

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МІСТ

*Проведено аналіз використання теплових вторинних енергоресурсів (ТВЕР), розглянуто можливі теплові схеми підключення ТВЕР до міських теплових мереж теплопостачання житлово-комунального сектора. Надано дані обсягів використання ТВЕР на ближню перспективу промисловими підприємствами за їх економічною діяльністю.*

*Ключові слова:* теплові вторинні енергоресурси (ТВЕР), теплоносії, теплові мережі, теплові схеми, вихід і використання ТВЕР

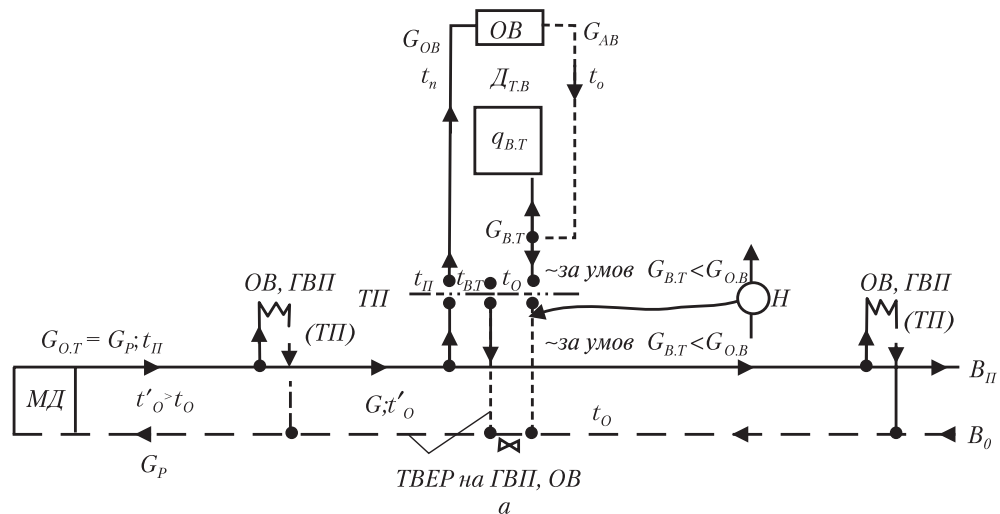
Підвищення рівня використання ТВЕР є прямим додатковим джерелом органічного палива, а також значно призводить до зменшення шкідливого впливу промислових та енергетичних об'єктів на навколишнє середовище. До одного з головних напрямів підвищення цього рівня слід віднести включення ТВЕР до міських схем теплопостачання житлово-комунального сектора. Нині ТВЕР майже не залучено до комунальної енергетики міст, на території яких дані теплові джерела розташовано.

За станом на 2007 р. країною було використано 14004 тис. Гкал теплової енергії від утилізації ТВЕР, з них підприємствами за економічною діяльністю: чорна металургія — 5876,1 (41,9 % до загального обсягу), кольорова металургія — 11,1 (0,8 %), хімічна і нафтохімічна промисловість — 5803,7 (41,4 %), нафтопереробна промисловість — 884,4 (6,3 %), паливна промисловість, включаючи коксохімічні заводи — 1984,7 (14,2 %), машинобудування і металообробка — 1,3 % (табл. 1). Згідно з даними форми № 11—МТП державної статзвітності [10] рівень використання ТВЕР підприємствами провідних галузей знаходиться у межах 70–77 %, а для машинобудування, так всі 100 %. Це показує на те, що підприємства за звітності вносять обсяги виходу ТВЕР тільки для технологічних агрегатів, оснащених теплоутилізаційними установками, а фактично рівень утилізації ТВЕР в цілому в країні низький і не перевищує 50 %, що пов'язано з низкою причин, а, головне, з відсутністю державної політики в цьому важливому питанні економії палива. Мається на увазі відсутність законодавчих актів і цільової державної програми щодо використання ТВЕР та машинобудівної бази виготовлення утилізаційного обладнання, широкою кооперації теплом від ТВЕР з міськими системами тепло-

постачання. Крім того, на багатьох підприємствах діючі утилізаційні установки морально і фізично застаріли і не можуть забезпечити повне використання ТВЕР технологічних агрегатів, дуже низький рівень їхнього обслуговування, що призводить до значних термінів простою в ремонтах, недостатнє оновлення парку утилізаційних установок та інші причини.

