

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-49-58

Слободчиков Е.Г.

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова

E-mail: egor-sakha@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Аннотация. Тенденция роста индивидуального домостроения в стране решает социально-экономические задачи и жилищные вопросы населения. Развитие жилищного строительства в Якутии характеризуется обеспечением темпов строительства и различными социальными программами в сельской местности. В связи с географическими и транспортно-логистическими трудностями подключение многих поселений и микрорайонов к централизованным источникам энергоснабжения является затруднительным и несет большие бюджетные затраты. Вследствие этого, возрастает спрос на автономные источники тепловой генерации за счет использования доступного местного топлива. На рынке представлены различные твердотопливные теплогенераторы малой мощности (до 100 кВт) с верхним способом воспламенения топлива, использующие угольное и дровяное топливо. Практика показывает, что данные теплогенераторы и их дымоходные системы при эксплуатации в низких температурах наружного воздуха испытывают сложности, что отражается в образовании сажи на поверхностях нагрева и кислотного конденсата в дымоходах. Одной из причин является неудовлетворительный режим горения топлива из-за конструктивных особенностей топки котлоагрегата. Для изучения влияния климатических и внешних факторов на работу твердотопливного теплогенератора, в отопительный период выполнены измерения параметров работы топки котла и его дымоходной системы. Установлено, что при снижении объема топлива по мере выгорания в топке значительно снижаются показатели температуры горения и теплопроизводительности, что связано с увеличением коэффициента избытка воздуха.

Ключевые слова: твердотопливные котлы, горение твердого топлива, коэффициент избытка воздуха.

Введение. При эксплуатации зданий в условиях Севера России в целях обеспечения комфорта проживания возникают задачи по повышению надежности работы систем тепловой генерации. Согласно принятой Стратегии развития Арктической зоны (утвержден Указом Президента РФ от 26.10.2020 года № 645) в целях социально-экономического развития предусматривается увеличение объемов жилищного строительства и инженерной инфраструктуры в труднодоступных регионах с учетом природно-климатических особенностей Крайнего Севера. В этой связи ведущим трендом развития энергетики в России является широкое использование энергосберегающих технологий, в том числе с применением современных теплоизоляционных материалов, альтернативных источников энергии и местного топлива [1–3]. Одним из направлений является развитие энергетической инфраструктуры с использованием эффективных теплогенераторов.

При проектировании зданий и инженерных систем следует учитывать климатические особенности регионов на территории РФ [4–6]. Согласно СП 131.13330.2012, одной из характерных особенностей климата Якутии является большая годовая амплитуда температур, которая состав-

ляет от 50–127 °С. Суровость отопительного сезона характеризуется числом градусо-суток отопительного периода (ГСОП) [7, 8]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{вн}} + t_{\text{от}}) \cdot z, \quad (1)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода (°С·сут); $t_{\text{вн}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С; $t_{\text{от}}$ – средняя температура за отопительный период, °С; z – количество суток отопительного периода, ед.

На рисунке 1 представлены значения ГСОП для характерных городов России и Европы, а также населенных пунктов Якутии. Как видно из рисунка, суровость значений для Республики Саха (Якутия) значительно превышает значения городов России и составляет 8000–12000.

Значительная продолжительность отопительного периода, наличие вечномёрзлых грунтов, слабо развитая энергетическая инфраструктура, отсутствие логистики между населенными пунктами, в основном малонаселенными, создают особые трудности для строительства и обеспечения жизнедеятельности человека на Севере [9, 10].

Систему ЖКХ Якутии образуют объекты теплогенерации, транспортировки теплоносителя и инфраструктурные сооружения. Практиче-

ски во всех районах и городах республики отмечается высокий уровень износа инженерных систем, более 50 %, который не позволяет обеспечить нормальное функционирование систем теплоснабжения [11]. Северные регионы характеризуются малой плотностью населения, транспортной труднодоступностью, высокой стоимостью тепловой энергии централизованных источников

(около 5–8 раз по сравнению с газовым и твердым топливом) [12]. «Занятость лесами территории Якутии составляет 47,4 %, общая площадь земель лесного фонда на территории Республики Саха (Якутия) около 249 млн. га, что составляет 81 % от общей площади республики» [13]. Также местным топливом является бурый и каменный уголь.

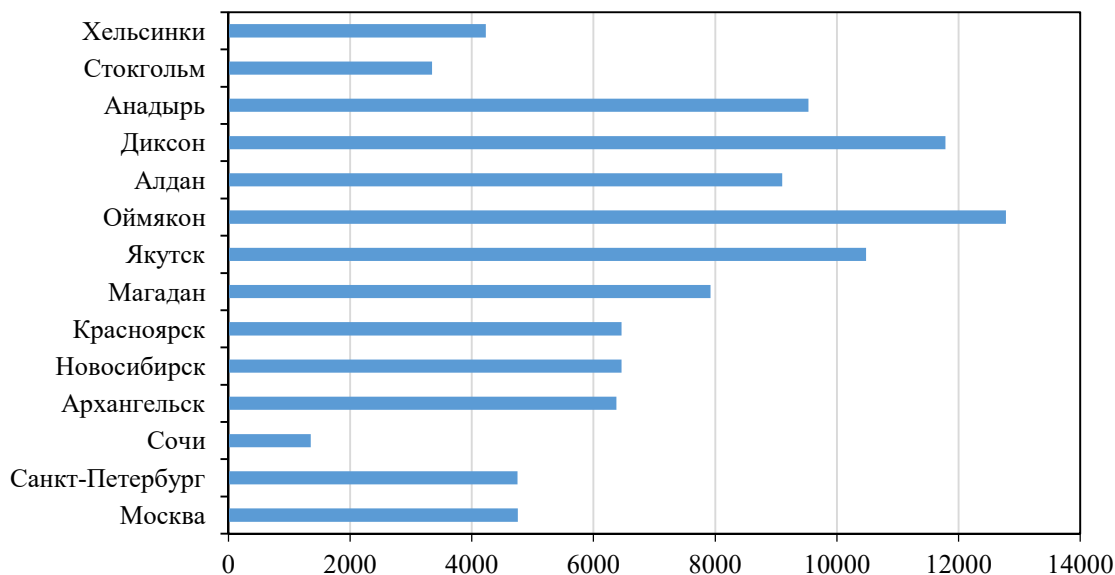


Рис. 1. Градусо-сутки отопительного периода для различных городов России и стран Европы

