

Санитарно-гигиенические вопросы при проектировании индивидуальных систем теплоснабжения

Алексей Леонидович Торопов

Инженерный центр «Апрель» (ИЦ «Апрель»); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. При индивидуальном строительстве существующие нормы проектирования для централизованных систем теплоснабжения носят справочный характер. Владелец домохозяйства сам определяет, сколько горячей воды ему нужно, какова должна быть температура в помещении. Важно, чтобы не нарушались нормы пожарной безопасности, экологии, санитарные нормы и нормативы выделенной на домохозяйство энергии. Параметры горячего водоснабжения (ГВС) носят количественный характер. Возникают вопросы качества санитарной воды, имеющей контакт с кожей человека. Характер использования индивидуальных систем ГВС, их конструктивные особенности определяют риски роста болезнетворных бактерий в оборудовании, что может влиять на здоровье обитателей домохозяйств. Существуют инженерные решения, позволяющие исключить или значительно снизить указанные риски. Эти инженерные решения целесообразно применять на стадии проектирования.

Материалы и методы. На основании обобщения данных научных источников и опубликованных случаев массовых заболеваний выявлены основные виды болезнетворных бактерий, возникающих в индивидуальных системах водотеплоснабжения. Это легионелла и синегнойная палочка. Рассмотрены пороги и условия жизнестойкости указанных бактерий. Классифицированы главные причины, вызывающие риски роста болезнетворных бактерий, илистых отложений.

Результаты. Требования соблюдения комплексных технических мероприятий при проектировании состоят в необходимости подбора оборудования систем индивидуального теплоснабжения при соблюдении условий контроля забора воды, обеспечения предварительного нагрева воды до температуры 65 °С в системах накопительного типа, постоянной циркуляции воды в контурах водоснабжения, использования проточных водонагревателей, подбора труб.

Выводы. Применение технических решений для систем теплоснабжения объектов индивидуального строительства позволяет существенно снизить или исключить полностью риски, связанные с возможностью возникновения болезнетворных бактерий и заболеваниями проживающих в домохозяйствах людей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: индивидуальное строительство, отопление, горячая вода, легионелла, гигиена, домохозяйство, проточные водонагреватели, контур циркуляции

Благодарности. Автор благодарит рецензентов за замечания по стилю изложения и научно-технической сути, способствующие более глубокому раскрытию темы научной работы.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Торопов А.Л. Санитарно-гигиенические вопросы при проектировании индивидуальных систем теплоснабжения // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 10. С. 1651–1665. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.10.1651-1665

Автор, ответственный за переписку: Алексей Леонидович Торопов, toropov@aprilgroup.ru.

Sanitary and hygienic issues in the design of individual heat supply systems

Alexey L. Toropov

Engineering Center "April"; Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In the case of individual construction, the existing design standards for district heating systems are of a reference nature. The owner of the household determines how much hot water he needs, what the temperature in the room should be. It is important that fire safety, environmental standards, sanitary standards and standards of energy allocated per household are not violated. The parameters of HWS are quantitative. There are questions about the quality of sanitary water that has contact with human skin. There are engineering solutions that can eliminate or significantly reduce these risks. It is advisable to apply these engineering solutions at the design stage.

Materials and methods. Based on the generalization of data from scientific sources and published cases of mass diseases, the main types of pathogenic bacteria occurring in individual water and heat supply systems were identified. These are Legionella and Pseudomonas aeruginosa. The thresholds and conditions of viability of these bacteria are considered. The main causes that cause the risks of growth of pathogenic bacteria are classified.

Results. Requirements of observance of complex technical measures at designing consist in necessity of selection of the equipment of systems of individual heat supply at observance of conditions of control of water intake, maintenance

of preliminary heating of water up to temperature 65 °C in systems of accumulation type, constant circulation of water in circuits of water supply, use of flowing water heaters, selection of pipes.

Conclusions. The use of technical solutions for heat supply systems of individual construction facilities can significantly reduce or completely eliminate the risks associated with the possibility of pathogenic bacteria and diseases of people living in households.

KEYWORDS: individual construction, heating, hot water, legionella, hygiene, household, flow water heaters, circulation circuit

Acknowledgements. The author thanks the reviewers for their comments, both in terms of the style of presentation and the scientific and technical essence, which contribute to a deeper disclosure of the topic of scientific work.

FOR CITATION: Toropov A.L. Sanitary and hygienic issues in the design of individual heat supply systems. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2024; 19(10):1651-1665. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.10.1651-1665 (rus.).

Corresponding author: Alexey L. Toropov, toropov@aprilgroup.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Существующие нормы проектирования систем водоснабжения и теплоснабжения для централизованных систем применительно к индивидуальному домостроению носят справочный характер. Владелец домохозяйства сам определяет внутренние количественные нормы потребления горячего водоснабжения (ГВС) и температуры помещения и другие параметры работы систем в зависимости от личных потребностей членов домохозяйства. Важно, чтобы в целом не нарушались нормы пожарной безопасности, экологии, санитарные нормы, нормативы выделенной на домохозяйство энергии.

Кроме индивидуальных многоквартирных домов, существует поквартирное теплоснабжение. С точки зрения общей классификации это индивидуальные системы теплоснабжения. Устанавливаются они, как правило, в многоквартирном доме, а генерация тепловой энергии в них происходит с помощью комбинированного настенного газового котла. Особенности поквартирного теплоснабжения заключаются в том, что технические характеристики режимов подготовки горячей воды и отопления ограничены параметрами работы настенного газового котла, которые устанавливаются по нормам централизованного теплоснабжения для многоквартирных домов. Значения параметров отопления и ГВС в основном носят количественный характер, но возникают вопросы качества воды. Прежде всего, это качество санитарной воды, имеющей контакт с кожей человека в индивидуальных системах теплоснабжения и питьевой воды (гигиена горячей и холодной воды).

С точки зрения соблюдения санитарных норм при снабжении холодной и горячей водой между централизованным и индивидуальным водоснабжением есть существенные отличия. В индивидуальном водоснабжении домохозяйств не существуют и не действуют нормативные правила контроля качества воды, которые разработаны для централизованного водоснабжения и исполнение которых контролируется государственными структурами. Отсутствие знаний по данному вопросу у собственников домохозяйств возлагает косвенную ответственность на проектировщиков и производителей

инженерного оборудования индивидуальных систем водоснабжения.

Важным отличием централизованного и индивидуального водоснабжения является характеристика источника воды. Для централизованного водоснабжения забор воды производится из открытых водных источников с низкой минерализацией или из межпластовых водоемов в достаточном количестве и высокого качества. Качество воды постоянно контролируется в соответствии с ГОСТ «Вода питьевая». В индивидуальном строительстве на объектах без подключения к централизованному водоснабжению в качестве источника воды используются колодцы с грунтовой водой и трубчатые колодцы (скважины) с составом воды, соответствующей месту расположения объекта, без контроля показателей качества воды.

Подготовка горячей воды на коммунальных и индивидуальных объектах также отличается. Если в централизованном ГВС применяются системы подготовки горячей воды нагревом холодной воды в теплообменниках, что соответствует быстрому нагреву и применению горячей воды, то в индивидуальном строительстве часто используются емкостные водонагреватели и бойлеры косвенного нагрева, в которых нагретая вода может длительно храниться перед потреблением. Неконтролируемость качества исходной воды и вероятность длительного хранения горячей воды перед применением в индивидуальных системах ГВС и холодного водоснабжения (ХВС) приводят к возникновению отложений в виде ила и твердых образований в застойных областях систем водоснабжения и участков трубопроводов, которые становятся идеальной средой для размножения болезнетворных бактерий. Основное влияние на процесс формирования илстых образований застойных зон оказывают температура среды, скорость движения воды, форма и геометрические размеры конструктивных элементов систем ГВС. Важными факторами служат время, характер и периодичность использования воды. Применяемые материалы трубопроводов индивидуальных систем водотеплоснабжения также влияют на процессы формирования зон коррозии элементов систем и образование накипи в связи с возможной периодической диффузией кислорода через стенки труб. Имеются инженерные

решения, позволяющие исключить или существенно снизить риски возникновения болезнетворных бактерий в оборудовании индивидуальных систем теплоснабжения и снабжения холодной водой. Данные инженерные решения целесообразно применять на стадии проектирования.

