

Водогрейные котлы малой мощности. Возможности их модернизации и производства с учётом критериев эффективности.

Вопрос повышения эффективности работы тепловых энергетических машин и аппаратов становится всё более актуальным, в связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы, а также сокращению их запасов в недрах земли. Промышленные предприятия Украины оказались не подготовленными к работе в новых экономических условиях, осложненных экономическим кризисом и общим спадом производства. Особенно осложнилась ситуация в связи с переходом на мировые цены на энергоносители. Технологии, потребляющие топливно-энергетические ресурсы, остались прежними. Большой своей частью они оказались энерго- неэффективными, и структура себестоимости продукции изменилась в сторону повышения энергетической составляющей. Нельзя не отметить и экологические аспекты. Глобальное потепление, парниковый эффект, вызванные выбросами СО в атмосферу, все это вынуждает уже сегодня бороться за чистое небо, экономию энергоресурсов, повышение энергоэффективности существующих технологий и разрабатывать новые, более эффективные, экономически целесообразные и экологически чистые энергетические машины и установки.

В настоящее время интенсивно развивается малая энергетика, в большом количестве строятся индивидуальные котельные на предприятиях, жилых домах, и т.п. Отсоединение их от общей теплосети вызвано перебоями в теплоснабжении, непостоянными параметрами теплоносителя, а также дороговизной получаемого тепла. В связи с этим появляется повышенный спрос на отопительные котлы сравнительно небольшой мощности (50...450 кВт). Такие котлы обладают общими признаками в первую очередь это единое конструктивное решение всего типоряда, возможность комплектации горелочным устройством и группой безопасности непосредственно на заводе-изготовителе и пр.

В настоящее время в коммунальном секторе водогрейные отопительные котлы малой мощности, на нашем рынке в большей степени представляли зарубежные производители, но в последнее время стали появляться и отечественные котлы малой мощности с вентиляторными горелками с достаточно высоким КПД – 93-94% и низкой эмиссией загрязнения окружающей среды.

Это вызвано в первую очередь тем, что по данным областных администраций срок эксплуатации 57% котельных превышает 20 лет, 40% эксплуатирует котлы с КПД менее 82%.

В эксплуатации более 20 лет находится 10800 котлов производительностью от 100 кВт до 1 МВт. Не подлежит модернизации и нуждается в замене около 14 тыс. котлов мощностью до 1 МВт.

Данный сектор рынка имеет большие перспективы и должен в ближайшие годы получить ещё большее развитие направленное как на замену отслуживших свои сроки и моральноустаревшие котлоагрегаты, так и в плане модернизации существующего оборудования направленной на повышение их эксплуатационной надёжности, повышения КПД, снижения затрат на топливо, воду и электрическую энергию при производстве тепловой энергии.

Следует отметить, что модернизация действующих котлов малой и средней мощности на несколько порядков дешевле их полной замены, т.к. она не требует значительных инвестиционных затрат и может быть выполнена в короткие сроки значительно сокращая себестоимость производимой тепловой энергии.

Направления такой модернизации это: интенсификация топочного теплообмена, за счёт интеграции в топочное пространство дополнительных поверхностей нагрева, экранов-излучателей, вторичных излучателей и т.п., возврат на повторный дожиг топочных газов, установка экономайзеров вода/вода и вода/воздух, подаваемый на горение, различные схемы аккумуляции тепловой энергии, зонированное распределение тепловой энергии по тракту топочных газов, за счёт применения перегородок-излучателей, различных конструкционных материалов, отличающихся коэффициентами теплопередачи (например: интеграция алюминиевых деталей в чугунные котлы или использование красномедных теплообменников в стальных котлах и т.п.), изменение теплоёмкости теплоносителя за счёт изменения его текучести и т.д.

Кроме того, следует рассматривать задачи модернизации направленные на замену оборудования и технологические улучшения, направленные на экономию и сокращение потребления воды и электрической энергии, при производстве тепловой энергии, переход на использование альтернативных источников топлива и энергии.