На рынке России существуют различные твердотопливные котлоагрегаты «нижнего» горения (Zota, Ураган, Теплодар, Kiturami) и «верхнего» горения (Липснеле, Стронува, Candle, Терморобот), кирпичные и самодельные печи водяного и конвекционного типа. Эффективность теплогенераторов определяет затраты и рентабельность производства тепловой энергии [14]. Теплогенерирующая установка является основным элементом системы отопления и горячего водоснабжения зданий. Обеспечение долговечности работы инженерных систем зависит от проработанности проектных решений в эксплуатируемых климатических условиях и апробации инженерного оборудования [15–17]. Преимуществами автономного теплоснабжения является снижение сроков строительства и капитальных затрат, исключение утечек при транспортировке тепловой энергии, низкая стоимость генерации энергии, возможность местного регулирования [18]. Особенности работы котельных установок и общие характеристики автономного теплоснабжения изложены в работах М.М. Щеголева, Ю.Л. Гусева, Г.Н. Делягина, П.А. Хаванова, Г.М. Климова, О.К. Мазуровой и других [19–23].

С начала 2010-х годов в Якутии активно начали внедряться твердотопливные котлы, использующие так называемый принцип верхнего

воспламенения топлива, когда горение осуществляется в вертикальной цилиндрической топке сверху-вниз. В настоящее время в республике эксплуатируется свыше 2500 единиц данных котлов, использующих данный принцип. Основным источником топлива для таких автономных систем является бурый уголь, дрова из лиственных пород дерева. «Отопительный котел «верхнего горения» представляет собой корпус цилиндрической формы, в котором размещена камера сгорания топлива, колосниковая решетка, емкость для загрузки теплоносителя, устройство для подачи и распределения воздуха» [24]. Отличием от других котлоагрегатов является то, что воспламенение и горение топлива происходит в вертикальном цилиндре по направлению сверху-вниз.

Методы, оборудование, материалы. Загрязнение внешних поверхностей нагрева при омывании их дымовыми газами происходит при работе теплогенераторов на твердом топливе, и зависит от протекающих в топке процессов. Процесс загрязнения наблюдается в виде осаждения частиц золы на поверхностях нагрева котлоагрегата. Наиболее интенсивно данные процессы протекают при наличии в топке полувосстановительной среды, снижающей температуру плавления золы по сравнению с температурами для

окислительной среды. Данные отложения ухудшают лучистый и конвективный теплообмен, прогрессирующие отложения в виде плотных структур могут привести к аварийной остановке котлоагрегата. Причиной 23 % аварийных остановок отечественных котлоагрегатов является золовый износ [25]. Также негативное влияние на эксплуатацию котлоагрегатов оказывает влияние продуктов горения твердого топлива на охлажденные металлические конструкции дымоходных систем в виде кислотной коррозии, увлажнения и процессов сажеобразования разной степени (рис. 2а и 2б). Кислотная коррозия происходит с конденсацией серной кислоты при проходе дымовыми газами низкотемпературных поверхностей в дымоходных системах и местах нагрева. При содержании в топливе более 3 % серы конденсат на стенках дымохода может быть в виде

серной кислоты с концентрацией до 70–80 %. [26]. Образование сажи по мере его накопления на поверхностях нагрева сопровождается его самопроизвольным возгоранием или забиванием отверстий для отвода продуктов сгорания, с последующим проникновением дымовых газов в жилые помещения. Установлено, что процессы образования кислотного конденсата наблюдаются в переходный период в межсезонье и приводят к быстрому разрушению дымоходных систем из-за агрессивной среды. Все эти процессы негативно сказываются на эксплуатации котлоагрегатов, снижают надежность во время отопительного сезона, могут привести к аварийным случаям. Одним из факторов их возникновения являются низкие параметры горения топлива и температуры продуктов сгорания.



а)



б)

Рис. 2. Фотографии натуральных наблюдений за работой твердотопливного котла «верхнего» горения: а) образование сажи в полости дымохода, б) выпадение кислотного конденсата на поверхности дымохода

В целях исследования были проведены экспериментальные измерения режимов работы теплогенераторов с верхним воспламенением котла марки «Липснеле Арктик», с паспортной мощностью 40 кВт, во время отопительного периода в г. Якутске. Схема расположения и установки измерительных приборов и оборудования показана на рис. 3.

Основными измеряемыми параметрами являлись температуры горения топлива, продуктов сгорания, теплоносителя и теплопроизводительность котлоагрегата. Данные фиксировались с шагом 60 сек в память логгера, а затем обрабатывались на компьютере. Испытуемый котлоагрегат содержит нагнетательный вентилятор, управляющий контроллер и термостатический элемент. Контроль работы вентилятора осуществляется контроллером, зависящей от параметров

теплоносителя в подающей линии теплогенератора. Измерения параметров работы отопительного котла производились при 2 режимах: с автоматическим поддувом воздуха через нагнетательный вентилятор и с механической ручной заслонкой без поддува воздуха, растопка производилась на дровах из лиственных пород дерева и на буром угле Кангаласского угольного месторождения.

