

Рахимжан К. Орумбаев, Максим С. Коробков, Татьяна В. Ходанова
**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПРИМЕНЕНИЯ ДВУСВЕТНЫХ КООКСИАЛЬНЫХ ЭКРАНОВ
В ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛАХ**

В статье выполнена прогнозная оценка экономического и экологического эффектов от применения коаксиальных двухсветных экранов в новых водогрейных котлах мощностью до 116 МВт, с минимизацией расхода стальных труб, основанных на результатах серии теплотехнических испытаний новых водогрейных котлов с коаксиальными двухсветными экранами. Оценка произведена на основе действующих тарифов и нормативных документов в соответствии со статистическими данными Республики Казахстан за 2015 год.

Ключевые слова: экономический эффект; тарифы за выбросы; ТЭЦ; водогрейный мазутный котел; газовый котел; котел водогрейный твердотопливный.

Рис. 2. Табл. 3. Лит. 20.

Рахімжан К. Орумбаєв, Максим С. Коробков, Тетяна В. Ходанова
**ЕКОНОМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ
ДВОСВІТЛОВИХ КООКСІАЛЬНИХ ЕКРАНІВ
У ВОДОНАГРІВНИХ КОТЛАХ**

У статті виконано прогнозне оцінювання економічного та екологічного ефектів від застосування коаксиальних двосвітлових екранів у нових водонагрівних котлах потужністю до 116 МВт, з мінімізацією використання сталевих труб, спираючись на результати серії теплотехнічних випробувань нових водонагрівних котлів з коаксиальними двосвітловими екранами. Оцінювання проведене на основі чинних тарифів та нормативних документів відповідно до статистичних даних Республіки Казахстан за 2015 рік.

Ключові слова: економічний ефект; тарифи на викиди; ТЕЦ; водонагрівний мазутний котел; газовий котел; твердотопливний водонагрівний котел.

Rakhimzhan K. Orumbayev¹, Maxim S. Korobkov², Tatyana V. Khodanova³
**ECONOMIC AND ECOLOGICAL ASPECTS OF USING DOUBLE-
LIGHT COAXIAL SCREENS IN HOT-WATER BOILERS**

The article forecasts and evaluates economic and environmental effects from the use of coaxial double-light screens in new hot-water boilers with the capacity up to 116 MW, while minimizing the consumption of steel pipes, based on the results of a series of thermal tests of new hot-water boilers with two coaxial double-light screens. The rating is based on the existing tariffs and regulations in accordance with the statistics of the Republic of Kazakhstan for the year 2015.

Keywords: economic effect; emissions tariffs; heat power plant; oil hot water boiler; gas hot water boiler; solid-fuel hot water boiler.

Peer-reviewed, approved and placed: 11.10.2016.

Постановка проблемы. Республика Казахстан имеет развитую систему централизованного теплоснабжения (47% потребления тепла в большинстве городов), принципиально соответствующую современным направлениям развития такой технологии в мире. Однако недостатки в организации эффективной работы систем теплоснабжения в Казахстане, возникшие еще в советском периоде, негативно проявились в период перехода к рыночным отношениям.

¹ Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Kazakhstan.

² Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Kazakhstan.

³ Almaty University of Power Engineering and Telecommunication, Kazakhstan.

Нарастает объем физически и морально изношенного оборудования на ТЭЦ, в котельных и в тепловых сетях, а потребность в энергетических установках, работающих на органическом топливе – угле, природном газе и жидком топливе – высока. При этом следует учитывать требования закона Республики Казахстан «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [1].

Известно, что конвективные поверхности нагрева водогрейных (паровых) котлов являются одними из наиболее металлоемких технических устройств. Будучи замыкающими поверхностями нагрева котла, конвективные поверхности определяют полноту утилизации тепла продуктов сгорания в котлах. Одновременно с этим, они подвержены процессам низкотемпературной, а для водогрейных котлов – и высокотемпературной коррозии, в результате чего существенно снижается межремонтный период и увеличиваются затраты металла на замену конвективных поверхностей нагрева [14]. Это обусловлено во многом низкой тепловой эффективностью топочных экранов котлов. В зависимости от вида сжигаемого топлива топочные экраны воспринимают 40–50% от полного количества теплоты, получаемой рабочей средой в котле. Средний эксплуатационный КПД водогрейных котлов в Республике Казахстан (РК) не превышает 88–89% [6]. Поэтому совершенствование и оптимизация топочных экранов котлов путем широкого использования обратной стороны труб экранов, воспринимающих максимально возможное количество тепла в топке, может заметно сократить расход металла в конвективной части. Сокращение расхода котельных труб, производство которых требует больших энергетических и материальных затрат, путем совершенствования топочной и конвективной частей котла представляет важную народнохозяйственную задачу, особенно в условиях общеэкономического спада, дефицита энергетических и финансовых ресурсов.