В связи с этим, – актуальной задачей является определение критериев эффективности влияющих на экономию топливно-энергетических ресурсов и эксплуатацию котельных установок. Их можно рассматривать следующими группами:

- Организационные, например изменение графика производства и распределения тепловой энергии, режимные наладки, учёт и пр.
- Технические, например техническое перевооружение, полная либо частичная замена оборудования, модернизация оборудования и пр.
- Экономические, обосновывающие целесообразность проведения мероприятий и сроки их окупаемости;
- Экологические, направленные на сокращение вредных выбросов в атмосферу и защиту здоровья населения;
- Эксплуатационные направленные на повышение устойчивости и стабильности производства тепловой энергии, продление сроков

службы, сокращение расходов на текущие и капитальные ремонты оборудования;

- Стратегические, направленные на развитие населённых пунктов и инфраструктуры регионов, с учётом энергонезависимости объектов

Более подробно остановимся на технических аспектах, которые следует учитывать при конструировании, производстве и модернизации котельных установок малой мощности.

Основными техническими требованиями, которые предъявляют к котлам можно отнести: устойчивость работы при нестабильном давлении газа, достаточно высокий КПД, и низкую эмиссию загрязнения атмосферы вредными выбросами.

Различия конструкций и как следствие факторов влияющих на эффективность отопительных котлов можно разделить по следующим критериям:

- Вид применяемого топлива (природный газ, сжиженный газ, дизельное топливо, отработанные масла и т.п.)
- Горелочное устройство (атмосферное либо вентиляторное)
- Вид используемого теплоносителя (вода, воздух, гарное масло)
- Назначение (отопление, горячее водоснабжение, технология и т.п.)
- Мощность (малая от 50 до 450 кВт. - имеют общее конструктивное решение, могут поставляться с унифицированными горелками, средняя от 450 до 5000 кВт. и большая от 5000 до 20000 кВт. Как правило, горелочное устройство, поставляется отдельно)
- Конструкционные материалы (сталь, чугун, цветные металлы либо их комбинации)
- Огневые и отопительные ходы дымовых газов (одно-, двух-, и трёхходовые)
- Способу производства тепла (высокотемпературные – температура котловой воды превышает 100°C , низкотемпературные – температура котловой воды не превышает 100°C и при её достижении выключает котёл, с плавно понижаемой температурой котловой воды – температура котловой воды не превышает 100°C и зависит от потребности в тепле, конденсационные – использующие, за счёт развитых поверхностей теплообмена, скрытую теплоту парообразования)
- Нормами безопасной эксплуатации ДНАОП Украины – (низкое либо высокое давление котловой воды, площадь поверхности теплообмена, рабочие температуры)
- Экономические показатели себестоимости производимой тепловой энергии.

В таблице 1 приведены номинальные теплопродуктивности и КПД котлов малой мощности, серийно выпускаемых в Украине, из них наиболее распространенными, в коммунальной энергетике и промышленности, являются: НИИСТУ, Универсал, Минск.

Таблица 1.

Тип котла	Номинальная теплопродуктивно сть Гкал/час	Значения КПД, не менее	
		Природный газ	Жидкое топливо
НИИСТУ – 5	0,3-0,7	83	
Универсал -3	0,2-0,4	80	
Универсал – 6	0,3-0,65	87	
Минск -1	0,4-0,9	85	
Колви -90	0,09	93	92
Топаз - 100	0,1	92	92
Виктор	0,1	93	92

Параллельно с этим на сегодняшний день в Украине сертифицировано и разрешено к применению необоснованно большое количество импортных котлов и горелочных устройств. Одновременно с современными, высокотехнологичными изделиями сертифицируются котлы с низким КПД, высокими выбросами вредных веществ, часто снятыми с производства и запрещёнными к использованию в своих странах.

Например, сложно объяснить целесообразность применения, сегодня, в Украине котлов превышающих Европейские нормы по выбросам в атмосферу CO и NO_x, либо котлы и горелки из Марокко, Ирана, Японии, Южной Кореи находящиеся на значительном удалении или по своим техническим решениям морально устарели. Одновременно украинскими предприятиями могут и должны выпускаться современные котлы, часто превосходящие по уровню своих технических решений и показателям аналогичное импортное оборудование, например разработки НИИ технической теплофизики НАНУ, внедрённые в производство, в последние годы «Крымтеплокоммунэнерго», «Киевэнерго» и др.

