

УДК 621.577

Долинский А.А.<sup>1</sup>, Фялко Н.М.<sup>1,2</sup>, Навродская Р.А.<sup>1</sup>, Гнедой Н.В.<sup>1</sup><sup>1</sup> Институт технической теплофизики НАН Украины<sup>2</sup> Национальный технический университет Украины «КПИ»СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ  
В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ УКРАИНЫ

Наведено дані щодо структури та обсягів виходу вторинних енергоресурсів (ВЕР) в енергетичному господарстві України. Аналізуються закономірності зміни цих обсягів згідно з тенденціями розвитку економіки країни. Розглядаються особливості використання різних типів ВЕР. Наводяться результати прогнозних оцінок обсягів виходу та рівнів використання ВЕР на найближчу перспективу.

Представлены данные о структуре и объемах выхода вторичных энергоресурсов (ВЭР) в энергетическом хозяйстве Украины. Анализируются закономерности изменения этих объемов в соответствии с тенденциями развития экономики страны. Приводятся результаты прогнозных оценок объемов выхода и уровней использования ВЭР на ближайшую перспективу.

The data about the structure and volume of waste energy output in the power sector of Ukraine are represented. Principles of changes of these volumes in concordance with the trends of the economy development are analyzed. The features of use of the different types of waste energy are considered. The prognostic assessment results of output volumes and the using levels of waste energy in the near future are given.

**Введение**

Для энергетического хозяйства Украины и ее экономики в целом стратегическими являются, как известно, вопросы энергосбережения. При этом энергосбережение классифицируется как новый источник энергии, источник более дешевый, чем многие другие традиционные и нетрадиционные источники энергии. В системе всевозможных технических энергосберегающих мероприятий в тепло- и энерготехнологиях выделяются три основные направления: утилизационные мероприятия, энергетическая модернизация и интенсивное энергосбережение.

При внедрении утилизационных мероприятий речь идет об использовании «энергетических отходов» – так называемых вторичных энергетических ресурсов (ВЭР), при энергетической модернизации – о снижении количества этих отходов без изменения принципиальных основ технологий и техники. В случае интенсивного энергосбережения предполагается проведение мероприятий, реализующих предельно высокий энергосберегающий эффект. Последнее, как правило, достигается на базе изменения принципиальных основ технологий.

Первые две группы мероприятий относятся к традиционным энергосберегающим мероприятиям, третья группа – к мероприятиям глубокого научного, технологического и технического прогресса.

В Украине на ближайшую перспективу актуальными являются первые две группы мероприятий и, прежде всего, утилизационные мероприятия, то есть использование ВЭР. Последнее обусловлено, главным образом, тем, что утилизационные мероприятия относятся к сравнительно малозатратным и быстрокупаемым способам повышения эффективности использования первичных энергетических ресурсов. Например, себестоимость и капитальные затраты на производство тепловой энергии из тепловых отходов (из тепловых вторичных энергоресурсов) оказывается, как правило, в 3...4 раза меньше, чем на ТЭЦ либо в котельной.

Актуальность широкого внедрения в Украине различных утилизационных мероприятий обусловлена также тем, что это позволяет существенно уменьшить вредное влияние технологических объектов и объектов энергетики на окружающую среду.

Применение утилизационных мероприятий

в целом призвано способствовать улучшению показателей энергоэффективности на всех уровнях производства и соответственно существенно влиять на снижение уровней энергопотребления в стране. По данным Международного энергетического Агентства [1] энергоёмкость ВВП Украины в 2009 г. составила 0,40 т н.э./\$, что примерно в три раза выше соответствующего показателя для таких промышленно развитых стран, как Япония и ФРГ (0,14 т н.э./\$).

Ввиду изложенного, изучение состояния и перспектив использования вторичных энергетических ресурсов, является одним из важных направлений анализа возможных объемов экономики топлива и энергии в стране.

В настоящей работе рассматриваются следующие вопросы, касающиеся использования ВЭР в Украине:

- особенности структуры и объемы выхода ВЭР по видам энергии в энергетическом хозяйстве Украины;
- состояние и перспективы использования ВЭР в Украине;
- разработки Института технической теплофи-

зики НАН Украины, посвященные использованию ВЭР.

