

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/YBCY7199>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/ZHPK5502>

***Ж. Ш. Бермагамбетов¹, А. И. Огаркова²,
А. Б. Утегулов³, И. В. Кошкин⁴**

^{1,2,4}Костанайский региональный университет им. А. Байтурсынова,
Республика Казахстан, г. Костанай;

³Казахский агротехнический исследовательский университет им.
С. Сейфуллина, Республика Казахстан, г. Астана

e-mail: ogarkova.anastasia@mail.ru

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОФФЕКТИВНОСТИ СОБСТВЕННЫХ НУЖД КОТЕЛЬНЫХ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье разработана система дополнительной электрогенерации собственных нужд котельной малой и средней мощности с использованием теплофикационных турбин и генераторов при утилизации вторичной теплоты на примере установок Костанайской области.

Исследованы конструкции паросиловых установок, их технические и технико-экономические характеристики. В результате исследования выявлены основные причины и потенциальная эффективность внедрения системы турбина – генератор при использовании ее от источника сбросного тепла. Внедрение данной системы электрогенерации позволит сократить потребность котельных малой и средней мощности в электроснабжении собственных нужд с выдачей излишков электроэнергии в централизованную электросеть, снизить зависимость от энергетического топлива, а также обеспечить приrost энергетических мощностей.

Рассмотрены вопросы энергоэффективности система турбина-генератор. Наблюдается незначительное снижение КПД системы турбогенерации вследствие повышения температуры окружающего наружного воздуха (1-2 %), а также расчетный удельный расход условного топлива, который составил 0,01-0,05 кг/Квт·ч при изменении температуры внешней среды на 5-7 °С. Доказано, что система эффективна и может вырабатывать достаточно энергии в период эксплуатации, что позволит покрыть расходы потребления

электроэнергии собственных нужд котельной, сократит нагрузку на климат, а также обеспечит надежность и бесперебойность электроснабжения.

Ключевые слова: вторичные энергетические ресурсы, котел, паровая турбина, турбогенератор, механическая энергия, электрическая энергия, котельная.

Введение

В настоящее время становится не выгодно производить тепло (отапливать) и транспортировать только горячую воду до потребителя. В данное время жилищно-коммунальными хозяйствами установлены требования о целесообразности комбинированного производства электрической и тепловой энергии на отопительных центрах, располагаемых в непосредственной близости от потребителя для собственных нужд и на продажу [1, 2]. Предполагается, что преобразования функции генерации тепла и электричества повышает коэффициент полезного действия в целом до 80 %: уменьшаются затраты на расход энергии, увеличивается срок службы отдельных элементов оборудования, сокращения простоя за счет надежного резервирования, снижение износа оборудования и перерасход энергии [3].

Целью исследования является повышение эффективности котельных установок малой и средней мощности путем модернизации объекта с применением турбогенератора для выработки дополнительной электроэнергии при использовании вторичного отработанного пара.

Реализация данной цели также приводит к блокировке сброса теплоты в окружающую среду, к которым на котельных относятся оборотная вода охлаждения конденсатора, продукты сгорания, и некоторые контуры охлаждения технологических потоков. Как следствие, это снижает локальное загрязнение климата Костанайской области, и также повышает эффективность использования котельной в вопросах выработки тепловой и электрической энергии.

Материалы и методы

В Костанайской области большая часть котельных малой и средней мощности до 5МВт, работает на газе, угле и мазуте, используя паровые котлы.

Исследования проводились на котельной города Костанай с паровым котлом типа ГМ-50/14. Данный котел работает на природном газе и мазуте как резервный источник энергии в случаях отсутствия природного газа по тем или иным причинам. Котел имеет производительность пара 50 т/час, рабочее давление в барабане – 14 атм, за главной паровой задвижкой соответственно 14 атм. Температура насыщенного пара при водяном объеме 30,0 м³ и паровом объеме 8,2 м³ около 215 0С. Тип топки камерная, объем топки 133 м³,

радиационные поверхности нагрева закрывают все стены топочной камеры, образуя фронтальной, задней и два боковых экрана площадью радиационной поверхности экранов 158 м². В среднем природного газа расходуется порядка 2000–2300 м³/час. Излишки пара, которые сконденсировались в жидкость, направляются снова в паровой котел, для повторного нагрева с предварительным удалением кислорода и подобных реагентов ржавления паровой системы.

