

Ш.Р. Орумбаева¹, Р.К. Орумбаев²

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ПРИ ЗАМЕНЕ МОРАЛЬНО УСТАРЕВШИХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В статье выполнена оценка экономического и экологического эффекта для обоснования замены отработавших ресурс котлов на водогрейные котлы с высоким КПД и с улучшенными экологическими показателями. Оценка выполнена на основе действующих тарифов и нормативных документов в соответствии со статистическими данными Республики Казахстан. Получена зависимость экономических и экологических показателей от КПД и величины тепловой мощности новых водогрейных котлов.

Ключевые слова: экономический эффект, экологические показатели, водогрейный котел, КПД, ТЭЦ.

Форм. 1. Табл. 1. Рис. 3. Лит. 16.

Ш.Р. Орумбаева, Р.К. Орумбаев

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО Й ЕКОЛОГІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ЗАМІНИ МОРАЛЬНО ЗАСТАРІЛИХ ВОДОГРІЙНИХ КОТЛІВ В РЕСПУБЛІЦІ КАЗАХСТАН

У статті оцінено економічний та екологічний ефект для обґрунтування заміни котлів, які відпрацювали свій ресурс, на водогрійні котли з високим ККД і з поліпшеними екологічними показниками. Оцінювання виконано на основі діючих тарифів і нормативних документів відповідно до статистичних даних Республіки Казахстан. Отримано залежність економічних та екологічних показників від ККД і величини теплової потужності нових водогрійних котлів.

Ключові слова: економічний ефект, екологічні показники, водогрійний котел, ККД, ТЕЦ.

Sh.R. Orumbayeva, R.K. Orumbayev

ESTIMATION OF ECONOMIC AND ECOLOGICAL EFFECTS AT REPLACEMENT OF OUTDATED WATER-HEATING COPPERS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

The article estimates the economic and ecological effects to ground the replacement of outdated coppers with water-heating coppers of high efficiency and improved ecological indices. The estimation is carried out on the basis of the existing tariffs and normative documents and using the statistical data of the Republic of Kazakhstan. The dependence of economic and ecological indicators on the thermal efficiency and heating power of the newer water-heating coppers is demonstrated.

Keywords: economic effect; ecological indicators; water-heating copper; thermal efficiency; heat & power station.

Постановка проблемы. Теплоэнергетика Казахстана базируется на применении традиционного органического топлива — угля, природного газа и жидкого топлива [16]. Несмотря на значительные промышленные запасы угля в Казахстане (34100 млн. т [8; 15]) и разрабатываемые запасы природного газа (1639 млрд. куб.м [8; 15]), дальнейшее использование угля и углеводородов в

¹ Университет международного бизнеса, г. Алматы, Республика Казахстан.

² Казахстанский научно-исследовательский институт энергетики им. академика Ш.Ч. Чокина, г. Алматы, Республика Казахстан.

енергетике и, соответственно, в теплоснабжении будет сдерживаться обязательствами по сокращению выбросов парниковых газов CO₂ согласно Киотскому протоколу, ратифицированному Казахстаном 26 марта 2009 г. [1], и Закону Республики Казахстан «Об энергосбережении» [2]. Водогрейные котлы средней тепловой мощностью до 116 МВт в Республике Казахстан имеют низкую тепловую эффективность и физически изношены до 70% [8]. Тепловая эффективность поверхности труб топочных экранов водогрейных котлов не превышает 35–38%. Средний эксплуатационный коэффициент полезного действия (КПД) подлежащих замене водогрейных котлов в Республике Казахстан (РК) составляет 89%. Поэтому в настоящее время необходима оценка экономического и экологического эффекта для обоснования системной замены морально и физически устаревших водогрейных котлов (пиковый теплофикационный водогрейный мазутный котел – ПТВМ) и других с целью экономии топливных ресурсов (природного газа) и существенного снижения выбросов парниковых газов в атмосферу.

