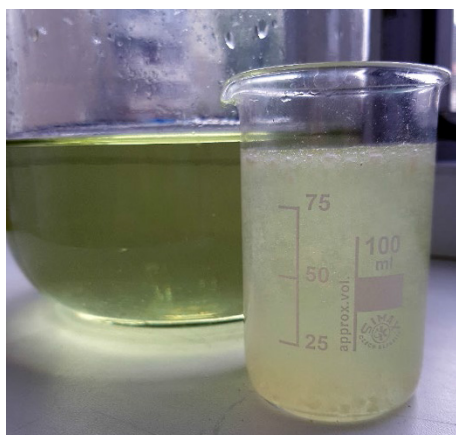


Рис. 5. Спосіб приготування та готовий продукт - теплоакумуляційний рідинний теплоносіє

Таблиця 3. Основні технічні характеристики рідинного теплоносія

Параметр, одиниця вимірювання	Значення
Температура кипіння, °C	+96
Температура замерзання, °C	-11
Густина (20°C), кг/м ³	1070
pH (20°C)	7,6
Об'ємне розширення (100°C), 1/К	0,326·10 ⁻³
Клас небезпеки	4
Термін використання, місяці	60

Сфера їх застосування – це процеси нагріву та охолодження теплоносія, теплові труби, конвекція, системи зберігання енергії, фотоелектричні модулі, теплообмінники та інше. Переваги: зменшення витрат палива та електричної енергії на виробництво 1,0 Гкал теплоти на 7...14 % у порівнянні зі звичайною водою. Впроваджено: ІТТФ НАН України, м. Київ, вул. Марії Капніст 2а.

Висновки

Підсумовуючи пропозиції щодо забезпечення стабільного централізованого теплопостачання можна визначити найдоступніші енергозберігаючі інновації, які можуть в короткий термін значно підняти рівень і надійність централізованого теплопостачання, мають інвестиційну та екологічну привабливість:

1. Трансформація енергетичної системи потребує впровадження нових технологій генерації теплової енергії, її зберігання та управління попитом і сприяти розгортанню інтегрованих енергетичних рішень. Перехід на систему теплопостачання четвертого покоління підвищує живучість та надійність, зменшує споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів і забезпечує стабільну роботу в умовах надзвичайних ситуацій.

2. На рівні використання паливно-енергетичних ресурсів це перехід до мультитопливого балансу, що може замінити до 50% традиційних палив, а в довгостроковій перспективі - повністю відмовитися від їх споживання за рахунок широкого використання альтернативних і відновлювальних джерел.

3. При генерації теплоти – заміна морально застарілого котельного обладнання на сучасні зразки вітчизняного виробництва машинобудівних підприємств України. Це дасть змогу знизити споживання енергетичних ресурсів до 30% та скоротити питому енергоємність виробництва теплової енергії мінімум на 5%. Це призведе до залучення державних

і приватних інвестицій в теплоенергетичний сектор та технологічної модернізації виробництва.

4. При розподілі та транспорті теплоносія – це адресна, дозована поставка теплоти або холоду споживачу за допомогою мобільних теплових акумуляторів та максимальне зменшення теплових втрат за допомогою створення багатоконтурної системи опалення, використання тритрубною та коаксіальною систем транспорту, що скорочує непродуктивні втрати теплоти приблизно на 10 – 15%. Окрім того, перехід на використання новітніх теплоносіїв на основі водорозчинних полімерів, що заощаджує до 14% паливно-енергетичних ресурсів. Ну й звичайно необхідно впровадження Smart Grid технологій керування процесом теплопостачання та теплоспоживання.

5. На рівні споживача нами пропонуються - окрім добре відомої термомодернізації будівель, що має потенціал енергозбереження до 30% - перехід до переривчастого опалення приміщень та зменшення температури в приміщеннях до +16 °C, що в комплексі з кількісно-якісним регулюванням дає економію первинного палива до 5%.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions REPowerEU Plan COM/2022/230 final*, Брюссель, 18.5.2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483#>

2. *The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism*, <https://cutt.ly/3gIEoql>

3. *European industrial strategy*, <https://cutt.ly/fgIEzth>

4. *Energy Efficiency Directive (EED)*, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/energy-efficiency/support-energy-efficiency-directive-eed_en

5. *European Commission*. The European green deal: communication from the commission to the European Parliament the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 2019, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/uri/CELEX:52019DC0640>.
6. *European Commission* "An EU Strategy on Heating and Cooling," Brussels 2016, available: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-51-EN-F1-1.PDF>.
7. *Lunda, H., Шtergaard, P.A., Connolly, D., Mathiesen, B.V.* (2017). Smart energy and smart energy systems, *Review. Energy*, 137. 556-565 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>
8. *Демченко В.Г., Долінський А.А.*, Опыт создания водогрейных котлов для нужд централизованных и автономных систем теплоснабжения, *Промышленная теплотехника*. – 2014 – Т.36, № 3. – С. 56-62.
9. *Щокін А.Р., Колесник Р.В.* (2003) Досвід залучення альтернативних джерел енергії та видів палива до паливно-енергетичного балансу України у період 1998-2003 років та шляхи розвитку їх подальшого використання – с. 14-23. В кн.: Інформаційно-аналітичний довідник „Енергозбереження в регіонах”.- Бюлетень „Альтернативна енергетика”. – Держкоменергозбереження України, Укренергозбереження, Київ,2003,90 с.
10. *ДСТУ 2034-92*. Відходи деревини. Загальні технічні умови. Київ, 20 с.
11. *Демченко В.Г.*, Повышение эффективности работы систем централизованного теплоснабжения, *Промышленная теплотехника*. – 2015 - Т.36, №6.- С. 29-38.
12. *Демченко В.Г., Коник А.В.* (2020) Основні аспекти процесів теплоакмулювання. Одеса «Наукові праці», 2020. – Випуск 1 Том 84, с. 48-53 http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf
13. *Демченко В.Г., Дуняк О.В.* Двотрубна теплова мережа з коаксіально розташованими трубопроводами Патент на корисну модель №105366 від 10.03.2016
14. *Демченко В.Г., Коник А.В.* Мобільний тепловий акумулятор. Відновлювана енергетика та енергоефективність у ХХІ столітті: матеріали ХХІІ міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.).– К.: Інтерсервіс, 2021. С. 298-302 DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.20-21.05.2021>
15. *Demchenko V.G., Konuk A.V.* (2020) Research of heat accumulation capacity binary water systems <http://www.iosrjournals.org/iosr-jac.html> <https://doi.org/10.9790/5736-1306010107>