В последние годы зафиксирован рост числа сообщений о легионеллезе в Европейском союзе и Европейской экономической зоне. Рост случаев значителен: с 6947 сообщений в 2015 г. до 11 298 в 2019 г. [1–3]. Это вызывает тревогу, поскольку группа бактерий *Legionella* представляет серьезную угрозу здоровью человека. Инцидент массового заражения легионеллезом в Верхней Пышме Свердловской области в 2007 г.¹ [4], возможно, стал причиной появления нормативных материалов, определяющих правила и требования по обеспечению безопасности систем ГВС и профилактике легионеллеза^{2,3,4}. Ключевыми конструктивными особенностями систем водотеплоснабжения, при которых болезнетворные бактерии начинают размножаться, являются: повышенная температура воды, наличие застойных зон, осадочные отложения внутри ГВС и ХВС и на поверхности трубопроводов [5–7].

Термическая санация воды ГВС — наиболее действенный метод борьбы с болезнетворными бактериями. При температуре более 50 °С большинство бактерий не размножаются, поэтому в соответствии с рекомендациями ВОЗ необходимо поддерживать температуру ГВС выше 50 °С в трубопроводах и 60 °С в резервуарах с горячей водой⁵. В связи с тем, что поддержание постоянной высокой температуры воды — энергоемкий процесс применяются различные системы фильтрации воды в конечных точках потребления, состоящие из многоступенчатых фильтров предварительной и основной очистки воды [8]. Также используются методы дезинфекции

с помощью хлора, озона, ионизации воды [9], дезинфекция воды ультрафиолетом [10].

Недостатки методов борьбы с бактериями в системах теплоснабжения, альтернативных термической санации, — это необходимость периодического контроля и замены фильтрующих элементов, наличие системы дозирующих устройств, их квалифицированный сервис. В индивидуальных и поквартирных домохозяйствах соблюдение указанных требований практически невозможно. Кроме того, их реализация связана с высокими экономическими затратами. При несвоевременной замене фильтрующих элементов фильтры могут стать рассадниками болезней. Важны также и конструктивные решения систем подачи воды. Застойные зоны, тупиковые линии водоснабжения могут препятствовать попаданию дезинфицирующих средств, что снижает их эффективность. В настоящее время в Российской Федерации для предотвращения развития болезнетворных бактерий в системах централизованного водоснабжения используется метод предварительного хлорирования воды [11].

Все перечисленные нормы и правила проектирования и соблюдения санитарной гигиены распространяются на коммунальное хозяйство и централизованные системы. Индивидуальные системы водотеплоснабжения обладают рядом отличий. Главные причины, вызывающие риски роста болезнетворных бактерий, заключаются в конструктивных, социальных, юридических особенностях систем теплоснабжения индивидуальных домовладений, среди которых можно выделить [12]:

- отсутствие нормативных документов государства на проектирование, согласование, регистрацию проектно-конструкторской документации индивидуальных систем водотеплоснабжения;
- отсутствие норм контроля систем при вводе индивидуального объекта в эксплуатацию;
- отсутствие норм периодического контроля состояния систем;
- отсутствие норм и требований приводит к тому, что решение о конструкции систем и подбор оборудования принимает собственник, не имеющий знаний в данной области;
- финансирование строительства систем основывается на принципе максимальной экономии;
- параметры систем водотеплоснабжения определяет собственник;
- в ряде случаев источником воды в индивидуальных системах могут быть открытые непроточные водоемы, источники воды с неконтролируемым качеством и минерализацией;
- применение конструктивных решений ГВС с наличием емкостных систем подготовки и хранения холодной и горячей воды, застойных и тупиковых зон трубопроводов.

Отсутствие указанных нормативных требований к системам индивидуального водотеплоснабжения приводит к тому, что при проектировании и подбо-

¹ Зиянгирова Э. По делу о вспышке легионеллеза в Верхней Пышме предъявлены обвинения. URL: <https://www.nakanune.ru/news/2009/03/18/2150256/>

² СанПиН 2.1.4.2496–09. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 15 с.

³ СП 3.1.2.2626–10. Профилактика легионеллеза. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 22 с.

⁴ МУК 4.2.2217 07. 4.2. Методы контроля, биологические и микробиологические факторы. Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. 27 с.

⁵ Минздрав одобрил снижение температуры горячей воды в квартирах. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/583b0c649a79475b478b994a?from=copy>

ре оборудования для индивидуальных систем водотеплоснабжения должны учитываться их отличия от аналогичных для централизованных систем. Главное отличие — требование к минимизации квалификации специалистов при сервисе оборудования, минимизация контроля за расходными материалами, необходимыми для поддержания технологических процессов обеззараживания и дезинфекции, максимальное сокращение контроля над техническими параметрами, автоматизация процессов.

Цель работы — обобщение и выделение особых требований к проектированию, подбору оборудования и конструктивным решениям для индивидуальных систем водотеплоснабжения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Существует несколько видов болезнетворных бактерий, возникающих в индивидуальных системах водотеплоснабжения домохозяйств. Наиболее часто встречающимися и опасными являются легионелла и синегнойная палочка. Применительно к борьбе с легионеллой для централизованного водоснабжения разработаны профилактические мероприятия, санитарные нормы и правила. По отношению к синегнойной палочке таких систематизированных документов нет. Важность мероприятий по исключению или минимизации вероятности возникновения условий для размножения бактерий легионеллы и синегнойной палочки, как и самых распространенных бактерий, возникающих в системах водоснабжения, многократно обсуждалась Европейским центром по профилактике и контролю за заболеваниями^{6,7} [13, 14]. В ряде развитых стран

⁶ Legionnaires' disease in Europe, 2012 // European Centre for Disease Prevention and Control. URL: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/legionnaires-disease-europe-2012>

⁷ Legionnaires' disease in Europe, 2011 to 2015 // National Library of Medicine. National Center for Biotechnology Information. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5508329/>

Европы смертность от болезней, вызванных легионеллой, превышает смертность от автомобильных аварий. На рис. 1 представлена диаграмма основных причин, вызвавших заболевание легионеллезом⁵, главной из которых являются системы теплоснабжения, доля которых составляет 62 %, бассейны — 8 %, градирни — 1 %, другие причины — 9 %, в 20 % случаев причина неизвестна.

На рис. 2 приведена диаграмма распределения легионеллеза в зависимости от возраста и пола людей.

Системы отопления и ГВС индивидуального домохозяйств состоят из [15, 16]:

- источника тепловой энергии в виде автономного нагревательного электрического, газового или твердотопливного котла;
- бойлера косвенного нагрева или теплового аккумулятора воды емкостного типа;
- трубопроводов и распределительных узлов контуров нагрева и потребления;
- циркуляционных насосов и блоков управления;
- расширительных баков для компенсации температурных расширений воды в системе теплоснабжения;
- отопительных приборов в виде системы «теплый пол», радиаторов, конвекторов;
- приборов потребления холодной и горячей воды в виде кранов, раковин, ванн, душа, унитазов, биде.