Один з ефективних заходів підвищення рівня використання ТВЕР і, особливо низькопотенційних, є включення їх до міських систем теплопостачання житлово-комунального сектора. Для практичного здійснення цього заходу авторами [1–5] рекомендовано три схеми підключення джерела ТВЕР до міських теплових мереж, а саме послідовна, паралельна і паралельно-послідовна.

За послідовної схеми (рис. а) зворотна вода теплової мережі основного джерела (районна котельня, або ТЕЦ), підігрівається теплотою від джерела ТВЕР і на частку цієї теплоти ( $q_p - q_{BT}$ ) зменшується навантаження основного джерела. Підключення насоса здійснюється за умов, якщо витрати зворотної води основного джерела ( $G_{O.B.}$ ) менші, ніж витрати води від джерел ТВЕР ( $G_{BT}$ ). Це дозволяє поповнювати джерело ТВЕР зворотною водою від теплової мережі основного джерела. Послідовна схема підключення джерела ТВЕР до основного джерела проста, при експлуатації не потребує постійного обслуговування теплоутилізаційної установки, забезпечує надійну передачу тепла від джерела ТВЕР для покриття теплових навантажень на опалення і вентиляцію (ОВ) та гаряче водопостачання (ГВП) у межах теплової мережі. Недоліком цієї схеми є перевантаження трубопроводів зворотної води теплової мережі основного джерела зворотною водою від джерела ТВЕР.



Паралельна схема (рис. б) підключення джерела ТВЕР до основного ліквідує недоліки послідовної схеми. Схема дозволяє розвантажувати основне джерело не тільки з теплоти, але і з витрат теплоносія, що значно зменшує обсяги води в тепловій мережі і відповідно діаметри трубопроводів. До недоліків даної схеми слід віднести недовикористання тепла від джерела ТВЕР в опалювальний період року. Практично цей недолік можна частково усунути шляхом підігріву води після утилізаційної установки піковим підігрівачем (ПП).