Анализ последних исследований и публикаций. Повышению экономической, экологической и энергетической эффективности работы котельных с водогрейными котлами и связанных с ними организационных и научно-технических мероприятий в условиях эксплуатации котлов посвящены теоретические и практические исследования, приведенные в работах [5–7; 12]. Научные исследования с экономическими расчетами с применением новых более мощных водогрейных котлов и улучшенными экологическими показателями рассматривались в работах [6–8; 11]. Вместе с тем, часть научных проблем по внедрению эффективных водогрейных котлов в существующую инфраструктуру теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и котельные с целью повышения экономических и улучшения экологических параметров с одновременным приростом тепловой мощности и их связи с увеличением КПД котлов в Республике Казахстан остаются нерешенными до настоящего времени.

Нерешенные части проблемы. Существующие исследования по экономическому и экологическому обоснованию замены изношенных котлов на эффективные и мощные водогрейные котлы проводились не достаточно широко. Теплоснабжение от ТЭЦ и районных котельных в 25 наиболее развитых городах Республики Казахстан было централизовано до 79% [8], в том числе теплоснабжение от крупных ТЭЦ – до 47%. Водогрейные котлы серии ПТВМ в составе ТЭЦ и котельных разрабатывались более 55 лет назад. В настоящее время недостаточно исследований по оценке экономического и экологического эффекта в зависимости от роста КПД и прироста тепловой мощности для обоснования системной плановой замены новыми водогрейными котлами средней тепловой производительности на природном газе. Высокая стоимость жидкого топлива в Республике Казахстан для водогрейных котлов относительно природного газа обуславливает высокую себестоимость тепловой энергии и отрицательно сказывается на экономических показателях работы водогрейных котлов.

Основной целью исследования является анализ реального состояния парка водогрейных котлов средней тепловой производительности от 11,6 МВт и до 116 МВт по ГОСТ 21563 в Республике Казахстан и оценка экономического и

экологического эффекта для обоснованной системной замены эффективными водогрейными котлами при работе на природном газе; выявление связи экономического и экологического эффекта в зависимости от коэффициента полезного действия (расхода природного газа), при действующих тарифах на тепловую энергию, топливо и выплаты за вредные выбросы в Республике Казахстан на примере замены 123 водогрейных котлов ПТВМ и других на эффективные котлы с привязкой к существующей инфраструктуре ТЭЦ и котельных; разработка предложений и рекомендаций по экономической и экологической целесообразности плановой замены и модернизации изношенного котельного оборудования для Республики Казахстан, а также стран СНГ, где установлено и находится в эксплуатации аналогичное котельное оборудование.

