

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА  
BUILDING AND ARCHITECTURE

УДК 624.04

DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-187-192



Оригинальная статья /Original article

**Автоматизированный индивидуальный тепловой пункт с системой рекуперации  
вторичной тепловой энергии**

**К.В. Важдаев<sup>1,2</sup>, В.А. Мартяшева<sup>1</sup>, А.Б. Аллабердин<sup>1,2</sup>, И.С. Хамидуллин<sup>1</sup>,  
Т.Т. Муллоджанов<sup>1</sup>, Ю.М. Хабиров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет,

<sup>1</sup>450064 г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, Россия

<sup>2</sup>Уфимский университет науки и технологий,

<sup>2</sup>450076 г Уфа, ул. Заки Валиди, 32, Россия

**Резюме. Цель.** В статье обсуждается актуальная проблема модернизации инженерных систем зданий для обеспечения энергетической эффективности и комфорта потребителей. Предлагается использовать вторичные энергетические ресурсы путем внедрения системы рекуперации бросовой тепловой энергии. Ожидаемым результатом станет снижение негативного влияния на климат и создания экономических выгод для потребителей коммунальных услуг. **Метод.** Предложен способ нагрева воды для системы горячего водоснабжения методом частичной рекуперации тепловой энергии, использующим высокопотенциальную энергию перегретого после сжатия компрессором холодильной машины газообразного хладагента с температурой до 100°C. Автоматизация индивидуального теплового пункта осуществляется контроллером, программируемым логическим Овен СПК 107[M01]; управление нагревом воды в контурах производится по пропорционально-интегрально-дифференциальному закону в соответствии с заданной температурой в зависимости от полученных данных от датчиков температуры и давления, с помощью воздействия на регулирующие клапаны и управления работой насосов циркуляции. **Результат.** Разработана система автоматизации и диспетчеризации двухконтурного индивидуального теплового пункта с погодозависимым регулированием работы системы отопления по температуре наружного воздуха. Изложена схема устройства системы рекуперации и организация технических средств автоматизации и оборудования индивидуального теплового пункта. **Вывод.** Предложена схема автоматизации индивидуального теплового пункта, обеспечивающая автономную работу источника вторичной тепловой энергии и не требующая установку дополнительных устройств автоматики в технологическом процессе.

**Ключевые слова:** индивидуальный тепловой пункт, вторичная тепловая энергия, рекуперация, теплообменник, тепловая энергия

**Для цитирования:** К.В. Важдаев, В.А. Мартяшева, А.Б. Аллабердин, И.С. Хамидуллин, Т.Т. Муллоджанов, Ю.М. Хабиров. Автоматизированный индивидуальный тепловой пункт с системой рекуперации вторичной тепловой энергии. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024; 51(1): 187-192. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-187-192

**Automated individual heat point with secondary heat energy recovery system**

**K.V. Vazdaev<sup>1,2</sup>, V.A. Martyasheva<sup>1</sup>, A.B. Allaberdin<sup>1,2</sup>, I.S. Khamidullin<sup>1</sup>,  
T.T. Mullodzhanov<sup>1</sup>, Y.M. Khabirov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University,

<sup>1</sup>1 Kosmonavtov St., Ufa 450064, Russia,

<sup>2</sup>Ufa University of Science and Technology,

<sup>2</sup>32, Zaki Validi St., Ufa 450076, Russia

**Abstract. Objective.** An urgent problem of modernizing engineering systems of buildings to ensure energy efficiency and consumer comfort. It is proposed to introduce a waste heat energy recovery system. The result will be a reduction in climate impact and benefits for consumers. **Method.** A method of heating water for a hot water supply system by partial heat energy recovery using high-potential energy of a gaseous refrigerant superheated after compression by a compressor of a refrigerating machine with a temperature of up to 100°C. is proposed. Automation of an individual heating point is carried out by a controller programmed with the logical Aries SPK 107[M01]; control of water heating in the circuits is carried out according to the proportional-integral-differential law by influencing the control valves and controlling the operation of circulation pumps. **Result.** An automation and dispatch system has been developed for a double-circuit individual heating point with weather-dependent regulation of the heating system. A diagram of the design of the recovery system and the organization of technical automation equipment is outlined. **Conclusion.** An automation scheme for an individual heating point has been proposed, ensuring autonomous operation of a source of secondary thermal energy.