Условия размножения бактерий легионеллы в данных системах [17–22]:

- температура воды в системе ГВС соответствует температуре интенсивного размножения болезнетворных бактерий (30–50 °С);
- возникновение застойных зон в трубопроводах и узлах систем водотеплоснабжения;
- диффузия кислорода через стенки трубопроводов, поступление кислорода через элементы систем теплоснабжения, расширительные баки открытого типа;
- илистые образования, как результат окислительных процессов в воде из источников с неконтролируемой минерализацией;

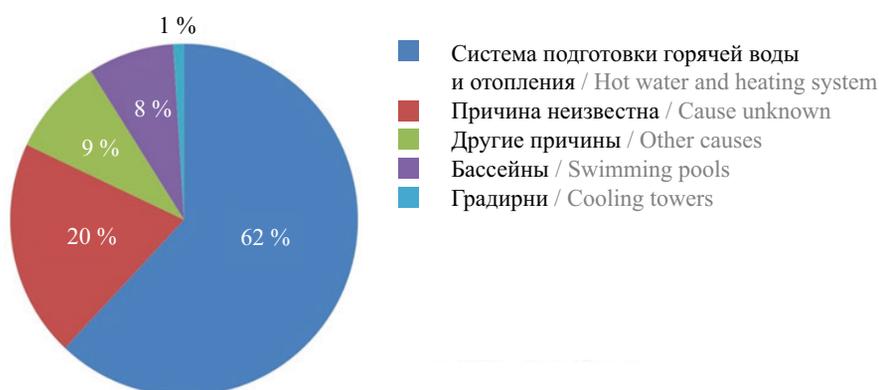


Рис. 1. Диаграмма причин возникновения легионеллеза

Fig. 1. Diagram of the causes of legionellosis

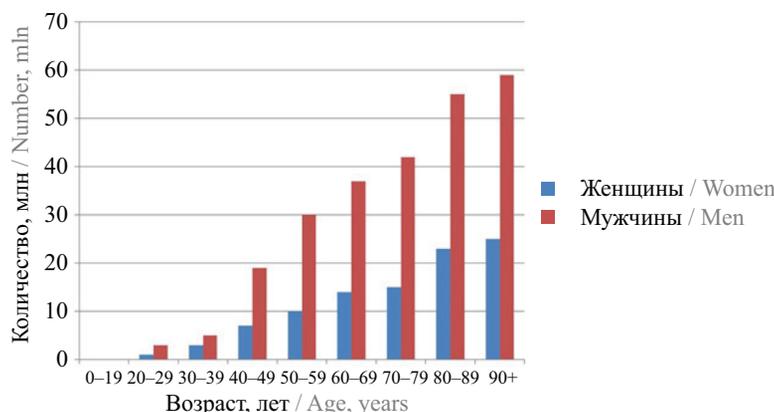


Рис. 2. Диаграмма распределения легионеллеза в зависимости от возраста и пола

Fig. 2. Diagram of distribution of legionellosis depending on age and gender

- наличие шероховатой поверхности в емкостях и трубопроводах, способствующих возникновению поверхностной бактериальной пленки.

Путь заражения бактериями:

- санитарно-гигиенические процедуры, проводимые обитателями домохозяйств (душ, ванная, мытье рук);
- вдыхание воздушно-капельной дисперсии, в том числе через рот, дыхательные пути;
- контакт поврежденной кожи с зараженной водой.

По сравнению с легионеллой у синегнойной палочки есть отличия среды обитания и размножения:

- для синегнойной палочки необходимо наличие и воды, и воздуха, в отличие от легионеллы, средой обитания которой является только вода;
- температурные условия развития бактерии от 4 до 45 °С;
- путями распространения бактерий могут быть контакты между людьми и животными, прием пищи.

Заболевание легионеллезом протекает с выраженной лихорадкой, общей интоксикацией, поражением легких, центральной нервной системы, органов пищеварения [23–30]. Места поражения синегнойной инфекции: ЛОР-органы, респираторный тракт, желудочно-кишечный тракт, глаза, кожа, мочевая система [31]. Температурные пороги, определяющие жизнеспособность и размножение для легионеллы, можно выразить так [32, 33]:

- 50 °С — бактерия выживает, но не размножается;
- 55 °С — при продолжительности температурного воздействия более 5 ч бактерия погибает в течение 5–6 ч;
- 60 °С — бактерия погибает за период времени до 30 мин;
- более 65 °С — бактерия погибает за 2 мин;
- более 70 °С — мгновенная температурная дезинфекция.

Благоприятной средой размножения болезнетворных бактерий служат застойные зоны илистых образований, возникающие в индивидуальных системах ГВС и отопления домовладений. Использование ГВС индивидуальных систем носит периодический характер со значительными паузами. Например, использование ГВС дачи только в выходные дни или праздники. При таком применении возможен процесс периодического насыщения воды, находящейся в системе без движения, кислородом через элементы системы или посредством диффузии кислорода через стенки трубопроводов, если они сделаны из пластиковых материалов без защитных барьерных металлических слоев с последующей реакцией с выпадением в осадок в виде ила растворенных в воде гидрокарбонатов кальция и магния.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При проектировании и подборе оборудования систем индивидуального теплоснабжения необходимо соблюдать следующие условия:

- холодная вода должна поставляться при температуре ниже 20 °С;
- в качестве источника холодной воды при отсутствии централизованного водоснабжения холодной водой использовать скважины, колодцы. Не допускать заполнения скважин и колодцев грунтовыми водами. Исключить забор воды из открытых водных бассейнов со стоячей водой;
- исключить (уменьшить) возможность возникновения застойных зон, обеспечить циркуляцию воды в накопительных элементах систем отопления и горячего водоснабжения;
- накопительные емкости для потребления питьевой и санитарной воды должны быть либо с возможностью обновления воды раз в 3–4 ч, либо обеспечивающие периодический нагрев и выдерживание при температуре более 65 °С;
- обеспечить циркуляцию воды в трубопроводах и отсутствие в них тупиковых зон;

- осуществлять слив застойной воды перед применением;
- периодически прогревать воду в системе горячего водоснабжения аккумуляторного типа выше температуры 65 °С (в зонах, где исключена возможность ожогов кожи при случайном использовании);
- применять системы «мгновенной» подготовки горячей воды и проточные водонагреватели, минимизировать применение накопительных емкостей и хранение подготовленной горячей воды перед использованием;
- использовать конструкционные материалы, уменьшающие возможность формирования поверхностных бактериальных пленок;
- использовать трубопроводы с минимальными параметрами диффузии кислорода через их поверхность;
- не использовать системы отопления «открытого» типа с открытыми расширительными баками;
- применять алгоритмы и стратегии управления работой оборудования с циклами профилактического прогрева и циркуляции;
- использовать механическую очистку воды высокого уровня (ультрафильтрация, обратный осмос) для уменьшения возможности роста и переноса бактерий. Соблюдать своевременную смену фильтрующих элементов;
- применять устройства обеззараживания воды (химической очистки) или заменять их на системы автоматической подачи воды безаккумуляторного (проточного) типа.

Применительно к профилактике заражения синегнойной палочкой следует отметить, что местом наиболее вероятного скопления данных бактерий являются наконечники кранов-смесителей раковин и душевых, а также места сливов стоков в канализацию. В этих местах есть и благоприятные температурные условия, и наличие воды и воздуха. Снижение рисков заражения синегнойной палочкой производится за счет конструкций кранов, душевых леек, сливных решеток и других элементов кухни и ванных комнат, исключающих застои сливных зон, а также профилактической чисткой зон возможного застоя воды. Смесители горячей и холодной воды должны иметь разборную конструкцию изливов. Материалы труб должны иметь гладкую, непористую внутреннюю поверхность, препятствующую образованию бактериальной пленки. Рекомендуется повышенная скорость движения воды в трубопроводах. Особенное внимание вопросам санитарной гигиены надо уделять при проектировании оборудования для подготовки горячей воды в дошкольных учреждениях и яслях. По санитарным нормам температура горячей воды в таких учреждениях должна быть не выше 37 °С, а это самая комфортная температура для роста бактерий в застойных зонах.

Предлагается шесть основных конструктивных решений проектирования индивидуальных систем водотеплоснабжения домохозяйств.