Основная часть. Испытания производились в естественных условиях при температуре наружного воздуха в диапазоне -30 до -40 °С, что характеризует осенне-зимний период. Изучение параметров котлоагрегата в зависимости от массы топлива в топке (рис. 4 и 5) показало увеличение продолжительности горения на 10–44 % в режиме механического регулирования. Установлено увеличение часовой производительности тепловой энергии в режиме автоподдува на

выше 50–55 % по сравнению с механическим регулированием, что обусловлено увеличением количества воздуха в топке, ускоряющего окислительные процессы. Низкая часовая теплопроизводительность котла в режиме механического регулирования обусловлена недостатком воздуха, участвующего в горении и поддержании диффузионно-кинетического режима, с увеличением времени горения. При этом показатели суммарной тепловой производительности в обоих режимах при массе топлива 15-43 кг имеют между собой минимальные отклонения, составляющие 6-

7 %. Показатели суммарной тепловой производительности при количестве топлива 5–10–15 кг, что составляет 11–23–35 % от общей массы, при сравнении с полной растопкой (43 кг) составляют в режиме с механической терморегуляцией: 5 кг – 4,44 %, 10 кг – 22,2 %, 15 кг – 30%, в режиме автотопдува воздуха: 5 кг – 10,7 %, 10 кг – 26,75 %, 15 кг – 29,75 %. Сжигание малых объемов топлива (5-15 кг) в топке котлоагрегата данной конструкции не позволяет получить необходимое количество тепловой энергии и обеспечить длительность горения.

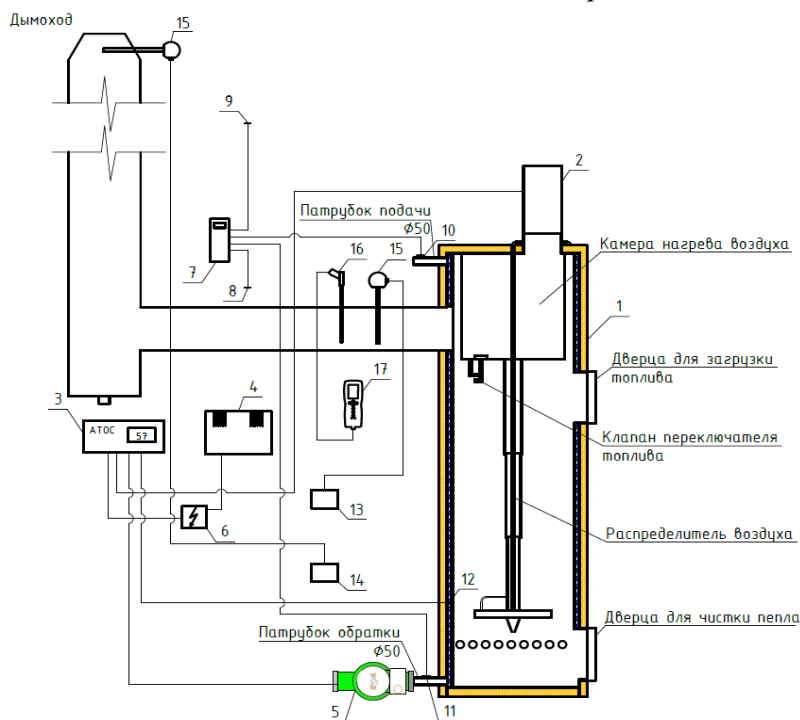


Рис. 3. Схема экспериментального стенда. Обозначения: 1 – твердотопливный котел; 2 – вентилятор поддува воздуха WPA 120; 3 – контроллер автоматики TAL RT-22; 4 – теплоинформатор Terlocom GSM; 5 – циркуляционный насос; 6 – блок питания; 7 – 4-х каналный измеритель температуры Center 309; 8 – датчик температуры внутреннего воздуха; 9 – датчик температуры наружного воздуха; 10 – датчик температуры подающей линии; 11 – датчик температуры обратной линии; 12 – термостат контроллера котла; 13, 14 – 1-канальные измерители EClark-M-K; 15 – датчики температуры дымовых газов; 16 – зонд отбора проб дымовых газов и измерения тяги котла; 17 – газоанализатор Testo 340

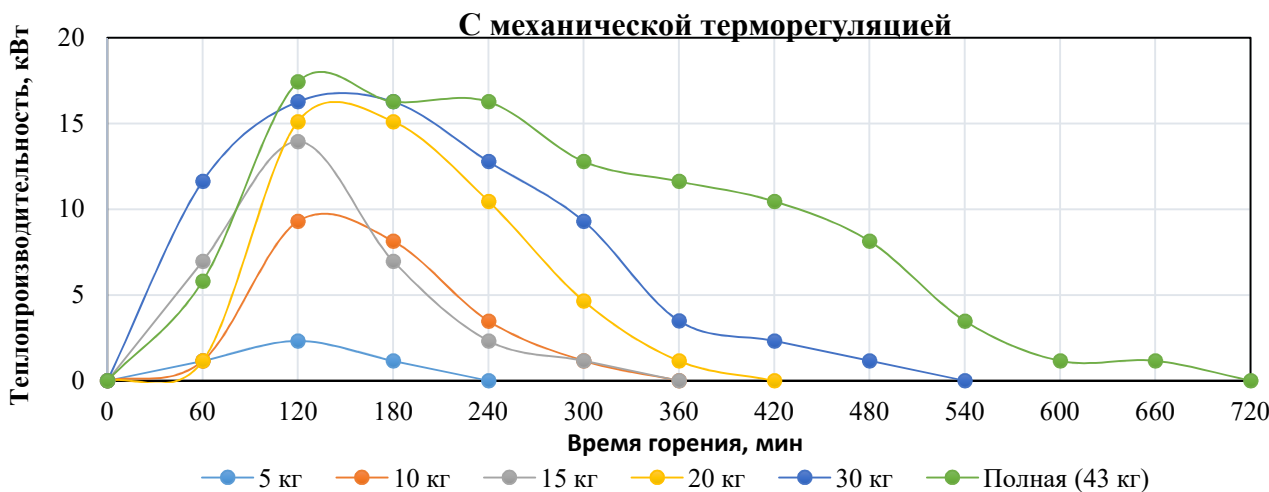


Рис. 4. Часовая теплопроизводительность котла при различной массе дровяного топлива в режиме механического регулирования количества воздуха