### *Объемы выхода вторичных энергетических ресурсов*

Вторичные энергетические ресурсы определяются как энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других потребителей [2]. Термин «энергетический потенциал» здесь следует понимать в широком смысле, он означает наличие определенного запаса энергии – химически связанного тепла, физического тепла, потенциальной энергии избыточного давления и напора, кинетической энергии и др.

Рассмотрим структуру ВЭР в топливно-энергетическом комплексе Украины и данные об их выходе. В табл. 1 – 3 приведены материалы статистической отчетности по выходу и использованию горючих и тепловых вторичных энергоресурсов (ГВЭР и ТВЭР).

Табл. 1. Выход горючих ВЭР, фактическое производство высокопотенциальных тепловых ВЭР и уровень их использования в Украине за период 2000 – 2010 гг. по данным статистической отчетности [3]

Годы	Выход вторичных горючих энергоресурсов, тыс. т у. т.	Уровень использования, %	Фактическое годовое производство вторичных тепловых энергоресурсов, тыс. Гкал	Уровень использования, %
2000	7156,5	92,3	10073,0	93,8
2001	6872,3	92,6	11222,3	95,0
2002	10037,3	91,0	12010,6	95,0
2003	11044,8	89,5	13273,5	93,8
2004	11963,1	88,7	13223,1	93,3
2005	11119,2	87,3	13429,0	92,4
2006	11622,1	88,8	13512,9	95,9
2007	12460,6	88,3	14425,2	97,1
2008	11024,2	87,7	12634,9	94,5
2009	9317,3	86,5	8897,5	94,0
2010	10072,9	86,9	11088,3	94,9

Табл. 2. Выход и уровень использования различных видов горючих ВЭР [4, 5]

Виды горючих вторичных энергоресурсов	2005 г.		2010 г.	
	Годовой выход, тыс. т у.т.	Уровень использования, %	Годовой выход, тыс. т у.т.	Уровень использования, %
Доменный газ	7133,14	93,1	6252,87	93,3
Конвертерный газ	554,25	4,1	359,28	2,2
Ферросплавный газ	336,21	29,0	336,46	30,1
Черная щелочь	11,30	100,0	–	–
Отходы лесозаготовки	13,90	43,6	32,35	27,1
Отходы деревообработки	52,76	96,2	107,79	97,5
Другие виды	3017,40	95,1	2983,99	90,2
Итого	11119,23	87,3	10072,87	86,9

Общий годовой выход ВЭР в Украине в 2010 г. оценивается величиной 26,18 млн. т у.т. При этом в суммарном выходе ВЭР горючие ВЭР составляют 10,073 млн. т у.т. (38,5 %), тепловые ВЭР – 15,187 млн. т у.т. (58,0 %) и ВЭР избыточного давления – примерно 0,92 млн. т у.т. (3,5 %).

Что касается горючих ВЭР, то в их выходе основную долю дает черная металлургия (прежде всего доменный, конвертерный и ферросплавный газы). При этом выход доменного газа является преобладающим и в 2010 г. достигает 62 % от выхода всех горючих ВЭР. Доля же конвертерного и ферросплавного газов составляет соответственно 3,6 и 3,3 % (см. табл. 2).

Динамика изменения объемов выхода горючих ВЭР за период с 2000 до 2010 гг. коррелируется определенным образом с состоянием экономики страны. Так, с 2000 по 2007 гг. в целом имела место тенденция к росту объемов выхода горючих ВЭР. По состоянию на 2000 г. выход горючих ВЭР составил 7156,5 тыс. т у.т., а в 2007 г. – 12460,6 тыс. т у.т. То есть объемы выхода горючих ВЭР увеличились за этот период в 1,74 раза. В 2008 и 2009 гг. в связи с мировым экономическим кризисом, охватившим Украину, наблюдалось падение объемов выхода горючих ВЭР до уровня 11024,2

и 9317,3 тыс. т у.т. Однако, уже в 2010 г. наметилась тенденция к росту этих объемов и выход горючих ВЭР повысился по сравнению с 2009 г. на 8 % (см. табл.1).

Относительно тепловых ВЭР, то согласно оценкам их основную часть составляют низкопотенциальные тепловые ВЭР, температура которых ниже 200 °С. В период с 2005 по 2010 гг. доля низкопотенциальных тепловых ВЭР составляла 85...86 % от общего объема выхода ТВЭР, что отвечает примерно половине выхода всех видов ВЭР.

