



УДК 621.365

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОКВАРТИРНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

А.Л. Торопов

ON THE PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC HEAT SUPPLY FOR APARTMENTS TEMPLATES

A.L. Toropov

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы особенностей применения электрических котлов для автономных систем отопления и горячего водоснабжения многоквартирных многоэтажных домов. Дано сравнение использования электрических котлов с настенными газовыми котлами. Обоснована экономическая целесообразность применения электрического теплоснабжения при вводе тарифов на электрическую энергию, равных льготным тарифам домов с электрическими плитами и при проектировании домов без внутренних газовых сетей и дымоходов. Сделана оценка расходов на теплоснабжение квартир с помощью электрических теплогенераторов для примера зданий, расположенных в Северо-Западном регионе Российской Федерации. В качестве источников первичной генерации электроэнергии рассмотрены традиционные виды топлива.

Ключевые слова: *поквартирное теплоснабжение; электрический котел; энергетическая эффективность; парниковые газы; газовый котел.*

Abstract. The article deals with the features of the use of electric boilers for autonomous heating and hot water supply systems of multi-apartment multi-storey buildings. A comparison of the use of electric boilers with wall-mounted gas boilers is given. The economic expediency of using electric heat supply when introducing tariffs for electric energy equal to preferential tariffs of houses with electric stoves and when designing houses without internal gas networks and chimneys has been substantiated. An estimate of the costs of heat supply of apartments with the help of electric heat generators is made for the example of buildings located in the North-West region of the Russian Federation. Traditional fuels are considered as sources of primary electricity generation.

Key words: *apartment heat supply; electric boiler; energy efficiency; greenhouse gases; gas boiler.*

Введение

Одним из основных факторов, влияющих на создание комфортных условий жизни, является поддержание температурно - влажностного режима помещений, предназначенных для проживания людей. Инструментом обеспечения этих комфортных условий являются системы отопления и горячего водоснабжения. Более 65% всего потребления энергии населения приходится на цели централизованного и децентрализованного отопления, 13% на нужды горячего водоснабжения. Динамика изменения структуры потребления энергии населением представлена на рисунке 1 [1]. В странах Европейского союза (ЕС) доля потребления энергии в жилом секторе в общем энергобалансе зданий находится в близком отношении: 70% на отопление и 14% на горячее водоснабжение [2].



Рисунок 1 – Структура потребления энергии населением Российской Федерации.

Теплоснабжение помещений электрической энергией с непосредственной трансформацией ее в тепловую энергию не приветствуется действующей нормативной базой в связи с низким коэффициентом полезного действия (КПД) ее первичного использования. Баланс потребления первичной энергии значительно дифференцирован. По данным на 2018 год в РФ доля газа составляет 60%, уголь 16%, нефтепродукты 13%, ядерное топливо 8%, гидроэнергия 3%, все виды возобновляемых источников энергии составляют 0,03% [1]. Для расчетов КПД электрических станций, работающих на сжигании органического топлива, берется удельная теплоемкость топлива, для гидроэлектростанции и приливных электростанций-изменение потенциальной энергии воды, АЭС — суммарная энергия расщепляемого топлива, ветровых — энергия ветра. Данные по КПД электрических станций для разных источников энергии представлены в таблице [3].

Таблица – Коэффициенты полезного действия электростанций.

Электрический КПД станций, работающих на сжигании органического топлива			
ВИДЫ СТАНЦИЙ	ВЕЛИЧИНА КПД	ИСПОЛЬЗУЕМОЕ СЫРЬЕ	ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОСТИ
ТЭС – тепловые, вырабатывают электрическую энергию	33-35%	Уголь, торф, газ, мазут	Не влияет
ТЭЦ – станции, вырабатывающие электроэнергию + тепло (расстояние передачи тепла не более 20-30 км)	35-38%	Уголь, торф, газ, мазут	Не влияет
ГРЭС – государственные районные электростанции	36-44%	Уголь, торф, газ, мазут	Не влияет