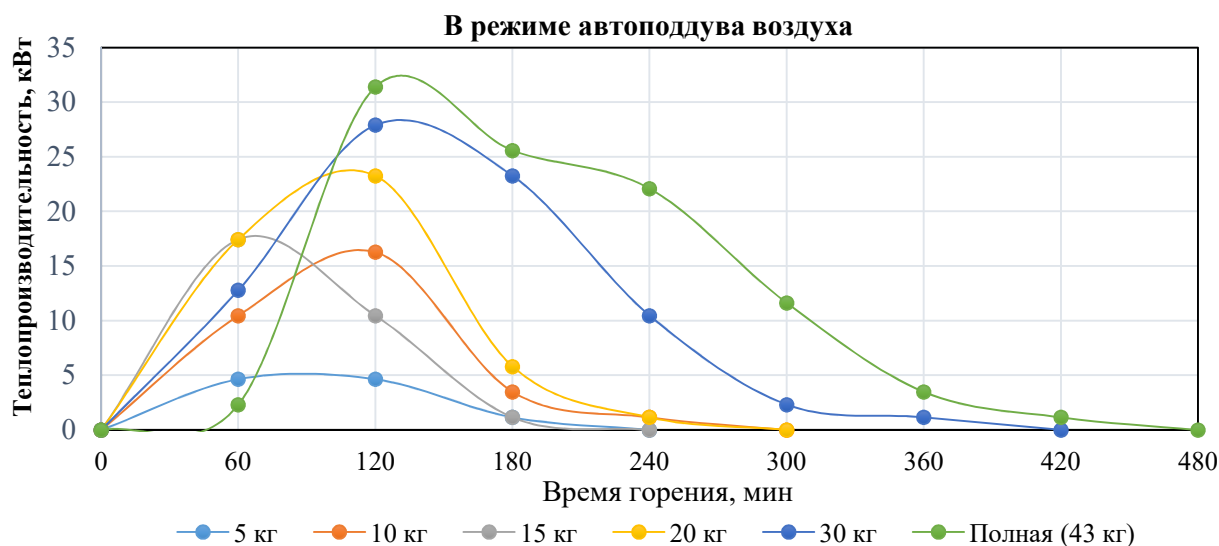


Рис. 5. Часовая теплопроизводительность котла при различной массе дровяного топлива в режиме автоподдува воздуха

Обеспечение высокой теплопроизводительности котлов и горения топлива производится бесперерывной подачей воздуха в топку и удалением продуктов сгорания, что возможно с применением автоматизированных установок. [26, 27]. Использование режима автоподдува в зимнее время является необходимым условием для компенсации тепловых потерь здания и достижения паспортных характеристик котла.

Измерение параметров работы топки котла и его дымоходной системы (рис. 6) в режиме автоподдува в зимнее время ($t_n = -40,0 \dots -33,0$ °C) показало, что в «рабочем» режиме температура горения составляет 500–900 °C, с переменным затуханием при срабатывании терморегулятора. Как видно из графика изменение показателей температуры дымовых газов напрямую зависит от работы вентилятора поддува воздуха в камеру сгорания топлива, который срабатывает при понижении температуры теплоносителя подающей линии $t_n < 65$ °C. Зоны процесса горения в зависимости от температуры горения разделены на зоны растопки, возгорания и горения топлива, начала затухания по мере выгорания и отсутствия горения. Разделение зон отсутствия горения топлива производилось по температуре пирогенного разложения сложных органических соединений с выделением летучих веществ равной 100 °C [28]. Зоны процесса горения указаны в следующем порядке для всех графиков: 1 – горения нет, укладка топлива, вынос шлака; 2 – начало растопки, возгорание; 3 – горение; 4 – медленное затухание по мере выгорания топлива. Установлено, что по мере уменьшения и сгорания топлива, в топке происходит процесс медлен-

ного устойчивого понижения показателей температуры горения и соответственно температуры дымовых газов, с последующим затуханием. Данный процесс наблюдается при постепенном прогорании и уменьшении количества топлива в топке ниже 30 % от общего объема. Установлено, что из-за конструктивных особенностей топочной камеры котлоагрегата с верхним воспламенением, увеличивается объем воздушного пространства топки – кислородной зоны, образуя избыточный воздух с увеличением объема топочных газов и снижением температуры горения и дымовых газов.

При увеличении количества избыточного воздуха показатели температур продуктов сгорания в верхней части в устье дымохода существенно разнятся с показателями температур на выходе из котла (рис. 6), и близки к образованию кислотного конденсата. Одним из основных недостатков при эксплуатации дымовых труб является их работа в непроектном режиме, связанная в первую очередь с большими перепадами наружных температур в отопительный сезон в регионах Севера.

Увеличение количества избыточного воздуха снижает тепловую эффективность котла (рис. 7), что показано на графике ниже. Длительность указанного процесса от начала понижения температуры горения до полного затухания из-за полного выгорания топлива составляет несколько часов, в среднем 2–3 часа. В период указанного процесса ухудшается тепловая работа топки котла и снижается температура теплоносителя системы отопления здания. Влияние избытка воздуха в топке увеличивает интенсивность теплопотерь, тем самым снижается КПД котлоагрегата.