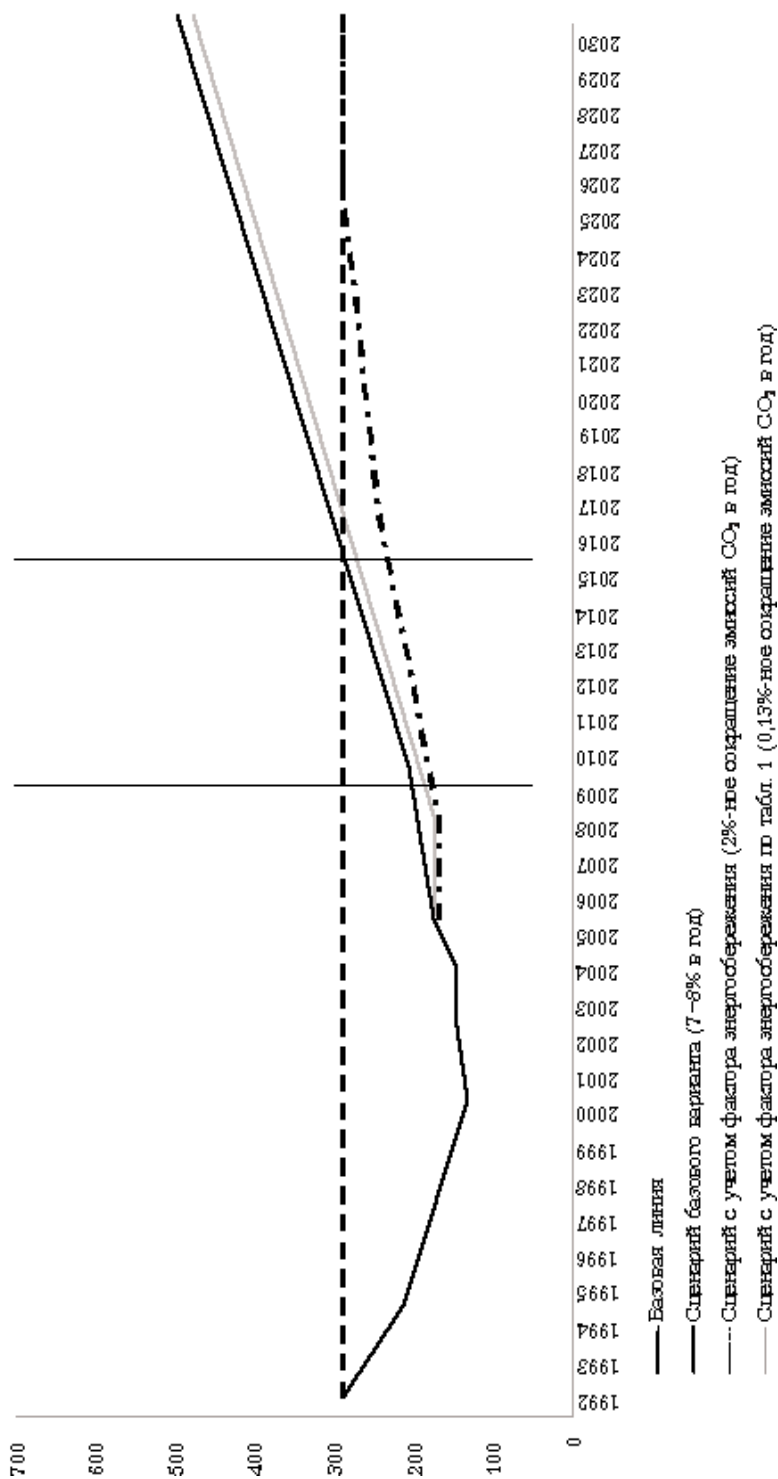
Основные результаты исследования. Эффективность концепции централизованного теплоснабжения научно обоснована специализированными теплотехническими институтами СНГ и практически подтверждена результатами многолетнего опыта в городах, расположенных в различных климатических зонах от берегов Северного Ледовитого океана до субтропиков Украины. Казахстан, расположенный в зоне резко континентального климата, не стал исключением. Расчетные температуры наружного воздуха в РК для проектирования систем отопления изменяются от -15°C на юге и до -40°C [8] на севере с отопительным периодом продолжительностью до 220 суток или до 5280 часов [8]. Зима 2012 г. лишней раз подтвердила важность проблемы.

В Республике Казахстан в настоящее время в эксплуатации находятся 25 ПТВМ-30МС и ТВГМ-30, сорок четыре ПТВМ-100 с КПД до 88,6%, 11 ПТВМ-50, 35 водогрейных котлов КВ-ГМ-100 (котел водогрейный газовый (мазутный)), более 40 устаревших паровых котлов на природном газе ДКВр-20 с КПД до 90% [8] и более 27000 [15] мелких котлов, кроме энергетических котлов.

Оценка экономического эффекта в настоящей работе проводилась для обоснованной замены 123 водогрейных котлов в пересчете на 116 МВт мощности. Суммарно водогрейные и энергетические паровые котлы с ГРЭС, ТЭЦ и котельных различных министерств и ведомств, военных городков и воинских частей, металлургических заводов, нефтяников, шахт и частного сектора выбросили в атмосферу в Казахстане только за прошедший 2011 г. 298 млн. т CO_2 [15].