Анализ последних исследований и публикаций. Повышению экономичности, снижению экологической безопасности и удельного расхода металла при разработке новых водогрейных котлов и связанных с ними организационных и научно-технических мероприятий в условиях эксплуатации посвящены теоретические и практические исследования [3; 4; 10]. Научные исследования с экономическим обоснованием применения новых водогрейных и паровых котлов с улучшенными техническими показателями рассматривались в [17; 18]. Вместе с тем, часть научных проблем разработки и внедрения эффективных водогрейных котлов в существующую инфраструктуру ТЭЦ и котельных с целью снижения расхода металла труб и увеличения межремонтного периода работы котлов с высоким КПД остаются нерешенными до настоящего времени в Республике Казахстан.

Нерешенные части проблемы. Существующие исследования по экономическому и экологическому обоснованию замены морально устаревших металлоемких котлов на эффективные водогрейные котлы проводились не достаточно широко. Водогрейные котлы серий ПТВМ и КВГМ в составе ТЭЦ и котельных продолжают выпускаться котельными заводами России [12], практически без изменения конструкции и основных технико-экономических показателей. А прогнозных исследований по снижению удельного расхода стальных труб и роста единичной тепловой мощности с учетом экономиче-

ских и экологических аспектов применения двусветных коаксиальных цельносварных экранов в новых водогрейных котлах для работы на природном газе, твердом и жидком топливе в Республике Казахстан и по СНГ практически не выполнялось. Постоянный рост стоимости органического топлива для водогрейных котлов в Республике Казахстан будет обуславливать увеличение себестоимости тепловой энергии, поэтому разработка котлов с пониженной металлоемкостью и повышенным КПД становится все более актуальной.

Основной целью исследования является экономическое и экологическое обоснование продвижения (разработки) новых водогрейных котлов, с использованием обратной стороны топочных экранов – двусветный цельносварной коаксиальный экран, тепловой производительностью от 34,8 МВт до 116 МВт с существенным снижением расхода стальных труб. Определяются границы применимости эффективной конструкции котла со сниженным удельным расходом конвективных труб с поперечным обтеканием, экономические и экологические аспекты их применения, при действующих тарифах на тепловую энергию, топливо и выплат за вредные выбросы в Республике Казахстан. За основу может быть взят пример замены 4 старых водогрейных котлов серии ПТВМ-30МС в г. Алматы и других городах Казахстана на эффективные котлы разработки авторов, с привязкой к существующей инфраструктуре ТЭЦ и котельных. На этой основе ведется разработка предложений и рекомендаций, основанных на экономической и экологической целесообразности модернизации котельного парка для Республики Казахстан, а также других стран СНГ, где установлено и все еще находится в эксплуатации морально и физически устаревшее котельное оборудование.

Основные результаты исследования. Авторами настоящей статьи экспериментально проверена тепловая эффективность работы коаксиального двусветного экрана в цилиндрическом водогрейном котле тепловой производительностью от 0,63 до 3,15 МВт при работе на дизельном топливе. Комплексные теплотехнические испытания водогрейных котлов с коаксиальным двусветным экраном проводились в оборудованной заводской лаборатории (ТОО «Казкотлосервис», г. Алматы) по стандартной методике с компьютерной обработкой теплотехнических и экологических параметров. Водогрейные котлы КВа тепловой мощностью от 0,63 до 3,15 МВт, представленные к испытаниям, разработаны и изготовлены в ТОО «Казкотлосервис» и имеют Сертификаты соответствия Евразийского союза [19]. Результаты теплотехнических испытаний показали, что использование коаксиальных двусветных экранов позволяет воспринимать в пределах топки за счет радиационного теплообмена от 70% до 72% от полного количества тепла, получаемого котлом, что дает возможность существенно сократить конвективную часть и снизить металлоемкость котла.

Результаты промышленных испытаний и анализ работы существующих котлов позволил авторам разработать технический проект новых водогрейных котлов тепловой мощностью от 34,8 МВт до 116 МВт на твердом (жидком и газообразном) топливе с сухим шлакоудалением с использованием для лучисто-конвективного теплообмена обратной стороны цельносварного коаксиального топочного экрана (рис. 1).