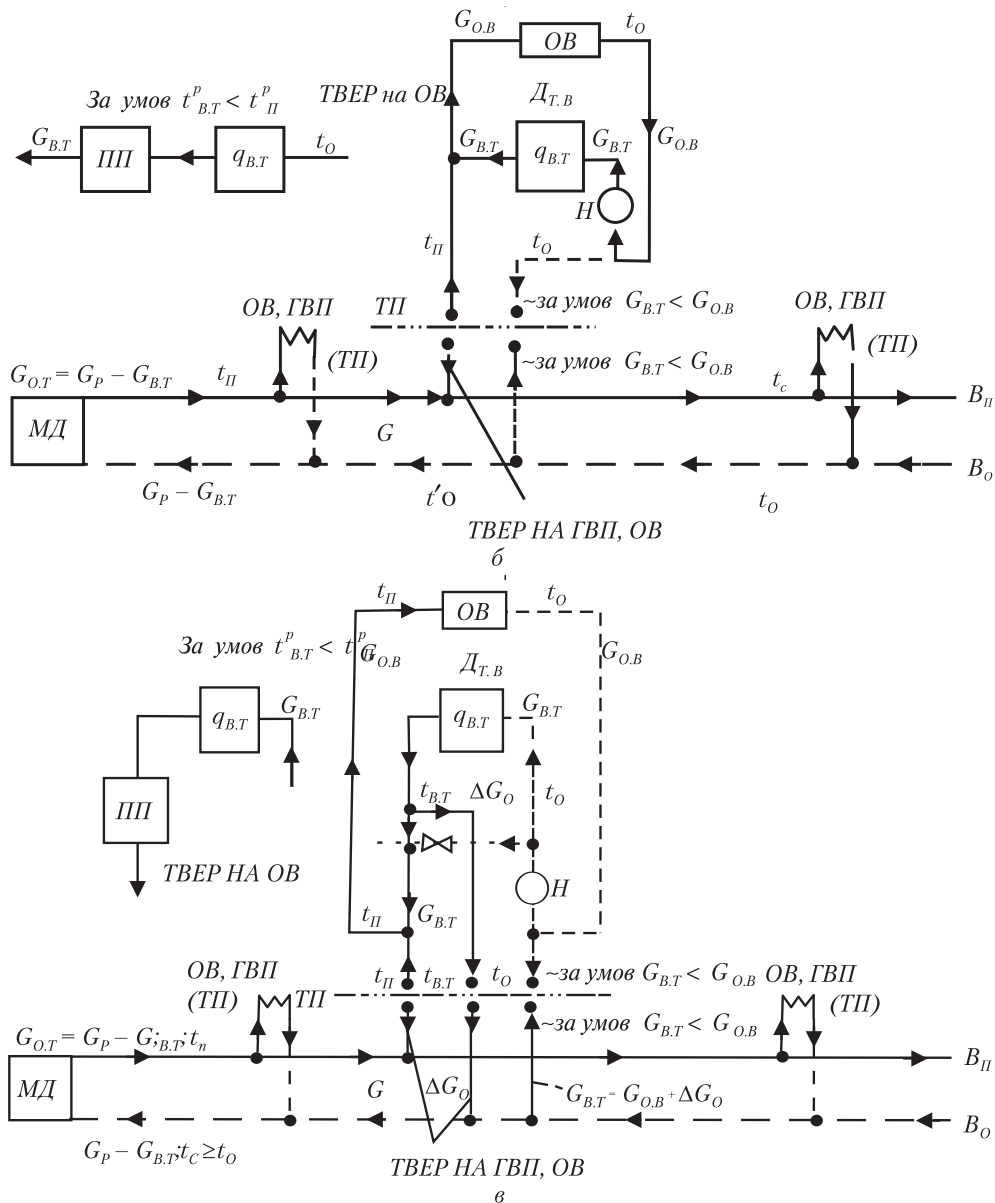
Паралельна схема як і послідовна, насамперед передбачає використання тепла від утилізації ТВЕР для покриття теплових навантажень підприємства, а надлишки віддаються прямій або зворотній воді міської теплової мережі. Застосування паралельної схеми в теплопостачанні залежить від відношення кількості тепла від ТВЕР  $q_{B,T}$  і кількості тепла, необхідної для покриття теплових навантажень на

опалення і вентиляцію підприємства  $q_{O,B}$ . В умовах коли  $q_{B,T} < q_{O,B}$ , недостаток мережної води на опалення і вентиляцію підприємства покривається від міської теплової мережі, а потім на ту ж кількість скидається в зворотній трубопроводі тієї ж мережі. При  $q_{B,T} > q_{O,B}$ , насамперед, здійснюється повне покриття теплового навантаження опалення і вентиляції підприємства, а надлишок нагрітої води до температури прямої води обвідним трубопроводом подається до міської теплової мережі. Надлишок води, який надходить до мережі, може варіюватись в широких межах і залежить від теплової потужності джерела ТВЕР.