Первое эффективное решение для исключения возникновения легионеллеза — применение принципа «тепловой санации систем теплоснабжения». Этот принцип базируется на жизнестойкости бактерий к температурным воздействиям. Температурные пороги для легионеллы можно выразить так [34]: нагрев воды до температуры 65 °С и выдерживание перед использованием в течение более 2 мин. При температуре 70 °С бактерии легионеллы погибают мгновенно. Данные рекомендации применимы к электрическим бытовым накопительным водонагревателям, бойлерам косвенного нагрева, трубопроводам с циркуляцией горячей воды. Проблема применения данного решения заключается в его низкой энергетической эффективности. Потери энергии при хранении горячей воды с температурой 60 °С в системах объемного типа, особенно настенных водонагревателях небольшого объема, составляют 1–3 кВт/сут. При периодическом пользовании горячей водой с большими промежутками времени стоимость литра горячей воды становится очень высокой. Безвозвратные потери при использовании накопительного электрического водонагревателя только в выходные дни, без выключения питания нагрева в рабочие дни недели, составят 250–300 рублей в месяц. Выключение водонагревателя в периоды отсутствия потребления также вызывают проблемы, поскольку на нагрев остывшего водонагревателя объемом 100–150 л трубчатым электронагревателем 1,5 кВт требуется около 4–6 ч. При отсутствии возможности использования проточных водонагревателей в индивидуальном домохозяйстве и применении водонагревателей накопительного типа после длительных пауз в потреблении горячей воды рекомендуется нагреть воду в водонагревателе до температуры не менее 65 °С и слить воду в течение 30 с из трубопроводов перед первым после паузы потреблением.

Вторым конструктивным решением можно рекомендовать принцип разделения контуров аккумулярования и потребления горячей воды. Выделяемый при нагреве воды осадок содержит нерастворимые в воде карбонаты натрия и магния. Это происходит из-за того, что в естественных условиях вода находится в равновесном состоянии и с точки зрения ионного обмена, и с точки зрения величины растворенных в ней кислорода и углекислого газа. При заборе воды из индивидуального источника для использования в индивидуальных системах ГВС и ХВС температура воды повышается, карбонатные равновесные состояния нарушаются и из растворенных в воде гидрокарбонатов кальция и магния образуются оксид углерода и нерастворимые карбонаты, которые выделяются и оседают на деталях и узлах системы ГВС, особенно в ее застойных зонах. Сво-

бодный оксид углерода может привести к повышенной коррозии элементов системы. Важнейшее значение в вопросах возникновения и объема отложений имеет карбонатная (временная), а не общая жесткость воды.

В исследованиях [35, 36] выявлено, что при эксплуатации ГВС с длительными возможными паузами в пользовании горячей водой соли жесткости начинают появляться при температуре 40 °С. Первоначально в виде ила с дальнейшим преобразованием в камень. Илестые образования в застойных зонах систем водоснабжения являются идеальной средой для размножения болезнетворных бактерий.

Температура воды в индивидуальных системах холодного теплоснабжения также выше ее температуры в равновесном состоянии при нахождении в природной среде, следовательно, и в застойных зонах систем ХВС могут образовываться илестые образования, связанные с образованием солей жесткости воды. Такие илестые образования возникают, например, в гидравлических аккумуляторах систем водоснабжения на резиновых мембранах и внутренней поверхности бака. Для исключения образования ила и твердых солей жесткости в системе ГВС с накопительными емкостями надо исключить постоянное появление «свежей» воды с дальнейшим ее хранением. Следует разделить контуры аккумуляции тепловой энергии и контуры потребления горячей воды. В этом случае объем выпадающих осадков в виде ила или камня определяется однократным объемом теплового аккумулятора и является малой величиной, находящейся в зоне, исключающей контакт с кожей человека.

На рис. 3 представлена схема разделения контуров аккумуляции и потребления тепловой энергии для индивидуальной системы теплоснабжения с тепловым аккумулятором [37]. Тепловой генератор в виде котла нагревает теплоноситель только в контуре с тепловым аккумулятором. Потребление тепловой энергии происходит через отдельные контуры отопления и горячей воды, которые выполняются через отдельные пластинчатые теплообменники. Подготовка горячей воды в данном случае происходит мгновенно нагревом протекающей через пластинчатый теплообменник холодной воды.

Третьим техническим решением предлагается использование проточных водонагревателей. С точки зрения энергоэффективности проточные водонагреватели обладают более высокими показателями, чем водонагреватели накопительного типа [38]. Экономия потребления энергии зависит от интенсивности потребления горячей воды и может составлять до 30 %. Это обусловлено тем, что в периоды пауз водопотребления в индивидуальных системах ГВС с накопительным водонагревателем происходят постоянные потери тепловой энергии через теплоизоляционный корпус бака. Величина потерь, кроме конструкции бойлера, зависит от мно-

гих субъективных факторов, связанных с обитателями домохозяйства (количества людей, их пола, возраста, привычек, социального уровня и многих других факторов). При использовании проточных водонагревателей подготовка горячей воды происходит в период пользования водой потребителем, а потери связаны с понятием тепловой инерционности генераторов тепловой энергии. При применении теплогенераторов с малой тепловой инерцией они минимальные. Главный недостаток проточных водонагревателей индивидуальных систем ГВС — величина подводимой для нагрева энергии. Для систем с двумя точками водоразбора мощность теплового генератора в период потребления воды должна быть около 25 кВт·ч. Наличие такой мощности, особенно при электрическом энергоснабжении ГВС, проблематично. Для решения вопроса ГВС при ограниченном энергоснабжении применяются комбинированные конструкции водонагревателей с небольшими объемами накопительных емкостей с хорошей теплоизоляцией.

Четвертое техническое решение при проектировании индивидуальных систем водоснабжения связано со снижением рисков распространения бактерий в контурах подачи и циркуляции воды. При строительстве индивидуальных домов актуален вопрос использования дешевых строительных материалов и узлов, труб. Решение о финансировании строительства индивидуального объекта принимает собственник. Наиболее дешевыми являются полимерные трубы, применяемые в системах теплоснабжения и снабжения холодной водой. Данные трубы имеют высокие показатели диффузии кислорода через их стенки, составляющие для полиэтиленовых и полипропиленовых труб 650–900 мг/м²/сут [39]. Показатели диффузии кислорода через стенки труб различного типа приведены в таблице.

Для исключения вопросов, связанных с образованием илестых образований в застойных участках трубопроводов систем водотеплоснабжения из-за возможной диффузии кислорода, целесообразно применять в индивидуальном строительстве полипропиленовые трубы, армированные алюминием, и металлопластиковые полиэтиленовые трубы повышенной термостойкости или металлические трубы. При монтаже труб в ограждающих конструкциях стоит применять теплоизоляцию для увеличения времени остывания труб с горячей водой и времени нагрева для труб ХВС. Кроме того, теплоизоляция труб водоснабжения повышает энергетическую эффективность систем и снижает время ожидания получения воды нужной температуры на конце трубопроводов в точке водоразбора. Важно также правильно размещать трубы водоснабжения в общих каналах или строительных конструкциях. Если трубопроводы горячей и холодной воды расположены рядом, то при отсутствии потребления воды происходит выравнивание температуры за счет взаимного влияния,