В различных научных трудах производится анализ и решения по энергоэффективности тепловых установок, а также устройств когенерации. Методология и результаты различные. Так, авторами [4] предлагаются экспериментально-расчетные исследования энергетических и экологических характеристик в зависимости от природных условий региона, котла Firematic 60, работающего на твердом топливе. В работе [5] представлены результаты испытаний основного промышленного образца системы накопления энергии (ЭСС-10-1200-400), работающих непосредственно в комплексе с газопоршневыми генераторами (ГЭГ) в составе опытной энергосистемы. Авторами исследований [6] показаны и доказаны полезность методов и путей повышения энергоэффективности на тепловых установках, путем использования абсорбционных термокомпрессоров. В научных работах [7, 8] представлены методы повышения эффективности работы промышленных электростанций за счет использования нового компьютерного программного обеспечения, при котором производится подробный анализ критериев нагрузки котла по минимуму полной стоимостной характеристики пара. Интересное решение предлагается в [9], где доказана эффективность метода сжигания избыточного порошкообразного полукокса, определенного в критическом долевым эквиваленте топлива. Технологическое практическое решение с использованием измененной конструкции и внедрением многокамерного сжигания в дымовых водогрейных котлах, предлагается авторами [10]. По сравнению с гипотезами и идеями, которые были подробно проанализированы, принципиальной особенностью предлагаемого решения является использованием системного подхода для связи централизованной и распределенной генерации, а также отработанной вторичной энергии пара от котла, для повышения энергоэффективности котельных малой и средней мощности. При учитываются как внутренние свойства устройств котельной, так и характер взаимодействия с внешней окружающей средой. Особенно важным является факт, что котельные малой и средней мощности при таком решении становятся автономными в вопросах электроснабжения, обеспечивая системы собственных нужд (электродвигатели тягодутьевых агрегатов, электродвигатели насосов, системы вентиляции, освещения, части силовой нагрузки и др.) собственной «зеленой» электроэнергией.

Результаты и обсуждение

Для первичного анализа критериев энергоэффективности были исследованы теплоэнергетические показатели котельной на примере использования котла ГМ-50/14: расходы топлива (газа) в течение фиксированного отрезка времени. Результаты исследований показаны на рисунке 1.

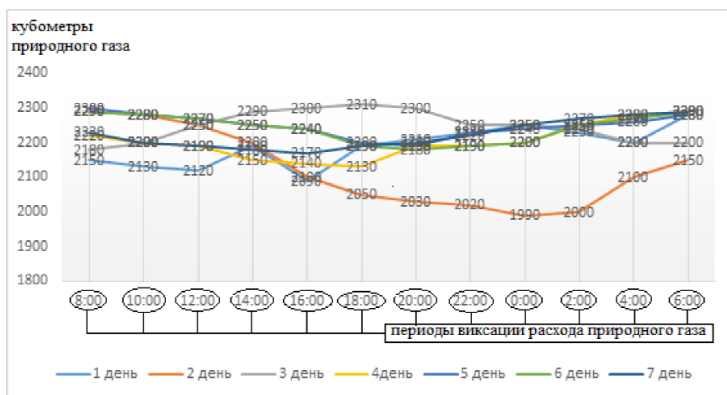


Рисунок 1 – Расход природного газа в паровом котле

В схеме производства тепла после нагрева теплоносителя (воды) парового котла, пар поступает на гребенки и пароперегреватель. После этого, в технологической схеме внедряется турбогенератор, который вырабатывает необходимое количество энергии для погашения электроэнергетических затрат потребляемой котельной.

Синтез технологической схемы при ее разработке ограничили определением состава элементов и структурой, где для реализации каждой стадии технологического процесса подбирается один или несколько технических элементов. После определения состава технологических элементов была установлена связь между ними по потокам вещества и энергии, а также определены связи с внешними системами, в том числе с окружающей средой.

Электрическая энергия вырабатывается в генераторе, приводимый в движение турбиной, при чем часть энергии расходуется на привод компрессора. Путь пара заканчивается на подогреве сетевой воды. Пар отдавая тепло в теплообменнике сетевой воде, возвращается обратно в котел, для последующего повторного нагрева теплоносителя. Паровой котел выполнен как вертикально-водотрубный с естественной циркуляцией воды.

Подача газа или мазута (резервного топлива) осуществляется с помощью газомазутной горелки. Расположение горелок предусмотрено на боковых стенках топки в количестве двух горелок на каждой стенке с мазутными форсунками механического распыления. Подача воздуха для горения топлива принудительная, у каждой горелки предусмотрена поворотная регулирующая заслонка воздуха. Разработанная структурная схема системы когенерации типовой котельной представлена на рисунке 2.