Паралельно-послідовна схема (рис. в) підключення джерела ТВЕР до районної теплової мережі виключає недоліки попередніх схем і дозволяє максимально повно використовувати тепло ТВЕР як за обсягом постачання, так і за температурою теплоносія. Схема працює як паралельна за розрахунковим значенням зовніш-

Таблиця 1

Вид економічної діяльності	Кількість утилізаційних установок	Вихід та використання ТВЕР, Гкал				% фактичного використання до виходу
		річний вихід	можливе виробництво	фактичне виробництво	фактичне використання	
Чорна металургія	196	7 593 755	6 235 352	6 084 547	5 876 163	77,4
Кольорова металургія	4	26 803	25 803	11 102	11 102	41,4
Хімічна і нафтохімічна промисловість	146	8 247 089	6 725 989	5 976 044	5 803 729	70,4
Нафтопереробна промисловість	35	1 163 841	1 025 112	884 452	884 452	76,0
Паливна промисловість, включаючи коксохімічні заводи	82	2 641 962	2 430 321	1 984 744	1 984 744	75,1
Машинобудування і металообробка	5	1 369	1 369	1 369	1 369	100
Всього	699	19 383 352	16 036 956	14 425 166	14 004 181	72,2



Принципова схема підключення ТВЕР до міських теплових мереж: а – послідовна, б – паралельна, в – паралельно-послідовна, де МД – міське джерело тепла; Д<sub>т.в.</sub> – джерело теплових ВЕР; ОВ – опалення, вентиляція; ГВП – гаряче водопостачання; Н – насос; ПП – піковий підігрівач; ТП – тепловий пункт; G<sub>p</sub> – розрахунковий обсяг води в тепловій мережі; G<sub>0,Г</sub> – обсяг води від основного джерела в подавальному трубопроводі; G<sub>OB</sub> – обсяг зворотної води; G<sub>BT</sub> – обсяг води от джерела ТВЕР; q<sub>ов</sub> – кількість тепла на опалення і вентиляцію; q<sub>BT</sub> – розрахункова годинна кількість тепла в тепловій мережі; t<sub>n</sub> і t<sub>o</sub> – відповідно температура в подавальному і зворотному трубопроводах; t<sub>BT</sub> – температура води від джерела ТВЕР; θ – температура зовнішнього повітря

ньої температури, а за збільшення частки тепла ТВЕР проходить її скид у трубопровід зворотної води за принципами дії послідовної схеми.

Рациональний вибір однієї із розглянутих схем використання тепла від утилізації ВЕР у міських теплових мережах, головним чином, залежить від розміщення основного джерела тепла міста (району), відносно підприємства (джерела ТВЕР) та обсягу тепла від ВЕР цього

підприємства. За умов, коли основні джерела тепла розміщені в районі міста, а підприємство має великий обсяг тепла ВЕР, краще застосовувати паралельно-послідовну схему. В даному разі тепло від ВЕР в опалювальний період передається мережній воді на покриття теплових навантажень опалення і приточної вентиляції, а в літній період – гарячого водопостачання житлово-комунального сектора міста. При цьому

в літній період підігрів мережної води може здійснюватись за двома варіантами: перший — підігрів зворотної води від температури 30 до 70 °С і другий — підігрів прямої води від 70 до 100 °С. Обидва варіанти дозволяють дуже просто переводити систему теплопостачання з режиму роботи в опалювальний період на літній. Тільки за першого варіанта кількість мережної води значно менша, що дозволяє розвантажити міські теплові мережі.

Широке використання теплових вторинних енергоресурсів у містах, де розташовані великі промислові підприємства, такі як підприємства чорної металургії, хімічної і нафтохімічної, машинобудівної та целюлозної промисловості, нафтопереробні та коксохімічні заводи, повинно формуватись на створенні промислових вузлів теплопостачання. До таких створень входять міські теплогенеруючі джерела (ТЕЦ і опалювальні котельні) і їхні теплові мережі з розподільчими пунктами та об'єднана система заводських теплогенеруючих джерел (ТЕЦ-ПВС і промислові котельні), теплові джерела ВЕР (всі види утилізаційних установок високо- і низькопотенційних ВЕР). Формування міської системи теплопостачання житлово-комунального сектора може здійснюватись за розглянутими схемами з безпосереднім підключенням джерел ТВЕР, або від заводських теплогенеруючих джерел, працюючих на органічному паливі, з проведенням заміни відданої частки тепла в районі теплові мережі на тепло від джерел ТВЕР (перегляд теплового балансу підприємств). Останній варіант для міських систем теплопостачання розглядається як надійніший.