Рис. 6. Процесс горения котла на 1 закладке дровяного топлива:
 а) температура горения дров в топке, на месте подачи воздуха, °С; б) температура дымовых газов на выходе топки котла, °С; в) температура дымовых газов в середине дымохода, h=3,5 м, °С; г) температура дымовых газов в устье дымохода, h=7,0 м, °С

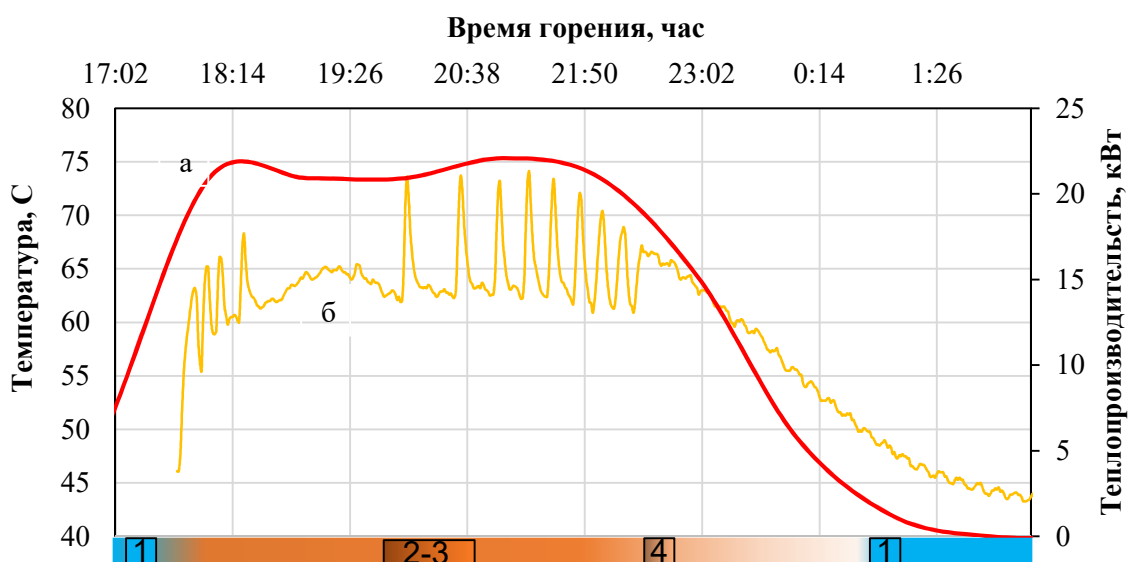


Рис. 7. Процесс горения котла на 1 закладке дровяного топлива:
 а) тепловая производительность котла, кВт;
 б) температура теплоносителя на подающей линии системы отопления, °С

Выявлена фаза перехода в процесс постепенного снижения температур внутреннего воздуха в помещении и теплоносителя в системе отопления (рис. 8), когда в топке котлоагрегата присутствует избыточный воздух. Это свидетельствует о том, что при переходе работы топки котла с повышенными коэффициентами избытка воздуха может снижаться надежность теплоснабжения и увеличивается риск аварийных случаев из-за замерзания теплоносителя.

Следует отметить, что в межсезонье происходит нерациональное использование топлива и

случаи снижения температуры теплоносителя из-за резких перепадов наружной температуры воздуха и сложностей в регулировании процессов горения в топке. В таких режимах эксплуатации не обеспечивается защита котлоагрегата от низких температур воды в обратной линии. Эти процессы приводят к интенсификации низкотемпературной коррозии, отложениям накипи, увеличению расхода топлива, сокращению срока службы котлоагрегата.

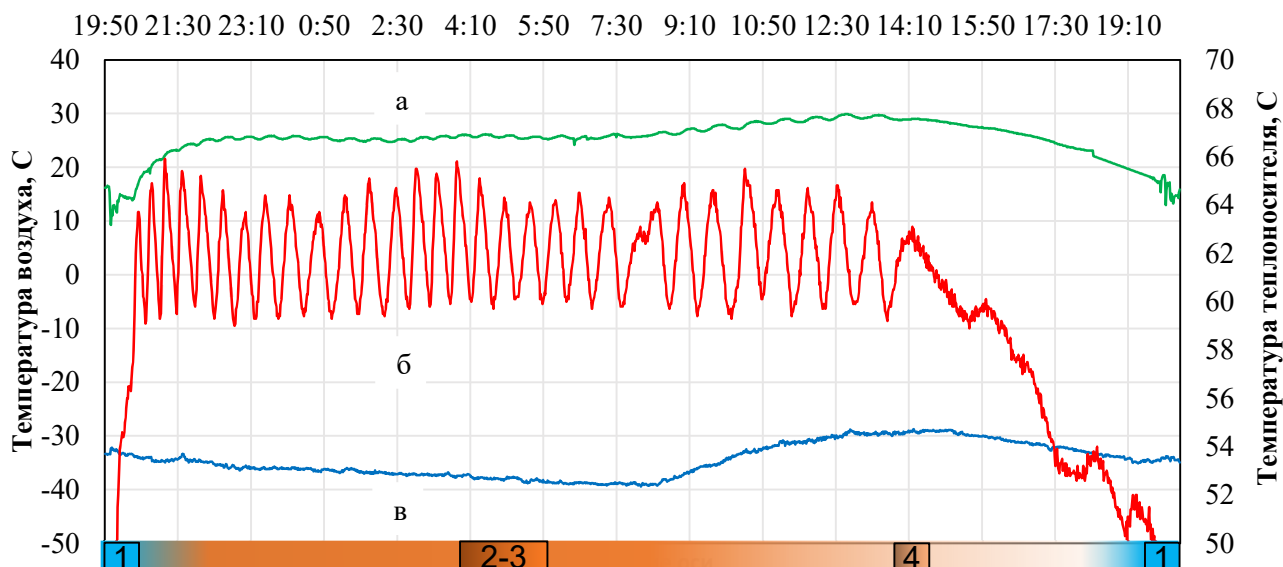


Рис. 8. Процесс горения котла на 1 закладке бурого угля:

а) температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении, °C; б) температура теплоносителя на подающей линии системы отопления, °C; в) температура наружного воздуха, °C

Выводы.