**Keywords:** individual heat point, secondary heat energy, recovery, heat exchanger, thermal energy

**For citation:** K.V. Vazdaev, V.A. Martyasheva, A.B. Allaberdin, I.S. Khamidullin, T.T. Mullodzhanov, Y.M. Khabirov. Automated individual heat point with secondary heat energy recovery system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2024; 51(1): 187-192. DOI:10.21822/2073-6185-2024-51-1-187-192

**Введение.** В настоящее время большое количество городских зданий оснащены индивидуальными тепловыми пунктами (ИТП) с элеваторными узлами смешивания или подключены к централизованным системам горячего водоснабжения. Данные системы признаны технологически устаревшими, так как не отвечают условиям рационального и эффективного обеспечения горячим водоснабжением и отоплением [1,2].

Вопросам микроклимата в помещениях посвящены многие работы [3-5]. Требования действующих нормативных документов делают актуальным задачу модернизации инженерных систем зданий с приведением их к современным требованиям энергетической эффективности, обеспечением автоматизированным регулированием и диспетчеризации, а потребителей - услугами высокого качества и комфорта [6]. Высокая стоимость выработки тепловой энергии в настоящее время делает все более перспективным использование альтернативных источников тепла. Одним из таких источников является системы рекуперации бросовой тепловой энергии [7].

Использование вторичных энергоресурсов позволит снизить их негативное влияние на климат, при этом создает экономические выгоды для предприятий и общества в целом, обеспечив более широкий доступ к энергии при сокращении расходов, связанных с транспортировкой энергии [8,9]. Доступность вторичных энергетических ресурсов обеспечивает более широкое, надежное и качественное теплоснабжение с наименьшими экономическими затратами для потребителей, что соответствует стратегии развития энергетической и жилищно- коммунальных отраслей [10].

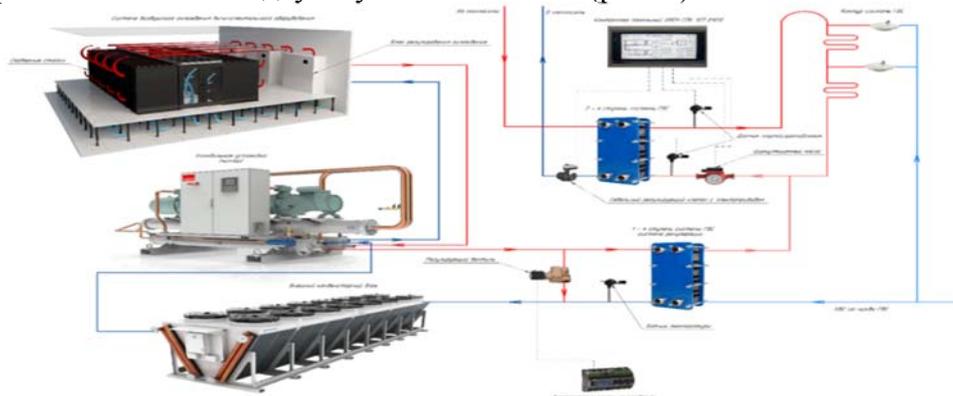
**Постановка задачи.** В настоящее время внедрение технологий с использованием вторичных энергетических ресурсов становится все более популярным и получает широкое распространение в мировой практике, а по прогнозам экспертов ожидается дальнейшее развитие подобных технологий [11]. Использование таких технологий позволит создать диверсификацию источников теплоснабжения потребителям с обеспечением всестороннего учета их интересов [12]. Значительным потенциалом в качестве источника вторичной тепловой энергии обладают климатические системы, которые в процессе поддержания заданных условий климата в помещениях или при охлаждении технологических продуктов генерируют большое количество тепла. Расположение большого количества источников неиспользуемой тепловой энергии - систем охлаждения коммерческого оборудования, учреждений

здравоохранения, спортивно-оздоровительных комплексов, вычислительных центров - в непосредственной близости к жилым домам создает условия для их активного использования [13,14].

