

## ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КОММУНАЛЬНОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Сигал А.И., канд. техн. наук

*Институт технической теплофизики НАН Украины, ул. Желябова, 2а, г. Киев, 03680, Украина*

Проанализован стан обладнання комунальної теплоенергетики України. Розглянуті можливості зниження використання природного газу і шляхи заміни газу іншими видами палива.

Проанализировано состояние оборудования коммунальной теплоэнергетики Украины. Рассмотрены возможности снижения потребления природного газа и пути замещения газа иными видами топлива.

Condition of equipment of municipal heat energy sector of Ukraine was analyzed. Capabilities of reduction of natural gas consumption and ways of gas replacement of another types of fuel were considered.

Рис. 7.

**Ключевые слова:** коммунальная теплоэнергетика, природный газ, котлы, горелки.

Инфляция гривны с 8 до 24 за 1 доллар США привела к адекватному росту цен, в первую очередь на энергоносители. Выросли цены также на электроэнергию и, соответственно, на воду, т.к. в ее цене значительная составляющая электроэнергии. Тариф на электроэнергию вырос в 3,2 раза.

С повышением цены газа для теплокоммунального (ТКЭ), доля газа в цене для конечного потребителя подросла с 70 до 85 % и колеблется в пределах 83...85 % в утверждаемых НКРКП тарифах.

Несложные расчеты показывают, что если задаться ценой газа в 220 долл. США за 1000 м<sup>3</sup> или за 8 Гкал, то получим 690 грн./Гкал. Тогда ТКЭ получает 15 % этой суммы или 105 грн. Итого, суммарная цена 690 + 105 – это около 800 грн./Гкал. Именно она и должна быть реперной при установлении тарифа.

Если учесть, что в оставшихся у предприятия ТКЭ 100 грн./Гкал около 60 % занимает оплата воды и электроэнергии, а остальные 40 % содержат НДС, налоги и зарплату, то на ремонты, реконструкцию и новое оборудование остается 1...3 %. Однако нет ни одной теплоснабжающей компании в мире, где сбор платежей населения составлял бы 100%.

Именно эти 1...3 %, как не защищенные статьи и исчезают в разделе недоплаты потребителя. Реально, нам для получения ощутимой экономии газа около 30 %, необходимо инвестировать около 1,5 трлн. грн., сумму для бюджета практически неподъемную.

Источником этих инвестиций может быть только само население. Рассматривая три пути финансирования: привлечение кредитов, привлечение инвестиций, муниципальное или государственное финансирование, легко видеть, что все они для конечного потребителя не сильно отличаются, т.к. рассчитывают именно на наши с Вами возможности оплаты. До последнего времени все области делали и защищали как Региональные программы модернизации коммунальной теплоэнергетики, где несомненным лидером разработки был Институт технической теплофизики, так и Схемы теплоснабжения городов. В последнее время сроки действия этих документов неконтролируемо увеличиваются, новые готовятся

не регулярно и не качественно. По сути, единственным документом «развития», на подготовку которого предприятия ТКЭ еще тратят силы и средства, являются инвестиционные программы.

Некоторые резервы у нас, впрочем, есть. Так, на балансе предприятий ТКЭ находится около 70 тыс. котлов, эксплуатируется же около 46 тыс., из которых около 20 тыс. к дальнейшей эксплуатации без ремонта не пригодны. Следует оценить, какое количество котлов из оставшихся 24 тыс. реально пригодны к эксплуатации и могут «подхватить» нагрузку вместо вышедших из строя.