До міст, які найбільш придатні до створення промислових вузлів теплопостачання, насамперед слід віднести міста, на територіях яких розташовані металургійні підприємства з повним виробничим циклом, хімічні підприємства, які мають сірчано-кислотні цехи, нафтопереробні заводи. До переліку міст з розташуванням металургійних підприємств слід віднести: Алчевськ, Дніпропетровськ, Донецьк, Запоріжжя, Єнакієво, Кривий Ріг, Макіївка, Маріуполь; з розташуванням хімічних підприємств: Арм'янськ, Горлівка, Конstantинівка, Суми; з розташуванням нафтопереробних заводів: Лисичанськ, Кременчук, Херсон, Одеса, Дрогобич.

Як приклад можливого розв'язання створення промислового вузла теплопостачання жит-

лово-комунального сектора, з включенням теплової енергії від утилізації ТВЕР, було взято м. Маріуполь Донецької області, у промисловій структурі якого знаходяться два металургійних підприємства з повним технологічним циклом (меткомбінати ім. Ілліча і „Азовсталь”), коксохімічний завод, машинобудівний завод „Азовтяжмаш” та низка малих машинобудівних заводів та заводів інших профілів. Теплове навантаження житлово-комунального сектора міста покривається від 120 комунальних опалювальних котелень загальною теплопродуктивністю 1200 МВт з річним обсягом споживання органічного палива понад 360 тис. т у.п. та незначної кількості генеруючих джерел підприємств. За даними проведених розрахунків [5–9] показано, що за підключення джерел ТВЕР металургійних підприємств до теплових мереж житлово-комунального сектора покривається теплове навантаження на опалення і вентиляцію споживачів міста в опалювальний період на 75 %, і повне покриття теплового навантаження гарячого водопостачання протягом року. Створення промислового вузла теплопостачання міста потребує для міської системи теплопостачання незначних робіт з перекомунікації теплової схеми з прокладкою додаткових теплових мереж, а для металургійних підприємств — додаткове оснащення технологічних агрегатів утилізаційними установками з утилізації низькопотенційних ТВЕР та з підвищення рівня експлуатації діючих установок (проведення планових і капітальних ремонтів).

Для підприємств, які мають ТЕЦ, або великі промислові котельні можна рекомендувати застосовувати так звану блокуючу схему, коли при закритій схемі ГВП міста частина зворотної води від районної котельні надходить на завод, де спочатку підігривається від джерел ТВЕР, а потім парою відбору теплофікаційної турбіни або парового котла. Ця схема дозволяє повністю використовувати тепло низькопотенційних ТВЕР. Для промислових вузлів теплопостачання можливі варіанти блокуючої схеми, за якою ТЕЦ чи промислова котельня і джерела ТВЕР підприємства, стають основними джерелами міської системи теплопостачання, а районні котельні переводяться у піковий режим роботи, або виконують функції теплорозподільчих центрів. Але за виробництва джерелами ТВЕР пари енергетичних параметрів доцільно її використовувати у турбоагрегатах діючих

ТЕЦ, або когенераційних установках. Як приклад, на хімічному підприємстві „Кримський Титан” (м. Арм’янськ) пара від утилізації ТВЕР сірчаноокислотного цеху використовується когенераційною електротеплогенеруючою установкою потужністю 6 МВт і планується на ближню перспективу за введ в експлуатацію нового сірчаноокислотного цеху, потужність когенерації додатково збільшити на 12 МВт.

Якщо підприємства мають незначні обсяги ТВЕР, їхнє використання слід проводити за послідовною схемою на нагрів зворотної води, яка надходить на опалення і проточну вентиляцію, а в літній період на гаряче водопостачання власних і міських споживачів.