**Методы исследования.** Авторами представлен концептуальный проект автоматизированного ИТП с системой рекуперации вторичной тепловой энергии и ее использования для нагрева воды. Источниками теплоты для проектируемого ИТП является система охлаждения холодильной установки рядом расположенного коммерческого предприятия и тепловая сеть. Для вовлечения вторичной тепловой энергии в процесс подогрева воды системы горячего водоснабжения (ГВС) предложен метод частичной рекуперации тепловой энергии, использующий высокопотенциальную энергию перегретого после сжатия компрессором холодильной машины газообразного хладагента, с температурой до 100°C [15].

Приводится описание разработанной системы автоматизации и диспетчеризации двухконтурного индивидуального теплового пункта с погодозависимым регулированием работы системы отопления по температуре наружного воздуха. Определены технические средства автоматизации и оборудование ИТП. Составлена функциональная схема автоматизации ИТП. Описана работа системы автоматизации, а также преимущества предлагаемого решения.

**Обсуждение результатов.** Для нагрева горячей воды до требуемых температур предложена закрытая независимая двухступенчатая схема (рис. 1).

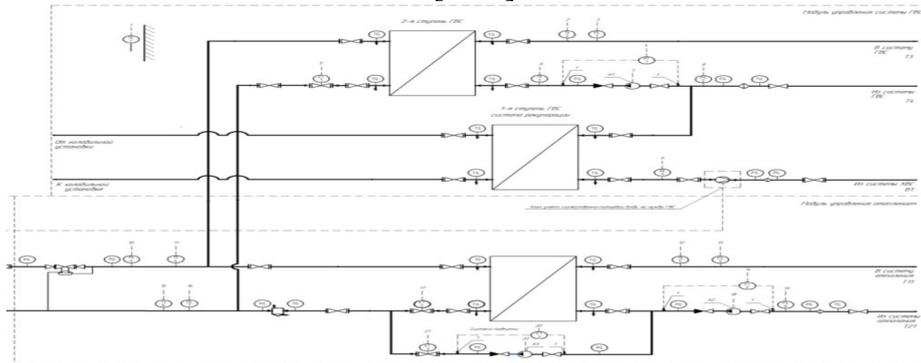


**Рис. 1. Концептуальная схема организации технологического процесса системы горячего водоснабжения ИТП**

**Fig. 1. Conceptual scheme of the organization of the technological process of the hot water supply system, ETC**

Холодная вода, поступающая в систему горячего водоснабжения, с температурой +8°C нагревается в пластинчатых теплообменниках по двухступенчатой схеме. На первой ступени вода системы ГВС нагревается в теплообменнике типа пропиленгликоль – вода за счет рекуперации бросовой теплоты предприятия, расположенного в непосредственной близости. Теплообменник подключается к нагнетательной линии установки охлаждения (чиллера) и использует для нагрева воды энергию тепла перегретого газа, образованного в процессе сжатия компрессором паров хладагента. Температура воды, приготовленной на первой ступени, зависит от текущей производительности холодильной машины. В случае недостаточной мощности холодильной машины для нагрева воды до заданной температуры +65°C, например, в зимний период, дополнительный нагрев воды производится в теплообменнике пластинчатого типа вода – вода второй ступени системы ГВС за счет сетевого теплоносителя. В периоды минимальной тепловой нагрузки системы ГВС, когда потребность в горячей воде у потребителей отсутствует, избыточная теплота, выделяемая системой охлаждения предприятия, не может полноценно утилизироваться на нужды нагрева ГВС. В такие периоды система автоматизированного регулирования холодильной установки для поддержания требуемого температурного режима регулирует мощность работы выносного конденсатора (драйкулер), на котором протекает испарение невостребованной теплоты в атмосферу. Автоматическое поддержание требуемой температуры в системах отопления и ГВС осуществ-

ляется с помощью контроллера, который управляет работой регулирующих клапанов ЕТ1 - 3 и насосов циркуляции Н1-3 (рис. 2) по данным от преобразователей температуры ТЕ 1- 6. Автоматическое управление температурным режимом осуществляется контроллером программируемым логическим Овен СПК 107 [M01]