DEVELOPMENTS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY IN THE THERMAL POWER INDUSTRY

Demchenko V.G., Konyk A.V., Pogorelova N.D.

Institute of Technical Thermophysics the National Academy of Sciences of Ukraine, M.Kapnist Str., Kyiv, 03057, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2022.8>

In the conditions of military operations taking place on the territory of Ukraine, the reliability of the heat supply system is of particular importance. The destruction of engineering infrastructure, targeted destruction of energy supply sources and fuel blackmail carried out by the Russian Federation leads to the emergence of significant problems of providing heat to urban agglomerations. At the state level, heat supply should be considered as an integral part of national energy security. Ukraine has a unique chance to transform the heat supply system and bring it up to modern European requirements. Therefore, choosing the right strategy for the development of a reliable and stable heat supply system of the country is an urgent scientific and technical problem. The modern and post-war reconstruction of the Ukrainian energy sector is, above all, the implementation of initiatives that are already being implemented in the EU countries. It should be noted that Europe seeks to reduce dependence on Russian fossil fuels by rapidly transitioning to clean energy and joining efforts to achieve a more sustainable energy system.

The purpose of this work is to conduct an analysis and substantiation of proposals for ensuring a stable heat supply of infrastructure facilities and urban agglomerations in the conditions of hostilities, emergency situations and further transformation of the heat energy industry of Ukraine in accordance with the standards of the European Union.

An assessment of factors affecting energy security and operational reliability of centralized heat supply systems was carried out. Technical solutions are proposed, which allow to ensure the coordinated and stable operation of heat supply systems with the involvement of the latest developments of equipment and technologies of the ITTF of the National Academy of Sciences of Ukraine. Application of these developments can be implemented in heat supply systems in a short period of time. Suggestions and rationale for their use are also provided.

References 15, tables 3, figures 5.

Key words: energy efficiency, heat supply system, mobile heat accumulator, water heating boiler, heat storage liquid.

1. *Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions REPowerEU Plan COM/2022/230 final*, Брюссель, 18.5.2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483#>

2. *The European Green Deal Investment Plan and Just Transition Mechanism*, <https://cutt.ly/3gIEoql>

3. *European industrial strategy*, <https://cutt.ly/fgIEzth>

4. *Energy Efficiency Directive (EED)*, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/energy-efficiency/support-energy-efficiency-directive-eed_en

5. *European Commission. The European green deal: communication from the commission to the European Parliament the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 2019*, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/uriCELEX:52019DC0640>

6. *European Commission "An EU Strategy on Heating and Cooling"*, Brussels 2016, available: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-51-EN-F1-1.PDF>.

7. *Lunda, H., Illstergaard, P.A., Connolly, D., Mathiesen, B.V.* (2017). Smart energy and smart energy systems, *Review. Energy*, 137. 556-565 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.123>

8. *Demchenko V.G., Dolinsky A.A.* Experience in creating hot water boilers for the needs of centralized and autonomous heat supply systems, *Industrial heat engineering*, 2014, V. 36, № 3, p. 56-62.

9. *Shkokin A.R., Kolesnyk R.V.* (2003) The experience of involving alternative energy sources and types of fuel in the fuel and energy balance of Ukraine in the period 1998-2003 and ways of developing their further use - p. 14-23. In the book.; Informational and analytical guide "Energy conservation in the regions". - Bulletin "Alternative energy". – State Committee for Energy and Conservation of Ukraine, *Ukrenergoberezhennya*, Kyiv, 2003, 90 p.

10. *DSTU 2034-92*. Wood waste. General technical conditions. Kyiv, 20 p.

11. *Demchenko V.G.*, Improving the efficiency of district heating systems, *Industrial heat engineering* – 2015 - T.36, №6.- p.29-38.

12. *Demchenko V.G., Konyk A.V.* (2020) Basic aspects of heat accumulation processes. Odesa "Scientific Works", 2020. - Issue 1 Volume 84, p. 48-53 http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf

13. *Demchenko V.G., Duniak O.V.* Two-pipe heating network with coaxially located pipelines Utility Model Patent No. 105366 dated 03/10/2016

14. *Demchenko V.G., Konyk A.V.* Mobile heat accumulator. Renewable energy and energy efficiency in the XXI century: materials of the XXII international scientific and practical conference (Kyiv, May 20-21, 2021). – K.: Interservice, 2021. p. 298-302 DOI: <https://doi.org/10.36296/renewable.conf.20-21.05.2021>

15. *Demchenko V.G., Konyk A.V.* (2020) Research of heat accumulation capacity binary water systems
<http://www.iosrjournals.org/iosr-jac.html>
<https://doi.org/10.9790/5736-1306010107>

Отримано 25.07.2022

Received 25.07.2022