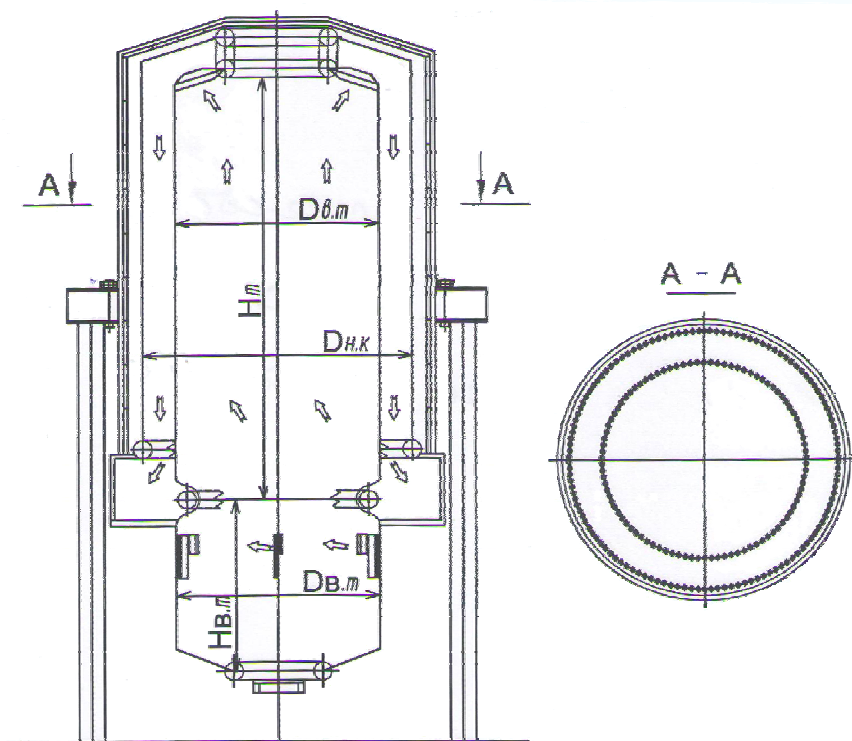


Рис. 1. Водогрейный котел с коаксиальным газоходом тепловой мощностью до 145 МВт по патенту РК №12026 [5]

По расчетам и конструктивной разработке, масса нового водогрейного котла 116 МВт с новой подвеской составила 257,5 т, что в 2,22 раза меньше массы известного твердотопливного водогрейного котла КВ-ТК-100-150-4 (ПО «СибЭнергомаш», г. Барнаул) [9]. Удельный расход металла нового котла – 2,2 т/МВт, у водогрейного котла КВ-ТК-100-150-4 (для камерного сжигания экибастузского угля) он составляет 4,93 т/МВт.

Результаты тепловых, аэродинамических и гидравлических расчетов нового котла тепловой производительностью 34,8 МВт (30 Гкал/ч) и 116 МВт (100 Гкал/ч) с весовыми характеристиками представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что удельный расход металла на котел 34,8 МВт в 2,04 раза меньше, чем на котле КВ-ТК-100-150-4 [9]. При этом температура уходящих газов у нового котла по расчетам на 68 °С ниже, а расчетный КПД на 3,6% выше.

Активное использование обратной стороны цельносварного коаксиального топочного экрана увеличивает тепловую эффективность. Новая сейсмостойкая подвеска и сокращение доли труб позволили снизить общую массу металла котла до 32,5%. Экономия металла котловых труб на один котел тепловой мощностью 58 МВт составляет 52 т x 350000 / 338,7 = 53734,8 дол. США в год (где 338,7 – курс Национального банка РК на 01.07.2016). Экономия

металла труб на один новый водогрейный котел тепловой мощностью 116 МВт составляет $315,4 \times 350000 / 338,7 = 325922$ дол. США в год. При этом капитальные затраты на установку нового водогрейного котла тепловой мощностью 116 МВт с меньшим удельным весом, в ценах на 01.07.2016 года в Казахстане, окупается в течение 3,6 лет.

Таблица 1. Конструктивные параметры водогрейных котлов до 116 МВт, авторская разработка