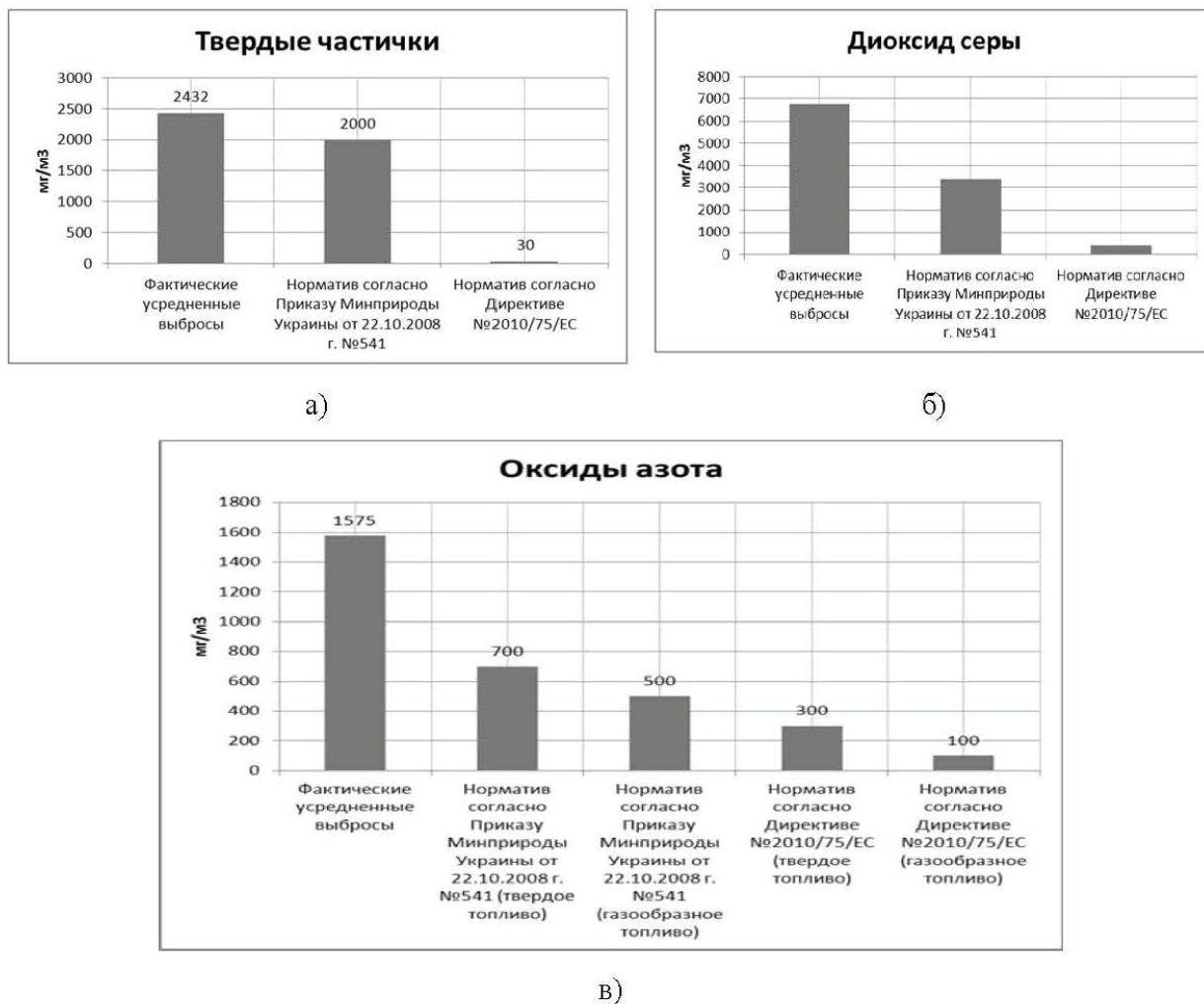
Хочется отметить, что Украина входит в число стран-лидеров централизованного теплоснабжения не только Европы, но и Мира, а Киев эксплуатирует третью по величине в Мире централизованную теплосеть.

Построенные предыдущими поколениями наших соотечественников, системы централизованного теплоснабжения немного недотянули до времени промышленного использования новых видов энергии, таких, как солнце, ветер, электроэнергия, твердые бытовые отходы, биогаз, биомасса

Следует также иметь в виду, что вся альтернативная энергетика работает в базе и, соответственно, вытесняет атомную энергетiku, а Украине остро нужны пиковые маневровые мощности.