**Рис. 2. Функциональная схема автоматизации ИТП**  
**Fig. 2. Functional diagram of ITP automation**

Контроллер получает информацию о температуре воды системы ГВС с преобразователя температуры ТЕ2 на подающем трубопроводе горячей воды и преобразователя температуры ТЕ3 на обратном трубопроводе горячей воды второй ступени нагрева системы ГВС и преобразователя температуры ТЕ4 на подающем трубопроводе сетевого теплоносителя. Управление нагревом воды в теплообменнике второй ступени производится по пропорционально-интегрально-дифференциальному закону в соответствии с заданной температурой ГВС в зависимости от полученных данных от датчиков температуры. Контроллер воздействует на регулирующий клапан ЕТ1, установленный на обратном трубопроводе сетевого теплоносителя. При этом работа холодильной установки коммерческого предприятия полностью автономна и не требует установки дополнительных устройств автоматики. Также в системе контролируется давление в контурах с помощью преобразователей давления РЕ1 – 7. Защиту насосов от сухого хода обеспечивает реле дифференциального давления РДД - 2Р (РТ1 – 3), рис. 2.

Для организации работы ИТП без постоянного обслуживающего персонала и дистанционного управления предусмотрена система диспетчеризации. Контроллер осуществляет передачу данных в систему диспетчеризации обслуживающего предприятия с помощью интерфейса Ethernet. На автоматизированное рабочее место диспетчера выводятся следующие данные: состояние насосов; давление воды в прямом трубопроводе теплосети; температура воды в прямом трубопроводе теплосети; температура воды в обратном трубопроводе теплосети; температура воды в подающем трубопроводе ГВС.

На щите управления ИТП обеспечивается выдача аварийных сигналов при нарушениях параметров работы. Графическая панель контроллера обеспечивает получение индикации температуры систем ГВС и отопления, состояния дискретных датчиков, вывод сигнализации превышения допустимого отклонения температур от заданных значений и других отказов и аварийных ситуаций, а также дает возможность производить настройку параметров регуляторов, ведение управление, в том числе, ручного, по средству взаимодействия оператора с сенсорным экраном. Через графические схемы происходит отображение состояния управляемого объекта в режиме реального времени с использованием графических пиктограмм. Такое решение значительно упрощает взаимодействие обслуживающего персонала с системой управления.

Преимуществом предлагаемого решения является возможность обеспечения независимости работы системы горячего водоснабжения от централизованных сетей. Поскольку коммерческие предприятия не могут позволить длительного простоя оборудования, они способны обеспечить бесперебойную подачу тепловой энергии, в отличие от централизованных тепловых сетей городов, подверженных частым плановым летним ремонтным отключениям. Следует отметить, что максимальное количество бросовой тепловой энергии

выделяется холодильными установками в летний период, что часто позволяет обеспечить потребности зданий и сооружений в горячей воде полностью без дополнительного нагрева.

**Вывод.** Предложенный вариант теплового пункта позволит обеспечить значительную экономию энергетических ресурсов, благодаря вовлечению ранее не находившего применения отхода различных технологических процессов и климатических систем - вторичной тепловой энергии. Помимо этого, данное решение будет способствовать улучшению экологической обстановки в городской среде, за счет сокращения выбросов оксидов углерода и шумового загрязнения атмосферы