Продолжение таблицы

ПГУ – парогазовые установки	50-65%	Газ	Не влияет
ГТЭС – газотурбинные электростанции	30-35%	Газ	Не влияет
ГПЭС – газопоршневые электростанции	40-46%	Дизельное топливо, газ	Не влияет
Электрический КПД гидроэлектростанций и приливных электростанций			
ГЭС - гидроэлектростанции	92-94%	Вода равнинных и горных рек	Не влияет
ПЭС – приливная электростанция	92-94%	Вода во время приливов и отливов	Наблюдаются суточные колебания
Электрический КПД атомных электростанций			
АЭС – атомные электростанции	40-44%	Плутоний и уран	Не влияет
Электрический КПД ветрогенерации			
Ветроэлектростанции	50%	Ветер	Влияет и зависит от погоды
Электрический КПД солнечных батарей			
Солнечные станции (солнечные батареи)	40%	Солнце	Влияет и зависит от времени суток и погоды

Применительно к значениям электрического КПД для ветроэлектростанций и электрической солнечной генерации, указанные в таблице значения можно рассматривать, как теоретические максимальные. Электроэнергия данных видов возобновляемых источников зависит от реальных погодных условий. КПД солнечных фотоэлектрических панелей колеблется в диапазоне от 5 до 20% [4]. Причем, величина произведенной электрической энергии сильно зависит от направления падения солнечных лучей и при стационарных фотоэлектрических панелях, в связи с постоянно изменяющимся углом падения солнечных лучей в течение суток, даже указанные выше значения электрического КПД достижимы только в течении 4-5 часов. Для стационарных солнечных батарей, расположенных на территории РФ, КПД произведенной солнечной энергии также сильно зависит и от времени года.

КПД ветроэлектрических установок (ВЭУ) сильно зависит от их мощности и расположения оси вращения лопастей. Для установок мощностью менее 100 киловатт в час для систем с горизонтальной осью вращения коэффициент использования энергии ветрового потока (КИЭВ) составляет 20-30%, для более мощных систем до 40% [5,6,7]. Для ветроагрегатов с вертикальной осью вращения лопастей КИЭВ составляет 20-30% [8].

Использование электроэнергии возобновляемых источников (ветра, Солнца) для систем отопления в Российской Федерации невозможно. Большую часть отопительного сезона Солнце, расположено низко над горизонтом, закрыто облаками, на большой территории имеется снежный покров, покрывающий солнечные батареи. Ветровая нагрузка также непостоянная. В связи с этим, для отопления помещений, будут рассматриваться только традиционные, не возобновляемые первичные источники энергии.

Возможность применения электрической энергии для теплоснабжения квартиры в многоквартирном, многоквартирном доме с централизованным теплоснабжением имеет административные проблемы. Если потребление электрической энергии квартиры менее 15 киловатт в час, то не требуется разрешений на установку электрогенератора, достаточно

только обеспечить отдельный кабельный ввод для его питания [9]. Однако, если дом подключен к централизованной системе отопления, то отказаться от оплаты коммуникаций и отопления общедомовых территорий не удастся [10]. Поэтому, установка электрического теплогенератора и автономной системы теплоснабжения в доме с централизованным теплоснабжением, экономически не целесообразна. Придется платить и за электроэнергию для отопления и за централизованное отопление.

Главная проблема применения теплогенераторов для поквартирного автономного теплоснабжения является необходимость обеспечения тепловой генерации одновременно для отопления и горячего водоснабжения.

В работе [11] показано, что для двухкомнатной квартиры в Санкт-Петербурге площадью 46 квадратных метров требуется для отопления не более 2.5 киловатт в час, при среднем потреблении в отопительный сезон 1.1 киловатт в час, в то время, как для обеспечения потребления горячей водой не менее 15-20 киловатт в час. Применяемые в настоящее время при поквартирном теплоснабжении в качестве автономных теплогенераторов настенные газовые котлы не способны обеспечить устойчивую модуляцию тепловой мощности в таком широком диапазоне. В работе [12] показано, что для конвекционных настенных газовых котлов, доля использования которых в поквартирном отоплении составляет 98% [13], диапазон модуляции мощности для атмосферных горелок не может превышать 2.5 раза. Конвекционный настенный газовый котел с максимальной тепловой мощностью 24 киловатта в час не может работать с мощностью менее 9,6 киловатта в час. При потребности на отопление при поквартирном теплоснабжении не более 3 киловатт в час, настенный газовый котел переходит в режим постоянного включения-выключения работы — «тактования», для которого значения энергетической эффективности значительно ниже заявленных в паспортах производителей котлов, а выбросы парниковых газов при работе котлов в данном режиме, значительно выше.