Ориентировочно, удельный расход условного топлива на 1 Гкал. вырабатываемую на источнике теплоты, составляет около 160 кг у.т./Г, а в неконденсационных котельных ЕС – около 150 кг.у.т./Г. Разность, т.е. около 10 кг у.т., и есть реальный потенциал энергосбережения в источнике. Для уточнения этих цифр целесообразно сформировать условия объединенного эколого-энергетического аудита, который и провести на основных источниках теплоснабжения в преддверии введения в действие Директивы 2010/75/ЕС снижающей допустимые нормативы на выбросы в атмосферу в разы (рис. 1).

С точки зрения замещения природного газа иными видами топлива, в централизованном теплоснабжении, можно провести грубую оценку, показывающую, что сжигание биомассы может обеспечить до 6...8 %



**Рис. 1. Фактические и нормативные выбросы для котлов Украины мощностью выше 50 МВт: а) твердых частичек; б) диоксида серы; в) оксидов азота.**

потребностей и ограничено реальным ресурсом и экономической целесообразностью; сжигание твердых бытовых отходов (ТБО) – до 9 % и ограничено как отсутствием финансового ресурса в виде «длинных», на 6...8 лет, денег, так и снизившейся теплотворной способностью ТБО в связи с падением уровня жизни населения, обусловленную инфляцией гривны.

Наибольший же потенциал замещения имеет электроэнергия. Она составляет 14 %, если использовать электроэнергию напрямую, и 29 % – если около 30 % электроэнергии пустить на тепловые насосы с COP 2,5...3,5 (рис. 2, а).

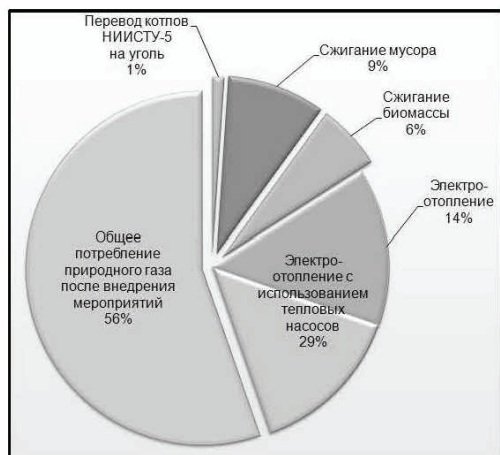
Предлагаемые электрические системы теплоснабжения могут быть концептуально централизованными, умеренно децентрализованными, и индивидуальными. Централизованные системы предполагают установку электроподогревателей обратной сетевой воды (электрокотлов) в объеме, лимитируемом мощностью резервного электрического ввода котельных. Использование профицита электрической энергии в ночной период путем объединения традиционного централизо-

ванного теплоснабжения на природном газе в дневной период с электрообогревом в ночной, обеспечивает замещение до 1,5 млрд. м³ газа и составляет основу перехода к так называемому гибриднему теплоснабжению.

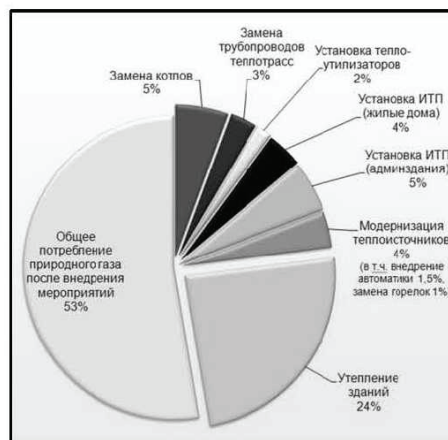
Умеренно-децентрализованное теплоснабжение на основе электроэнергии предполагает установку баков-аккумуляторов в домах с электроплитами, что позволяет использовать существующие сети, обеспечить отопление зданий на базе собственных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в осенне-весенний период и частично уменьшить теплопотребление зданий зимой.

Что до индивидуального электроотопления, то это использование электроподогрева пола совместно с кондиционером (тепловым насосом), работающим на отопление с COP больше 3.0.

Потенциально именно электроотопление придет на смену нынешним технологиям. Так в марте 2017 г. компания Tesla предложила строительство аккумуляторных электромощностей взамен ГАЭС по цене 250 \$ за 1 кВт установленной мощности 100 мВт электромощности под ключ за 100 дней.



а) замещение



б) экономия

Рис. 2. Потенциал замещения и экономии природного газа.

