

**ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА,  
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ / HEAT SUPPLY, VENTILATION, AIR CONDITIONING,  
GAS SUPPLY AND LIGHTING**

DOI: <https://doi.org/10.18454/mca.2021.24.3>

**ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ КОТЛОВ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**  
Научная статья

**Слободчиков Е.Г. \***

Инженерно-технический институт СВФУ им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия

\* Корреспондирующий автор (egor-sakha[at]mail.ru)

**Аннотация**

В Якутии идет тенденция строительства индивидуальных домов в сельской местности. В связи со сложным географическим расположением, экономическими проблемами и транспортно-логистическими трудностями подключение многих поселений к централизованному источнику энергоснабжения не представляется возможным. Исходя из этого, в последнее время возрастает спрос на эффективные автономные источники тепловой генерации за счет применения местных твердых топлив. Практика показывает, что теплогенераторы импортных и отечественных производителей не приспособлены для работы при низких температурах наружного воздуха.

**Ключевые слова:** твердотопливные котлы, принцип верхнего горения, натурные обследования, децентрализованные районы, дымовые газы, продукты сгорания топлива.

**ON THE EXPERIENCE OF OPERATING SOLID FUEL BOILER IN CENTRAL YAKUTIA**

Research article

**Slobodchikov E.G. \***

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University Engineering and Technical Institute, Yakutsk. Russia

\* Corresponding author (egor-sakha[at]mail.ru)

**Abstract**

In Yakutia, there is a tendency to build individual houses in rural areas. Due to the difficult geographical location, economic problems and transport and logistics difficulties, it is not possible to connect many settlements to centralized sources of energy supply. In light of this fact, the demand for efficient autonomous sources of thermal generation due to the use of local solid fuels has been increasing. Experience shows that heat generators of imported and domestic manufacturers are not suited for operating at low outdoor temperatures.

**Key words:** solid fuel boilers, the principle of upper combustion, field surveys, decentralized areas, flue gases, fuel combustion products.

**Введение**

Коммунальный комплекс Якутии образуют объекты теплогенерации, транспортировки теплоносителя и инфраструктурные сооружения. Практически во всех районах и городах республики отмечается высокий уровень изношенности тепловых сетей, который не позволяет обеспечить нормальное функционирование систем теплоснабжения. Средний износ достиг 56,9% [1], [2]. Характерной особенностью территорий является:

- низкая плотность населения, с малым радиусом эффективного теплоснабжения централизованными источниками;
- транспортная труднодоступность поселений;
- высокие затраты на добычу и транспортировку котельного топлива.

В настоящее время имеется тенденция роста индивидуального домостроения на Северо-Востоке России с применением автономных теплогенераторов на твердом топливе. Активно эксплуатируются котлоагрегаты различных марок нижнего горения (Zota, Ураган, Теплодар, Kiturami) и верхнего горения (Липснеле, Струпува, Candle), отличительной особенностью которых является то, что процесс горения происходит по принципу свечи сверху-вниз, верхние слои горят, а нижние ждут своей очереди не выделяя тепло. Эффективность теплогенерирующих установок определяет затраты на выпуск продукции и рентабельность отпуска теплоты потребителям коммунальных услуг [3]. Теплогенерирующая установка является основным элементом системы отопления и горячего водоснабжения зданий. Качественная, бесперебойная и надежная работа всей системы зависит от проработанности и опытных испытаний проектных решений с особенностями климата и окружающей среды [4].

**Методы и принципы исследования**

Сведения о климатических параметрах района строительства и эксплуатации зданий являются одним из наиболее важных составляющих при решении задач теплового обеспечения и поддержания комфортности в помещениях. Параметрами наружной среды, учитываемыми в расчетах теплотехнических показателей здания и тепловой нагрузки на систему отопления, являются: температура наружного воздуха, скорость ветра и другие данные. Рекордно минимальные значения в Якутии отмечались в Оймяконе -71°C и в Верхоянске -68°C. Температура наиболее холодной

пятидневки обеспеченностью 0,92, равной расчетной температуре наружного воздуха в населенных пунктах Якутии колеблется от  $t_{н} = -42...-60^{\circ}\text{C}$ , а в остальных северных районах России варьируется от  $t_{н} = -24...-41^{\circ}\text{C}$ , что составляет разницу в  $10...15^{\circ}\text{C}$ . Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь находится в диапазоне  $v_c = 1,4...8,7$  м/с. Одной из характерных особенностей климата Якутии является большая годовая амплитуда температур, которая составляет от  $50-127^{\circ}\text{C}$ .