Что касается высокопотенциальных тепловых ВЭР, то к числу отраслей промышленности с их высоким выходом относятся химическая и нефтехимическая промышленности, а также черная металлургия. Существенно меньшие объемы выхода тепловых ВЭР имеют место в топливной, нефтеперерабатывающей промышленности и т.д. Так например, по состоянию на 2007 г. [6] выход высокопотенциальных тепловых ВЭР составил на предприятиях химической и нефтехимической промышленности – 8247,09 тыс. Гкал, черной металлургии – 7593,75 тыс. Гкал, топливной промышленности, включая коксохимические заводы, – 2641,96 тыс. Гкал, нефтеперерабатывающей промышленности – 1163,84 тыс. Гкал.

Данные об объемах выхода высокопотен-

Табл. 3. Выход, фактическое производство и уровень использования высокопотенциальных тепловых ВЭР по типам утилизационных установок [4,5]

Тип утилиза- ционных установок	2005 г.					2010 г.				
	Годовой выход, тыс. Гкал	Факти- ческое произ- водство, тыс. Гкал	Факти- ческое исполь- зование, тыс. Гкал	Уровень исполь- ования от фак- тического произ- водства, %	Уровень исполь- ования от годово- вого вы- хода, %	Годовой выход, тыс. Гкал	Факти- ческое произ- водство, тыс. Гкал	Факти- ческое исполь- ование, тыс. Гкал	Уровень исполь- ования от фак- тическо- го про- извод- ства, %	Уровень исполь- ования от годово- вого вы- хода, %
Энерготехно- логические установки	885,5	573,8	562,6	98,0	63,5	465,0	280,4	280,4	100,0	60,3
Котлы-утили- заторы	11826,7	8269,6	8131,3	98,3	68,8	9549,2	6917,1	6678,2	96,5	69,9
Котлы сухо- го тушения кокса	934,3	775,3	775,3	100,0	83,0	1156,5	1004,1	1004,1	100,0	86,8
Котлы охлаж- дения конвер- терного газа	1034,8	977,1	741,2	75,9	71,6	928,5	861,9	861,9	100,0	92,8
Системы испари- тельного охлажде- ния	2791,1	2597,1	1965,6	75,7	70,4	2143,3	1681,7	1365,2	81,2	63,7
Контакт- ные тепло- обменники	124,9	103,3	95,1	92,1	76,1	95,9	54,1	39,9	73,9	41,6
Другие установки	154,0	132,8	132,8	100,0	86,2	324,3	289,0	288,7	99,9	89,0
Всего	17753,9	13429,0	12403,9	92,4	69,9	14662,7	11088,3	10518,4	94,9	71,7



циальных тепловых ВЭР на 2005 и 2010 гг. по типам соответствующих утилизационных установок представлены в табл. 3. Как видно, по состоянию на 2010 г. наибольший выход тепловых ВЭР отвечает котлам-утилизаторам – 9549,2 тыс. Гкал (65,1 % от общего выхода высокопотенциальных ТВЭР). Для систем испарительного охлаждения данный выход составляет 2143,3 тыс. Гкал (14,6 %). Значительно меньшие объемы выхода высокопотенциальных ТВЭР соответствуют котлам сухого тушения кокса – 1156,5 тыс. Гкал (7,9 %), котлам охлаждения конвертерного газа – 928,5 тыс. Гкал (6,3 %), энерготехнологическим установкам – 465,0 тыс. Гкал (3,2 %) и пр.

Динамика фактического производства высокопотенциальных тепловых ВЭР с 2000 по 2010 гг. весьма сходна с характером изменения объемов выхода горючих ВЭР (см. табл. 1). В период с 2000 по 2007 гг. производство ТВЭР выросло в 1,43 раза. Последовавшее за этим в 2008 и 2009 гг. падение объемов фактического производства тепловых ВЭР сменилась в 2010 г. его заметным ростом (на 24 %).

Что касается ВЭР избыточного давления, то к ним, как известно, относится в первую очередь энергия избыточного давления природного газа, которая теряется при его дросселировании в газораспределительной системе и энергия избыточного давления доменного газа (при давлении, превышающем атмосферное более, чем на 0,09 МПа). Теоретические ресурсы потенциальной энергии избыточного давления природного газа составляют примерно 5,021 млн. МВт·час или 0,77 млн. т у.т., а энергии избыточного давления доменного газа – 995 тыс. МВт·час или 0,15 млн. т у.т.