#### Библиографический список:

1. Глухов С.В., Лебедев В.М. Исследование степени эффективности внедрения автоматического регулирования в отопительных системах // Известия Транссиба. 2010. № 2 (2). С. 64-70.
2. Ваньков Ю.В., Запольская И.Н., Измайлова Е.В., Загретдинов А.Р., Валиев Р.Н. Снижение тепловых потерь энергоснабжающей организации модернизацией систем горячего водоснабжения // Вестник КГЭУ. 2018. № 4 (40). С. 13–24.
3. Салихов Р.Б., Абдрахманов В.Х., Важдаяев К.В. Система мониторинга и удаленного управления температурным режимом, климатом и теплопотреблением//Актуальные проблемы электронного машиностроения (АПЭП - 2016). Труды XIII международной научно-практической конференции. В 12 томах. 2016. С. 241-245.
4. Abdrakhmanov V.Kh., Salikhov R.B., Vazhdaev K.V. Development of a sound recognition system using STM32 microcontrollers for monitoring the state of biological objects // Actual problems of electronic instrument engineering (APEIE) – proceedings APEIE – 2018. 14<sup>th</sup> International Scientific-Technical Conference. In 8 Volume. 2018:170-173.
5. Важдаяев К.В., Абдрахманов В.Х., Салихов Р.Б. Интеллектуальная система жилых зон на основе информационно-измерительных систем управления // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2016. Т. 12. № 2. С. 70-75.
6. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 г. М.:Правительство РФ, 2020. 93 с.
7. Shivam V., Rushikesh T., Nikesh T., Dhananjay W., Surekha R. Review of waste heat recovery from air conditioning system//International Journal of Engineering Research&Technology. 2022. №4(11). С.152 -157.
8. Горбачев А.Н., Сарева Н.Ю. Подходы к разработке дорожной карты развития теплоснабжения на основе локальных источников энергии в целях устойчивого развития территорий // ФЭС: Финансы. экономика. стратегия. 2019. №2(16). С. 39-49.
9. Булгакова, И.А. Повышение энергоэффективности в сфере жилищно-коммунального комплекса как путь снижения углеродного следа // Энергосбережение. 2022. №7. С. 4-12.
10. Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. М.: Правительство РФ, 2022. 130 с.
11. Türkoğlu S.P., Kardoğa P.S.Ö. The Role and Importance of Energy Efficiency for Sustainable Development of the Countries // Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium. 2018. С. 53-60.
12. Маркова В.М., Чурашев В.Н. Децентрализация энергетики: интеграция и инновации // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2020. №4 (550). С. 8-27.
13. Кузнецов Д.В., Тиханкин Д.В., Артемов И.И. Современные способы утилизации тепла в холодильных установках // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 189-191.
14. Асонов Д.А., Романова Т.Н. Утилизация тепла ЦОД // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н.И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 09–13 декабря 2019 г.). Екатеринбург. УрФУ, 2019. С. 34-37.
15. Хабиров Ю.М., Хамидуллин И.С. Возможность рекуперации бросовой теплоты холодильной установки в рамках модернизации систем горячего водоснабжения зданий // Технические и технологические системы: материалы тринадцатой международной научной конференции «ТТС-22» (23–25 ноября 2022 года). ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова. Краснодар: Изд. дом – Юг, 2022. С. 119-121.

#### References

1. Glukhov S.V., Lebedev V.M. Investigation of the degree of effectiveness of the introduction of automatic regulation in heating systems. *Izvestiya Transsib*. 2010; 2 (2): 64-70. (In Russ)
2. Vankov Yu.V., Zapolskaya I.N., Izmailova E.V., Zagretdinov A.R., Valiev R.N. Reduction of heat losses of an energy supply organization by modernization of hot water supply systems. *Bulletin of the KGEU*. 2018; 4 (40):13-24. (In Russ)
3. Salikhov R.B., Abdrakhmanov V.H., Vajdaev K.V. System of monitoring and remote control of temperature regime, climate and heat consumption. *Actual problems of electronic engineering (APEP - 2016). Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. In 12 volumes*. 2016; 241-245. (In Russ)
4. Abdrakhmanov V.Kh., Salikhov R.B., Vazhdaev K.V. Development of a sound recognition system using STM32