Для примера сравним один из наиболее важных факторов эффективности котлоагрегата – КПД. Большое разнообразие отопительных котлов малой мощности затрудняет объективный выбор необходимой модели аппарата различных производителей. На рис.1 представлен график иллюстрирующий значения КПД котлов малой мощности 15 различных моделей производства Украины, Германии, Италии, Франции, Австрии.

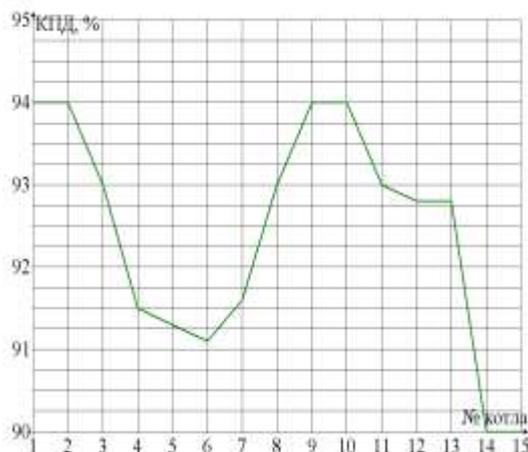


Рис.1 КПД котлов малой малой мощности

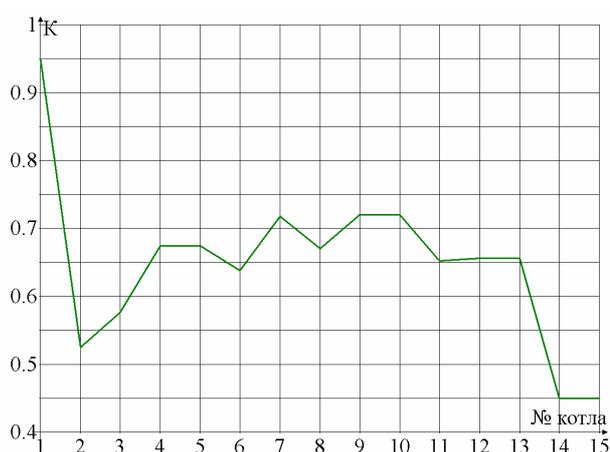


Рис. 2 Отношение $T_{ух. газов}$ к $T_{котловой воды}$

1. *Виктор*100 – Украина -100 кВт
2. *Viessmann Vitoplex* – Германия -105 кВт
3. *Buderus – SK –425* – Германия -90 кВт.
4. *Riello 3300* – Италия -100 кВт
5. *Riello 3800 BTS* – Италия -100 кВт
6. *Riello 3500 SAT* – Италия -115 кВт
7. *Riello RTQ – 100* – Италия -115 кВт
8. *Bosh* – Германия -99 кВт
9. *De Dietrich GT – 218* – Франция -98 кВт
10. *De Dietrich GT – 300* – Франция-140
11. *Strebel Eurogas – EG* – Австрия -113 кВт
12. *Strebel Ca 7S – 5* – Австрия -95
13. *Strebel Ca 7S – 6* – Австрия 119 кВт
14. *Bongioanni K 2/6* – Италия -100 кВт
15. *I.VAR SuperRAC* – Италия -105 кВт

В результате проведенного анализа технических характеристик котлов мощностью от 90 до 140 кВт производителей различных стран: *Виктор – 100, Колви 90, Тоназ 100* - Украина, *Vitoplex – Viessmann; Buderus – SK; Bosh* Германия; *De Dietrich* Франция; *Strebel* Австрия; *Bongioanni; Riello; IVAR SuperRAC* Италия было установлено, что наибольшим нормируемым КПД - 94% обладают котлы: *Виктор, Viessmann, De Dietrich, Колви 90, Тоназ 100*.