Слід відмітити, що розглянуті схеми підключення теплових ВЕР до міських систем теплопостачання житлово-комунального сектора мають реальну підставу свого існування, оскільки застосовуються на більшості підприємств, але як вищий рівень використання ТВЕР це безумовно створення промислових вузлів теплопостачання міст, що дозволяє в значній мірі зняти ті кризові ситуації, в яких знаходиться на сьогодні міські теплоенергетичні господарства. За рахунок введення ТВЕР підприємства до теплових балансів міст можна значно підвищити економічну ефективність роботи власних теплогенеруючих джерел, знизити капітальні витрати на будівництво нових теплових джерел за зростання міських теплових навантажень.

Один з важливих напрямів підвищення рівня утилізації ТВЕР є оснащення технологічних агрегатів (джерел ТВЕР) утилізаційними установками, до яких відносяться енерготехнологічні установки, котли-утилізатори, котли охолодження конвертерного газу, котли сухого гасіння коксу, системи випарного охолодження, контактні теплообмінники та інші менш поширені в промисловій практиці установки. Перелічена гама утилізаційних установок має свій розподіл за теплотехнічними і конструктивними характеристиками та особливостями їхнього призначення до конкретних технологічних агрегатів (докладно класифікацію утилізаційних установок за їхнім призначенням надано в роботах [7, 8]). За станом на 2007 р. на підприємствах країни знаходилося в експлуатації 699 одиниць теплоутилізаційних установок, з них за типами: енерготехнологічні установки — 19, котли-утилізатори — 402, котли сухого тушіння коксу — 10, котли охолодження конвертерного

газу — 10, системи випарного охолодження — 110, контактні теплообмінники — 30 і інші установки — 118 (табл. 2). Порівняно з 2000 р. загальна кількість утилізаційних установок в 2007 р. збільшилась на 12 одиниць, але їхнє зростання приходить на малопотужні типи установок і тому збільшення їхньої кількості не призвело до росту обсягів фактичного виробництва тепла від ВЕР. Явно відзначається зменшення таких утилізаційних установок, які практично визначають рівень утилізації ТВЕР, а саме: енерготехнологічних установок на 33 одиниці, котлів-утилізаторів — 11, котлів сухого тушіння коксу — 3 і котлів охолодження конвертерного газу — 3. Відносно технічного стану діючого на сьогодні парку утилізаційних установок слід відзначити, що більшість з них морально і фізично застаріли і за продуктивністю не забезпечують використання можливого енергетичного потенціалу ТВЕР. На багатьох підприємствах обслуговування установок проводиться на низькому рівні, що призводить до неефективної і ненадійної їхньої роботи та значних термінів простою у ремонті. Фактичний знос утилізаційних установок на підприємствах чорної металургії, хімічної та нафто-хімічної промисловості становить понад 80 %. Поповнення парку новими утилізаційними установками пов’язано з їхнею закупівлею в інших країнах, що безумовно визначається на темпах його оновлення.

Тому на сьогодні стоїть питання щодо створення в Україні власної машинобудівної бази з серійного випуску утилізаційного обладнання з урахуванням досвіду їхньої експлуатації на вітчизняних підприємствах. При цьому удосконалення утилізаційного обладнання має проводитись з урахуванням особливостей технологічних процесів відповідних галузей. Як приклад, у чорній металургії необхідно врахувати високу запиленість відхідних газів, у сірчаноокислотному виробництві — їхня хімічна агресивність. До загальних вимог, які пред’являються до утилізаційних установок слід віднести: експлуатаційну надійність та високі економічні і екологічні показники їхньої роботи, забезпечення уніфікації вузлів і їхніх елементів та систем автоматичного управління, регулювання та контролю, високу заводську готовність поставок та інше.