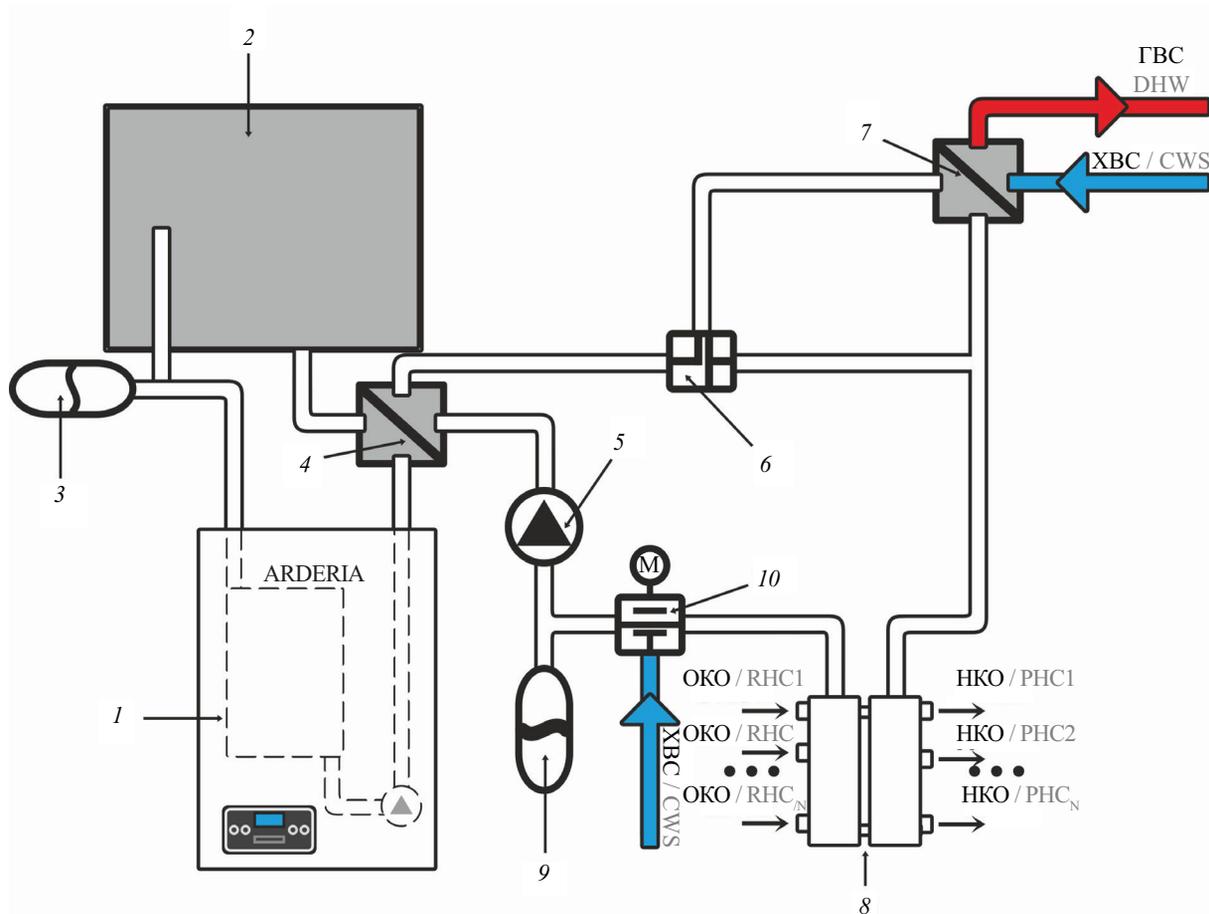


Рис. 3. Схема разделения контуров аккумуляции и потребления тепловой энергии систем теплоснабжения индивидуального домохозяйства: 1 — электрический котел с встроенным циркуляционным насосом контура генерации тепловой энергии, 9 кВт/ч для 1–2-комнатных квартир, 12 кВт/ч для 3–4-комнатных квартир; 2 — тепловой аккумулятор объемом 150 л для 1–2-комнатных квартир, 200 л для 3–4-комнатных квартир; 3 — расширительный бак контура генерации тепловой энергии; 4 — пластинчатый теплообменник контура генерации тепловой энергии; 5 — циркуляционный насос контура теплоснабжения; 6 — трехходовой кран переключения отопление-ГВС; 7 — пластинчатый теплообменник контура ГВС; 8 — коллекторы напорного отопительного контура (НКО) и обратного отопительного контура (ОКО); 9 — расширительный бак контура теплоснабжения; 10 — узел автоматической подпитки контура теплоснабжения

Fig. 3. Scheme for separating the circuits of accumulation and consumption of thermal energy in individual household heat supply systems: 1 — electric boiler with a built-in circulation pump for the thermal energy generation circuit, 9 kW/h for 1–2-room apartments, 12 kW/h for 3–4-room apartments; 2 — heat accumulator with a volume of 150 l for 1–2-room apartments, 200 l for 3–4-room apartments; 3 — expansion tank of the thermal energy generation circuit; 4 — plate heat exchanger of the thermal energy generation circuit; 5 — circulation pump of the heating circuit; 6 — three-way valve for switching heating-HWS; 7 — plate heat exchanger of the HWS circuit; 8 — collectors of the pressure heating circuit (PHC) and return heating circuit (RHC); 9 — expansion tank of the heating circuit; 10 — automatic replenishment unit for the heating circuit

что негативно способствует созданию благоприятных условий для размножения болезнетворных бактерий⁸ [40, 41]. При монтаже канализационных труб их можно использовать как теплоизоляционный барьер, располагая линии горячего и холодного водоснабжения по разные стороны от канализационной трубы. Необходимо также отделять греющие кон-

туры отопительных приборов (радиаторы, «теплый пол») от контуров водоснабжения.

Пятое техническое решение — периодическая циркуляция и прокачка воды в системе ГВС. Основным элементом, обеспечивающим циркуляцию потока воды при закрытом смесителе в точке водоразбора — «водяная розетка», один из вариантов которой представлен на рис. 4. Данные устройства позволяют делать проточными линии подачи горячей воды при закрытом смесителе в точке водоразбора. Разводка труб к разным точкам водоразбора выполняется последовательно. Наиболее частая точка потре-

⁸ Хомайко Л. Как победить бактерии в системе водоснабжения: активные и пассивные способы. URL: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/8397-kak-pobedit-bakterii-v-sisteme-vodosnabzheniya-aktivnye-i-passivnye-sposoby>

Показатели диффузии кислорода через поверхности труб, применяемых в системах индивидуального водоснабжения
Oxygen diffusion rates through the surfaces of pipes used in individual water supply systems

Тип трубопровода Pipeline type	Обозначение Designation	Диффузия кислорода, мг/м ² /сут Oxygen diffusion, mg/m ² /day
<i>Однослойные трубы</i> <i>Single layer pipes</i>		
Трубы из сшитого полиэтилена Cross-linked polyethylene tubes	PEX	650
Трубы из полипропилена Polypropylene pipes	PPR	900
<i>Многослойные трубы</i> <i>Multilayer pipes</i>		
Трубы из сшитого полиэтилена с барьерным слоем Pipe made of cross-linked polyethylene with a barrier layer	PEX-EVON-PEX	0,32
Трубы полипропиленовые, армированные стекловолокном Polypropylene pipes reinforced with glass fiber	PPR-FG-PPR	900
Трубы полипропиленовые, армированные алюминием Polypropylene pipes reinforced with aluminum	PPR-AI-PPR	0
Трубы металлопластиковые из полиэтилена повышенной термостойкости Metal-plastic pipes made of polyethylene with increased heat resistance	PERT-AI-PERT	0



Рис. 4. Водяная проточная розетка

Fig. 4. Water flow outlet

блечения воды устанавливается последней по очереди, среди точек, имеющих контакт с кожей человека. При пользовании водой в одной точке вода обновляется во всех предшествующих по линии водоснабжения. Если в линии подачи воды находятся точки разбора, не предназначенные для прямого контакта с кожей человека (стиральные, посудомоечные машины), то они ставятся после точек разбора постоянного потребления.

Удлинение трубопроводов ведет к необходимости поддержания температуры в контуре ГВС. Этот принцип также называют zero cold water. Это решение выполняется организацией циркуляции горячей воды при отсутствии потребления через контуры ГВС. При этом в контуре снабжения горячей водой всегда поддерживается температура воды около 55 °С за счет установки специального циркуляционного насоса малой мощности. Обеспечение циркуляции воды в замкнутом контуре при отсутствии потребления не требует высоких энергетических затрат, поэтому номинальная мощность таких циркуляционных насосов составляет 10–20 Вт·ч. Общее суточное потребление энергии для организации периодической циркуляции воды в контуре ГВС при автономных источниках тепловой генерации составляет около 50 Вт/сут. Энергетические



Рис. 5. Станция автоматического поддержания давления (а); блок управления работой водяного насоса с электронным реле давления (b)

Fig. 5. Automatic pressure maintenance station (a); control unit for the operation of the water pump with an electronic pressure switch (b)

затраты на поддержание постоянной температуры в контуре ГВС компенсируют потери на слив воды по трубам в период ожидания поступления горячей воды при отсутствии контура циркуляции и обеспечивают комфорт практически мгновенного получения горячей воды потребителем. Температура воды 55 °С исключает размножение болезнетворных бактерий, периодическая прокачка всех точек водоразбора конструктивно исключает образование застойных зон. Организация такого контура должна быть выполнена при проектировании новых объектов.