Важнейшим преимуществом теплоснабжения дома с электрической теплогенерацией — возможность высокоэффективной работы устройств во всем диапазоне изменения производимой тепловой мощности. КПД преобразования электрической энергии в тепловую составляет 95-98% практически постоянен во всем диапазоне изменения тепловой нагрузки. Управление мощностью электрических котлов простое и эффективное.

В настоящее время существует три основных типа электрических котлов для использования в системах автономного поквартирного теплоснабжения с отопительными приборами радиаторного типа:

-ТЭНовые — нагрев теплоносителя происходит за счет Трубочатого Электродного Нагревателя (ТЭН), размещенного в теплообменнике.

-электродные — нагрев теплоносителя происходит за счет его ионизации, т.е. расщепления молекул на положительно и отрицательно заряженные ионы, которые движутся, соответственно, к отрицательному и положительному электродам с частотой тока сети, выделяя при этом тепловую энергию,

-индукционные — косвенный нагрев теплоносителя под воздействием магнитного поля.

Конструкции электродных и индукционных котлов, применительно к автономным поквартирным системам теплоснабжения обладают рядом существенных недостатков, связанных с требованием особых характеристик теплоносителя и имеющие низкую эффективность при использовании водопроводной воды, как теплоносителя. Или обладающих высокой стоимостью.

В связи с тем, что индукционные и электродные электрические котлы применительно к автономным поквартирным системам теплоснабжения имеют существенные недостатки, а также то, что нет научной информации, подтверждающей более высокую энергетическую эффективность работы указанных типов котлов по сравнению с ТЭНовыми, в дальнейшем,

предлагается рассматривать именно ТЭНовые электрические котлы, как основные электрические теплогенераторы для поквартирного теплоснабжения.

На рисунке 2 представлены графики плотности потребности тепловой нагрузки для работы систем автономного поквартирного теплоснабжения и диапазоны модуляции настенного газового котла и электрического котла

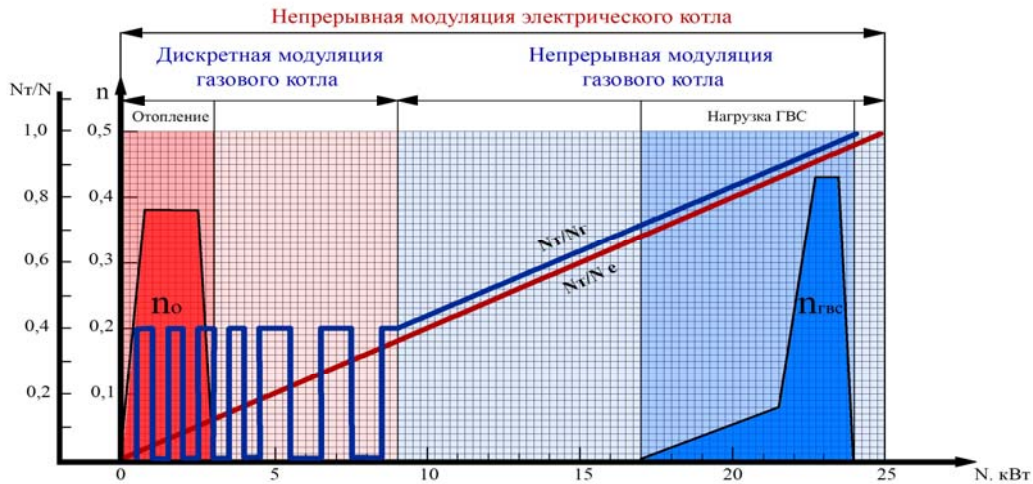


Рисунок 1 – Плотности потребления тепловой нагрузки системы отопления P_o , ГВС- $P_{гвс}$, диапазоны модуляции газового котла N_t/N_r , электрического котла N_t/N_e