На рис. 1 показана *динамика роста выбросов* CO_2 в млн. т и уже в текущем 2012 г. Казахстан приблизится к предельной величине выбросов в 300 млн. т парниковых газов, определенной 1992 г. [10]. Поэтому для нормального развития энергетики и промышленности Казахстана необходимо уже в текущем году формирование дополнительного запаса углеродных единиц (CO_2), которое возможно и через комплексные энергосберегающие проекты, в том числе начавшиеся в республике замены морально и физически изношенных водогрейных котлов средней и малой мощности.

Оценка экономического и экологического эффекта с обоснованием замены устаревших конструкций водогрейных котлов ПТВМ-100, ПТВМ-50, ПТВМ-30МС и других назрела давно, поэтому проблемами экономической и

Рис. 1. Динамика роста выбросов CO₂ (1992–2030 гг.) [10]

экологической эффективности и надежности водогрейных котлов необходимо заниматься независимо от экономического кризиса, форм собственности и финансового статуса хозяйствующих субъектов. Новые строящиеся крупные и более современные и дорогостоящие теплоэлектроцентрали и районные котельные в Республике Казахстан предварительно подвергаются экономической и экологической экспертизе.

Совершенствование централизованного теплоснабжения с комбинированным производством электроэнергии и тепла на ТЭЦ принято в развитых странах [8]. Датским национальным комитетом в рамках Мировой энергетической Конференции образован комитет по централизованному теплоснабжению (МИРЭК). Международная ассоциация централизованного теплоснабжения на ежегодной конференции в г. Торонто отмечала, что применение ТЭЦ позволит снизить выбросы CO_2 до 55–70%. Договор к Энергетической хартии и протокол к ней по вопросам энергетической эффективности и соответствующим экологическим аспектам ратифицированы Казахстаном еще 18 октября 1995 года [8].

Во всех конструкциях водогрейных котлов по СНГ работает подтвержденная эксплуатацией на протяжении десятилетий аксиома о том, что трубы топочных экранов воспринимают лучистое тепло только своей проекцией на обмуровку. С учетом даже обратного излучения обмуровки на трубы степень использования поверхности нагрева топочных экранов не превышает 35–38%. Поэтому топочные экраны водогрейных котлов имеют небольшой коэффициент использования.

Анализ возможных способов модернизации водогрейного котла ПТВМ-100 при работе на природном газе *для повышения экономичности и экологических показателей*, проводимых ранее на пространстве СНГ по увеличению тепловой производительности котла выше 87 МВт, показал ограниченные возможности по тепловосприятию топочных экранов и недостаточно экономичную работу котлов серии ПТВМ [8].

Радиационная поверхность нагрева топки котла в 224 кв.м [11] и отношение радиационной поверхности нагрева к конвективной поверхности $H_p/H_{\text{конв}} = 0,075$ для котла ПТВМ-100 приводит к увеличению теплового напряжения радиационной поверхности до $4,8 \times 10^5$ вт/кв.м, а тепловое напряжение топочного объема котла до $4,4 \times 10^5$ вт/куб.м [11]. Когда у водогрейного котла с П-образной компоновкой КВ-ГМ-100 с мембранными экранами радиационная поверхность нагрева составляет $H_p = 325$ кв.м [11] с отношением радиационной поверхности нагрева к конвективной поверхности $H_p/H_{\text{конв}} = 0,136$, при этом тепловое напряжение радиационной поверхности составляет $3,8 \times 10^5$ вт/кв.м при тепловом напряжении объема топки всего порядка $3,2 \times 10^5$ вт/куб.м [11].

При работе в номинальном режиме поверхности нагрева стен топки, составляющие 7,5% от конвективной поверхности, в водогрейном котле ПТВМ-100 не успевают воспринять излучением расчетные 35–47% тепла, выделенного в топке из-за низкого коэффициента использования экранов. Поэтому часть тепла выносится за пределы топки в конвективные пакеты, которые из-

за небольшой продольной рядности не достаточно эффективны, что приводит к высокой температуре уходящих газов и к низким значениям КПД. При этом общая поверхность нагрева у котла ПТВМ-100 составляет 3184 кв.м и по официальным документам номинальная нагрузка котла на мазуте не более 75% от заявленной мощности 116 МВт. У водогрейного котла КВ-ГМ-100 общая поверхность составляет 2710 кв.м и при работе на газе (мазуте) котел выдает расчетную нагрузку 116 МВт. В таком же состоянии водогрейные котлы ПТВМ-50 и другие с реальным КПД = 89,6% [11].