При описании инженерных решений, снижающих риски распространения болезнетворных бактерий, рассматривают в основном системы отопления и горячего водоснабжения. Необходимо отметить, что индивидуальные системы ХВС также являются местом возможного распространения болезнетворных бактерий. Температура воды в источниках водозабора (скважины, колодцы) обычно ниже 20 °С, что служит порогом начала размножения бактерий. Но в индивидуальных системах ХВС используются резервуары пластиковые или стальные для хранения воды, гидравлические аккумуляторы, трубы внутренней разводки водоснабжения. Все эти узлы и элементы располагаются в помещениях с температурой выше 20 °С и большую часть времени эксплуатации находятся в режиме ожидания потребления без движения воды. Гидравлические аккумуляторы имеют разделительную резиновую мембрану, а трубы и емкости часто выполнены из полимеров. Поверхности резины и полимерных труб без движения в них воды являются идеальными условиями для возникновения бактериальной плен-

ки. Клетки легионелл в биопленках отличаются от обычных, находящихся в несвязанном состоянии клеток, повышенной устойчивостью к различным дезинфицирующим веществам, в том числе к хлорсодержащим [42–44]. В ряде стран Европы разрешены только проточные гидроаккумуляторы, обеспечивающие периодическую промывку емкостей. В индивидуальных системах ХВС рекомендуется использовать проточные автоматические электронные станции системы поддержания давления воды для нескольких точек разбора или станции водоснабжения с электронными реле давления без гидравлического аккумулятора. Внешний вид устройств холодного водоснабжения индивидуальных домохозяйств показан на рис. 5. Данные устройства практически полностью исключают возможность роста болезнетворных бактерий. Дорогим, но эффективным методом борьбы с болезнетворными бактериями является применение медных труб внутренней разводки. Медные трубы обладают нулевой диффузией, а ионы меди — дезинфицирующими свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отсутствие нормативных документов для проектирования индивидуальных систем горячего и холодного водоснабжения и наличие особенностей конструкций этих систем по сравнению с централизованными приводят к рискам, связанным с качеством потребляемой воды и ее санитарно-гигиеническим состоянием. Обобщены и классифицированы причины возникновения и роста болезнетворных бактерий в индивидуальных системах

водотеплоснабжения домохозяйств. Выделены пять основных конструктивных решений проектирования индивидуальных систем водотеплоснабжения, снижающих или исключаящих полностью риски развития болезнетворных бактерий типа легионелла и синегнойная палочка в индивидуальных системах ГВС, отопления и ХВС, это:

- температурная санация в системах теплоснабжения емкостного типа перед потреблением воды;
- разделение контуров генерации тепловой энергии и контуров подготовки горячей воды;
- максимальное использование проточного способа подготовки горячей воды;
- разделение и отдельная теплоизоляция трубопроводов горячего и холодного водоснабжения

для исключения взаимного теплообмена, применение медных, металлических или полимерных труб с металлическим барьерным слоем;

- применение контуров циркуляции и поддержания высокой температуры в системе подачи горячей воды для быстрой ее доставки к точке потребления (технология zero cold water), периодическая (ручная или автоматическая) промывка и слив холодной воды из застойных и тупиковых зон. Минимизация использования емкостей для хранения горячей и холодной воды, использование проточных автоматических систем ХВС без гидравлических аккумуляторов.

Применение указанных технических решений целесообразно на стадии проектирования индивидуальных систем водотеплоснабжения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Kanarek P., Bogiel T., Breza-Boruta B. Legionellosis risk — an overview of Legionella spp. habitats in Europe // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29. Issue 51. Pp. 76532–76542. DOI: 10.1007/s11356-022-22950-9
2. Campese C., Roche D., Clément C., Fierobe F., Jarraud S., de Waelle P. et al. Cluster of Legionnaires' disease associated with a public whirlpool spa // Euro Surveill. 2010. Vol. 15. Issue 26. P. 19602.
3. Coetsee N., Duggal H., Hawker J., Ibbotson S., Harrison T.G., Phin N. et al. An outbreak of Legionnaires' disease associated with a display spa pool in retail premises // Euro Surveill. 2012. Vol. 17. Issue 37. P. 20271.
4. Онищенко Г.Г., Лазикова Г.Ф., Чистякова Г.Г., Демина Ю.В., Никонов Б.И., Романенко В.В. и др. Эпидемиологическая характеристика вспышки легионеллеза в г. Верхняя Пышма // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2008. № 2. С. 82–85. EDN JSBTCF.
5. Груздева О.А. Научно-методические основы профилактики легионеллеза в гостиничных комплексах // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014. № 2 (75). С. 49–53. EDN SBEUMJ.
6. Van der Kooij D., Veenendaal H.R., Schelfer W. Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene // Water Research. 2005. Vol. 39. Issue 13. Pp. 2789–2798. DOI: 10.1016/j.watres.2005.04.075
7. Percival S.L., Williams D.W., Gray N.F., Yates M.V., Chalmers R.M. Microbiology of waterborne diseases. Academic Press, Elsevier Ltd., 2014. 695 p. DOI: 10.1016/C2010-0-67101-X
8. Baron J.L., Peters T., Shafer R., MacMurray B., Stout J.E. Field evaluation of a new point-of-use faucet filter for preventing exposure to Legionella and other waterborne pathogens in health care facilities // American Journal of Infection Control. 2014. Vol. 42. Issue 11. Pp. 1193–1196. DOI: 10.1016/j.ajic.2014.08.002
9. Систер В.Г., Цедилин А.Н., Иванникова Е.М., Тартаковский И.С., Шульга Е.Г. Фильтрационные методы обеззараживания систем горячего водоснабжения от легионелл // Известия МГТУ МАМИ. 2013. Т. 2. № 3 (17). С. 7–12. EDN RYEAJF.
10. Ульянов А.Н. Ультрафиолетовая дезинфекция природных аэробных спор для проверки ультрафиолетового реактора // АВОК. 2005. № 4. С. 28–30.
11. Онищенко Г.Г., Покровский В.И., Тартаковский И.С., Малеев В.В., Лазикова Г.Ф., Чистякова Г.Г. и др. Современные взгляды на эпидемиологию легионеллеза: алгоритм действий при эпидемических вспышках и профилактическом мониторинге // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2008. № 2. С. 1–10. EDN JSBSUX.
12. Торопов А.Л. О проблемах возникновения легионеллы и других бактерий в индивидуальных и децентрализованных системах отопления и горячего водоснабжения комбинированных гелиосистем // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 3–2. С. 256–260. EDN BIYCWO.
13. Graham F.F., Hales S., White P.S., Baker M.G. Review Global seroprevalence of legionellosis — a systematic review and meta-analysis // Scientific Reports. 2020. Vol. 10. Issue 1. DOI: 10.1038/s41598-020-63740-y
14. Ghernaout D., Elboughdiri N., Lajimi R. Legionella: health impacts, exposure evaluation, and hazard reduction // Algerian Journal of Engineering and Technology. 2022. Vol. 6. Pp. 43–61.
15. Торопов А.Л. Автономные системы теплоснабжения малой мощности. Настенные газовые котлы и тепловые аккумуляторы. М. : Национальный исследовательский технологический универси-

тет «МИСиС», 2022. 176 с. DOI: 10.22227/978-5-7264-3110-9.2022.176. EDN CJWKLO.

16. *Toropov A.* Gas-electric hybrid wall-mounted boiler // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 458. P. 01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202345801032

17. *Wiik R., Krøvel A.V.* Necessity and effect of combating legionella pneumophila in municipal shower systems // PLoS ONE. 2014. Vol. 9. Issue 12. P. e114331. DOI: 10.1371/journal.pone.0114331

18. *Van Kenhove E., Dinne K., Janssens A., Laverge J.* Overview and comparison of Legionella regulations worldwide // American Journal of Infection Control. 2019. Vol. 47. Issue 8. Pp. 968–978. DOI: 10.1016/j.ajic.2018.10.006

19. *Тартаковский И.С., Груздева О.А., Карпова Т.И., Дронина Ю.Е., Тарасова Т.А., Логинова О.Г. и др.* Анализ эффективности различных методических подходов, направленных на элиминацию планктонных клеток и биопленок легионелл в потенциально опасных водных системах // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 4. С. 119–124. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-4-119-124. EDN ZAMEZV.