Как показывает практика, при проектировании и монтаже систем тепловой генерации часто подбор количества и мощности котлоагрегатов осуществляется только по максимальному зимнему режиму и по температуре наиболее холодной пятидневки, без расчета других режимов работы в межсезонье. При этом не учитываются уменьшение тепловой нагрузки в периоды резких перепадов наружной температуры воздуха характерных в резко-континентальной климатической зоне. В период повышения температуры наружного воздуха в межсезонье возникают ситуации неправильного регулирования отпуска тепловой энергии (частичная нагрузка), приводящие к нерациональному использованию топлива и перетапливанию помещений, что приводит к снижению КПД и скорой температурной деградации. Низкие параметры наружного воздуха приводят к интенсификации низкотемпературной коррозии, отложениям накипи, увеличению расхода топлива, сокращению срока службы котлоагрегата [5]. По результатам наблюдений эксплуатация котлов длительного (верхнего) горения сопровождается процессами образования сажи разной степени и образования кислотных конденсатов с последующим разрушением дымоходов, самопроизвольным возгоранием сажи, образованию микротрещин и проникновению дымовых газов от котла в жилые помещения (см. рисунки 1 и 2).



Рис. 1 – Процесс сажеобразования в полости дымохода котла



Рис. 2 – Процесс образования кислотного конденсата на дымоходе котла

Данные проблемы связаны с наружным климатом, режимом горения, особенностями системы отопления и иными факторами. Технические решения тепловых схем автономных источников должны учитывать особенности исходных условий: по типу теплогенератора, качеству исходной воды, по конструктивному исполнению систем отопления и др. Технические решения требуют тщательного обоснования выбора теплогидравлической схемы, анализа условий работы, обеспечения надежности функционирования и защиты оборудования от нерасчетных режимов эксплуатации [6].

Шлакование на высокотемпературных поверхностях вызывает в эксплуатации котлоагрегатов особые трудности и предотвращение или снижение интенсивности отложений является актуальным. Формирование отложений на поверхностях нагрева является результатом совокупности ряда сложных физико-химических и аэродинамических процессов, в том числе и с конденсацией влаги на охлажденных поверхностях дымоходов. Также твердотопливные котлы подвергаются износу в результате уноса твердых частиц, зависящий от избытка воздуха, неравномерности горения и скорости дымовых газов. Согласно [7], одним из основных причин отказов отечественных котлоагрегатов является золовой износ, составляющий 23%, распределение аварийных отказов. Для обеспечения нормальной работы теплогенерирующей установки необходима непрерывная подача воздуха в топку для горения, обеспечивать необходимую скорость движения горячих газов и удалять образующиеся продукты сгорания с помощью тягодутьевых устройств [8], [9]. Дымовые трубы котлоагрегатов эксплуатируются в сложных климатических условиях при больших перепадах температур, давления, влажности и ветровых нагрузок окружающей среды. Основными компонентами продуктов сгорания в трубах являются оксиды углерода и азота, водяной пар, диоксид серы, а также твердые частицы золы. Негативное влияние дымовых газов на металлические конструкции дымоходных систем проявляется в виде кислотной коррозии и фильтрации влаги.

Вследствие вышеуказанных проблем в ходе эксплуатации котлоагрегатов многие пользователи переходят на установку автоматизированных систем подачи воздуха для горения топлива в целях полного сжигания топлива вне зависимости от качества и влажности, условий эксплуатации и тд.

### Заключение

Существуют различные подходы к решению задачи по исключению влияния конденсатообразования и сажеобразования. Среди них имеет место быть применение коррозионноустойчивых материалов, снижение влажности топлива (предварительная осушка), увеличение теплоизоляционного слоя дымохода, применение тепловых аккумуляторов. В условиях Крайнего Севера фактические потери тепловой энергии через элементы ограждающих конструкций деревянного жилфонда являются высокими. При подборе котлоагрегата учитывается его номинальная тепловая мощность при низких температурах окружающей среды, но как показали исследования работа отопительного аппарата сопровождается неравномерными перепадами, где значения КПД разнятся в зависимости от режима горения топлива.