Значну частку у загальному обсязі виходу ТВЕР займають низькопотенційні (скидні), які

Таблиця 2

Тип утилізаційних установок	Рік	Кількість установок, одиниць	Вихід та використання ТВЕР, тис. Гкал				% фактичного використання до виходу
			річний вихід	можливе виробництво	фактичне виробництво	фактичне використання	
Утилізаційні установок:							
всього	2000	68	15 197,1	13 034,1	10 073,0	9 444,7	62,1
Зокрема:	2007	699	19 383,3	16 036,9	14 425,1	14 004,2	72,2
енерготехнологічні установок	2000	52	393,8	279,6	244,9	244,9	62,2
	2007	19	811,7	549,6	549,6	549,6	67,7
котли-утилізатори	2000	413	9825,3	8124,6	5727,7	5608,2	57,0
	2007	402	13276,4	10785,2	9446,7	9292,7	70,0
котли сухого тушіння коксу	2000	13	1112,2	1075,8	930,8	9830,8	83,6
	2007	10	914,1	887,5	758,5	758,5	82,9
котли охолодження конвертерного газу	2000	12	1062,0	1014,5	1014,5	982,0	84,0
	2007	10	1039,4	968,9	968,9	968,9	93,2
системи випарного охолодження	2000	111	2642,1	2378,5	2014,0	1635,6	61,8
	2007	110	2840,6	2373,6	2288,8	2031,5	71,5
контактні теплообмінники	2000	81	94,9	92,3	86,2	78,2	82,1
	2007	30	126,6	111,8	82,5	78,4	61,9
інші установок	2000	5	67,8	67,8	54,9	54,9	80,9
	2007	118	373,7	359,4	329,2	323,6	86,6

Таблиця 3

Вид економічної діяльності	Рік			
	2010		2015	
	Вихід ТВЕР	Можливе використання	Вихід ТВЕР	Можливе використання
Чорна металургія, включаючи коксохімічні заводи	11700	5500–6150	12 900	6200–7400
Кольорова металургія	170	81–85	180	85–95
Паливна промисловість без коксохімічних заводів	470	330–360	560	390–470
Хімічна та нафтохімічна промисловість	5700	3900–4400	6800	4100–4800
Промисловість будівельних матеріалів	840	670–740	1310	1050–1250
Металобробка та машинобудування	420	200–230	460	220–265
Інші види діяльності	875	420–460	1200	580–700
В с ь о г о, тис. Гкал	20175	11100–12425	23 410	1262–14980
Економія палива, тис. т у.п.	—	1845–2060	—	2070–2450

практично не утилізуються з причин відсутності оснащення технологічних агрегатів утилізаційними установками. Тому в перспективі використання низькопотенційних ТВЕР потребують нових науково-технічних підходів до розробки та виготовлення високоефективного енерготехнологічного утилізаційного обладнання для їхнього освоєння.

Зростання обсягів використання ТВЕР на майбутнє буде визначатись розвитком основ-

них галузей промисловості країни за значного підвищення рівня їхньої утилізації. В роботах [6, 9] автором було надано оцінку річних виходів і використанні ТВЕР на період з 2010 до 2015 рр., але у зв'язку з кризовими явищами в країні зазначені дані було переглянуто в сторону їхнього зниження пропорційно зниженню обсягів виробництва продукції. Таким чином, обсяг можливого використання тепла ТВЕР у цілому в країні може складати відповідно: в 2010 р. в

межах 11100–12425, в 2015 р. 12625–14980 тис. Гкал, з них за видами економічної діяльності: чорна металургія, включаючи коксохімічні заводи 5500 – 6150 і 6200 – 7400; кольорова металургія – 81 – 85 і 85 – 95; паливна промисловість без коксохімічних заводів 330 – 360 і 390 – 470; хімічна та нафтохімічна промисловість 3900 – 4400 і 4100 – 4800; промисловість будівельних матеріалів 670 – 740 і 1050 – 1250; металообробка і машинобудування 200 – 230 і 220 – 265; інші види економічної діяльності 420 – 460 і 580 – 700 (табл. 3).