20. *Stavrou V., Chatziprodromidou I., Vantarakis A.* The battle against Legionella. Disinfection in man-made water systems : a systematic review // Journal of Environmental Science and Public Health. 2020. Vol. 4. Issue 3. DOI: 10.26502/jesph.96120098

21. *Тартаковский И.С., Демина Ю.В., Карпова Т.И.* Стандартизация методических подходов к определению и мониторингу легионелл в потенциально опасных водных системах в Российской Федерации // Вопросы аналитического контроля качества вод : мат. XIII науч.-практ. семинара. 2008. С. 62–64.

22. *Harrison T.G., Coetsee N., Duggal H. et. al.* Outbreak in Stoke-on-Trent. Abst. of 1st meeting of the ESCMID study group for Legionella infection (ESGLI). Dresden, Germany, 2012. 21 p.

23. *Благодарова А.С., Чубукова О.А.* Современные подходы к диагностике легионеллеза // Медицинский альманах. 2009. № 2 (7). С. 58–61. EDN KIZVBJ.

24. *Тартаковский И.С., Груздева О.А., Габриэлян Н.И.* Современное состояние проблемы нозокомиального легионеллеза // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2010. Т. 12. № 4. С. 61–71. EDN NRDNVH.

25. *Еприкян Г.Э., Борисов Б.Н.* Загрязнение легионеллой в системах ГВС // Современные научные исследования и инновации. 2021. № 2 (118). С. 4. EDN FBRSPZ.

26. *Портнягина О.А.* Болезни, вызываемые легионеллами // Студенческий научный форум : мат. VII Междунар. студ. науч. конф. 2015.

27. *Гучев И.А., Мелехина Е.В., Марьин Г.Г., Клочков О.И.* Легионеллез: эпидемиология, клиника,

терапия и профилактика // Санитарный врач. 2009. № 9. С. 11–21. EDN RSQDGT.

28. *Зайцев А.А.* Легионеллезная пневмония // Справочник врача общей практики. 2009. № 10. С. 49–54. EDN RVSWND.

29. *Тартаковский И.С., Синопальников А.И.* Легионеллез: роль в инфекционной патологии человека // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2007. Т. 9. № 3. С. 219–233. EDN IAWQKX.

30. *Груздева О.А., Тартаковский И.С., Карпова Т.И., Мариненко О.В.* Особенности эпидемиологии и методы профилактики нозокомиального легионеллеза // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014. № 1 (74). С. 19–23. EDN RWLHLB.

31. *Харченко Л.А.* Синегнойная палочка: современные реальности антибактериальной терапии // Медицина неотложных состояний. 2015. № 1 (64). С. 164–168. EDN TZFLHR.

32. *Тартаковский И.С., Карпова Т.И., Груздева О.А., Мариненко О.В., Дронина Ю.Е.* Влияние температуры на жизнеспособность планктонных клеток и модельных биопленок Legionella Pneumophila в воде // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015. № 5. С. 7–12. EDN ZQJYBT.

33. *Груздева О.А.* Научно-методические основы обеспечения профилактики легионеллеза в условиях мегаполиса : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2017. 48 с.

34. *Kirschner A.K.T.* Determination of viable legionellae in engineered water systems: Do we find what we are looking for? // Water Research. 2016. Vol. 93. Pp. 276–288. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.016

35. *Шафлик В.* Современные системы горячего водоснабжения. Киев : ДП ИПЦ «Такі справи», 2010. 316 с.

36. *Татаринцев В.А.* Особенности накипеобразования в трубах теплообменных аппаратов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. 2022. Т. 22. № 1. С. 97–105. DOI: 10.14529/power220111. EDN MRZDPD.

37. *Торопов А.Л.* Применение электрических котлов для водяного поквартирного теплоснабжения // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. № 9. С. 1451–1465. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.9.1451-1465

38. *Schoenbauer B.* Measured performance of natural gas tankless and storage water heaters. Center for Energy and Environment, 2012. 59 p.

39. *Крикотин В.В., Попов М.А.* Диффузия кислорода в полимерных трубах // Новости теплоснабжения. 2013. № 5 (153).

40. *Силенко М.* ЖКХ не должно быть причиной страданий людей, или О том, что такое легионелла и как с ней бороться // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2007. № 11.

41. *Шонина Н.А.* Выбор схемы распределения ГВС для снижения риска распространения легионеллы // Сантехника. 2012. № 4.

42. Ерусланов Б.В., Светоч Э.А., Мицевич И.П. Легионеллез и его лабораторная диагностика // Бактериология. 2018. Т. 3. № 3. С. 58–67. DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-58-67. EDN VUDKXK.

43. Storey M.V., Ashbolt J., Stenström T.A. Biofilms, thermophilic amoebae and Legionella pneumophila — a quantitative risk assessment for distributed

water // Water Science and Technology. 2004. Vol. 50. Issue 1. Pp. 77–82. DOI: 10.2166/wst.2004.0023

44. Khweek A.A., Amer A.O. Factors mediating environmental biofilm formation by Legionella Pneumophila // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. 2018. Vol. 8. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00038

Поступила в редакцию 2 февраля 2024 г.

Принята в доработанном виде 16 апреля 2024 г.

Одобрена для публикации 17 апреля 2024 г.

ОБ АВТОРЕ: **Алексей Леонидович Торопов** — кандидат технических наук, генеральный директор — главный конструктор; **Инженерный центр «Апрель» (ИЦ «Апрель»);** 105122, г. Москва, Щелковское шоссе, д. 13; РИНЦ ID: 1030472, Scopus: 58406665800, ORCID: 0000-0002-7457-6948; Toropov@aprilgroup.ru.

REFERENCES

1. Kanarek P., Bogiel T., Breza-Boruta B. Legionellosis risk — an overview of Legionella spp. habitats in Europe. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022; 29(51):76532-76542. DOI: 10.1007/s11356-022-22950-9

2. Campese C., Roche D., Clément C., Fierobe F., Jarraud S., de Waelle P. et al. Cluster of Legionnaires' disease associated with a public whirlpool spa. *Euro Surveill*. 2010; 15(26):19602.

3. Coetzee N., Duggal H., Hawker J., Ibbotson S., Harrison T.G., Phin N. et al. An outbreak of Legionnaires' disease associated with a display spa pool in retail premises. *Euro Surveill*. 2012; 17(37):20271.

4. Onishchenko G.C., Lazikova G.F., Chistyakova G.G., Demina Yu.V., Nikonov B.I., Romanenko V.V. et al. Epidemiologic characteristic of legionnaires' disease outbreak in town Verkhnyaya Pyshma. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2008; 2:82-85. EDN JSBTCF. (rus.).

5. Gruzdeva O.A. Scientific and methodological framework for prevention of legionellosis in the hotel complexes. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2014; 2(75):49-53. EDN SBEUMJ. (rus.).

6. Van der Kooij D., Veenendaal H.R., Scheffer W. Biofilm formation and multiplication of Legionella in a model warm water system with pipes of copper, stainless steel and cross-linked polyethylene. *Water Research*. 2005; 39(13):2789-2798. DOI: 10.1016/j.watres.2005.04.075

7. Percival S.L., Williams D.W., Gray N.F., Yates M.V., Chalmers R.M. *Microbiology of Waterborne Diseases*. Academic Press, Elsevier Ltd., 2014; 695. DOI: 10.1016/C2010-0-67101-X

8. Baron J.L., Peters T., Shafer R., MacMurray B., Stout J.E. Field evaluation of a new point-of-use faucet filter for preventing exposure to Legionella and other waterborne pathogens in health care facilities. *American Journal of Infection Control*. 2014; 42(11):1193-1196. DOI: 10.1016/j.ajic.2014.08.002

9. Sister V.G., Tsedilin A.N., Ivannikova E.M., Tartakovskiy I.S., Shulga E.G. Filtering decontamination methods of hot water systems from legionella. *Izvestiya MGTU "MAMI"*. 2013; 2(3):7-12. EDN RYEAJF. (rus.).