Единственной преградой к переходу на массовое использование электроэнергии для отопления является изношенность базовой генерации (АЭС) и отсутствие стратегии ее поддержания или замещения, а также механизма финансирования таких работ. К сожалению и новая энергетическая стратегия до 2035 г. не прояснила, а еще более усложнила понимание этого вопроса.

Возможности экономии природного газа непосредственно в источнике теплоснабжения весьма ограничены. Это 1,0...1,5 % за счет замены горелочных устройств, а также до 1,5...2 % за счет новой горелочной автоматики, снижающей перетопы в переходной период. Всего, за счет повышения КПД котлов – от 2 до 8 %. Усредненно примем 4 %. (рис 2, б).

На выходе из котельной можно дополнительно охладить дымовые газы в утилизаторе теплоты, что обеспечит 3...4 % на котлах некондиционного типа и 8...9 % при установке значительно более дорогих утилизаторов конденсационного типа из нержавеющей стали и реновации дымовых труб.

Потери в теплотрассах составляют от 2...5 % в новых предварительно изолированных сетях, нормативных 13 % и более до 16 % в распределительных и протяженных сетях Харькова и около 18 % в сетях г. Киева. Введение «лимита» максимальных допустимых потерь 13 % приводит к недоиспользованию энергетического потенциала. Например, если имеется резерв мощности на котельной, но потери на транспортировку более 13 % (что часто бывает в больших и старых теплосетях), строится новая котельная, что часто дешевле перекладки сетей с использованием качественных предизолированных труб.

Когда же теплоноситель достигает потребителя, мы сталкиваемся не только с общедомовой системой, которая, чаще всего, не позволяет учитывать и регулировать потребление индивидуально каждым владельцем жилья, но и оснащена, как правило, элеваторным узлом ввода для эффективной работы которого требуется высокое давление на входе. Такое давление обычно отсутствует по техническим причинам. Сети давно изношены и их

предпочитают без нужды не нагружать. Уже несколько лет, как отменены температурные испытания сетей, а сегодня обсуждается и вопрос отмены гидравлических испытаний. Что до мнения автора по данному вопросу, то в гидравлических испытаниях давлением 1,25 от расчетного в нынешнем формате, без отсечения иных потребителей и закольцовки участка сети, большого смысла в таких испытаниях не просматривается.

Замена элеваторных узлов на индивидуальные теплопункты (ИТП) даст существенные возможности для экономии топлива.

Во-первых, из-за того, что элеваторный узел (фактически представляющий собой водяной эжектор) очень чувствителен к изменению давления на входе. Так как в последние годы регулировка практически всех систем теплоснабжения претерпела значительные изменения (уменьшились расходы в связи с отключением ряда потребителей, упало давление в системе, упало оно и из-за установки ИТП на части зданий), элеваторные узлы практически не работают, создавая лишь дополнительное сопротивление и разбалансируя систему.

Во-вторых, из-за возможности регулирования температур в зданиях, в которых можно не поддерживать комфортную температуру в течение всего времени суток. Это, например, учреждения, кроме больниц. На таких объектах установка ИТП обеспечивает экономию в 20...25 %, в то время, как на жилье лишь 3...5 %.

Несмотря на такой значительный эффект в админзданиях в целом по стране эффект не превышает 5 % из-за небольшого числа таких зданий, относительно жилого фонда.

Что до потенциала энергосбережения за счет утепления зданий, то формально он достаточно велик и составляет до 24 %, и именно на использование этого потенциала направлены усилия правительства и гражданского общества в последние годы, однако следует учитывать, что это один из наиболее дорогих в финансовом отношении потенциалов, доступ к которому ориентировочно оценивается в 500 млрд. грн.

Последнее время именно этому направлению эко-

номии посвящено множество работ. Хочется их дополнить следующими соображениями:

- внешнее утепление может при неверном расчете приводить к конденсации в толще самой стены;

- крепление теплоизоляционных мат шурупами или дюбелями создает мостики холода, количество которых от 8 и более на 1 м<sup>2</sup> при заглублении от 30 мм полностью нивелирует установку теплоизоляции в стене стандартной бетонки;

- латочное утепление (поквартирное) должно быть запрещено не только с точки зрения сохранения фасада здания, но и с точки зрения невозможности регулирования теплоснабжения по стоякам (в утепленных квартирах жарко и они просят уменьшить параметры теплоносителя для экономии, а в квартирах выше и ниже при этом холодно). Не ясно также, что делать со множеством уже утепленных таким методом квартир.