В новом водогрейном котле КВ-ГМ-139,6 [11], разработанном взамен старого котла ПТВМ-100, использование двух сторон труб двухцветного экрана в топочном объеме увеличивает степень теплового восприятия труб и существенно увеличивает тепловосприятие и экономичность котла.

Увеличение поверхности труб экранов топочного объема с полезным использованием увеличивает эффективность работы котла в целом и рост коэффициента полезного действия до 93,5%, это существенно сокращает выбросы парниковых газов CO_2 и улучшает экологические показатели. Увеличение тепловой эффективности труб экранов снижает расход металла труб на котел в 1,1–1,2 раза. Традиционно, для всех водогрейных и энергетических котлов показатель $F_{\text{тр.акт}}/F_{\text{пол}}$ находится в пределах от 74% до 84%, в новом водогрейном котле с использованием двух сторон труб экранов это отношение возрастает до 90%. Новый водогрейный котел КВ-ГМ-139,6 [11] с двухцветным экраном, установленным по середине и высоте всей топки и имеет призматическую топку и по размерам вписывается в старую ячейку.

В водогрейном котле ПТВМ-30МС отношение радиационной поверхности нагрева 128,6 кв.м к конвективной поверхности $H_p/H_{\text{конв}} = 0,185$ [11], это приводит к снижению теплового напряжения поверхности топки до $3,45 \times 10^5$ вт/кв.м, а тепловое напряжение объема топки увеличивается до $5,45 \times 10^5$ вт/куб.м, т. е. объем топки явно занижен и при нагрузке 34,8 МВт котел работает неэкономично из-за высокой температуры уходящих газов и имеет низкий эксплуатационный КПД = 90,01% [11].

Для повышения экономичной работы котла и улучшения экологических показателей проведена оптимизация отношения радиационной поверхности к конвективной поверхности до 0,146 вместо 0,185. Увеличен расход воды через котел с 375 т/ч до 600 т/ч для повышения тепловой мощности котла. Конвективная поверхность нагрева увеличена до 953 кв.м вместо 693 кв.м. КПД нового водогрейного котла КВ-ГМ-42 возросло до 93,5%, т.е. на 3,5% больше чем у заменяемого водогрейного котла ПТВМ-30МС.

В табл. 1 приведен *расчет экономического эффекта* от замены 123 водогрейных котлов с тепловой мощностью 116 МВт при работе 4000 часов.

Оценка экономического эффекта после замены 123 котлов серии ПТВМ в коммунальных котельных и на ТЭЦ Республики Казахстан. Стоимость замены водогрейного котла 1 МВт = 14156,3 дол. США на природном газе, рассчитано по действующим ценам на 01.01.2012 в РК. Для замены выбраны новые водогрейные котлы, проверенные в условиях трехлетней эксплуатации на природном газе с КПД = 93,5% двух новых котлов КВ-ГМ-42 (г. Алматы) [9] и

одного КВ-ГМ-116,3МВт (г. Тараз). Технические и экономические показатели реальных котлов приняты за основу для экономического расчета.