Процесс работы турбины присущ для двух режимов: к соплам свежий пар поступает через регулирующие клапаны и корпус турбины. После термодинамического расширения пара в соплах пар поступает к рабочему колесу в осевом направлении. Далее энергия пара преобразуется в кинетическую энергию, вращая ротор генератора.

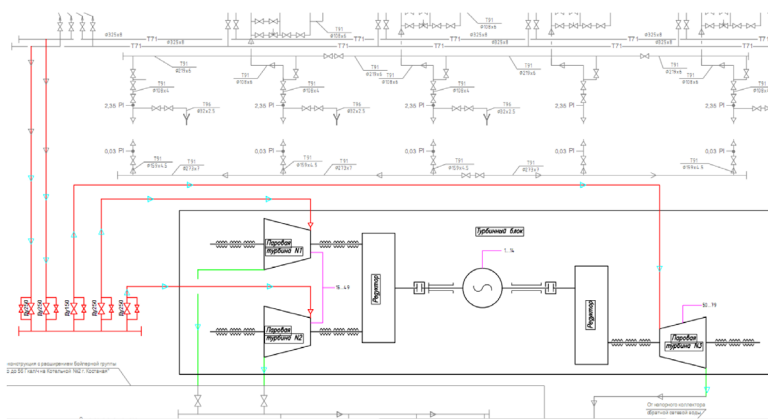


Рисунок 2 – Система когенерации с турбомашинной для отбора мощности к системе собственных нужд котельной

Так за счет изменения направления потока струи пара, на рабочих лопатках, кинетическая энергия преобразуется в механическую. Отработанный пар покидает турбину через выхлопной патрубок.

Общая схема образует два контура: один контур поступает от парового котла через гребенку и пароперегревателя в турбину. После турбины пар обладая большой термической энергией поступает на теплообменники. Таких теплообменников установлено не в единичном количестве, теплообменников ставят несколько штук для лучшего технологического процесса. Второй контур холодной воды, к которому пар отдает свое тепло, поступает в водогрейные котлы, там доводят до оптимальной температуры и давления.

Параметры задает диспетчер, и уже готовую воду, очищенную от всех вредных элементов, выводят в город по теплотрассе.

Внедрение системы электрической генерации в тепловую схему котельной производилась путем подробного анализа электромагнитных, термодинамических и механические свойства системы.

Расчет энтальпий объемов воздуха и продуктов сгорания производим при температуре от 100 до 1000 °С через каждые 100 °С. Затем подсчитываем энтальпии продуктов сгорания при коэффициенте избытка воздуха за газоходами всех поверхностей нагрева. Результаты расчета энтальпий воздуха и продуктов сгорания представлены на рисунке 3.

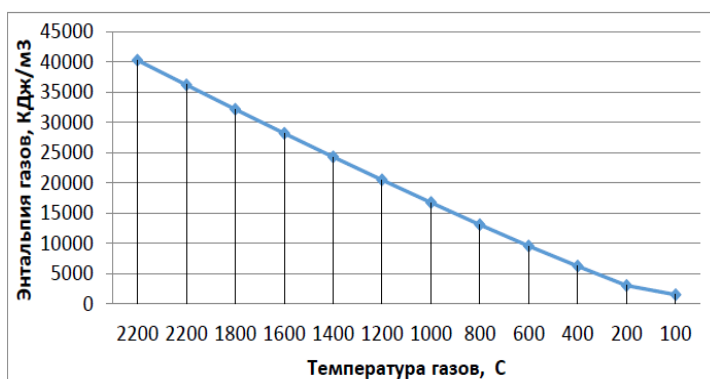


Рисунок 3 – Зависимости энтальпий воздуха и продуктов сгорания в газоходе «топка-фестон»

После расчетов энтальпий объемов производился подсчет потерь тепла с недожигом в 0,5 %, и уходящими газами, которые составили 6,6 %. При этом потеря тепла от наружного охлаждения котла составило 0,91 %. В итоге, КПД водогрейного котла «брутто» для выбора системы котел-турбогенератор, находят по методу обратного баланса, и составили [4]:

$$\eta_{\text{вк}} = 100 - (6,6 + 0,5 + 0,91) = 91,99 \% \quad (1)$$

Как результат показано, что котлы с производительностью пара в 50 тон час, достаточны для вращения турбогенератора и производства электричества, потребляемой котельной во время сезона отопления.