С тем, что утеплять старый фонд «бетонки» и «хрущевки» необходимо, все согласны, однако дело это не очень скорое и весьма не дешевое.

Так, вложение, обеспечивающее экономию 1 тыс. м<sup>3</sup> природного газа составит около 200 тыс. грн., что при цене 200 долл. США за 1 тыс. м<sup>3</sup> обеспечит возврат инвестиций за 40 лет, но это один из самых пессимистических прогнозов.

Если выстроить рассматриваемые нами методы энергосбережения по срокам окупаемости, с учетом новых цен на тепловую энергию, то безусловным лиде-

ром с окупаемостью до 1 года является сжигание биомассы, на втором месте – модернизация котельных с окупаемостью до 1,5 лет. С небольшим отставанием и окупаемостью до 2 лет свое место занимает электроотопление. Установка теплоутилизаторов неконденсационного типа окупается за 1,5, а конденсационного – за 2,5 года. Замена котлов мощностью до 3,15 МВт окупится за 3 года, а установка индивидуальных тепловых пунктов на административных зданиях – за 3,5 года. Наименее быстроокупаемым мероприятием являются электроотопление с использованием теплонасосных технологий – 6 лет, и сжигание мусора – 8...9 лет.

Если все рассматриваемые мероприятия построить по ранжиру вложений, необходимых для экономии 1 тыс. м<sup>3</sup> природного газа рис. 4, то получим такую картину: с вложениями до 1 тыс. грн. лидирует модернизация котельных с заменой горелок и автоматики, до 2 тыс. грн. – сжигание биомассы; установка теплоутилизаторов потребует до 4 тыс. грн.; электроотопление – около 6 тыс. грн.; замена котлов – более 8 тыс. грн.; установка ИТП на админздания – 30 тыс. грн. и использование тепловых насосов – 35 тыс. грн. В следующей ценовой категории более 50 тыс. грн. за 1 тыс. м<sup>3</sup> сэкономленного газа видим ТЭЦ на мусоре с ценой 55 тыс. грн.; утепление зданий с ценой 60...65 тыс. грн.; установка ИТП на жилые дома – до 120 тыс. грн. и замена теплотрасс на предварительно изолированные – более 200 тыс. грн.

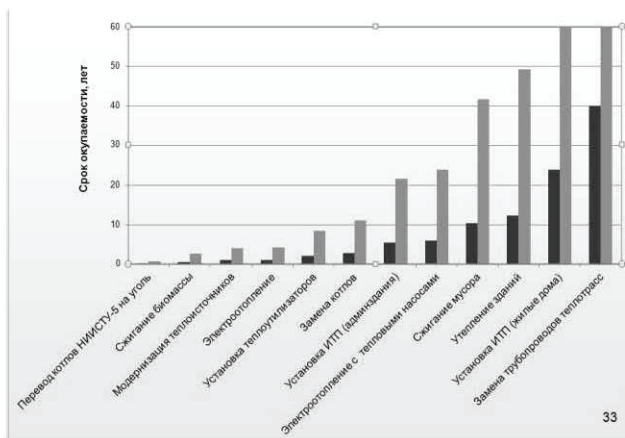


Рис. 3. Срок окупаемости вложений.

Говоря о теплоснабжении населения, мы в последнее время ставим во главу угла экономику, в том числе в обсуждении вопросов сохранения систем теплоснабжения как таковых. Думается, что это не очень верный подход. Если вернуться к основополагающим учебникам теплоснабжения, то цитируем, что задачей централизованного теплоснабжения (ЦТ) является: «обеспечение надежного и бесперебойного отопления населения». Вот на этой надежности и бесперебойности хочется остановиться подробнее.