Однако удельная стоимость нагрева теплоносителя в них существенно различается. Результаты анализа приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Удельная стоимость нагрева воды в котлах малой мощности

Тип котла	<i>Viktor – 100</i>	<i>Vitoplex – 100</i>	<i>De Dietrich GT – 218</i>	Колви 90	Тоназ 100
Удельная стоимость. Долл.США/кВт	35,6	57,5	48,7	42,8	40,1

Из приведенной таблицы видно, что котёл *Виктор – 100*, выпускаемый серийно «Броварским заводом коммунального оборудования», экономичней котлов с одинаковым КПД.

Автором было предложено провести экспериментальную работу по модернизации данного типа котлов с целью повышения их эффективности за счёт инсталляции в жаровую трубу дополнительной огневой трубы, выполняющей функции вторичного излучателя и позволяющей повысить

КПД и снизить вредные выбросы в атмосферу, путём создания третьего хода дымовых газов внутри топочного пространства (жаровой трубы).

Необходимость предложенной модернизации основывалась на том, что в процессе эксплуатации котельные агрегаты теряют свою эффективность ввиду отложений накипи и коррозии на теплообменных поверхностях и за счёт зольных и сажистых отложений внутри топки.

Следует отметить, что повышение КПД отопительных котлов свыше 94%, является сложной технической задачей, в связи с возможностью перехода в конденсационный режим эксплуатации и образованием конденсата в сборной коробке дымогарных труб и дымовой трубе при температуре уходящих газов ниже 50°C [1-4].

Одним из основных требований к надежной работе водогрейных котлов является отсутствие поверхностного кипения на стенках поверхностей нагрева. Это требование обусловлено тем, что подобного типа котлы работают на природных водах со значительным содержанием солей жесткости, которые при наличии кипения образуют внутренние отложения. Накопление последних приводит со временем к повышению температуры металла поверхностей нагрева и возможным более крупным неприятностям. В связи с этим при расчетах новых котлов и модернизации существующих рекомендуется принимать температуру уходящих газов на уровне более $90...100^{\circ}\text{C}$ [1]. На рис. 2 приведен анализ отношений температур теплоносителя к температурам уходящих газов по 15 различным котлам.

Подобного результата удалось добиться благодаря применению метода низкотемпературного сжигания топлива за счёт развитой поверхности теплообмена, омываемой, котловой трубой, со всех сторон жаровой трубой и эффективного конвективного пучка труб в котле, представляющий собой пучок продольно-омываемых труб, с турбулизаторами (Рис.3)

Котёл "Виктор" - цельносварной, высокообъёмный, жаротрубный, двухходовой, газоплотный. Оснащен вентиляторной горелкой, газовой либо жидкотопливной, возможна установка комбинированной (двухтопливной) горелки (рис. 3). Параметры работы котла могут регулироваться по температуре подающего трубопровода и котловой воды 115° , 95° , 70°C на 50°C обратной воды. Котёл работает только с принудительной циркуляцией теплоносителя в системе водяного отопления и горячего водоснабжения.

Экологически чистый, т. к. обеспечивается сгорание топлива с малым образованием вредных веществ благодаря низкой температурной нагрузке камеры сгорания, двухходовой системе и высокой полноте сгорания топлива. Вредные выбросы котла при работе на газообразном топливе: NO_x – 24 мг/м^3 , CO - 4 мг/м^3 - на жидком топливе: NO_x – 96 мг/м^3 , CO - 12 мг/м^3 .