#### ***Особенности использования вторичных энергетических ресурсов в Украине***

Степень использования горючих ВЭР в Украине весьма высока. Согласно данным государственной статистической отчетности уровень использования ГВЭР в 2010 г. составил 86,9 %. Примерно такой же уровень ис-

пользования горючих ВЭР имеет место и в черной металлургии. При этом степень использования составляет для доменного газа – 93,3 %, для ферросплавного – 30,1 %, для конвертерного – 2,2 %. Дальнейшее повышение степени использования ГВЭР в черной металлургии связано, прежде всего, с разработкой и внедрением установок для очистки газов ферросплавных печей и разработки систем очистки и улавливания конвертерного газа.

Обращает на себя внимание также тот факт, что за период с 2000 по 2010 гг. уровень использования ГВЭР несколько снизился. Так, если в 2000 г. этот уровень составлял 92,3 %, то в 2010 г. – лишь 86,9 %.

Степень использования тепловых ВЭР в Украине существенно ниже, чем горючих. Так, по данным отечественной статистики в 2010 г. степень использования ТВЭР, температура которых превышает 200 °С, составила 71,7 %. Хотя ряд авторов приводят оценки с существенно более низкими значениями, находящимися в пределах 40...50 % (см., например, [6]). Последнее обусловлено тем, что государственная статистическая отчетность фактически включает данные о выходе и использовании высокопотенциальных ТВЭР только для технологических агрегатов, оснащенных утилизационными установками. Что же касается низкопотенциальных ТВЭР, то информация об объемах их выхода и утилизации в статистической отчетности практически отсутствует.

Для различных отраслей промышленности объемы производства тепловой энергии от утилизации высокопотенциальных ТВЭР оказываются весьма разными. По состоянию на 2007 г. эти объемы составляли: для предприятий черной металлургии – 5876,16 тыс. Гкал, химической и нефтехимической промышленности – 5803,73 тыс. Гкал, топливной промышленности, включая коксохимические заводы, – 1984,74 тыс. Гкал, нефтеперерабатывающей промышленности – 884,45 тыс. Гкал и т.д. Для указанных отраслей сравнительно высокими оказываются и уровни фактического использования ТВЭР по отношению к их вы-

ходу (соответственно 77,4 %, 70,4 %, 75,1 % и 76,0 % [6]).

Что касается уровня использования высокопотенциальных ТВЭР по отношению к их выходу для различных типов утилизационных установок, то он является весьма высоким для котлов охлаждения конвертерного газа (92,8 %) и котлов сухого тушения кокса (86,8 %). Заметно более низкий уровень использования имеет место для котлов-утилизаторов (69,9 %), систем испарительного охлаждения (63,7 %), энерготехнологических установок (60,3 %) и пр. (см. табл. 3).

Утилизации низкопотенциальных ТВЭР до недавнего времени не уделялось должного внимания, поскольку считалось, что это экономически неэффективно. Трудности, возникающие при утилизации данного вида ТВЭР, связаны с их большим разнообразием по температуре, режиму выдачи, физико-химическим свойствам их носителя и т.д. К факторам, определяющим относительно невысокую степень использования низкопотенциальных ТВЭР, относятся также следующие:

- отсутствие на целом ряде объектов теплоутилизационного оборудования, несмотря на наличие его освоенных аналогов;

- техническое несовершенство уже установленного теплоутилизационного оборудования, его физическое старение и низкий уровень обслуживания;

- практическая невозможность установки теплоутилизационного оборудования ввиду отсутствия потребителей теплоты рядом с источником образования ВЭР, необходимых площадей для установки данного оборудования и пр.;

- несоответствие режимов образования и потребления ТВЭР;

- отсутствие оптимальных схем использования ВЭР в рамках единой энерготехнологической системы предприятий или промышленных узлов;

- недостаточность разработок специализированного теплоутилизационного оборудования для ситуаций, осложненных запыленностью, агрессивностью отходящих газов и пр.

Вторичные энергоресурсы избыточного давления используются в Украине весьма ограниченно. Так, в газотранспортной системе они практически не утилизируются. Что же касается потенциальной энергии доменного газа в металлургической промышленности, то перспективы ее использования связаны, как известно, с внедрением газовых утилизационных бескомпрессорных турбин.