Наименование конструктивных величин котла с коаксиальным экраном	Ед. изм.	34,8 МВт, Казахстан	116 МВт, Казахстан	116 МВт, Россия
Производительность котлов	МВт (Гкал/ч)	34,8 (30)	116 (100)	116 (100)
Расход топлива, уголь $Q^H_p = 6240$ ккал/кг	кг/ч	5119	17200	17737
Удельный расход условного топлива с калорийностью $Q^H_p = 7000$ ккал/кг	кг.у.т./ Гкал/ч	152,1	153,3	158,1
Тепловое напряжение топки	ккал/м ³ ч	179000	136000	117000
Температура воды на входе	°С	70/120	70	70
Температура воды на выходе	°С	150	150	150
Давление воды в котле	МПа	2,5	2,5	2,5
Температура газов на выходе из топки	°С	1045	1070	1130
Температура газов перед ВЗП	°С	400	400	428
Температура уходящих газов	°С	140	140	192–209
Температура горячего воздуха	°С	343	343	377
Коэффициент избытка воздуха		1,2	1,2	1,2
Объем топки	м ³	178,5	790	902
Радиационная поверхность	м ²	200,7	550	663
Конвективная (включая фестон)	м ²	608,6	1941,6	1830
Поверхность воздухоподогревателя (ВЗП)	м ²	1492,7 пластинч.	4688 пластинч.	8800 трубчат.
Сечение коаксиального газохода с обратной стороны топки	м ²	2,1	5,45	-
КПД котла	%	93,4	93,4	89,8
Габариты: общая длина	м	-	18	18
Ширина котла, с площадками	м		12	12,3
Высота котла по верхним коллекторам	м	17,8	24	26,5
Высота здания котельной	м	12	16	31
Масса котла	тонн	66,2 ¹⁾	200,0 ¹⁾	572,9
Завод-изготовитель		Казахстан	Казахстан	Россия

¹⁾ Разработка по патенту РК №12026 [5].

Новый профиль водогрейного котла по всей своей высоте исключает применение конвективных пучков стальных труб, которые в известных серийных котлах создают наибольшие эксплуатационные затруднения из-за коррозии. В новом котле продольный поток с использованием обратной стороны топочных экранов по всему периметру допускает повышенные скорости запыленных газов с минимальными загрязнениями в коаксиальном цельносварном топочном экране. В котле вместо конвективных пакетов используется более легкий и дешевый пластинчатый воздухоподогреватель, длительная работа которого проверена на байпасе конвективной части парового котла №6 БКЗ-160-100Ф Алматинской ТЭЦ-3.

Сравнивая варианты циркуляции воды традиционной схемы и новой, предложенной авторами, можно отметить, что вариант, предложенный авторами, существенно выгоднее. Высокая и равномерно распределенная температура воды на входе в котел обеспечивает более длительную работу поверхностей нагрева, исключая коррозию труб. Расход мощности на преодоление сопротивления в пределах котла во втором варианте на 4 кВт для котла 34,8 МВт, или на 7,8 кВт для котла 116 МВт ниже, чем в первом варианте. В пересчете на 5000 часов работы в году получается экономия электроэнергии 20000 кВт х ч/год для котла 34,8 МВт и 39000 кВт х ч/год – для котла 116 МВт. По состоянию на 01.07.2016 и при действующих дифференциальных тарифах на электроэнергию на примере ТОО «Алматытеплокоммунэнерго» 19,55 тенге за 1 кВт х ч [16] получается годовая экономия для котла 34,8 МВт – 1154,4 дол. США и для водогрейного котла 116 МВт – до 2250 дол. США. При замене всех 96-и котлов экономия составит 216000 дол. США.

Прогнозная оценка экономического и экологического эффекта в настоящей работе проводилась для плановой замены 96 водогрейных котлов новыми котлами в пересчете на 116 МВт мощности каждого. В Республике Казахстан суммарная установленная тепловая мощность старых водогрейных котлов ПТВМ-30, ПТВМ-50, ПТВМ-100, КВ-ГМ-100 и КВ-ТК-100 составляет 111 360 МВт, или 96000 Гкал/час [6]. Единовременная замена всех указанных водогрейных котлов в Казахстане не реальна, т.к. это обошлось бы стране в 63,9 млрд дол. США.

Однако работа старых 96 котлов с фактическим КПД (88–89%) за один отопительный сезон в 4000 часов приводит к перерасходу природного газа для региона г. Алматы $259568 \times 63,64 = 16518907$ дол. США, где $21555,88$ тенге / $338,7 = 63,64$ дол. США стоимость 1000 м^3 природного газа [2]. При стоимости одного водогрейного котла КВ-ТК-100-150-4 (116 МВт – трубной части) – 574545 дол. США.

Анализ возможных способов модернизации водогрейного котла КВ-ТК-100 при работе на казахстанских углях или водогрейных котлов серий ПТВМ и КВГМ на мазуте или природном газе, проводимых ранее в СНГ, показал все еще продолжающийся большой ежегодный расход стальных котловых труб, работающих под давлением [12], период эксплуатации трубных пучков при работе котлов на мазуте не превышает двух-трех сезонов до замены. Поэтому в новом водогрейном котле КВ-ТК тепловой мощностью 116 МВт в твердо-топливном исполнении (в котле КВ-ГМ-116 для газа и мазута) [8] была использована обратная сторона коаксиального топочного экрана в активном тепловом восприятии труб по всему периметру и по всей высоте топки. В табл. 2 приведен *расчет экономического эффекта* от замены 96 водогрейных котлов с тепловой мощностью 116 МВт, при работе 4000 часов в год.