Таблица 1. Расчет экономического эффекта от замены водогрейных котлов, авторская разработка

№	Показатель	Ед. измерения	Замена 123 котлов
1	Расчетная стоимость замены котлов серии ПТВМ на эффективные 123 котла новой серии КВ-ГМ	дол. США	202463047**
2	Выработка тепловой энергии старыми 123 водогрейными котлами серии ПТВМ за 4000 часов	Гкал за 4000 часов	49192000
3	Удельный расход газа и потребление газа за 4000 час старыми и новыми котлами. Средн. эксплуатационный КПД для старых и новых котлов	Котлами серии ПТВМ ($\eta - 89,0\%$)	куб.м/ч/Гкал 140,4
		Новыми котлами КВ-ГМ ($\eta - 93,5\%$)	куб.м н.т 6576470588
4	Экономия природного газа новыми котлами КВ-ГМ-42 при цене за газ 1000 куб.м - 124,57 дол. США* [4]	куб.м н.т дол. США	332518176 41421789*
5	Выбросы вредных веществ в атмосферу 1МРП - 10,85 дол. США; Ц - 5,8525 x МРП* дол. США [14]	Котлами серии ПТВМ	т дол. США
		Новыми котлами	т дол. США
6	Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу после замены на 123 новых котлов КВ-ГМ	т дол. США	2886 183261*
7	Выработка тепловой энергии новыми котлами за 4000 час.	Гкал	66409200
8	Снижение эксплуатационных затрат	дол. США	3239409*
9	Суммарный экономический эффект от замены за 4000 час.	дол. США	44844459*
10	Экономический эффект с учетом инфляции 7,5%*	дол. США	41525969*
11	Срок окупаемости	лет	4,5
12	Дисконтированный срок окупаемости	лет	4,9

* действующие тарифы на тепло (1Гкал = 27,22 дол. США для г. Алматы), газ и выбросы CO₂ минимальный расчетный показатель (1МРП) - 10,85 дол. США на 2012 год.

** курс денежной единицы РК тенге в дол. США на 7.02.2012 (1 дол. США = 149 тенге).

На рис. 2 новый котел КВ-ГМ-42 показан на втором плане. Котел работает со штатными шестью горелками, дутьевым вентилятором и дымососом. Первый котел КВ-ГМ-42 заменил старый ПТВМ-30МС в 2004 г., второй с 2010 г. в ТОО «Алматытеплокоммунэнерго» работает с КПД 93,5% [9]. Тепловая мощность водогрейного котла КВ-ГМ-42 составила 49 МВт без расходов на дополнительную электроэнергию для вспомогательного оборудования. По инвестиционной программе развития коммунального хозяйства планируется заменить все пять ПТВМ-30МС в районных котельных города Алматы.

С целью замены неэкономичных 123 водогрейных котлов средней тепловой мощности в РК предварительно были выбраны экономичные водогрейные котлы, рассмотренные в данной работе по расчетам в табл. 1. По имеющемуся фактическому опыту замены котлов на примере котельных города Алматы и действующих тарифов [3; 4; 14] выполнена оценка экономического эффекта, которая составила 44,85 млн. дол. США. Расчет выполнен для заменяемых 123 водогрейных котлов с суммарной тепловой мощностью 14302 МВт (12298 Гкал/час) при условии непрерывной работы в отопительном сезоне 4000 часов в году. Общий расход газа по средневзвешенному усредненному КПД с учетом мощности каждого из 123 заменяемых водогрейных котлов определялся по формуле:

$$V_p = \frac{\sum N \times 100}{Q_H^p \times \eta}, \quad (1)$$

где V_p – общий расход природного газа всех заменяемых котлов в куб.м за 4000 часов; $\sum N = 14302$ МВт (12298 Гкал/час) – суммарная тепловая мощность 123 заменяемых водогрейных котлов в МВт (Гкал/час); $Q_H^p = 33,49$ МДж (8000 ккал/куб.м) – теплотворная способность природного газа МДж; $\eta = 89\%$ – средневзвешенный коэффициент полезного действия, учитывающий тепловую мощность и КПД каждого заменяемого котла.



Рис. 2. Котел КВ-ГМ-42 (на втором плане)

По формуле (1) определялось общее потребление природного газа после замены 123 новых эффективных водогрейных котлов серии КВ-ГМ с фактическим КПД = 93,5%, который взят из условий эксплуатации котлов.