Из рис. 5 видно, что количество котлов более 100 Гкал/час в Украине не превышает 1 % от численно-

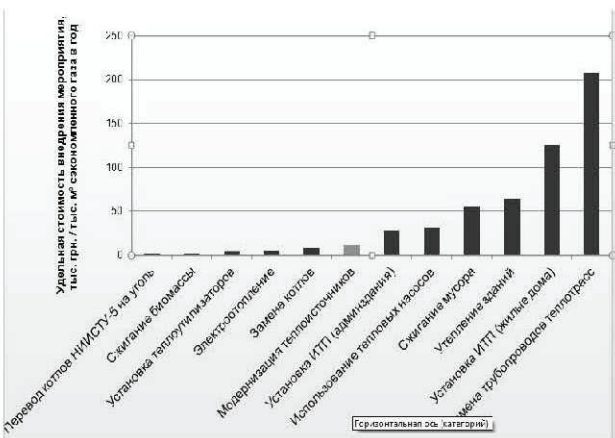


Рис. 4. Удельная стоимость внедрения мероприятий.

сти, в тоже время они производят до 50 % всей тепловой энергии ЦТ. Еще около 20 % производят котлы от 20 до 100 Гкал/час. Итого, 3 % котлов производят до 70 % тепловой энергии. Очевидно, что именно выход этих котлов из строя и приведет к необратимой утрате ЦТ в Украине и этого нельзя допустить. Что же угрожает этой группе котлов в первую очередь? Это – потеря потребителя и недогрузка. Последнее снижает КПД и ставит под сомнение саму целесообразность эксплуатации таких котлов.

На второе место следует поставить устаревшие системы регулирования и автоматики, что приводит к



пережогу топлива в переходные периоды. На третье – достаточно высокую температуру уходящих газов и отсутствие теплоутилизации, и на последнем (относительно не по значимости) – проблему конденсации дымовых газов в кирпичных трубах при низких нагрузках.

Можно подробно рассказывать о технических решениях, разработанных в нашем Институте для минимизации вышеизложенных проблем, однако это тема иной статьи. Хочется отметить, что мы имеем как новые, так и модернизированные на базе установленных типовых, горелочные устройства; системы управления и безопасности, в том числе с использованием датчиков кислорода и  $\gamma$ -зонда; утилизаторы теплоты конденсационного,

не конденсационного и комбинированного типов; средства защиты дымовой трубы и многое другое.

Так, для котлов серии ПТВМ вертикальной компоновки (ПТВМ-50, ПТВМ-100) мощностью, соответственно, 58 и 116 МВт, интерес представляет техническое решение Института газа НАН Украины, предлагающее установку горелочных устройств стадийного сжигания и дополнительной щелевой горелки в холодной воронке, что улучшит работу котла на низких нагрузках и наряду со снижением образования оксидов азота на 20...25 % обеспечит экономию газа 5 и 10 млн. м<sup>3</sup>/год для котлов 50 и 100 Гкал соответственно.

**Таблица 1. Пути модернизация основных котлов коммунального хозяйства**

№	Тип котлов	Мощность, МВт	Мероприятие	Кап. затраты, тыс. грн.	Повышение КПД, %	Эколог. эффект.	Годовая экономия газа млн. м <sup>3</sup>	Другие преимущества	Окупаемость, год
1.	ТВГ-8, ТВГ-8М, КВГ-7,56, ТВГ-4р	4-10	Замена горелок на подовые 3-й модели	150	1,4-2,1	Сниж. NOx на 20%	0,66	Улучшение регулируемости Продление ресурса горелок	1
			Замена конвективной поверхности нагрева на новую из труб $\varnothing 32 \times 3$	320	3,5	-	1,33	Продление ресурса котла	1,1
			Комплексная модернизация с заменой горелок и конвективной поверхности нагрева	470	5,0	Сниж. NOx на 20%	1,99	Продление ресурса котла на 15 лет	1
2.	ДЕ-10, ДЕ-16, ДЕ-25	7-20	Переоборудование горелки в двухколлекторную с режимом малого газа	100-120	2-3 (до 6 в осенне-весенний период)	Сниж. NOx на 30%	0,8 (3,8)	Улучшение регулируемости Малые нагрузки	0,8
3.	ПТВМ-50 ПТВМ-100	58 116	Перевод вихревых горелок на горелки ступенчатого горения	900		Сниж. NOx на 45%	-	Улучшение регулируемости	-
			Модернизация котла с установкой дополнительной горелки в холодной воронке	500-700	2-3	Сниж. NOx на 20%	5-10	Улучшение регулируемости Малые нагрузки	1