Удельные весовые показатели новых котлов в 2,2 раза ниже относительно старых котлов и послужили основой для прогнозного экономического расчета с учетом цен на топливо, тарифов на электроэнергию, воду, канализацию и вредные выбросы [7; 16; 20] по состоянию на 01.07.2016 в Республике Казахстан.

Имеющийся фактический опыт замены 4-х котлов, на примере котельных города Алматы позволил выполнить прогнозную оценку экономического и экологического эффекта, которая составила 26,26 млн дол. США. Общий расход газа определялся по средневзвешенному усредненному КПД для всех 96 котлов. Теплотворная способность природного газа для региона Алматы составила $Q_H^p = 33,49$ МДж (8000 ккал/м³).

В табл. 2 в строке 4 получена экономия природного газа за 4000 часов работы 96 новых котлов в сумме 16,5 млн дол. США, выбросы парниковых газов CO₂ сократились на 1242 т или 45,45 тыс. дол. США. Снижение эксплуатационных затрат составило 1,385 млн дол. США для 96 котлов за счет увеличения межремонтного периода. Капитальные затраты уменьшились на 8,312 млн дол. США в связи со снижением объемов при строительстве новых котельных или модернизации существующих с новыми котлами. Срок окупаемости проекта по замене 96 котлов составил 3,32 года. Дисконтированный срок окупаемости проекта замены котлов составил 3,6 года.

Прогнозные расчеты показали, что увеличение экономического и экологического эффекта пропорционально зависит от роста КПД (на 4,5%) – снижения расхода топлива (на примере расчета природного газа) и сокращения выбросов от снижения капитальных затрат (уменьшен расход металла в 2,2 раза по сравнению со старыми котлами) и снижения эксплуатационных затрат. Экономия металла для 96 котлов тепловой мощностью $11,13 \times 10^4$ МВт ($9,6 \times 10^4$ Гкал/час) составила $315,4 \times 96 = 30278$ тонн. При рыночной стоимости котловых труб до 350 тыс. тенге (или 900,4 дол. США за 1 т на 01.07.2016), экономия только по металлу труб при замене 96 старых водогрейных котлов составит 10,59 млрд тенге, или 27,263 млн дол. США. Прогнозный суммарный экономический эффект в 26,26 млн дол. США получен в среднем за 1 год, или 4000 часов непрерывной работы всех 96 новых водогрейных котлов с установленной мощностью $11,13 \times 10^4$ МВт.

Каждый сэкономленный 1% КПД нового котла, рассчитанный по суммарной мощности 96 котлов в $11,13 \times 10^4$ МВт, как показано в табл. 2, дает экономический эффект в 5,83 млн дол. США. В сэкономленных 5,83 млн от снижения на 1% коэффициента полезного действия каждого котла за 4000 часов работы – экономия природного газа составила 3,67 млн дол. США. Экономия капитальных затрат – 1,847 млн дол. США. Экономия эксплуатационных затрат – 0,30798 млн дол. США, и экономия от сокращения выбросов парниковых газов – 10101 дол. США.

На рис. 2 показана диаграмма составляющих экономического эффекта в 26,26 млн дол. США при замене 96 водогрейных котлов на более эффективные и менее металлоемкие, со сниженным выбросом парниковых газов на 0,045 млн дол. США в год и при экономии эксплуатационных затрат 1,385 млн дол. США в год, по табл. 2, строка 8.

Анализ диаграммы (рис. 2) суммарного экономического эффекта от замены 96 котлов показывает относительно небольшую величину 0,17% от общего экономического эффекта, или 0,045 млн дол. США платы за 1242 т выбросов. Это объясняется недостаточно высокими налоговыми ставками за выбросы

(табл. 3), которые в настоящее время действуют в РК. Поэтому влияние полученного экологического эффекта от сокращения CO₂ даже в пересчете на непрерывную работу 96 котлов в течение одного года (4000 часов = 1242 т) дает снижение на 0,17%. Годовая экономия природного газа для региона Алматы составляет 16,5 млн дол. США по действующим ценам на 1000 м³.