10. Ul'yanov A.N. Ultraviolet disinfection of natural aerobic spores for testing an ultraviolet reactor. *AVOK*. 2005; 4:28-30. (rus.).

11. Onishchenko G.G., Pokrovsky V.I., Tartakovskii I.S., Maleev V.V., Lazikova G.F., Chistyakova G.G., Demina Yu.V. et al. Modern views on the epidemiology of legionellosis: operations procedure during epidemic outbreaks and preventive monitoring. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2008; 2:1-10. EDN JSBSUX. (rus.).

12. Toropov A.L. On the problems of legionella and other bacteria in individual and decentralized heating systems and hot water supply of combined heliosystems. *Modern High Technologies*. 2019; 3-2:256-260. EDN BIYCW. (rus.).

13. Graham F.F., Hales S., White P.S., Baker M.G. Review Global seroprevalence of legionellosis — a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*. 2020; 10(1). DOI: 10.1038/s41598-020-63740-y

14. Ghernaout D., Elboughdiri N., Lajimi R. Legionella: health impacts, exposure evaluation, and hazard reduction. *Algerian Journal of Engineering and Technology*. 2022; 6:43-61.

15. Toropov A.L. *Autonomous low-power heat supply systems. Wall-mounted gas boilers and heat accumulators*. Moscow, National Research Technological University "MISiS", 2022; 176. DOI: 10.22227/978-5-7264-3110-9.2022.176. EDN CJWKLO. (rus.).

16. Toropov A. Gas-electric hybrid wall-mounted boiler. *E3S Web of Conferences*. 2023; 458:01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202345801032

17. Wiik R., Krøvel A.V. Necessity and effect of combating legionella pneumophila in municipal

shower systems. *PLoS ONE*. 2014; 9(12):e114331. DOI: 10.1371/journal.pone.0114331

18. Van Kenhove E., Dinne K., Janssens A., Lavege J. Overview and comparison of Legionella regulations worldwide. *American Journal of Infection Control*. 2019; 47(8):968-978. DOI: 10.1016/j.ajic.2018.10.006

19. Tartakovsky I.S., Gruzdeva O.A., Karpova T.I., Dronina Yu.E., Tarasova T.A., Loginova O.G. et al. Analysis of the different methodical approaches directed on the elimination of plankton forms and legionella biofilms from potentially dangerous water systems. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2018; 4:119-124. DOI: 10.36233/0372-9311-2018-4-119-124. EDN ZAMEZV. (rus.).

20. Stavrou V., Chatziprodromidou I., Vantarakis A. The battle against Legionella. Disinfection in manmade water systems: a systematic review. *Journal of Environmental Science and Public Health*. 2020; 4(3). DOI: 10.26502/jesph.96120098

21. Tartakovsky I.S., Demina Yu.V., Karpova T.I. Standardization of methodological approaches to the determination and monitoring of Legionella in potentially hazardous water systems in the Russian Federation. *Questions of analytical control of water quality : materials of the XIII scientific and practical seminar*. 2008; 62-64. (rus.).

22. Harrison T.G., Coetzee N., Duggal H. et. al. *Outbreak in Stoke-on-Trent. Abst. of 1st meeting of the ESCMID study group for Legionella infection (ESGLI)*. Dresden, Germany, 2012; 21.

23. Blagonravova A.S., Chubukova O.A. Contemporary approaches to diagnostics of legionellosis. *Medical Almanac*. 2009; 2(7):58-61. EDN KIZVBJ. (rus.).

24. Tartakovsky I.S., Gruzdeva O.A., Gabrielyan N.I. Current aspects of nosocomial Legionellosis profi laxis. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2010; 12(4):61-71. EDN NRDNVH. (rus.).

25. Yeprikyan G.E., Borisov B.N. Legionella contamination in hot water supply systems. *Modern Scientific Research and Innovation*. 2021; 2(118):4. EDN FBRSZP. (rus.).

26. Portnyagina O.A. *Diseases caused by Legionella. Student Scientific Forum : materials of the VII International Student Scientific Conference*. 2015. (rus.).

27. Guchev I.A., Melehina E.V., Maryin G.G., Klochkov O.I. Legionellosis: epidemiology, clinic, therapy and prophylaxis. *Sanitary Doctor*. 2009; 9:11-21. EDN RSQDGT. (rus.).

28. Zaitsev A.A. Legionella pneumonia. *Directory of General Practitioners*. 2009; 10:49-54. EDN RVSWND. (rus.).

29. Tartakovski L.S., Sinopalnikov A.L. Legionellosis: the role in human infectious diseases. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2007; 9(3):219-233. EDN IAWQKX. (rus.).

30. Gruzdeva O.A., Tartakovskiy I.S., Karpova T.I., Marinenko O.V. Features of epidemiology and prevention methods of nosocomial legionellosis. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2014; 1(74):19-23. EDN RWLHLB. (rus.).

31. Kharchenko L.A. Pseudomonas aeruginosa: modern realities of antibiotic therapy. *Emergency Medicine*. 2015; 1(64):164-168. EDN TZFLHR. (rus.).

32. Tartakovsky I.S., Karpova T.I., Gruzdeva O.A., Marinenko O.V., Dronina Yu.E. Effect of temperature on the viability of plankton cells and model legionella pneumophila biofilms in water. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*. 2015; 5:7-12. EDN ZQJYBT. (rus.).

33. Gruzdeva O.A. *Scientific and methodological basis for ensuring the prevention of legionellosis in a megalopolis : abstract of dis. ... doctor of medical sciences*. Moscow, 2017; 48. (rus.).

34. Kirschner A.K.T. Determination of viable legionellae in engineered water systems: Do we find what we are looking for? *Water Research*. 2016; 93:276-288. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.016

35. Shaflik V. *Modern hot water supply systems*. Kyiv, DP IP. "Taki spravi", 2010; 316. (rus.).

36. Tatarintsev V.A. Features of scale formation in heat exchanger tubes. *Bulletin of South Ural State University. Series "Power Engineering"*. 2022; 22(1):97-105. DOI: 10.14529/power220111. EDN MRZDPD. (rus.).

37. Toropov A.L. Application of electric boilers for water apartment heat supply. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2023; 18(9):1451-1465. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.9.1451-1465 (rus.).

38. Schoenbauer B. *Measured Performance of Natural Gas Tankless and Storage Water Heaters*. Center for Energy and Environment, 2012; 59.

39. Krikotin V.V., Popov M.A. Oxygen diffusion in polymer pipes. *Heat Supply News*. 2013; 05(153). (rus.).

40. Silenko M. Housing and communal services should not be the cause of people's suffering, or about what legionella is and how to fight it. *Plumbing, Heating, Air Conditioning*. 2007; 11. (rus.).

41. Shonina N.A. Selecting a hot water distribution scheme to reduce the risk of the spread of Legionella. *Plumbing, Heating, Conditioning, Energy Efficiency*. 2012; 4. (rus.).

42. Yeruslanov B.V., Svetoch E.A., Mitsevich I.P. Legionellosis and its laboratory diagnosis. *Bacteriology*. 2018; 3(3):58-67. DOI: 10.20953/2500-1027-2018-3-58-67. EDN VUDKXX. (rus.).

43. Storey M.V., Ashbolt J., Stenström T.A. Biofilms, thermophilic amoebae and Legionella pneumophila — a quantitative risk assessment for distributed water. *Water Science and Technology*. 2004; 50(1):77-82. DOI: 10.2166/wst.2004.0023

44. Khweek A.A., Amer A.O. Factors mediating environmental biofilm formation by legionella pneumophila. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*. 2018; 8. DOI: 10.3389/fcimb.2018.00038

Received February 2, 2024.

Adopted in revised form on April 16, 2024.

Approved for publication on April 17, 2024.

BIONOTES: **Alexey L. Toropov** — Candidate of Technical Sciences, General Director — Chief Designer; **Engineering Center “April”**; 13 Schelkovskoe shosse, Moscow, 105122, Russian Federation; ID RSCI: 1030472, Scopus: 58406665800, ORCID: 0000-0002-7457-6948; Toropov@aprilgroup.ru.