В строке 4 табл. 1 получена экономия природного газа за 4000 часов работы 123 новых котлов, что в сумме составляет 41,42 млн. дол. США, выбросы парниковых газов CO_2 сократились на 2886 т (строка 6), тепловая мощность котельных увеличилась в 1,35 раза за счет высокой эффективности и увеличения установленной мощности и составила суммарно $1,92 \times 10^4$ МВт. За отопительный период 4000 часов новыми котлами выработано фактически тепловой энергии $77,0 \times 10^6$ МВт за сезон без дополнительных затрат на электроэнергию. Снижение эксплуатационных затрат составило 3,23 млн. дол. США. Срок окупаемости проекта замены 123 котлов серии ПТВМ и других водогрейных котлов с низким КПД составил 4,5 года. Дисконтированный срок окупаемости проекта замены составил 4,9 года.

Расчеты показали, что увеличение экономического и экологического эффекта пропорционально зависит от роста КПД (на 4,5%) и в большей степени от увеличения суммарной тепловой мощности от $1,43 \times 10^4$ МВт и до $1,92 \times 10^4$ МВт, т.е. общего количества заменяемых водогрейных котлов.

Суммарный экономический эффект в 44,8 млн. дол. США получен в среднем за 4000 часов непрерывной работы всех 123 новых водогрейных котлов с установленной мощностью $1,43 \times 10^4$ МВт.

Таким образом, прирост эффективности в 1% КПД и рассчитанный по суммарной мощности 123 котлов в $1,43 \times 10^4$ МВт, как показано в табл. 1, дает экономический эффект в 9,96 млн. дол. США. В сэкономленных 9,96 млн. дол. США от увеличения на 1% КПД каждого из 123 новых котлов за 4000 часов работы экономия чисто природного газа составляет 9,2 млн. дол. США. Экономия эксплуатационных затрат 0,719 млн. дол. США, а экономия от сокращения выбросов парниковых газов CO_2 – 0,04 млн. дол. США. Затраты на улучшение экологических показателей оправданы [13].

На рис. 3 показана диаграмма общего экономического эффекта 44,8 млн. дол. США при замене 123 водогрейных котлов на более эффективные и его составляющие по сокращению выбросов парниковых газов CO_2 – 0,183 млн. дол. США и экономии на эксплуатационных затратах 3,24 млн. дол. США согласно табл. 1.

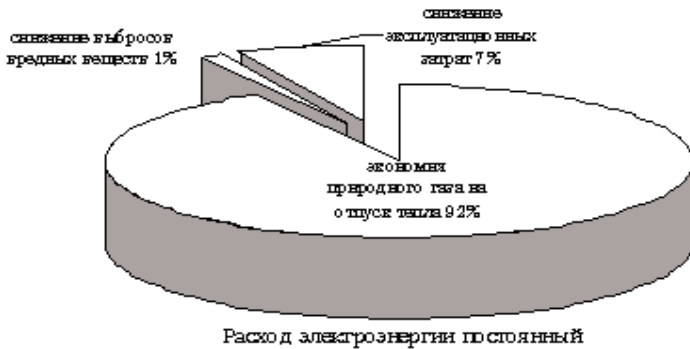


Рис. 3. Экономический и экологический эффект при росте КПД на 4,5% [14]

Анализ диаграммы по рис. 3 суммарного экономического эффекта от замены 123 котлов показывает относительно небольшую величину 0,41% от общего экономического эффекта или 0,183 млн. дол. США платы за 2886 т выбросов CO_2 за 4000 часов. Это объясняется недостаточно высокими налоговыми ставками за выбросы [14], которые в настоящее время действуют в Республике Казахстан. Поэтому влияние полученного экологического эффекта от сокращения выбросов CO_2 даже в пересчете на непрерывную работу 123 котлов в течение одного года (8760 часов – 6320 т) дает снижение не более 0,41% (рис. 1). При этом годовая экономия за 8760 часов природного газа составляет 90,7 млн. дол. США по действующим ценам за 1000 куб.м – 124,57 дол. США [14] в РК.