Таблица 2. Прогнозный расчет экономического эффекта от замены водогрейных котлов с меньшим удельным весом, авторская разработка

№	Показатель	Ед. изм.	Замена 96 котлов
1	Расчетная стоимость замены 96 котлов старых серий на новые котлы и меньшим удельным весом в 2,2 раза	дол. США	87158980²⁾
2	Выработка тепловой энергии старыми 96 (100 Гкал/ч) водогрейными котлами серии ПТВМ и КВ-ГМ за 4000 ч	Гкал за 4000 ч.	38400000¹⁾
3	Удельный расход газа и потребление газа за 4000 час старыми и новыми котлами. Ср. эксплуатационный КПД для старых и новых котлов	Котлами серии ПТВМ и КВ-ГМ η = 89% [6]	м ³ /ч/Гкал 140,4¹⁾ x 1000 м ³ н. т 5393256*
		Новыми котлами η = 93,5% [9]	м ³ /ч/Гкал 133,7¹⁾ x 1000 м ³ н. т 5133688¹⁾
4	Экономия природного газа новыми котлами КВ-ГМ-при цене за газ 1000 м ³ – 63,64 дол. США (для Алматы)	1000 м ³ н. т	259568¹⁾
		дол. США	16518907²⁾
5	Выбросы вредных веществ в атмосферу 1 МРП = 6,26 дол. США Ц = 2,32 x МРП x 2,52 дол. США ¹⁾	Котлами серии ПТВМ	тонн 25808¹⁾
			дол. США 944533²⁾
		Новыми котлами	тонн 24566¹⁾
			дол. США 899066²⁾
6	Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу после замены на 96 новых котлов КВ-ГМ-116	тонн 1242¹⁾	
		дол. США 45455²⁾	
7	Снижение капитальных затрат. Удельный расход труб в 2,2 раза меньше. Для 96 котлов	дол. США	8312017²⁾
8	Снижение эксплуатационных затрат. Межремонтный период в 2,7–3 раза больше. Для 96 котлов	дол. США	1385917²⁾
9	Суммарный экономический эффект – стр. 4 + 6 + 7 + 8	дол. США	26262296²⁾
10	Срок окупаемости	лет	3,32¹⁾
11	Дисконтированный срок окупаемости	лет	3,6¹⁾

¹⁾ Действующие тарифы на тепло, газ и выбросы CO₂ для г. Алматы.

1 МРП (минимальный расчетный показатель) = 6,26 дол. США на 01.07.2016 [13].

²⁾ Курс на 1.07.2016: 1 дол. США = 338,7 тенге.

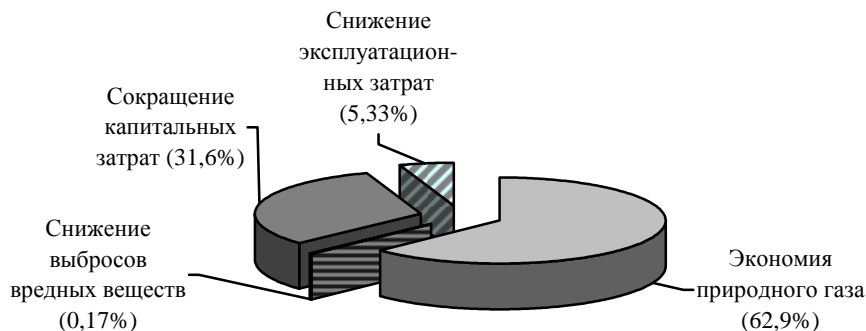


Рис. 2. Диаграмма составляющих экономического эффекта при росте КПД на 4,5% для 96 водогрейных котлов [7; 9]

Таблица 3. Расчет суммы текущих платежей за выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников для ТОО «АТКЭ» – «Алматытеплокоммунэнерго» г. Алматы за 1-й квартал 2016 г.*

Наименования загрязняющих веществ	Количество тонн выбросов	Ставки платежей за 1т в 1 МРП, по курсу 6,26 дол. США на 1.07.2016	Платежи за 1-й кв. 2016 г. с коэф. 0,3 эмиссии в атмосферу, тенге
1. Окислы серы	0	10	-
2. Сероводород	0,000275	62	-
3. Окись углерода	84,20525	0,16	17 145,5
4. Диоксид азота	30,1859		
5. Оксид азота	4,9052		
6. Окислы азота	35,09119	10	446570,5
7. Сажа	0	12	
8. Мазутная зола	0		
9. Взвешенные вещества	0,000775		
10. Пыль – SiO ₂ 70–20%	0,0004		
11. Пыль и зола	0,001175	5	7,48
12. Углеводороды	0,05068	0,16	10,32
13. Железа оксид	0,000075	15	1,43
14. Бенз(а)пирен, кг	0,032039	498,3	20317
15. Свинец и его соединения	0,00000015	1993	0,38
ИТОГО	119,3806993*		484074,6*

* составлено по данным [15].