### ***Прогнозирование выхода и использования вторичных энергетических ресурсов***

Прогнозирование объемов выхода и использования ВЭР осуществлялось путем рассмотрения комплекса исходных технических, технологических и энергетических факторов с целью оценки величин соответствующих параметров и интервалов их изменения в прогнозном периоде. При этом в процессе прогнозирования анализировался большой объем с высокой степенью неопределенности информации, что обусловило необходимость использования методов теории вероятности, экспертных оценок, имитационного моделирования и др. Важным практическим инструментом для рассматриваемых прогнозов служила также имеющаяся отчетная статистика.

Полученные результаты прогнозных оценок показали увеличение объемов выхода и использования ВЭР для одних производств и их снижение для других. В предлагаемом прогнозе учитывались такие факторы снижения выхода ВЭР, как применение технологий глубокой переработки нефти, вывод из эксплуатации мартеновских технологий производства стали и пр. К факторам увеличения объемов выхода и использования ВЭР были отнесены следующие: внедрение установок очистки газов ферросплавных печей; использование систем утилизации теплоты конвертерного газа, металлургических шлаков и остывающего металла; увеличение числа котлов-утилизаторов за печами цветной металлургии; внедрение крупных теплоутилизационных установок в прокатном производстве; запрет экспорта сырьевой древесины и существенное увеличение доли конечной продук-

ции в деревообработке и пр. Согласно выполненным оценкам существенное влияние на увеличение степени использования низкопотенциального тепла окажет рост масштабов применения тепловых насосов.

Одним из определяющих аспектов в оценке перспектив выхода и использования ВЭР является, как известно, прогноз структурных изменений в экономике страны. В этом плане ситуация в Украине в последний период существенно изменилась. Если ранее во всех прогнозах развития экономики Украины отмечалась важность структурных сдвигов в направлении снижения удельного веса энергоемких, материал- и ресурсоемких производств, то в настоящее время декларируется внешнеторговая политика, которая основывается на реализации больших объемов экспорта ряда сырьевых и энергоемких видов продукции таких отраслей, как металлургия, химия, нефтехимия и др.

В связи с большой неопределенностью исходной информации для нахождения объемов выхода и использования горючих и тепловых ВЭР были сгенерированы три варианта прогноза (оптимистический, пессимистический и средний). В табл. 4 и 5 приведены показатели среднего варианта прогноза на 2015 и 2020 гг.

Согласно полученным данным показатели объемов выхода горючих ВЭР в 2015 и 2020 гг.

возрастут относительно 2010 г. соответственно на 27 % и 43 %. При этом заметно увеличатся и уровни использования данного вида ВЭР – от 86,9 % в 2010 г. до 90,5 % в 2015 г. и до 93,2 % в 2020 г. (см. табл. 4).

Темпы роста объемов выхода горючих ВЭР в черной металлургии будут несколько выше общих показателей. А именно, здесь объемы выхода горючих ВЭР увеличатся в 2015 и 2020 гг. по сравнению с 2010 г. соответственно на 29 % и 45 %. При этом предполагается опережающий рост объемов выхода конвертерного газа – на 67 % и 100 %.

Что касается прогнозных показателей объемов выхода высокопотенциальных тепловых ВЭР, то темпы их роста являются несколько более низкими, чем горючих ВЭР. Так, согласно оценкам данные объемы увеличатся в 2015 и 2020 гг. соответственно на 25 % и 41 % по сравнению с 2010 г. Прогнозируется, что объемы выхода высокопотенциальных тепловых ВЭР, утилизируемых в энерготехнологических установках, будут изменяться более существенно, чем общие показатели, и возрастут к 2015 г. в 1,93 раза, а к 2020 г. – примерно в 2 раза. Несколько превысит общие прогнозные показатели выход тепловых ВЭР, используемых в котлах-утилизаторах. Здесь этот выход увеличится по отношению к 2010 г. на 45 %.