В качестве примера рассматривалась двухкомнатная квартира площадью 46 квадратных метров на шестом этаже восьмизэтажного дома, расположенного в городе Санкт-Петербург. Высота потолков 2.51 м, стены кирпичные, толщина внешней 50 см, внутренней (на лестничную клетку) стены- 40 см, все окна выходят на западную сторону, один балкон, с двух сторон боковых стен имеются соседи, площадь остекления 8,1 м², температура в квартире 20 градусов, внешняя температура минус 24 градуса Цельсия. Для данной квартиры суммарные тепловые потери составляют 2415 Вт, потери за счет инфильтрации воздуха- 457 Вт, тепловая отдача от тепловых приборов-487 Вт, от людей-90 Вт. Общая тепловая потребность квартиры (при наружной температуре минус 24 градуса Цельсия) составляет 2295 Вт. Учитывая реальные статистические данные по температуре воздуха в отопительный период за последние 10 лет для данного региона, средние теплотери составляют 600 киловатт в месяц. При стоимости электроэнергии по одноставочному тарифу 5 рублей за киловатт, затраты на отопление составят 3000 рублей в месяц. Если приравнять отопление к тарифу для домов, имеющих электрические плиты, то на отопление с электрическим котлом потребуется 2240 рублей в месяц. Это больше, чем затраты на отопление при использовании газового настенного котла, которые составляют в среднем за отопительный период в два с половиной раза меньше. С экономической точки зрения предварительный вывод однозначен. Если территория газифицирована, то газ является самым экономичным и экологическим видом топлива для целей теплоснабжения зданий. В случае, когда рассматривается вариант организации использования электрической энергии для теплоснабжения на этапе проектирования дома и отсутствии централизованного теплоснабжения зданий и внешних газовых сетей, результат получается другой. Стоимость проектирования и строительства инженерных коммуникаций централизованного теплоснабжения или подвода магистрального газа для поквартирного газового теплоснабжения, строительство внутренних инженерных систем дымоудаления и подвода воздуха, составляет около 4-6% от стоимости дома. Эта сумма эквивалентна 40 месяцам бесплатного пользования электрическим отоплением. Годовое обслуживание газовых котлов более дорого, чем электрических, дороже ремонт. Если учитывать эти факторы, то разница сокращается до полутора раз. Но,

если рассматривать вопросы безопасности, то электричество в эксплуатации населением значительно безопасней магистрального газа. Исключены взрывы и отравления газом.

При первоначальном рассмотрении, электрическое теплоснабжение многоквартирных домов, имеет более высокий углеродный след, чем при отоплении с применением газовых котлов. Как было указано выше электрический КПД газотурбинных электростанций составляет 30-35%. В то время, как заявленный КПД конвекционных настенных котлов, используемых для поквартирного теплоснабжения, составляет по отношению к высшей теплотворной способности около 80%. Но, исследования показали, что, при использовании настенных газовых котлов при малых тепловых нагрузках происходит их переход в режим работы с постоянным включением и выключением газогорелочных узлов, с периодическим обдувом теплообменников холодным воздухом [13]. Реальный КПД при работе котлов в режиме «тактования» может снизиться до 50% и ниже. Особенно при температурах окружающего воздуха в диапазоне температур атмосферного воздуха от +8 до -5 градусов Цельсия, которые составляют большую часть времени отопительного периода, особенно в северо-западном регионе РФ. Если рассматривать весь процесс жизненного цикла инженерных систем теплоснабжения. Производство труб газовых сетей теплоснабжения, их укладки, труб внутренних систем дымоудаления и воздухообмена, эксплуатационные затраты на их содержание и суммарные выбросы парниковых газов, связанные с этими процессами, то результат может оказаться противоположным, поскольку при электрическом теплоснабжении они значительно ниже.

Главным эффективным способом снижения затрат на отопление помещений является повышение требований к теплоизоляции ограждающих конструкций зданий. При сочетании повышенной теплоизоляции и применения электрического теплоснабжения, способного отслеживать необходимую тепловую нагрузку во всем возможном диапазоне ее изменения, легко достигнуть высочайших показателей энергетической эффективности.

В настоящее время существует достаточно примеров применения электрических котлов для поквартирного теплоснабжения многоэтажных многоквартирных домов, на рисунке 3 представлены дома в Республике Беларусь, где в качестве теплогенераторов применены электрические микрокотельные производства российской компании «АРДЕРИЯ». Имеются случаи применения электрического отопления и для индивидуальных домов небольшой площади. На рисунке 4 представлен поселок в Республике Адыгея.



Рисунок 3 – Многоквартирный дом с электрическим отоплением в Республике Беларусь



Рисунок 4 — Коттеджный поселок в Республике Адыгея, оборудованный электрическими котлами «Ардерия»

Заключение (выводы)

Электрические котлы обладают широчайшим диапазоном модуляции тепловой нагрузки, что позволяет их использовать для автономных систем поквартирного теплоснабжения. Как для отопления помещений, так и для подготовки горячей воды. Сочетание повышенных требований к теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и систем теплоснабжения на основе электрических котлов приводит к наивысшим показателям энергоэффективности и наименьшему энергопотреблению домов.