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

- прогнозная оценка экономического и экологического эффекта для котельных и ТЭЦ в странах СНГ с учетом технических и экономических параметров новых котлов, видов и характеристик топлива, действующих тарифов на электроэнергию, тепло, воду, канализацию, выплаты за выбросы (CO₂, CO, NO_x, золу и другие компоненты) показывает пути возможного существенного снижения затрат в системе ЖКХ по странам СНГ при замене морально и физически изношенных водогрейных котлов;

- прогнозная оценка показывает существенный рост экономического эффекта и экологических преимуществ с учетом затрат на стоимость приобретаемого заводом инновационного изобретения, причем экономия топлива (природного газа) составляет до 62,9% от общего эффекта от установки нового котельного оборудования;

- при строительстве новых котельных с новыми котлами сокращение капитальных затрат составляет 31,6% от общего экономического эффекта;

- при этом срок окупаемости всех затрат при замене на новые водогрейные котлы составляет не более 3,6 года.

1. Об энергосбережении и повышении энергоэффективности: Закон Республики Казахстан от 13.01.2012 № 541-IV // adilet.zan.kz.

Ob energosberezhennii i povyshenii energoeffektivnosti: Zakon Respubliki Kazakhstan ot 13.01.2012 № 541-IV // adilet.zan.kz.

2. Об утверждении Особого порядка формирования затрат, применяемом при утверждении тарифов (цен, ставок сборов) на регулируемые услуги (товары, работы) субъектов естественных монополий: Приказ Председателя Агентства Республики Казахстан по регулированию естественных монополий от 25.04.2013 № 130-ОД (с изм. и доп. на 24.07.2015) // adilet.zan.kz.

Ob utverzhdenii Osobogo poriadka formirovaniia zatrat, primeniaemom pri utverzhdenii tarifov (tsen, stavok sborov) na reguliruemye uslugi (tovary, raboty) subektov estestvennykh monopolii: Prikaz Predsedatelia Agentstva Respubliki Kazakhstan po regulirovaniu estestvennykh monopolii ot 25.04.2013 № 130-OD (s izm. i dop. na 24.07.2015) // adilet.zan.kz.

3. *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. 25–28.

Abdullin M.Z., Ovsienko I.P., Dvortcin G.R. i dr. Optimizatsiia topochnogo protsessa – put k povysheniiu effektivnosti ekologicheskoi bezopasnosti nadezhnosti raboty kotlov // *Novosti teplosnabzheniia.* – 2008. – №4. – S. 25–28.

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

Vedruchenko V.R., Zhdanov N.V. Energoekologicheskaiia effektivnost organizatsionnykh i tekhnicheskikh meropriatii pri ekspluatatsii munitcipalnykh kotelnykh // *Promyshlennaia energetika.* – 2008. – №11. – S. 25–30.

5. Водогрейный котел: Предварительный патент РК №12026, МПК F24H 1/00 / Орумбаев Р.К., Жакаев А.Ш., Чижов В.Э. 16.09.2002, Бюл. №9.

Vodogreinyi kotel: Predvaritelnyi patent RK №12026, MPK F24H 1/00 / Orumbaev R.K., Zhakaev A.Sh., Chizhov V.E. 16.09.2002, Biul. №9.

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

Dukenbaev K.D. Energetika Kazakhstana i puti ee integratsii v mirovuiu ekonomiku. – *Almaty: Gylym,* 1996. – 530 s.

7. Информационно-аналитическая система «Талдау» // Комитет по статистике. Министерство Национальной Экономики Республики Казахстан // taldau.stat.gov.kz.

Informatsionno-analiticheskaiia sistema «Taldau» // Komitet po statistike. Ministerstvo Natsionalnoi Ekonomiki Respubliki Kazakhstan // taldau.stat.gov.kz.

8. Каталог для проектирования котельных. Котлы водогрейные мощностью от 11,63 до 209 МВт / ОАО «Дорогобужкотломаш». Изд. 4. – М., 2007. – Т. 2. – 80 с.

Katalog dlia proektirovaniia kotelnykh. Kotly vodogreinye moshchnosti ot 11,63 do 209 MVt / OAO «Dorogobuzhкотломаш». Izd. 4. – M., 2007. – T. 2. – 80 s.

9. Каталог продукции. Котлы водогрейные от 30 Гкал/ч до 180 Гкал/ч / ОАО «Сибэнергомаш» // www.sibenergomash.com.

Katalog produktcii. Kotly vodogreinye ot 30 Gkal/ch do 180 Gkal/ch / OAO «Sibenergomash» // www.sibenergomash.com.

10. *Лавренцов Е.М.* Новые конструктивные решения при создании водогрейных котлов с высокими технико-экономическими показателями // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2007. – №1. – С. 57–64.