Турбогенератор по паспорту обладает следующими техническими характеристиками: номинальной мощностью: 8863 кВА, коэффициент мощности 0,8, напряжение: 10500 +/- 5 %В, ток: 487 А, частота: 50 +/- 2 % Гц,

скорость вращения, 1500 об/мин, способ охлаждения: воздух. Температура воздуха, 40 °С, подключение фазы статора: Star3, количество фаз обмотки статора: 3, напряжение поля возбуждения: 125 В, ток возбуждения: 522 А, чередование фаз: U-V-W, направление вращения: по часовой стрелке от приводного конца, степень защиты: IP44, метод охлаждения: IC31, количество выводов статора: 6.

Принцип соединения внедренного турбогенератора одновальной системы показан на рисунке 4.

Температура подшипников генератора стороны А и В составляет от 45 до 55 °С в среднем за сутки. Температура обмоток от 45 до 65 °С, зная температуру необходимо для контроля состояния обмотки генератора. Соответственно температура воздуха (генератора) за теплообменником около 20 – 23 °С, температура воздуха (генератора) перед теплообменником 54 – 60 °С. Присоединение воздухообменников показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Генератор вид генератора и турбины на воздухозаборник

Эластичная муфта соединена с возбудителем соосна и является продолжением механизма турбина-генератор-возбудитель. Резервные возбудители постоянного тока, ротор приводятся своим трехфазным переменным током электродвигателя, и предусмотренный при установке в схеме генератора, как резерв.

Так же в турбогенераторе была рассчитана и выбрана турбина с противодавлением марки TST-100-G-P-640 и приводящим механизмом привода центробежного двустороннего насоса входа 1Д-1250-125, с обеспечением паром требуемых параметров на выходе из турбины. Турбина изготавливается в исполнении УХЛ 4.1, для условий использования в закрытых помещениях при температуре окружающей среды от 5 до 50 °С. Турбина обладает двумя режимами работы: TWIN 4766050 и MONO 4345118. При подсчете количества тепла, отпускаемого потребителю, условно принято, что 5% выработанного тепла расходуется на собственные нужды котельных,

работающих на основном топливе – газе, при резервном – мазуте. Турбина обладает номинальной мощностью на выходном валу турбины (муфте) 7252 кВт, мощность на клеммах около 7000 кВт, номинальная скорость вращения выходного вала 1500 об/мин, номинальная температура пара перед стопорным клапаном турбины 223 °С.

Турбина в режиме TWIN 4766050 – рассматриваемая машина является одноступенчатой активной турбиной, и предназначена как зимний период работы турбогенератора.

Турбина в режиме MONO 4345118 – рассматриваемая машина является одноступенчатой активной турбиной и работает в летний период, поскольку нет необходимости подготавливать воду в теплотрассу.

Давление свежего пара составляет в пределах: 11,5–14,4 бар, рабочее же давление около 14,1 бар, номинальный расход пара 0,6–1,35 бар, номинальное избыточное давление пара на выходе из турбины 1,6 бар, Давление отработанного пара составляет в пределах: 0,6–1,35 бар. Рабочий диапазон температуры составляет 190–220 °С, температура отработанного пара 171 °С, критическая скорость вращения: около 1665 об/мин,

Произведен анализ водных ресурсов охлаждения системы, где вода имеет свойство быть буфером тепла между определёнными агрегатами, такими как паровой котел, теплообменник и турбогенератор. На рисунке 6 приведен график, определенный расчетами по формуле (2), который выражает количественно сколько нужно энергии, чтобы нагреть 50 м³ воды в час до определенной температуры.

Транспортировку пара (воды) считают для количественного обобщения энергии потраченной на полезную работу [1,4]:

$$Q = V \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

где V – объем, литры;

Q – тепловая энергия, ккал;

T_2 – температура начальная, °С;

T_1 – температура конечная, °С;

На диаграмме рассмотрено три дня в рабочем режиме турбины генератора в режиме конвертации тепловой энергии в электрическую с последующей отдачей в сеть собственных нужд.