1. При экстремально низких параметрах наружного воздуха низкая тепловая защита строительных конструкций снижает надежность эксплуатации котельного оборудования. При расчете мощности теплогенератора принимается во внимание его заводские характеристики, но как показывают исследования надежная работа отопительного аппарата и его дымоходной системы зависят от режимов горения топлива, конструктивных особенностей топки и климатических условий.

2. По результатам экспериментального исследования работы твердотопливных котлов длительного (верхнего) горения в климатических условиях Севера России определено, что при уменьшении количества топлива (ниже 30 %) по мере его прогорания наблюдается переходный момент, когда происходит постепенное ухудшение показателей котлоагрегата: температуры горения, дымовых газов, теплоносителя системы отопления и внутреннего воздуха в отапливаемом здании.

3. Установлено, что низкие показатели работы котлоагрегата вследствие избыточного количества воздуха в топке снижают теплопроизводительность котла и могут привести к образованию кислотного конденсата в дымоходной системе. Во время отопительного сезона возрастает риск аварийных случаев в системе теплоснабжения и снижается надежность отопления здания.

4. По итогам анализа полученных результатов возникает необходимость ограничения объема топочного пространства рассмотренной конструкции топки пределами кислородной зоны

при малых количествах топлива, в том числе перевод на нижнее или комбинированное воспламенение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулов Д.Ю., Рамазанов Р.С., Лобанов И.В. Исследование распределения газозвдушной смеси в корпусе инжекционной горелки с тепловым рассекателем // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №10. С. 60–65. DOI: 10.34031/article_5db3db3a9cb6a3.99321784.
2. Кочев А.Г., Соколов М.М., Кочева Е.А., Федотов А.А. Практическое использование альтернативных энергетических ресурсов в православных храмах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. №7. С. 78–85. DOI: 10.32683/0536-1052-2019-727-7-78-85.
3. Файст В. Основные положения по проектированию пассивных домов. 2-е издание. М.: Издательство АСВ, 2011. 148 с.
4. Малявина Е.Г., Маликова О.Ю., Фролова А.А. Строительная климатология: учеб.-метод. пособие. М.: Изд-во МИСИ–МГСУ, 2020. 47 с.
5. Гагарин В.Г., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // Жилищное строительство. 2014. №6. С. 3–7.
6. Куцев Л.А., Никулин Н.Ю., Овсянников Ю.Г., Алифанова А.И. Современные способы интенсификации работы кожухотрубных теплообменных аппаратов систем теплоснабжения // Технические науки. Строительство. 2019. №9. С. 82–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2917-2018-2-130-140>.

7. Богословский В.Н. Тепловой режим зданий. М.: Стройиздат, 1979. 248 с.
8. Полежаев Ю.В., Юрьевич Ф.Б. Тепловая защита. М.: Энергия, 1976. 392 с.
9. Карауш С.А., Хуторной А.Н. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения: учеб. пособие. Томск: ТГАСУ, с.
10. Местников А.Е., Кардашевский А.Г. Энергоэффективное малоэтажное строительство в Якутии // II Всерос. науч. конф. с международным участием «Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий». Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2015. С. 39–41.
11. Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Обеспечение качественными жилищно-коммунальными услугами и развитие электроэнергетики на 2020-2024 годы»: Постановление Правительства РС (Я) от 15 сентября 2021 №345 // Приказ Министерства ЖКХ и энергетики РС (Я) 2022. №182-ОД.
12. Федоров В.Т., Кокоев М.Н. Альтернативное теплоснабжение северных поселков городского типа // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 8. С. 65–73. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.08.65-73.
13. Гаврильева Н.К., Николаева Ф.В., Старостина А.А., Гоголева Н.И. Мониторинг земельных ресурсов Республики Саха (Якутия) // Московский экономический журнал. 2020. №7. С. 45–57. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10524.
14. Иванов В.Н., Иванова А.В. Энергоэффективность газовых теплогенераторов малой мощности в условиях Крайнего Севера: учеб. пособие. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2019. 376 с.
15. Лицкевич В.К. Жилище и климат: монография. М.: Стройиздат, 1984. 288 с.
16. Михеев А.П., Береговой А.М., Петрянина Л.Н. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения: учеб. пособие. М.: АСВ, 2002. 192 с.
17. Иванов В.Н., Иванова А.В., Тихонов В.С. О надежности эксплуатации газовых котлов малой мощности в условиях Северо-Востока России // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №8. С. 51–53. DOI: 10.33622/0869-7019.
18. Петрова А.И., Гордеев М.А. Значение малой энергетики в энергоснабжении районов Крайнего Севера // XVI междунар. межвуз. науч.-практ. Конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». М.: МГСУ, 2013. С. 606–608.
19. Щеголев М.М., Гусев Ю.Л., Иванова М.С. Котельные установки: учеб. для вузов. 2-е изд. М.: Стройиздат, 1972. 384 с.
20. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. Теплогенерирующие установки: учеб. для вузов. 2-е изд. М.: ООО «ИД Бастет», 2010. 624 с.
21. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения: монография. М.: МГСУ, 2014. 208 с.
22. Климов Г.М. Децентрализованные системы водяного отопления индивидуальных жилых зданий: учеб.-метод. пособие. Электронный ресурс. URL: <https://www.iprbookshop.ru/80892.html> (дата обращения: 19.07.2022).
23. Мазурова О.К., Кузнецов Н.В., Бутенко А.Н. Автономное теплоснабжение: учеб. пособие. Ростов-на-Дону: РГСУ, 2011. 143 с.
24. Пат. 187524 Российская Федерация, МПК F23B 101/00. Универсальный отопительный аппарат верхнего и нижнего горения / И.П. Жирков, Е.Г. Слободчиков, П.С. Тимофеев; заявитель и патентообладатель ООО «Саха Липснеле», № 2018127787; заявл. 27.07.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 8.
25. Герасимова Н.П. Золовой износ поверхностей нагрева котлоагрегатов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. №3 (152). С. 596–605. DOI: 10.21285/1814-3520-2020-3-596-605.
26. Ельшин А.М., Ижорин М.Н., Жолудов В.С., Овчаренко Е.Г. Дымовые трубы. М.: Стройиздат, 2001. 296 с.
27. Шишков И.А., Лебедев В.Г., Беляев Д.С. Дымовые трубы энергетических установок. М.: Энергия, 1976. 176 с.
28. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Ч.I. Топливо: учеб. пособие. СПб.: СПбГТУРП, 2011. 84 с.