Lavrentsov E.M. Novye konstruktivnye resheniia pri sozdanii vodogreinykh kotlov s vysokimi tekhniko-ekonomicheskimi pokazateliami // *Energotehnologii i resursosberezhenie.* – 2007. – №1. – S. 57–64.

11. Международные стандарты оценки / Сост. Г.И. Микерин – М.: Новости, 2000. – Кн. 1: Перевод, комментарии, дополнения: Научное издание / Гос. Ун-т управления, Национальный фонд подготовки кадров, Российское общество оценщиков. – 250 с.

Mezhdunarodnye standarty otcenki / Sost. G.I. Mikerin – M.: Novosti, 2000. – Kn. 1: Perevod, komentarii, dopolneniia: Nauchnoe izdanie / Gos. Un-t upravleniia, Natsionalnyi fond podgotovki kadrov, Rossiiskoe obshchestvo otcenshchikov. – 250 s.

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

Metodi otcinki ekologichnykh vtrat: Monografiia / Za red. d.e.n. L.G. Melnika ta k.e.n. O.I. Karintcevoi. – Sumi: Universitetska kniga, 2004. – 288 s.

13. Минимальные расчетные показатели МРП и МЗП // Электронное правительство Республики Казахстан // egov.kz.

Minimalnye raschetnye pokazateli MRP i MZP // Elektronnoe pravitelstvo Respubliki Kazakhstan // egov.kz.

14. *Орумбаев Р.К., Кибарин А.А., Орумбаева Ш.Р., Ходанова Т.В., Коробков М.С., Мергалимова А.К.* Предложения по повышению экономической эффективности и надежности при модернизации башенных водогрейных котлов ПТВМ-100 // Энергетика: Эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI всероссийской научно-технической конференции / Томский политехнический университет. – Томск: Скан, 2015. – Т. 1. – С. 399–402.

Orumbaev R.K., Kibarin A.A., Orumbaeva Sh.R., Khodanova T.V., Korobkov M.S., Mergalimova A.K. Predlozheniia po povysheniiu ekonomicheskoi effektivnosti i nadezhnosti pri modernizatsii bashennykh vodogreinykh kotlov PTVM-100 // Energetika: Effektivnost, nadezhnost, bezopasnost: materialy XXI vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii / Tomskii politekhnicheskii universitet. – Tomsk: Skan, 2015. – Т. 1. – С. 399–402.

15. Отчет о ходе исполнения тарифной сметы по производству тепловой энергии за 1-ое полугодие 2016 года // ТОО «Алматытеплокоммунэнерго» // www.atke.kz.

Otchet o khode ispolneniia tarifnoi smety po proizvodstvu teplovoi energii za 1-oe polugodie 2016 goda // TOO «Almatyteplokommunenergo» // www.atke.kz.

16. Официальная статистическая информация // Комитет по статистике Министерства Национальной Экономики Республики Казахстан // stat.gov.kz.

Ofitsialnaia statisticheskaiia informatsiia // Komitet po statistike Ministerstva Natsionalnoi Ekonomiki Respubliki Kazakhstan // stat.gov.kz.

17. *Парчевский В.М., Кислов Е.А.* Подсистема охраны атмосферы в АСУ ТП ТЭС // Теплоэнергетика. – 2014. – №3. – С. 60–65.

Parchevskii V.M., Kislov E.A. Podсистема okhrany atmosfery v ASU TP TES // Teploenergetika. – 2014. – №3. – С. 60–65.

18. *Серант Ф.А., Белоруцкий И.Ю., Ершов Ю.А., Гордеев В.В., и др.* Котел с кольцевой топкой для энергоблока 660 МВт на суперсверхкритические параметры при сжигании бурых шлакующих углей // Теплоэнергетика. – 2013. – №12. – С. 16–22.

Serant F.A., Belorutskii I.Iu., Ershov Iu.A., Gordeev V.V., i dr. Kotel s koltcevoi topkoi dlia energobloka 660 MVt na supersverkhkriticheskie parametry pri szhiganii burykh shlakuiushchikh uglei // Teploenergetika. – 2013. – №12. – С. 16–22.

19. Сертификат соответствия №ТС КЗ.7500525.22.01.00105 Серия КЗ. Котлы водогрейные серии ККС. 17.07.2014. Алматы.

Sertifikat sootvetstviia №TS KZ.7500525.22.01.00105 Seriiia KZ. Kotly vodogreinye serii KKS. 17.07.2014. Almaty.

20. Справочник рефинансирования // Комитет Государственных доходов Министерства финансов Республики Казахстан // kgd.gov.kz.

Spravochnik refinansirovaniia // Komitet Gosudarstvennykh dokhodov Ministerstva finansov Respubliki Kazakhstan // kgd.gov.kz.