Досягнення зазначених обсягів використання ТВЕР дозволить зекономити органічного палива в 2010 р у межах 1845 – 2060 тис. т у.п., в 2015 р. – 2070 – 2450 (перерахунок проводили за середніми фактичними витратами палива на відпуск 1 Гкал тепла опалювальними котельними за 2007 р. – 164,5 кг у.п./Гкал [10]), або в перерахунку на природний газ при калорійному еквіваленті 1,15 відповідно: 1600 – 1790 і 1800 – 2130 млн м<sup>3</sup>.

## ВИСНОВКИ

Нині в країні мало приділяється уваги для розв'язання питань утилізації ТВЕР. У Державних і галузевих програмах енергозбереження дана проблема не виділена як комплексна проблема, а окремо включені заходи розрізнені і за відсутності відповідних організаційних і економічних механізмів, приречені на невиконання. Досить очевидно, що проблема використання як теплових, так і горючих ВЕР потребує виділення її в окрему програму зі здійсненням реальної державної підтримки.

Підключення ТВЕР до міських систем теплопостачання житлово-комунального сектора на базі великих промислових вузлів, дозволяє значно покрити теплові навантаження на опалення і приточну вентиляцію в опалювальний період і повністю на гаряче водопостачання протягом року. Витрати на утилізацію ТВЕР (з розрахунку на 1 т у.п. зекономленого палива) у 5 – 6 разів менші, ніж за його видобутку, а термін окупності капіталовкладень не перевищує 1,5 – 2 роки.

Надані схеми (послідовна, паралельна і паралельно-послідовна) розв'язують технічні питання підключення тепла від джерел ТВЕР до міських

теплових мереж теплопостачання з найбільшою ефективністю їхнього використання.

Для багатьох міст країни, на територіях яких розміщені великі промислові підприємства чорної металургії, хімії і нафтохімії та інших енергомістких галузей є всі сприятливі умови для створення промислових вузлів теплопостачання житлово-комунального сектора за рахунок використання тепла від утилізації ТВЕР. На прикладі промислового вузла теплопостачання м. Маріуполя показано, що за його створення можна покрити повністю його теплові навантаження гарячого водопостачання протягом року і на 50–70 % на опалення і приточно-втяжну вентиляцію в опалювальний період.

1. Колобков П.С., Волков О.Д. Повышение экономичности теплоэнергетики черной металлургии. – Харьков.: Вища шк. – Издательство при Харьковском университете, 1981. – 150 с.
2. Колобков П.С., Николаенко В.Е., Демин В.М. Возможности расширения отвода низкопотенциального вторичного тепла с сетевой водой на примере охлаждения блюмов (слябов) // Изв. вузов, сер. Энергетики, 1982. – № 4. – С. 123–127.
3. Колобков П.С., Осипенко В.Д. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургии. – К.: Техника, 1979. – 168 с.
4. Колобков П.С., Осипенко В.Д. Параллельно-последовательная схема использования вторичного тепла в системе централизованного теплоснабжения // Изв. вузов, серия энергетики. – 1972. – № 3. – С. 123–133.
5. Колобков П.С. Использование тепловых вторичных энергоресурсов в теплоснабжении / Издательство „Основа” при Харьковском университете, 1991. – 224 с.
6. Куц Г.О., Литинська Л.О. Аналіз стану утилізації теплових і горючих вторинних енергоресурсів та їх використання у комунальній теплоенергетиці промислових вузлів // Проблеми загальної енергетики. – 2006. – № 4. – С. 69–80.
7. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 358 с.
8. Воинов А.П., Зайцев В.А., Куперман Л.И., Сидельковский Л.Н. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
9. Куц Г.О. Створення нових технологій використання теплових вторинних енергоресурсів, в т.ч. скидних низькопотенційних // Комунальна теплоенергетика України: Зб.наук. ст. Під ред. А.А. Долінського, – К.: ТОВ Поліграф-сервіс, 2007. – Т.1. – С. 270–285.
10. Статистична річна форма № 11 – МТП „Звіт про результати використання палива, теплоенергії і електроенергії”. – 2007.