Для котлов меньшей мощности ДЕ и ДКВР от 6 до 25 Гкал или до 20 МВт мы, также совместно с Институтом газа НАН Украины, предлагаем переоборудовать установленные вихревые газомазутные горелки в чисто газовые двухколлекторные, с переоборудованием мазутной форсунки в встроенную горелку малого газа. Параллельно с лучшим регулированием и возможностью работы на сниженных нагрузках обеспечивается снижение образования оксидов азота на 30 % и годовая экономия газа в 800 тыс. м<sup>3</sup>, что гарантирует окупаемость проведенных работ до 1 года.

Всего в системе ЦТ необходимо заменить 6200 горелок, что даст 180 млн. м<sup>3</sup> экономии газа.

Для котлов типа ТВГ и КВГ, которых много в эксплуатации, можно по замене горелок на новые подовые с современной автоматикой и замену конвективных

пакетов на сваренные из труб 32 x 3, что обеспечивает продление ресурса котла на 15 лет с окупаемостью до 1 года.

Обзор ситуации с котлами был бы не полным, если бы обошли вниманием котлы НИИСТУ-5, число которых уменьшают уже более 25 лет. На сегодня их осталось в эксплуатации только в коммунальной теплоэнергетике 4490 единиц, из которых около 2350 отработало свой ресурс и нуждается в срочной замене или реконструкции (рис. 6).

Несложная и недорогая модернизация, предложенная нашим Институтом (рис. 7), как и иные виды модернизации этих котлов внедрены на 313 котлах, что составляет около 7 % парка котлов. Причем безусловными лидерами такой модернизации выступает Николаевская (72 котла), Черкасская (80 котлов) области.

При модернизации котлов может быть сэкономлено природного газа 162 млн. м<sup>3</sup>/год. Рациональным подходом в замене котлов до 3,15 МВт можно считать такой. Разделить аналогичные котлы на 3 группы:

Первая – котлы, которые последние 3 года не эксплуатировались и находятся в резерве. Эти котлы замене не подлежат.

Вторая – котлы, эксплуатируемые при падении температуры окружающей среды ниже – 15 °С. Эти котлы нуждаются в недорогой модернизации.

Третья – котлы, работающие в базе. Такие котлы

нуждаются в замене. Ориентировочная стоимость замены котла НИИСТУ-5 на новый современный котел аналогичной мощности, разработанный в Институте под руководством автора, не менее 400 тыс. грн.

Оценивая ориентировочную потребность в оборудовании ЦТ можно отметить не менее 2000 шт. котлов до 1 МВт, около 200 капитальных ремонтов котлов 50...180 МВт, более 4000 теплоутилизаторов, около 1100 ИТП, 1750 котлов на биомассе (более 1 МВт), более 7,5 тыс. км теплотрасс, 750 блочных котельных и более 3000 теплонасосных установок.



Рис. 5. Доля котельных разной мощности в Украине и их вклад в производство тепловой энергии.

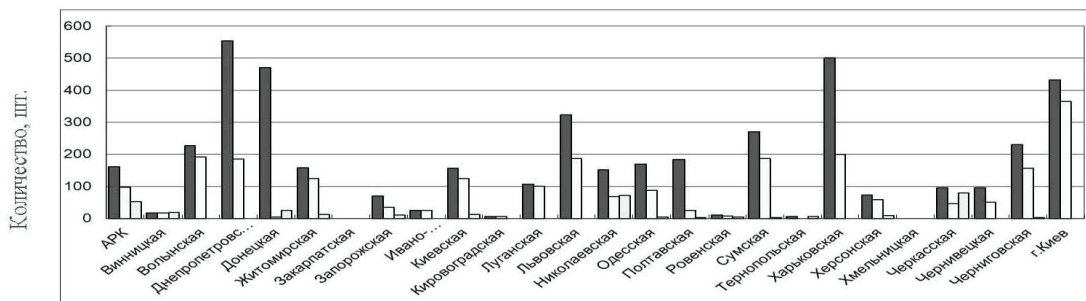


Рис. 6. Результаты мониторинга технического состояния котлов НИИСТУ-5 теплоснабжающих предприятий Украины. Количество котлов – 4493 шт., работают более 20 лет – 2348 шт.