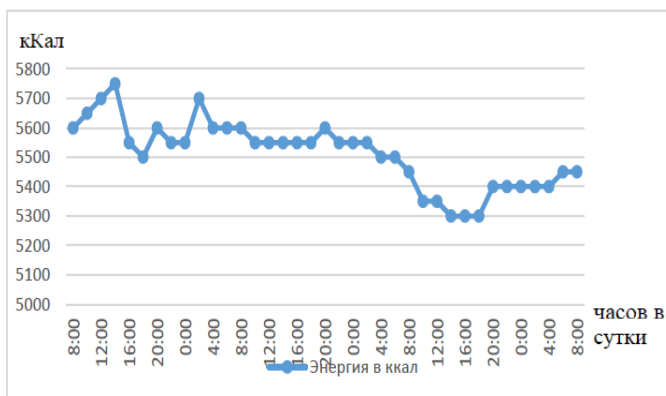


Рисунок 6 – Диаграмма зависимости изменения тепловой энергии в течение суток

Котельная вырабатывает электроэнергию в среднем 3800 кВА·час. Показания фиксируются системой учета каждый час, так же фиксируется минимальная частота вращения ротора приборами турбины,

На рисунке 7 показана зависимость изменения вырабатываемой электроэнергии в зависимости от регулирования часты вращения ротора генератора от первичных регуляторов системы (паровые регуляторы).

Этот график обобщает суточную выработанную энергию от внедренного турбогенератора в уже существующую схему. На графике видно, как распределяется энергия и идет выработка электрической энергии в сеть, что позволяет проследить за качеством энергии и вносить коррективы в первичные и вторичные средства регулирования мощности.

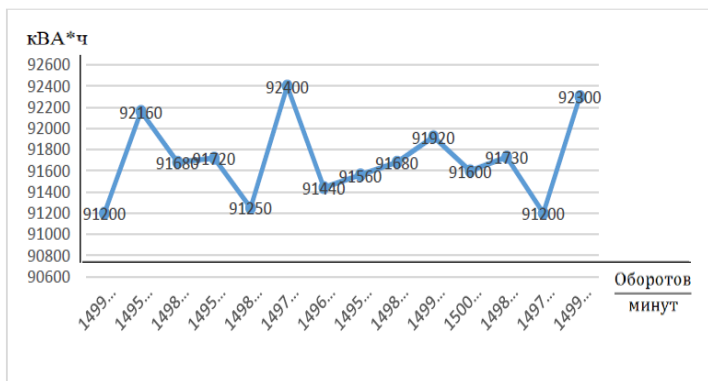


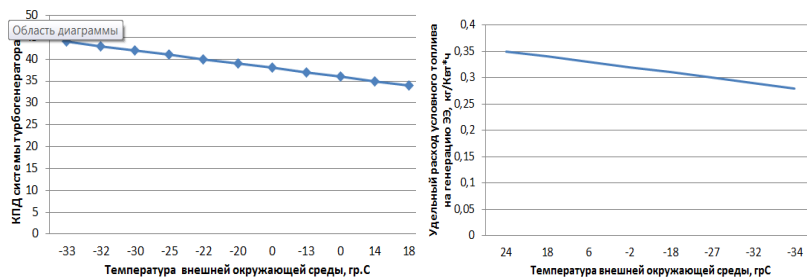
Рисунок 7 – Зависимость выработки электроэнергии от частоты вращения вала генератора

Эти показания нужно отслеживать постоянно, для своевременного вмешательства в процесс работы генератора.

В целом предлагаемая система когенерации котельных имеет отличия от традиционных ТЭЦ, где изначально было задумано по проекту выработка электричества и тепла. В котельных малой и средней мощности с исследуемым узлом когенерации контур охлаждающей воды не поступает к градирне, а является горячей водой для города Костанай. Пар от паровых котлов необходим для нагрева холодной воды, с последующем ее нагреве до нужной температуры и транспортировки в город по теплотрассе. Элемент турбогенератор – внедряется между паровым котлом и теплообменником, и тем самым используя пар парового котла не только для собственных нужд, но и для выработки электричества собственных нужд. Этих мероприятий достаточно для оценки эффективности внедряемых мероприятий с точки зрения экономических показателей, энергетических, а также изменения климата.

Для анализа энергоэффективности были исследованы два основных показателя системы: КПД газотурбинной системы и расход условного топлива на генерацию электроэнергии. Результаты анализа показаны на рисунках 8 и 9.

Внедрение системы когенерации в производственный процесс котельных малой и средней мощности за счет использования вторичных газов котельных агрегатов, позволяет максимально снизить расходы и увеличить доход предприятия, а также увеличит экологическую безопасность за счет снижения влияния тепловых нагрузок на окружающую среду.