### Conflict of Interest

None declared.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Список литературы / References

1. Архангельская Е и Архангельская Я 2014 [Методика оценки потребности в инвестициях для модернизации инженерной инфраструктуры сельских поселений в Республике Саха (Якутия)]. III Всероссийская научно-практическая конференция «Современные проблемы строительства и жизнеобеспечения: безопасность, качество, энерго- и ресурсосбережение»: [Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова] 432-442.
2. Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Обеспечение качественными жилищно-коммунальными услугами и развитие электроэнергетики на 2012-2019 годы»: указ Главы Республики Саха (Якутия) от 12 октября 2011 года №970.
3. Иванов В.Н. Энергоэффективность газовых теплогенераторов малой мощности в условиях Крайнего Севера: учебное пособие / В.Н. Иванов, А.В. Иванова. – Якутск.: Издательский дом СВФУ, 2019. – 376 с.
4. Иванов В.Н. О надежности эксплуатации газовых котлов малой мощности в условиях Северо-Востока России / В.Н. Иванов, А.В. Иванова, В.С. Тихонов // Промышленное и гражданское строительство. - 2013. - № 8. - С. 51-53.
5. Хаванов П.А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения: монография / П.А. Хаванов. – М.: МГСУ, 2014. – 208 с.
6. Делягин Г.Н. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов / Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А., Хаванов П.А. – 2-е изд. -М.: ООО «ИД Бастет», 2010. 624 с.
7. Герасимова Н.П. Золовой износ поверхностей нагрева котлоагрегатов / Герасимова Н.П. // Вестник Иркутского государственного технического университета – 2020. - №3 (152). С. 596-605.
8. Ельшин А.М. Дымовые трубы / Ельшин А.М., Ижорин М.Н., Жолудов В.С., Овчаренко Е.Г. – М.: Стройиздат, 2001. – 296 с.
9. Шишков И.А. Дымовые трубы энергетических установок / Шишков И.А., Лебедев В.Г., Беляев Д.С. – М.: Энергия, 1976. – 176 с.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Arhangel'skaya E i Arhangel'skaya YA 2014 [Metodika ocenki potrebnosti v investiciyah dlya modernizacii inzhenernoj infrastruktury sel'skih poselenij v Respublike Saha (Yakutiya)] [Arkhangelskaya E and Arkhangelskaya Ya 2014 Methodology for assessing the need for investment for the modernization of the engineering infrastructure of rural settlements in the Republic of Sakha]. III All-Russian Scientific and Practical Conference “Modern problems of construction and life support: safety, quality, energy and resource conservation” (North-Eastern Federal University named after M. K Ammosov) 432-442 [in Russian]

2. Gosudarstvennaya programma Respubliki Saha (Yakutiya) «Obespechenie kachestvennymi zhilishchno-kommunal'nymi uslugami i razvitiye elektroenergetiki na 2012-2019 gody» [2011 State Program of the Republic of Sakha (Yakutia) "Provision of high-quality housing and public utility services and development of the electric power industry for 2012-2019"]; decree of the Head of the Republic of Sakha of October 970 [in Russian]

3. Ivanov V. N. Energoeffektivnost' gazovyh teplogeneratorov maloj moshchnosti v usloviyah Krajnego Severa: uchebnoe posobie [Energy efficiency of low-power gas heat generators in the conditions of the Far North (Yakutsk: NEFU)] / V.N. Ivanov, A.V. Ivanova, 2019, 376 [in Russian]

4. Ivanov V.N. O nadezhnosti ekspluatatsii gazovyh kotlov maloj moshchnosti v usloviyah Severo-Vostoka Rossii [On the reliability of operation of low-power gas boilers in the conditions of the North-East of Russia Industrial and civil engineering / V.N. Ivanov, A.V. Ivanova, B.S. Tihonov 2013, № 8, 51-53 [in Russian]

5. Khavanov P.A. Istochniki teploty avtonomnyh sistem teplosnabzheniya: monografiya [Heat sources of autonomous heat supply systems: monograph] / P.A. Khavanov. – M.: MGSU, 2014. - 208 p. [in Russian]

6. Delyagin G.N. Teplogeneriruyushchie ustanovki: Ucheb. dlya vuzov [Heat generating installations: Textbook for universities] / Delyagin G.N., Lebedev V.I., Permyakov B.A., Khavanov P.A. – 2nd ed. -M.: Ltd "ID Bastet", 2010. - 624 p. [in Russian]

7. Gerasimova N.P. Zolovoj iznos poverhnostej nagreva kotloagreatov [Ash wear of heating surfaces of boilers] / Gerasimova N.P. // Bulletin of Irkutsk State Technical University - 2020. - №3 (152). P. 596-605. [in Russian]

8. Elshin A.M. Dymovye truby [Smokestacks (Moscow: Stroyizdat) / Elshin A.M., Izhorin M.N., ZHoludov V.S., Ovcharenko E.G. 2001, 296 [in Russian]

9. Shishkov I. A. Dymovye truby energeticheskikh ustanovok [Chimneys of power plants Energy] / Shishkov I.A., Lebedev V.G., Belyaev D.S. 1976, 176 [in Russian]

---

---