Применение электрических котлов экономически обосновано при введении специальных тарифов на электрическую энергию для отопления помещений и приравнивании данных тарифов к тарифам домов с электрическими кухонными плитами. Также важно решение о применении электрического теплоснабжения на этапах проектирования домов. Сокращение затрат на подвод коммуникаций снабжения природным газом и отсутствие необходимости проектирования и строительства систем дымоудаления снижает общую стоимость строительства.

Для поквартирного электрического теплоснабжения целесообразно использование электрических котлов с тэновыми нагревательными элементами.

ЛИТЕРАТУРА

1. European commission, Heat and Cooling Demand and Market Perspective // Join Research Centre, Institute for Energy and Transport, Luxemburg. 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC70962> (дата обращения 01.04.2021)

2. Ibrahim O., Fardoun F., Younes R., Louahlia-Gualous H. Review of water-heating in systems: general selection approach based on energy and environmental aspects // Building and Environment. 2014. Vol. 72. P. 259-286. DOI:10.1016/j.buildenv.2013.09.006.

3. Стертюков К.Г., Стародубцева О.А. Проблемы внедрения новых технологий и технических средств с целью увеличения КПД в энергетической отрасли. Вестник ПНИПУ, 2018. №25. С. 58–73.
4. Research cell record efficiency chart. The National Center for Photovoltaics (NCPV) at the National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.nrel.gov/ncpv/> (дата обращения 01.04.2021).
5. Ануфриев А.С. Повышение эффективности магнитоэлектрических генераторов малой мощности для ветроэнергетических установок: дисс....кандидат наук. Самара, 2018. 134 с.
6. Chabot B. With a Focus on the Contribution From Renewables and on CO2 Emissions. Analysis of the Global Electricity Production up to 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cf01.erneuerbareenergien.schluetersche.de> (дата обращения 15.05.2017)/
7. GSR2015_Onlinebook_low1.2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf (дата обращения 15.05.2017).
8. Anufriev A.S., Makarichev Yu.A., Ivannikov, Y.N., Didenko, N., Gazizulina, A. Low - power wind generator. International Conference on Information Networking Volume 2018-January, 19 April 2018, Pages 671-672. 32nd International Conference on Information Networking, ICOIN 2018; Holiday Inn Chiang Mai Chiang Mai; Thailand; 10 January 2018 - 12 January 2018; Category number CFP18150-USB; Code 13.
9. Постановление Правительства РФ от 21.04.2009 N 334 "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам совершенствования порядка технологического присоединения потребителей к электрическим сетям". [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/12166684/> (дата обращения 01.04.2021).
10. Постановление Конституционного Суда Российской Федерации от 27 апреля 2021 г. N 16-П "по делу о проверке конституционности абзаца третьего пункта 421, пунктов 44 и 45 Правил предоставления коммунальных услуг собственникам и пользователям помещений в многоквартирных домах и жилых домов, а также формулы 3 приложения N 2 к данным Правилам в связи с жалобой гражданки В.Н. Шестериковой" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2021/05/12/otoplenie-dok.html> (дата обращения 01.04.2021).
11. Торопов А.Л. О перспективах применения электродкотлов для автономных систем теплоснабжения малой мощности. СОК, 2022. №2. С. 32–35.
12. Торопов А.Л. Исследование работы газовых клапанов конвекционных котлов малой мощности. АВОК, 2020. №3. С. 58–61.
13. Торопов А.Л. Вопросы эффективности работы конвекционных настенных газовых котлов при поквартирном теплоснабжении. СОК, 2021. № 6 (234). С. 42–45.

REFERENCES

1. European commission, Heat and Cooling Demand and Market Perspective // Join Research Centre, Institute for Energy and Transport, Luxemburg. 2012. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC70962> (date accessed: 01.04.2021)
2. Ibrahim O., Fardoun F., Younes R., Louahia-Gualous H. Review of water-heating in systems: general selection approach based on energy and environmental aspects // Building and Environment. 2014. Vol. 72, pp. 259-286. DOI:10.1016/j.buildenv.2013.09.006
3. Stertyukov K.G., Starodubtseva O.A. *Problemy vnedreniya novykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv s tsel'yu uvelicheniya KPD v energeticheskoy otrasli*. [Problems of introducing new technologies and technical means in order to increase efficiency in the energy industry]. Vestnik PNIPIU, 2018. No.25, pp. 58–73