Заклучение

В проведенном исследовании были разработаны новые технические решения по внедрению системы электрогенерации в котельных малой и средней мощности, в которых первичным источником энергии является отработанный пар. На примере котельной города Костанай был проведен синтез технологической схемы, для эффективного энергоснабжения сформированы две блочных установки паровых турбин, а также генератор электрической мощностью 5 МВт. Пар предусмотрен поступлением в систему от паровых коллекторов котельной с параметрами в $P=1,4$ МПа и температурой $t=190-195$ °С. Параметры отработанного пара от турбин варьируются в диапазоне $P=0,05...0,15$ МПа, и температур $t=80...113$ °С.

Предусмотрен отвод отработанного пара от турбин в бойлерную группу и деаэрактор.

Рассчитаны показатели энергоэффективности внедряемой системы, где наблюдается незначительное снижение КПД системы турбогенерации вследствие повышения температуры окружающего наружного воздуха (1–2 %), а также расчетный удельный расход условного топлива, который составил 0,01-0,05 кг/Квт·ч при изменении температуры внешней среды на 5-7 °С. Все это позволяет управлять показателями внедряемого оборудования в условиях меняющейся тепловой нагрузки и температуры окружающей среды, а также проводить мероприятия по оптимизации режимов работы системы для получения максимальной выработки электрической энергии путем использования вторичной энергии отработанных газов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шатров, М. Г. Теплотехника: Учебник / М.Г. Шатров. – М. : Академия, 2018. – 320 с.

2 **Остриков, А. Н.** Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: Учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко и др. – СПб.: Лань, 2018. – 440 с.

3 **Durmuş, Kaya., Fatma, Çanka Kılıç., Hasan, Hüseyin Öztürk.** Energy Management and Energy Efficiency in Industry / Kaya Durmuş. Publisher: Springer Cham, 2021. – 312 P., ISBN978-3-030-25995-2

4 **Любов, В. К., Попов, А. И., Попова, Е. И., Чернов, А. А.** Эффективность сжигания торфа в котле малой мощности: анализ запасов торфа в Архангельской области и эффективность его энергетического использования / Материалы Международного симпозиума по устойчивой энергетике и энергетике 2021. Конспект лекций по машиностроению. Спрингер, Сингапур SUSE 2021.

5 **Боднар, Л. А., Степанов, Д. В., Довгаль, А. Н.** Экспериментальные исследования энергетических и экологических показателей работы маломощного комбинированного газогенератора и водогрейного котла / Л. А. Боднар. – J Eng Phys Thermophy 88, 2015. – стр. 962–967. <https://doi.org/10.1007/s10891-015-1271-x>

6 **Янков, В. С., Хоштария, А. Г.** Применение абсорбционных термокомпрессоров для утилизации низкопотенциальных вторичных теплоэнергетических ресурсов. – Chem Petrol Eng 19, 1983, стр. 519–521. <https://doi.org/10.1007/BF01148995>

7 **Варганова, А. В., Малафеев, А. В.** Энергоэффективное распределение тепла между котлоагрегатами промышленных электростанций с использованием ЭВМ / А.В. Варганова.- Power Technol Eng 52 , 2018. – стр. 74–78. [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/s10749-018-0912-6>

8 **Бейене, А., Котари, Д., Суббарао, П.** Выработка энергии. Под редакцией В: Гроте, К. Х., Хефази, Х. Справочник Springer по машиностроению.- издательство Чам, 2021. – 622 с. [Electronic resource]: – https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7_27

9 **Wang, C., Feng, Q., Jin, L.** et al. Experimental and Numerical Study on Co-combustion Behaviors and NOx Emission Characteristics of Semi-coke and Coal in a Tangentially Fired Utility Boiler. J. Therm. Journal of Thermal Science Sci. 30, 1116–1131 (2021). [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/s11630-021-1405-8>

10 **Demchenko, V., Dolinskiy, A., Sigal, A. I.** The Organization of Internal Recirculation of Smoke Gases in Reversible Water-Cooled Chambers of Combustion of Boilers for their Modernization. In: Syred, N., Khalatov, A. (eds) Advanced Combustion and Aerothermal Technologies. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, 2007. – P 299–315. [Electronic resource]: – https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6515-6_23

REFERENCES

1 **Shatrov, M. G.** Teplotekhnika [Thermal engineering] : Uchebnik / M.G. SHatrov. – Moscow : Akademiya, 2018. – 320 p.