Результаты рассмотренной в настоящей работе **оценки экономического и экологического эффекта** позволяют сделать **выводы и рекомендации** при возможной замене отработавших ресурс водогрейных котлов:

- после комплексной оценки экономического и экологического эффекта для ТЭЦ и котельных в странах СНГ с учетом характеристик топлива, включая

стоимость, технические и экономические характеристики новых котлов, действующие тарифы на электроэнергию, тепло, воду, канализацию, выплаты за выбросы (CO₂, NO_x, CO, зола и другие компоненты), обосновывается замена морально и физически изношенных водогрейных котлов;

- при замене обеспечивается максимально возможное совпадение габаритных размеров нового котла для размещения в ячейку старого котла по водяному, воздушному и топливному трактам, каналам (газоходам) для продуктов сгорания и комплекса вспомогательного оборудования;

- вместе с заменой котлов обеспечить поставку дутьевых вентиляторов, дымососов и насосной группы с новыми эффективными электродвигателями с частотным регулированием и заменой систем контроля и управления, выполненных на традиционных средствах, на современные микропроцессорные АСУ ТП ТЭЦ и водогрейных котельных.

1. О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата: Закон Республики Казахстан от 26.03.2009 №144-4 // www.pavlodar.com.

2. Об энергосбережении: Закон Республики Казахстан от 25.12.1997 №210-1 с изменением от 20.12.2004 №13-III // www.pavlodar.com.

3. О стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003–2015 годы: Указ Президента Республики Казахстан от 17.05.2003 №1096 // www.pavlodar.com.

4. Правила об особом порядке формирования затрат, применяемом при утверждении тарифов (цен, ставок, сборов) на регулируемые услуги субъектов естественных монополий от 30.07.2003 №185-ОД с изменениями от 21.04.2005 №142-ОД, от 17.03.2006 №78-ОД, от 12.03.2009 №5590 // www.regulator.kz.

5. *Абдуллин М.З., Овсиенко И.П., Дворцин Г.Р. и др.* Оптимизация топочного процесса – путь к повышению эффективности экологической безопасности надежности работы котлов // *Новости теплоснабжения.* – 2008. – №4. – С. 31–34.

6. *Батуев С.П.* Улучшение экономических и экологических параметров котельных при сжигании водомазутных эмульсий // *Новости теплоснабжения.* – 2008. – №12. – С. 29–34.

7. *Ведрученко В.Р., Жданов Н.В.* Энергоэкологическая эффективность организационных и технических мероприятий при эксплуатации муниципальных котельных // *Промышленная энергетика.* – 2008. – №11. – С. 25–30.

8. *Дукенбаев К.Д.* Энергетика Казахстана и пути ее интеграции в мировую экономику. – Алматы: Гылым, 1996. – 530 с.

9. *Жакаев А.Ш., Даукеев Г.* Инвестиционная программа ТОО «Алматытеплокоммунэнерго» на 2011–2013 годы. – Алматы, 2011. – 116 с.

10. *Ким В.М.* Альтернативное топливо из возобновляемых биоресурсов Казахстана // *Энергетика и топливные ресурсы Казахстана.* – 2010. – №3. – С. 52–55.

11. Котлы водогрейные мощностью от 11,63 до 209 МВт: Каталог для проектирования котельных // *Дорогобужкотломаш* // www.dkm.ru.

12. *Кузнецов А.М.* Новый метод расчета экономии тепла и топлива при работе ТЭЦ // *Энергосбережение и водоподготовка.* – 2008. – №2. – С. 57–59.

13. Методи оцінки екологічних витрат: Монографія / За ред. д.е.н. Л.Г. Мельника та к.е.н. О.І. Карінцевої. – Суми. Університетська книга, 2004. – 288 с.

14. Налоговый комитет Министерства финансов Республики Казахстан // www.salyk.kz.

15. Статистический ежегодник 2011 // Агентство Республики Казахстан по статистике // www.stat.kz.

16. Энергетика Казахстана // Википедия – свободная энциклопедия // www.wikipedia.org.

Стаття надійшла до редакції 14.02.2012.