Табл. 4. Прогноз объемов выхода и уровня использования различных видов горючих ВЭР (средний вариант)

Виды горючих вторичных энергоресурсов	2015 г.		2020 г.	
	Годовой выход, тыс. т у.т.	Уровень использования, %	Годовой выход, тыс. т у.т.	Уровень использования, %
Доменный газ	7980,0	95,0	8910,0	96,0
Конвертерный газ	600,0	25,0	720,0	55,0
Ферросплавный газ	395,0	48,5	420,0	65,0
Отходы лесозаготовки	45,0	50,0	45,0	50,0
Отходы деревообработки	150,0	98,0	180,0	99,0
Другие виды	3610,0	96,5	4100,0	97,0
Итого	12780,0	90,5	14375,0	93,2

Табл. 5. Прогноз объемов выхода, производства и использования высокопотенциальных тепловых ВЭР Украины по типам утилизационных установок (средний вариант)

Тип утилиза- ционных установок	2015 г.				2020 г.					
	Годовой выход, тыс. Гкал	Факти- ческое произ- водство, тыс. Гкал	Факти- ческое исполь- зование, тыс. Гкал	Уровень исполь- ования от фак- тического произ- водства, %	Уровень исполь- ования от годово- вого вы- хода, %	Годовой выход, тыс. Гкал	Факти- ческое произ- водство, тыс. Гкал	Факти- ческое исполь- ование, тыс. Гкал	Уровень исполь- ования от фак- тического про- извод- ства, %	Уровень исполь- ования от годово- вого вы- хода, %
Энерготехно- логические установки	900	580	580	100,0	64,4	925	600	600	100,0	64,9
Котлы-утили- заторы	12000	8400	8290	98,7	69,1	13865	9700	9595	98,9	69,2
Котлы сухо- го тушения кокса	1290	1070	1070	100,0	82,9	1325	1100	1100	100,0	83,0
Котлы охлаж- дения конвер- терного газа	1100	1000	1000	100,0	90,9	1130	1050	1050	100,0	92,9
Системы испари- тельного охлажде- ния	2600	2280	1850	81,1	71,1	2780	2450	2000	81,6	76,6
Контакт- ные тепло- обменники	100	70	60	85,7	60,0	120	100	92	92,0	78,0
Другие установки	320	290	289	99,7	90,3	550	500	500	100,0	90,9
Всего	18310	13690	13139	95,9	71,8	20695	15500	14937	96,4	72,2



### **Разработки Института технической теплофизики НАН Украины**

В течение многих лет в Институте технической теплофизики НАН Украины проводятся систематические исследования, касающиеся использования различных видов ВЭР. При этом работы выполняются в соответствии с классической схемой, начиная с целенаправленных научных исследований и заканчивая созданием и внедрением высокоэффективных технологий использования ВЭР и соответствующего оборудования.

Основные направления работ института по использованию ВЭР связаны с утилизацией горючих и тепловых ВЭР.

Что касается горючих ВЭР, то здесь речь идет о разработке научных основ эффективных технологий сжигания древесной массы, первичных и вторичных отходов сельского хозяйства, твердых бытовых отходов и создания соответствующего оборудования. Кроме того в институте ведутся работы, связанные с получением биогаза из отходов животноводства, с полигонов твердых бытовых отходов и осадков станций аэрации.

Рассматриваются также возможности производства жидкого топлива из биомассы путем пиролиза и пр. (см. например [7-9]).

Проводимые в институте работы по использованию тепловых ВЭР касаются как высокопотенциальных, так и низкопотенциальных ТВЭР. При этом в части высокопотенциальных ТВЭР исследования связаны, прежде всего, с утилизацией тепловых отходов промышленных печей различного назначения, а также газотурбинных и газопоршневых двигателей [10, 11].

Что касается низкопотенциальных ТВЭР, то здесь исследования проводятся в направлении использования тепловых выбросов котельных агрегатов, промышленных печей, а также теплоты различных вентиляционных выбросов, бытовых и промышленных стоков, шахтных вод и пр. [12-15].

Создаваемые в институте технологии использования ТВЭР базируются на комплек-

сных теоретических и экспериментальных исследованиях, включающих, в частности:

- изучение закономерностей процессов переноса применительно к конкретным технологиям утилизации ТВЭР;

- термодинамический анализ эффективности различных систем утилизации на основе применения современных подходов;

- оптимизацию тепловых схем утилизирующих систем, конструктивных и режимных параметров соответствующего оборудования на основе учета разнообразия источников ТВЭР и потребителей энергии.