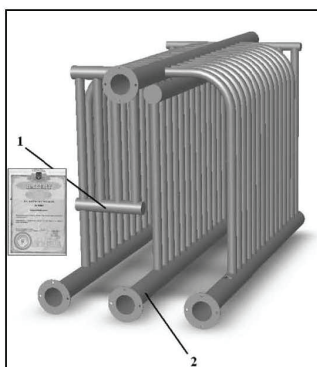


Рис. 7. Модернизация трубной части котла НИИСТУ-5.

### Выводы

Автор считает целесообразным :

1. Вернуть большие (50...180 МВт) котлы не баланс Государства. Местные власти не имеют ресурсов для их содержания и ремонта, а это 50 % ЦТ.
2. Установить на этих котлах конденсационные теплоутилизаторы, горелки малого газа и датчики кислорода в уходящих газах. Это может дать около 400 млн. м<sup>3</sup> экономии газа.
3. Не проводить тендеры на закупку каждого котла, а провести тендер единовременно за заводы по производству разных типов котлов и в дальнейшем производителю не менять. Это позволит загрузить заводы и

обеспечить украинское производство оборудования.

4. Закрепить за Минрегионбудом законодательно техническую политику централизованного теплоснабжения, за которую ведомство должно отчитываться ежегодно.

5. Закрепить коммунальное имущество за мэром города. Приходя после избрания он должен принимать у предшественника, а уходя, сдавать последователям протяженность тепловых и иных сетей, число котельных, котлов и т.д.

6. Вернуть централизованное финансирование отраслевой науки в Министерства.

7. Сменить экономическую политику энергорынка для стимулирования резкого увеличения ночного потребления электроэнергии. Это даст стимул достройки атомных энергоблоков, продаже электроэнергии за рубеж, развитию альтернативной энергетики.

8. Использовать международные гарантии и кредитные программы для привлечения инвестиций в строительство ТЭЦ на твердых бытовых отходах. Для этого необходимы крупные (от 300 млн. долл. США) инвестиции не менее, чем на 9...10 лет.

9. Украина имеет серьезные проблемы с торфяни-

ками, которые склонны к самовозгоранию и, соответственно, загрязнению воздуха. Вozить насыпной торф экономически нецелесообразно, а брикетировать дорого. Использование торфа может стать для Украины существенным ресурсом. Однако путь лежит в строительстве небольших, возможно, передвижных, электростанций непосредственно на торфяниках с передачей электроэнергии в сеть и использованием сбросной теплоты для сушки новых порций торфа.

10. Методы энергосбережения, а также методы замещения природного газа могут в пределе дать эффект снижения его потребления до 2 млрд. м<sup>3</sup>/год по каждой группе методов.

Стоимость внедрения первой группы методов (энергосбережение) приближается к 60 млрд. грн., причем наиболее затратными (30 млрд. грн.) являются самые необходимые – мероприятия по замене теплотрасс, без выполнения которых иные и не имеют смысла.

Из мероприятий по использованию альтернативных видов энергии стоимостью около 30 млрд. грн. наиболее затратной является программа использования электроэнергии стоимостью более 8 млрд. грн., однако именно ее следует рассмотреть в первую очередь.

## WAYS OF REDUCTION OF NATURAL GAS CONSUMPTION IN MUNICIPAL HEAT ENERGY SECTOR

**Sigal O.I.**

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
vul. Zhelyabova, 2a, Kyiv, 03680, Ukraine

Condition of equipment of municipal heat energy sector of Ukraine was analyzed. Capabilities of reduction of natural gas consumption and ways of gas replacement of another types of fuel were considered.

**Key words:** municipal heat energy sector, natural gas, boilers, burners.

*Получено 14.03.2017  
Received 14.03.2017*