Информация об авторах

Слободчиков Егор Гаврильевич, старший преподаватель кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция». E-mail: egor-sakha@mail.ru. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Инженерно-технический институт. Россия, 677013, г. Якутск, ул. Белинского, д. 58.

Поступила 01.08.2022 г.

© Слободчиков Е.Г., 2022

Slobodchikov E.G.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University

E-mail: egor-sakha@mail.ru

RESEARCH OF THE OPERATION OF LOW-POWER SOLID-FUEL HEAT GENERATORS UNDER THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE NORTH

Abstract. The growth trend of individual housing construction in the country decides the socio-economic role in solving the housing issue of the population. The development of housing construction in Yakutia is characterized by ensuring the pace of construction and various social programs in rural areas. Due to geographic and transport and logistics difficulties, connecting many settlements and microdistricts to centralized power supply sources is difficult and incurs large budget costs. On the market there are various solid fuel heat generators of low power (up to 100 kW) with an upper fuel ignition method, using coal and wood fuel. Practice shows that these heat generators and their chimney systems experience difficulties when operating at low outdoor temperatures, which is reflected in the formation of soot on heating surfaces and acid condensate in chimneys. One of the reasons is the unsatisfactory mode of fuel combustion due to the design features of the boiler furnace. To study the influence of climatic and external factors on the operation of a solid fuel heat generator, during the heating period, measurements were made of the operation parameters of the boiler furnace and its chimney system. It has been established that with a decrease in the volume of fuel as it burns out in the furnace, the combustion temperature and heat output are significantly reduced, which is associated with an increase in the excess air coefficient.

Keywords: solid fuel boilers, solid fuel combustion, excess air ratio.

REFERENCES

1. Suslov D.Yu., Ramazanov R.S., Lobanov I.V. Investigation of the distribution of the gas-air mixture in the body of an injection burner with a thermal splitter [Issledovanie raspredeleniya gazovozdushnoj smesi v korpuse inzhekcionnoj gorelki s teplovym rassekatelem]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 10. Pp. 60–65. (rus). DOI: 10.34031/article_5db3db3a9cb6a3.99321784.
2. Kochev A.G., Sokolov M.M., Kocheva E.A., Fedotov A.A. Practical use of alternative energy resources in Orthodox churches [Prakticheskoe ispol'zovanie al'ternativnyh energeticheskikh resursov v pravoslavnyh hramah]. News of higher educational institutions. Construction, 2019. No. 7. Pp. 78–85. (rus). DOI: 10.32683/0536-1052-2019-727-7-78-85.
3. Fajst V. Basic provisions for the design of passive houses. 2nd edition. [Osnovnye polozheniya po proektirovaniyu passivnyh domov. 2-e izdanie]. M.: Publishing House of the ASV, 2011. 148 p. (rus)
4. Malyavina E.G., Malikova O.Yu., Frolova A.A. Building climatology: a teaching aid [Stroitel'naya klimatologiya: ucheb.-metod. posobie]. M.: Publishing House of MISI - MGSU, 2020. 47 p. (rus)
5. Gagarin V.G., Neklyudov A.Yu. Accounting for thermal inhomogeneities of fences when determining the heat load on the heating system of a building [Uchet teplotekhnicheskikh neodnorodnostej ograzhdenij pri opredelenii teplovoj nagruzki na sistemu otopeniya zdaniya]. Housing construction, 2014. No. 6. Pp. 3–7. (rus)
6. Kushchev L.A., Nikulin N.Yu., Ovsyannikov Yu.G., Alifanova A.I. Modern methods of intensifying the operation of shell-and-tube heat exchangers of heat supply systems [Sovremennye sposoby intensivirovaniya raboty kozhuhotrubnykh teploobmennykh apparatov sistem teplosnabzheniya]. Technical science. Construction, 2019. No. 9. Pp. 82–90. (rus). DOI: 10.21285/2227-2917-2018-2-130-140.
7. Bogoslovskij V.N. Thermal regime of buildings. [Teplovoj rezhim zdaniy]. M.: Stroyizdat, 1979. 248 p. (rus)
8. Polezhaev Yu.V., Yur'evich F.B. Thermal protection. [Teplovaya zashchita]. M.: Energy, 1976. 392 p. (rus)
9. Karaush S.A., Hutornoj A.N. Heat generating installations of heat supply systems: a tutorial. [Teplogeneriruyushchie ustanovki sistem teplosnabzheniya]. Tomsk: TGASU, 2003. 161 p. (rus)
10. Mestnikov A.E, Kardashevskij A.G. Energy-efficient low-rise construction in Yakutia [Energoeffektivnoe maloetazhnoe stroitel'stvo v Yakutii]. II Vseros. nauch. konf. s mezhdunarodnym uchastiem «Energ- i resursoeffektivnost' maloetazhnykh zhilyh zdaniy». Novosibirsk: Institut teplofiziki SO RAN. 2015. Pp. 39–41. (rus)
11. State program of the Republic of Sakha (Yakutia) "Providing high-quality housing and communal services and developing the electric power industry for 2020-2024": Decree of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) dated September 15, 2021 No. 345 [Gosudarstvennaya programma Respubliki Saha (Yakutiya) «Obespechenie kachestvennymi zhilishchno-kommunal'nymi uslugami i razvitie elektroenergetiki na 2020-2024 gody»: Postanovlenie Pravitel'stva RS (YA) ot 15 sentyabrya 2021 №345]. Order of the Ministry of Housing and Public Utilities and Energy of the RS (Y) 2022. No. 182-OD.
12. Fedorov V.T., Kokoev M.N. Alternative heat supply for northern urban-type settlements [Al'ternativnoe teplosnabzhenie severnyh poselkov gorodskogo tipa]. Industrial and civil construction,