### **Выводы**

1. В Украине на ближайшую перспективу актуальным является широкое использование ВЭР как важного фактора энергосбережения и улучшения показателей энергоэффективности производства. Объемы общего годового выхода ВЭР в стране оцениваются по состоянию на 2010 г. величиной равной 26,18 млн. т у.т. При этом в суммарном выходе ВЭР горючие ВЭР составляют 10,073 млн. т у.т. (38,5 %), тепловые ВЭР – 15,187 млн. т у.т. (58,0 %) и ВЭР избыточного давления – примерно 0,92 млн. т у.т. (3,5 %).

2. Уровни использования ВЭР различных типов существенно отличаются. Вторичные энергетические ресурсы избыточного давления используются в Украине весьма ограничено. Степень использования горючих ВЭР является весьма высокой и достигает 86,9 %. Для тепловых ВЭР этот показатель заметно ниже. Он составляет в случае высокопотенциальных ВЭР – 71,7 %. Утилизация же низкопотенциальных ВЭР до недавнего времени считалась экономически неэффективной, хотя объем выхода этих ВЭР достигает половины общего выхода всех ВЭР. В настоящий период развитие утилизации низкопотенциальных ВЭР требует особого внимания.

3. Согласно выполненным прогнозным оценкам в 2015 и 2020 гг. показатели объемов выхода горючих ВЭР возрастут относительно 2010 г. на 27 и 43 %, а высокопотенциальных тепловых ВЭР – на 29 и 45 % соответственно.

4. Повышение уровней использования ВЭР сдерживается целым рядом факторов научно-технического характера. Кроме того, решение данной проблемы осложняется отсутствием достаточно разработанной законодательной базы, соответствующей системы материального и финансового обеспечения и пр.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Key World Energy Statistics*. The International Energy Agency. Energy Indicators. – 2011. – P.57.

2. Сушон С.П., Завалко А.Г., Минц М.И. Вторичные энергетические ресурсы промышленности СССР. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.

3. *Статистичний щорічник України за 2010 рік*. – К.: Видавництво Консультант, 2011. – 551 с.

4. *Статистична річна форма 11МПТ «Звіт про результати використання палива, теплоенергії, електроенергії. Додаток 2.– 2005.*

5. *Статистична річна форма 11МПТ «Звіт про результати використання палива, теплоенергії, електроенергії. Додаток 2.– 2010.*

6. Куц Г.О. Використання теплових вторинних енергоресурсів у системах теплопостачання міст // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – вип.1. – С. 47-51.

7. Гелетуха Г.Г., Жовмір М.М., Олійник Є.М., Радченко С.В. Біомаса як паливна сировина // Промышленная теплотехника. – 2011, №5. – С. 79-87.

8. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М., Матвеев Ю.Б., Дроздова О.І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Час-

тина 2. Энергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз // Пром. теплотехника. – 2011, №1. – С. 57-64.

9. Железна Т.А., Гелетуха Г.Г., Дроздова О.І. Дослідження технології абляційного піролізу біомаси // Пром. теплотехника. – 2011, №3. – С. 53 – 60.

10. Фиалко Н.М., Навродская Р.А., Саригло А.Г., Слюсар М.А. Эффективные теплоутилизационные технологии для стекловаренных печей // Пром. теплотехника. – 2010. – Т. 32, № 6. – С. 84-90.

11. Билека Б.Д., Радченко Н.И., Сирота А.А. Особенности проектирования теплообменников на НРТ для теплоутилизующих контуров ГТУ // Пром. теплотехника. – 2004. – Т. 26, № 5. – С. 27-31.

12. Фиалко Н.М., Пресіч Г.О., Навродська Р.О., Гнедаш Г.О. Удосконалення комплексної системи утилізації теплоти відхідних газів котлоагрегатів для підігрівання і зволоження дугтьового повітря // Пром. теплотехника. – 2011. – Т. 33, № 5. – С. 88-95.

13. Фиалко Н.М., Зимин Л.Б. Анализ эффективности теплонасосных систем утилизации теплоты канализационных стоков для теплоснабжения социальных объектов // Пром. теплотехника. – 2008. – Т. 30, № 1. – С. 77-85.

14. Клименко В.Н. Некоторые особенности применения паро-компрессионных тепловых насосов для утилизации сбросной теплоты отопительных котлов // Пром. теплотехника. – 2011. – Т. 33, № 5. – С. 42-48.

15. Снежкин Ю.Ф., Шаврин В.С., Чалаев Д.М., Шапарь Р.А. Применение теплонасосных технологий в энергетике // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2008, № 3. – С. 11-15.

Получено 18.06.2012 г.