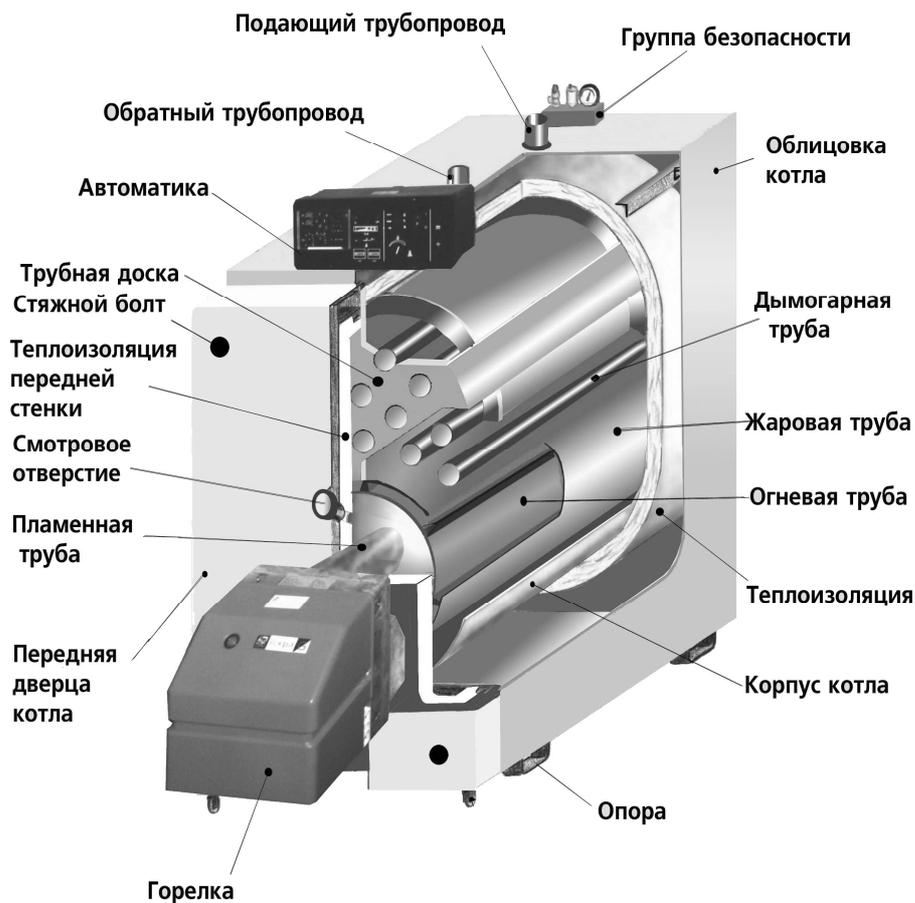


Рис.3. Водогрейный котёл «Виктор»

После введения в топку котла дополнительного вторичного излучателя в виде огневой трубы, был получен третий ход дымовых газов, за счёт изменения аэродинамики внутри топочного пространства, и частичный повторный дожег дымовых газов, значительно улучшивший экологические показатели. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 3. Изменение показателей работы котла «Виктор» после проведенной модернизации

Показатели работы котла «Виктор -100» на газе	КПД, %	CO ₂ , мг / м ³	CO, мг / м ³	NO _x , мг / м ³
До модернизации	93,0	9,5	4,0	24,0
После модернизации	94,2	9,7	0	16,0

Выводы:

- Существующий котельный парк Украины требует на сегодняшний день частичной замены существующего оборудования и проведения его крупномасштабной модернизации.
- Данная задача не может быть решена в короткие сроки из-за отсутствия возможности её финансирования.
- Необходим поиск быстрокупаемых, малозатратных мероприятий позволяющий сократить импорт иностранного

оборудования и обеспечить эффективную работу и продление сроков эксплуатации существующего.

- Благодаря использованию вторичных экранов отражателей эта задача может быть решена качественно и в короткие сроки, без привлечения дополнительных денежных займов, за счёт собственных денежных средств предприятий Украины.
- Ожидаемый экономический эффект от предложенных мероприятий может составить до 20% экономии газа и снижение экологической нагрузки по CO₂ до 15%, а NO_x до 30% в год от существующих.

Литература:

1. К.Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф. Роддатиса. М.: Энергоатомиздат, 1989.-488 с.: ил.
2. Сигал И.Я. Малозатратные методы реконструкции существующих котлов. К.- 2002, Сборник трудов 12 конференции, Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики
3. Dr. Hans Viessmann, Viessmann Heizungshandbuch, Genter Verlag Stuttgart – 1989, 660 S.
4. Технические условия на производство котла водогрейного КСА « Виктор»