2 **Ostrikov, A. N.** Processy i apparaty. Raschet i proektirovanie apparatov dlya teplovyh i teplomassoobmennyh processov [Processes and devices. Calculation and design of devices for thermal and heat and mass transfer processes] : Uchebnoe posobie / A. N. Ostrikov, V. N. Vasilenko i dr. - Spb. : Lan', 2018. – 440 p.

3 **Durmuş, Kaya., Fatma, Çanka Kılıç., Hasan, Hüseyin Öztürk.** Energomenedzhment i energoeffektivnost' v promyshlennosti [Energy Management and Energy Efficiency in Industry] / Kaya Durmuş. Publisher : Springer Cham, 2021. – 312 p., ISBN978-3-030-25995-2

4 **Lyubov, V. K., Popov, A. I., Popova, E. I., Chernov, A. A.** Effektivnost' szhiganiya torfa v kotle maloj moshchnosti: analiz zapasov torfa v Arhangel'skoj oblasti i effektivnost' ego energeticheskogo ispol'zovaniya [Efficiency of peat combustion in a low-power boiler: analysis of peat reserves in the Arkhangelsk region and the efficiency of its energy use] / Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma po ustojchivoj energetike i energetike 2021. Konspekt lekcij po mashinostroeniyu. Springer, Singapur SUSE 2021.

5 **Bodnar, L. A., Stepanov, D. V., Dovgal', A. N.** Eksperimental'nye issledovaniya energeticheskikh i ekologicheskikh pokazatelej raboty malomoshchnogo kombinirovannogo gazogeneratora i vodogrejnogo kotla [Experimental studies of energy and environmental performance indicators of a low-power combined gas generator and hot water boiler] / L. A. Bodnar. – J Eng Phys Thermophy 88, 2015. – pp. 962–967. [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/s10891-015-1271-x>

6 **Yankov, V.S., Hoshtariya, A. G.** Primenenie absorbcionnyh termokompressorov dlya utilizacii nizkopotencial'nyh vtorignyh teploenergeticheskikh resursov [Application of absorption thermocompressors for utilization of low-potential secondary heat and power resources]. – Chem Petrol Eng 19, 1983, P. 519–521. [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/BF01148995>

7 **Varganova, A. V., Malafeev, A. V.** Energoeffektivnoe raspredelenie tepla mezhdru kotloagregatami promyshlennyh elektrostancij s ispol'zovaniem EVM [Energy-efficient heat distribution between boiler units of industrial power plants using a computer] / A.V. Varganova.- Power Technol Eng 52 , 2018. – P. 74–78. [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/s10749-018-0912-6>

8 **Bejene, A., Kotari, D., Subbarao, P.** Vyrabotka energii [Energy production] / Pod redakciej V : Grote, K. H., Hefazi, H. Spravochnik Springer po mashinostroeniyu..– izdatel'stvo CHam, 2021. – 622 P. [Electronic resource]: – https://doi.org/10.1007/978-3-030-47035-7_27

9 Wang, C., Feng, Q., Jin, L. et al. Eksperimental'noe i chislennoe issledovanie povedeniya sovmestnogo goreniya i harakteristik vybrosov NOx polukoksa i uglja v kotle s tangencial'noj topkoj [Experimental and Numerical Study on Co-combustion Behaviors and NOx Emission Characteristics of Semi-coke and Coal in a Tangentially Fired Utility Boiler] / J. Therm. Journal of Thermal Science Sci. 30, 1116–1131 (2021). [Electronic resource]: – <https://doi.org/10.1007/s11630-021-1405-8>

10 Demchenko, V., Dolinskiy, A., Sigal, A.I. Organizaciya vnutrennej recirkulyacii dymovyh gazov v reversivnyh vodoohlazhdaemyh kamerah sgoraniya kotlov pri ih modernizacii [The Organization of Internal Recirculation of Smoke Gases in Reversible Water-Cooled Chambers of Combustion of Boilers for their Modernization] / In: Syred, N., Khalatov, A. (eds) Advanced Combustion and Aerothermal Technologies. NATO Science for Peace and Security Series C : Environmental Security. Springer, Dordrecht, 2007. – P. 299–315. [Electronic resource]: – https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6515-6_23

Принято к изданию 18.09.23.