- microcontrollers for monitoring the state of biological objects. *Actual problems of electronic instrument engineering. proceedings APEIE 2018.14 International Scientific-Technical Conference. In 8 Volume.* 2018; 170-173.
5. Vajdaev K.V., Abdrakhmanov V.Kh., Salikhov R.B. Intelligent system of residential zones based on information and measurement control systems. *Electrical and information complexes and systems.* 2016; 12 (2): 70-75. (In Russ)
  6. Energy strategy of the Russian Federation for the period up to 2035. Moscow: Government of the Russian Federation, 2020; 93. (In Russ)
  7. Shivam V., Rushikesh T., Nikesh T., Dhananjay W., Surekha R. Review of waste heat recovery from air conditioning system. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT).* 2022; 4 (11):152 -157.
  8. Gorbachev A.N., Sareva N.Yu. Approaches to the development of a roadmap for the development of heat supply based on local energy sources for the sustainable development of territories. *FES: FINANCE. Economy. strategy.* 2019; 2(16):39-49. (In Russ)
  9. Bulgakova, I.A. Improving energy efficiency in the housing and communal complex as a way to reduce the carbon footprint. *Energy saving.* 2022; 7:4-12. (In Russ)
  10. Strategies for the development of the construction industry and housing and communal services of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035. Moscow: Government of the Russian Federation, 2022; 130. (In Russ)
  11. Türkoğlu S.P., Kardoğa P.S.Ö. The Role and Importance of Energy Efficiency for Sustainable Development of the Countries. *Proceedings of the 3rd International Sustainable Buildings Symposium.* 2018; 53-60.
  12. Markova V.M., Churashev V.N. Decentralization of energy: integration and innovation. *All-Russian Economic Journal ECO.* 2020; 4 (550):8-27. (In Russ)
  13. Kuznetsov D.V., Tikhankin D.V., Artemov I.I. Modern methods of heat utilization in refrigeration units. *Innovations and investments.* 2021; 4:189-191. (In Russ)
  14. Asonov D.A., Romanova T.N. Data center heat recovery. *Energy and resource conservation. Energy supply. Non-traditional and renewable energy sources. Nuclear Power Engineering: Materials of the International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists dedicated to the memory of Professor N. I. Danilov (1945-2015) – Danilov Readings (Yekaterinburg, December 09-13, 2019).* Yekaterinburg.: UrFU, 2019; 34-37. (In Russ)
  15. Khabirov Yu.M., Khamidullin I.S. The possibility of recovery of waste heat of a refrigeration unit within the framework of modernization of hot water supply systems of buildings. *Technical and technological systems: materials of the thirteenth international scientific conference "TTS-22" (November 23-25, 2022).* FGBOU VO "KubSTU", KVVAVL named after A.K. Serov. Krasnodar: Publishing House – Yug, 2022; 119-121. (In Russ)

#### Сведения об авторах:

Важдаев Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение»<sup>1</sup>; кафедра «Инфокоммуникационные технологии и наноэлектроника»<sup>2</sup>; [vazhdaev.k@gmail.com](mailto:vazhdaev.k@gmail.com)

Мартяшева Валентина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»; [martyashova@mail.ru](mailto:martyashova@mail.ru)

Аллабердин Азамат Булякович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»<sup>1</sup>; кафедра «Технологические машины и оборудование»<sup>2</sup>; [allaberdinazamat@mail.ru](mailto:allaberdinazamat@mail.ru)

Хамидуллин Ильдар Салимович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»; [khamid\\_ildar@mail.ru](mailto:khamid_ildar@mail.ru)

Муллоджанов Тахир Толибович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»; [mtahir@list.ru](mailto:mtahir@list.ru),

Хабиров Юлай Марсович, магистрант, [yuhabirov@yandex.ru](mailto:yuhabirov@yandex.ru).

#### Information about authors:

Konstantin V. Vazhdaev, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof, Head of the Department of Water Supply and Sanitation<sup>1</sup>; Department of Infocommunication Technologies and Nanoelectronics<sup>2</sup>; [vazhdaev.k@gmail.com](mailto:vazhdaev.k@gmail.com)

Valentina A. Martyasheva, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof, Department of Water Supply and Sanitation; [martyashova@mail.ru](mailto:martyashova@mail.ru)

Azamat B. Allaberdin, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof, Department of Water Supply and Sanitation<sup>1</sup>; Department of Technological Machines and Equipment<sup>2</sup>; [allaberdinazamat@mail.ru](mailto:allaberdinazamat@mail.ru)

Ildar S. Khamidullin, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof, Department of Water Supply and Sanitation; [khamid\\_ildar@mail.ru](mailto:khamid_ildar@mail.ru)

Tahir T. Mullojanov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof, Department of Water Supply and Sanitation, [mtahir@list.ru](mailto:mtahir@list.ru),

Yulay M. Khabirov, Master's Student, [yuhabirov@yandex.ru](mailto:yuhabirov@yandex.ru)

#### Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 19.11.2023.

Одобрена после рецензирования/ Reved 01.12.2023.

Принята в печать/Accepted for publication 01.12.2023.