2020. No. 8. Pp. 65–73. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.08.65-73. (rus)

13. Gavril'eva N.K., Nikolaeva F.V., Starostina A.A., Gogoleva N.I. Monitoring of land resources of the Republic of Sakha (Yakutia) [Monitoring zemel'nykh resursov Respubliki Saha (Yakutiya)]. Moscow Economic Journal, 2020. No. 7. Pp. 45–57. (rus). DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10524.

14. Ivanov V.N., Ivanova A.V. Energy efficiency of low power gas heat generators in the Far North [Energoeffektivnost' gazovykh teplogenerirov maloj moshchnosti v usloviyah Krajnego Severa: ucheb. posobie]. Yakutsk: Publishing House of NEFU named after M.K. Ammosov, 2019. 376 p. (rus)

15. Lickevich V.K. Housing and climate: monograph. [ZHilishche i klimat: monografiya]. M.: Stroyizdat, 1984. 288 p. (rus)

16. Miheev A.P., Beregovoj A.M., Petryanina L.N. Design of buildings and development of populated areas, taking into account climate and energy saving: a textbook. [Proektirovanie zdaniy i zastroyki naselennykh mest s uchetom klimata i energosberezheniya: ucheb. posobie.]. M.: ASV, 2002. 192 p. (rus)

17. Ivanov V.N., Ivanova A.V., Tihonov B.S. On the reliability of operation of gas boilers of low power in the conditions of the North-East of Russia [O nadezhnosti ekspluatatsii gazovykh kotlov maloj moshchnosti v usloviyah Severo-Vostoka Rossii]. Housing construction, 2013. No. 8. Pp. 51–53. (rus). DOI: 10.33622/0869-7019.

18. Petrova A.I., Gordeev M.A. The importance of small-scale power generation in the energy supply of the regions of the Far North [Znachenie maloj energetiki v energosnabzhenii rajonov Krajnego Severa]. XVI mezhdunar. mezhvuz. nauch.-prakt. Konf. studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh «Stroitel'stvo – formirovanie sredy zhiznedeyatel'nosti». M.: MGSU. 2013. Pp. 606–608. (rus)

19. Shchegolev M.M., Gusev Yu.L., Ivanova M.S. Boiler plants: a textbook for universities. 2nd

ed. [Kotel'nye ustanovki: ucheb. dlya vuzov. 2-e izd.]. M.: Stroyizdat, 1972. 384 p. (rus)

20. Delyagin G.N., Lebedev V.I., Permyakov B.A., Havanov P.A. Heat generating installations: a textbook for universities. 2nd ed. [Teplogeneriruyushchie ustanovki: ucheb. dlya vuzov. 2-e izd.]. M.: LLC "ID Bastet", 2010. 624 p. (rus)

21. Havanov P.A. Heat sources of autonomous heat supply systems: monograph. [Istochniki teploty avtonomnykh sistem teplosnabzheniya: monografiya]. M.: MGSU, 2014. 208 p. (rus)

22. Klimov G.M. Decentralized water heating systems for individual residential buildings: teaching aid [Decentralizovannye sistemy vodyanogo otopeniya individual'nykh zhilykh zdaniy: ucheb. – metod. posobie]. Electronic resource. URL: <https://www.iprbookshop.ru/80892.html> (date of treatment: 19.07.2022).

23. Mazurova O.K., Kuznecov N.V., Butenko A.N. Autonomous heat supply: a tutorial. [Avtonomnoe teplosnabzhenie: ucheb. posobie]. Rostov-on-Don: RSSU, 2011. 143 p. (rus)

24. Zhirkov I.P., Slobodchikov E.G., Timofeev P.S. Universal heating apparatus of upper and lower combustion. Patent RF, no. 2018127787, 2018

25. Gerasimova N.P. Ash wear of heating surfaces of boilers [Zolovoj iznos poverhnostej nagreva kotloagreatov]. Bulletin of the Irkutsk State Technical University, 2020. No. 3 (152). Pp. 596–605. (rus)

26. El'shin A.M., Izhorin M.N., ZHoludov V.S., Ovcharenko E.G. Smoke pipes. [Dymovye truby]. M.: Stroyizdat, 2001. 296 p. (rus)

27. SHishkov I.A., Lebedev V.G., Belyaev D.S. Chimneys of power plants. [Dymovye truby energeticheskikh ustanovok]. M.: Energy, 1976. 176 p. (rus)

28. Belousov V.N., Smorodin S.N., Smirnova O.S. Fuel and combustion theory. Part I Fuel: study guide. [Toplivo i teoriya goreniya. CH.I. Toplivo: ucheb. posobie]. St. Petersburg: SPbGTURP, 2011. 84 p. (rus)

Information about the authors

Slobodchikov, Egor G. Senior lecturer of the department "Heat and gas supply and ventilation". E-mail: egor-sakha@mail.ru. M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Institute of Engineering and Technology. Russia, 607013, Yakutsk, st. Belinskogo, 58.

Received 01.08.2022

Для цитирования:

Слободчиков Е.Г. Исследование работы твердотопливных теплогенераторов малой мощности в климатических условиях севера // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 10. С. 49–58. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-49-58

For citation:

Slobodchikov E.G. Research of the operation of low-power solid-fuel heat generators under the climatic conditions of the nort. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 10. Pp. 49–58. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-10-49-58