4. Research cell record efficiency chart. The National Center for Photovoltaics (NCPV) at the National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2015. Available at: <http://www.nrel.gov/ncpv/> (date accessed: 01.04.2021)
5. Anufriev A.S. *Povyshenie effektivnosti magnitoelektricheskikh generatorov maloy moshchnosti dlya vetroenergeticheskikh ustanovok: diss....kandidat nauk.* [Improving the efficiency of magnetoelectric generators of low power for wind power plants: diss candidate of sciences.]. Samara, 2018. 134 p.
6. Bernard Chabot , With a Focus on the Contribution From Renewables and on CO2 Emissions. Analysis of the Global Electricity Production up to 2014. Available at: <http://cf01.erneuerbareenergien.schluetersche.de> (date accessed: 15.05.2017)
7. GSR2015_Onlinebook_low1.2015. Available at: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf (date accessed: 15.05.2017)
8. Anufriev A.S., Makarichev Yu.A., Ivannikov, Y.N., Didenko, N., Gazizulina, A. Low - power wind generator. International Conference on Information Networking Volume 2018-January, 19 April 2018, Pages 671-672. 32nd International Conference on Information Networking, ICOIN 2018; Holiday Inn Chiang Mai Chiang Mai; Thailand; 10 January 2018 - 12 January 2018; Category number CFP18150-USB; Code 13
9. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21.04.2009 N 334 "O vnesenii izmeneniy v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii po voprosam sovershenstvovaniya poryadka tekhnologicheskogo prisoedineniya potrebiteley k elektricheskim setyam"[Decree of the Government of the Russian Federation of 21.04.2009 N 334 "On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation on Improving the Procedure for Technological Connection of Consumers to Electric Grids"]. Available at: <https://base.garant.ru/12166684/> (date accessed: 01.04.2021)
10. Postanovlenie Konstitutsionnogo Suda Rossiyskoy Federatsii ot 27 aprelya 2021 g. N 16-P "po delu o proverke konstitutsionnosti abzatsa tret'ego punkta 421, punktov 44 i 45 Pravil predostavleniya kommunal'nykh uslug sobstvennikam i pol'zovatelyam pomeshcheniy v mnogokvartirnykh domakh i zhilykh domov, a takzhe formuly 3 prilozheniya N 2 k dannym Pravilam v svyazi s zhaloboy grazhdanki V.N.Shesterikovoy"[Resolution of the Constitutional Court of the Russian Federation of April 27, 2021 N 16-P "on the case of checking the constitutionality of the third paragraph of paragraph 421, paragraphs 44 and 45 of the Rules for the provision of public services to owners and users of premises in apartment buildings and residential buildings, as well as formula 3 of the application N 2 to these Rules in connection with the complaint of citizen V.N. Shesterikova] Available at: <https://rg.ru/2021/05/12/otoplenie-dok.html> (date accessed: 01.04.2021)
11. Toropov A.L. *O perspektivakh primeneniya elektrokotlov dlya avtonomnykh sistem teplosnabzheniya maloy moshchnosti* [On the prospects for the use of electric boilers for autonomous low-power heat supply systems]. SOK, 2022. №2. pp. 32–35.
12. Toropov A.L. *Issledovanie raboty gazovykh klapanov konveksionnykh kotlov maloy moshchnosti.* [Study of the operation of gas valves of convection boilers of low power] AVOK, 2020. №3. pp. 58–61.
13. Toropov A.L. *Voprosy effektivnosti raboty konveksionnykh nastennykh gazovykh kotlov pri pokvartirnom teplosnabzhenii*[Issues of the efficiency of convection wall-mounted gas boilers for apartment heating] SOK, 2021. № 6 (234). pp. 42–45.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Торопов Алексей Леонидович

ООО «Ардерия», г. Москва, Россия, кандидат технических наук, профессор, Главный конструктор завода «Ардерия», академический советник Российской инженерной академии, изобретатель СССР, РФ, Лауреат Премии ВОИР 2021.

E-mail: toropov@aprilgroup.ru

Toropov Alexey Leonidovich

Arderia LLC, Moscow, Russia, Candidate of Technical Sciences, Professor, Chief Designer of the Arderia plant, academic adviser of the Russian Academy of Engineering, inventor of the USSR, RF, Laureate of the VOIR Prize 2021.

E-mail: toropov@aprilgroup.ru