*Ж. Ш. Бермагамбетов¹, А. И. Озаркова², А. Б. Утегулов³, И. В. Кошкин⁴

^{1,2,4}Байтұрсынов атындағы Қостанай Өңірлік университеті,

Қазақстан Республикасы, Қостанай қ.;

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

Басып шығаруға 18.09.23 қабылданды.

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ТӨМЕН ЖӘНЕ ОРТА ЭЛЕКТР ҚАЗАНДЫҚТАРЫНЫҢ МЕНШІК ҚАЖЕТТІЛІГІНІҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ГЕНЕРАЛДЫҚ ЖҮЙЕСІН ЕНГІЗУ

Мақалада Қостанай облысындағы қондырғылар мысалында екінші реттік жыруды қалпына келтіруде когенерациялық турбиналар мен генераторларды пайдалана отырып, шағын және орта электр қазандығының жеке қажеттіліктері үшін қосымша энергия өндіру жүйесі әзірленді.

Бу электр станцияларының конструкциялары, олардың техникалық және техникалық-экономикалық сипаттамалары зерттелді. Зерттеу нәтижесінде турбиналық-генераторлық жүйені қалдық жылу көзінен пайдалану кезінде енгізудің негізгі себептері

мен потенциалды тиімділігі анықталды. Бұл электр энергиясын өндіру жүйесін енгізу орталықтандырылған электр желісіне артық электр энергиясын беру арқылы шағын және орта қазандықтардың өз қажеттіліктерін қамтамасыз ету қажеттілігін азайтады, энергетикалық отынға тәуелділікті азайтады, энергия қуатын арттыруды қамтамасыз етеді.

Турбиналық-генераторлық жүйенің энергия тиімділігі мәселелері қарастырылады. Сыртқы ауаның қоршаған орта температурасының жоғарылауы (1-2 %), сондай-ақ 0,01-0,05 кг құраған стандартты отынның болжамды үлестік шығыны есебінен турбиналарды генерациялау жүйесінің тиімділігінің шамалы төмендеуі байқалады. /кВт•сағ қоршаған орта температурасының 5-7⁰С өзгеруімен. Жүйе тиімді және жұмыс кезінде жеткілікті энергия өндіре алатыны дәлелденді, бұл қазандықтың жеке қажеттіліктері үшін электр энергиясын тұтыну шығындарын өтейді, климаттық жүктемені азайтады, сенімділік пен үздіксіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз етеді.

Кілтті сөздер: қайталама энергетикалық ресурстар, қазандық, бу турбинасы, турбогенератор, механикалық энергия, электр энергиясы, қазандық.

*J. Sh. Bermagambetov¹ A. I. Ogarkova², A. B. Utegulov³, I. V. Koshkin⁴

^{1,2,4}Kostanay Regional University named after A. Baitursynov,

Republic of Kazakhstan, Kostanay;

³Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin,

Republic of Kazakhstan, Astana

Accepted for publication on 18.09.23

INTRODUCTION OF A GENERATION SYSTEM TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF THE OWN NEEDS OF BOILER HOUSES OF LOW AND MEDIUM POWER IN KOSTANAY REGION

The article developed a system of additional power generation for own needs of a boiler house of small and medium power using cogeneration turbines and generators in the recovery of secondary heat using the example of installations in the Kostanay region.

The designs of steam power plants, their technical and technical and economic characteristics have been studied. As a result of the study, the main reasons and potential efficiency of the implementation of the turbine-

generator system were identified when using it from a source of waste heat. The introduction of this power generation system will reduce the need for small and medium-sized boiler houses to supply their own needs with the issuance of excess electricity to the centralized power grid, reduce dependence on energy fuel, and ensure an increase in energy capacity.

The issues of energy efficiency of the turbine-generator system are considered. There is a slight decrease in the efficiency of the turbine generation system due to an increase in the temperature of the ambient outside air (1-2%), as well as the estimated specific consumption of reference fuel, which amounted to 0.01-0.05 kg/kW•h with changes in the ambient temperature by 5-7 0C. It has been proven that the system is efficient and can generate enough energy during operation, which will cover the costs of electricity consumption for the boiler house's own needs, reduce the load on the climate, and ensure the reliability and uninterrupted power supply.

Ключевые слова: secondary energy resources, boiler, steam turbine, turbogenerator, mechanical energy, electrical energy, boiler house

Теруге 18.09.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.09.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4140

Сдано в набор 18.09.2023 г. Подписано в печать 29.09.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4140

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz