

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА РАСХОДУЕМОЙ ВОДЫ РАЗЛИЧНЫМИ ВОДОПОТРЕБИТЕЛЯМИ ЖИЛОГО СЕКТОРА

А. Г. Жулин, А. Х. Аминова, Л. В. Белова
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF WATER CONSUMED BY VARIOUS WATER USERS OF THE RESIDENTIAL SECTOR

Alexander G. Zhulin, Alexandra Kh. Aminova, Larisa V. Belova
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. В последние годы в мире водопотребление населения снижается, объясняется это повышением стоимости воды и наличием расходомеров в квартирах. В настоящее время в России фактические расходы на одного жителя ниже установленных нормативных значений. Факторов, влияющих на расход воды, указывается до 15 наименований, таковыми, в частности, являются плотность проживающих в квартире и их положение в обществе.

В представленной работе приведены результаты измерения расходов воды в квартирах с различным числом жителей и разного возраста, отмечаются отклонения от рекомендуемых значений для расчета внутренних водопроводных сетей. По результатам фактических измерений водопотребления для различного числа жителей приведены значения суточных расходов воды за разные периоды наблюдения (день, неделя, месяц, год). Средняя суточная норма расхода воды на 1 жителя в рассматриваемых квартирах составила 74 дм³/сут-чел.

Abstract. In recent years, the world has seen a decline in the consumption of water by its population. This is due to the increase in the cost of water and the installation of water meters in apartments. Currently, in Russia, the actual water consumption per inhabitant is lower than the established standards. Factors affecting water consumption are up to 15 items, such as the density of residents in the apartment and their position in society.

The paper presents the measurement of water consumption in apartments with a different number of inhabitants, looking at the inhabitants of different ages. Deviations from the recommended values for the calculation of internal water supply networks are noted. Based on actual water consumption measurements for various inhabitants, daily water consumption values for various observation periods (day, week, month, year) are given. The average daily rate of water consumption per 1 resident in the apartments under consideration was 74 liters/per inhabitant/day.

Ключевые слова: неравномерность водопотребления, графики потребления воды, суточный расход воды на одного жителя, норма водопотребления

Key words: non-uniformity water consumption, water consumption graphs, daily water consumption per resident, water consumption rate

Введение

В настоящее время в России фактические суточные расходы воды на одного жителя ниже установленных нормативных значений. Отклонение реального водопотребления от нормативного непосредственно в жилом фонде в ряде случаев при проектировании внутренних систем дает завышенные затраты при их строительстве и монтаже [1].

При расчете и конструировании внутренних инженерных сетей величинами, определяющими диаметры трубопроводной системы, являются максимальные секундные расходы воды, которые в ряде случаев завышены. Величина расчетного расхода санитарно-технического прибора относительно стабильна, так как она принимается по возможному расходу истечения для стандартной водоразборной арматуры [2]. Значения коэффициентов неравномерности зависят от уклада жизни, состава семьи и других условий. В обобщенном виде и в настоящий период они не имеют обоснования, поэтому некоторыми авторами предлагается при гидравлическом расчете и проектировании в качестве первичного элемента инженерных систем принимать квартиру в целом, а не отдельные водоразборные приборы, установленные в ней [3, 4].

Ранее мы отметили [5], что при определении часовых расходов жителями квартир в литературе не фиксировались часы отсутствия водопотребления холодной воды, и только для горячей воды был представлен график с отсутствием потребления в ночные часы [6]. Отсутствие часов с нулевыми расходами объясняется наличием утечек, которые связывают с количеством жителей в доме: чем их больше, тем выше вероятность утечек. В этом случае к водопотреблению относятся утечки, но включение в графики водопотребления воды нецелевого назначения и утечек, как среднеоцененных до 25 % [7], в настоящее время некорректно, так как современная арма-

тура достаточно надежно защищает от утечек, а наличие квартирных счетчиков (расходомеров) тем более заставляет потребителей устранять отмеченные явления.

Необходимость определения достоверности расхода потребляемой воды связана с возможностью сокрытия потерь воды на утечки при завышении нормы и ведет к увеличению материалоёмкости систем; занижение нормы водопотребления приводит к перебоям в подаче воды и нарушению гидравлического режима [7]. Для селитебной зоны установить заранее абсолютно точное значение расхода воды на любой момент времени невозможно [8].

Так как расчетное значение расхода для определения параметров системы увязывается с режимом водопотребления, а он носит случайный характер, то в инженерных расчетах приходится принимать вероятность значения величины потребления воды коэффициентами часовой неравномерности, иллюстрирующими максимальные и минимальные отклонения от средних значений. В настоящее время в связи с массовой установкой приборов учета воды, использованием экономичной бытовой техники и введением двухтарифного расчета платы за электроэнергию режимы потребления воды изменились [8, 9].

Коэффициенты неравномерности выявляются на основе графиков водопотребления реальных объектов. Чем больше графиков водопотребления аналогичных объектов, тем будут ближе к реальности коэффициенты неравномерности водопотребления. При этом принимается допущение, что изменение водопотребления в течение часа незначительно, что позволяет перейти от непрерывных графиков к ступенчатым [10].

Большинство проведенных исследований по внутренним водопроводным сетям зданий в основном связано с выявлением коэффициентов неравномерности водопотребления и определением (на самом деле – назначением) величины

утечек. Однако, учитывая, что основным показателем для расчета внутренних систем водоснабжения и водоотведения является максимальный часовой расход на одного жителя, проведены соответствующие измерения в ряде квартир с различным числом жителей.

Причиной, обуславливающей проведение исследования по определению фактических расходов, приходящихся на различных водопотребителей жилого сектора, являются некоторые разногласия между нормативными и реально измеряемыми значениями.

При расчете водопотребления жилых зданий в состав суммарного расхода входят расходы, относящиеся к жильцам, – полезный, слив, нерациональный. Они фиксируются расходомерами с дополнительным учетом расхода на обслуживание внеквартирных (домовых) помещений: подъезда, коридора, лестничных площадок, лестниц, лифта (расходы на самом деле незначительны).

Процент слива воды в квартирах в основном обусловлен схемой горячего водоснабжения: при циркуляционной схеме количество слива будет равняться объему воды от стояка до наиболее удаленного санитарно-технического прибора (величина не будет значительной). При отсутствии циркуляции величина сливов во многом зависит от социального положения жителей и будет значительной при начале отбора на верхних этажах. Объединять утечки и нерациональные расходы со сливом не совсем правомерно, нерациональный расход и слив расходомерами учитываются и фиксируются как водопотребление.

Выявление максимального часового расхода воды на одного жителя представляется необходимым, так как от его значения зависит гидравлический расчет внутренней водопроводной сети, который в настоящее время осуществляется по среднему удельному расходу, что нельзя признать целесообразным.

Средний удельный расход воды относится ко всему населенному объекту, включая его инфраструктуру и предприятия, и является основной величиной при проектировании всей системы водоснабжения (водозабор, водоочистка, подача в водопроводную сеть).

Цели исследования:

- выявление количественного расхода воды в квартирах обычных водопользователей различного социального положения;
- определение максимальных коэффициентов часовой неравномерности для объектов исследования;
- проведение сравнительного анализа данных по водопотреблению одного жителя в зависимости от количественного состава семьи.

Измерения проводились на счетчиках, прошедших госповерку, полученная информация представлена в графиках, отражающих режимы водопотребления в различные временные периоды.

Исследования представляют интерес, так как позволяют уточнить гидравлические расчеты и снизить затраты на строительство и монтаж внутреннего водопровода.

Объект и методы исследования

Рассматривались квартиры, оборудованные счетчиками по холодной и горячей воде, в которых периодически с различной дискретностью по времени отмечались показания по потреблению воды: для квартиры с 1, 2, 3 жителями – через 1 час; для квартир с числом жителей – 1, 2, 3, 4, 7 человек – с дискретностью в 1 сутки, неделю, месяц и по сезонам года. Измерения осуществлены для квартир с 1 жителем – пенсионер и служащий, в составе других семей имеются дети, пенсионеры.

Квартиры с 4 и 7 жителями оборудованы посудомоечными и стиральными машинами. С детьми в возрасте до 5 лет максимальные расходы пришлось на две стирки в день.

Среднесуточное водопотребление жителями определялось по формуле:

$$q_{cp} = \Delta Q \cdot 1000 / T \cdot U, \text{ л/сут} \cdot \text{чел.},$$

где ΔQ – разность показаний счетчика за принятый период, м³;

T – период между отсчетами показаний расходомера;

U – число жителей в квартире, чел.

Коэффициент часовой неравномерности определялся по формуле:

$$K_{ч_{г(в)}} = \frac{Q_{ч_{г(в)}} \cdot 24}{Q_{сут_{г(в)}}}$$

где $Q_{ч_{г(в)}}$ – максимальный часовой расход горячей (холодной) воды, $дм^3/ч$;

$Q_{сут_{г(в)}}$ – суммарный суточный расход горячей (холодной) воды за сутки, $дм^3/ч$.

Результаты и обсуждения

По результатам проведенных измерений построены ступенчатые графики водопотребления для различных составов семей. Сравнительные данные по максимальным часовым и суточным расходам воды, а также максимальным коэффициентам часовой неравномерности приведены в табличной форме.

Для семьи из трех человек графики водопотребления для будних и выходных дней приведены на рис. 1, 2, а значения коэффициентов часовой неравномерности в табл. 1.

Для семьи с пенсионером (два человека) ступенчатый график водопотребления приведен на рис. 3, 4. Максимальный часовой расход холодной воды – $48 дм^3$ – зафиксирован с 13 до 14 часов в воскресный день, максимальный коэффициент часовой неравномерности по холодной воде $K_{max}^c = 7,94$. Максимальное часовое потребление горячей воды в этот день составило $9 дм^3$ и отмечалось с 13 до 14 часов, максимальный коэффициент часовой неравномерности для горячей воды $K_{max}^h = 6,54$, общий максимальный коэффициент часовой неравномерности водопотребления составил $K_{max}^{tot} = 6,60$.

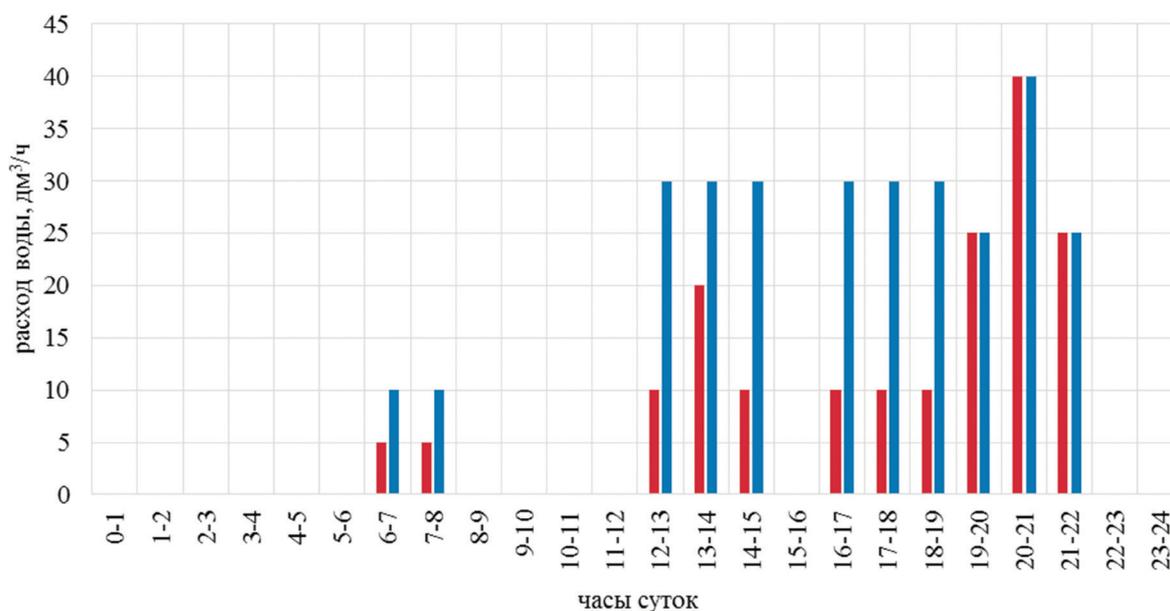


Рис. 1. Водопотребление семьи из трех человек в субботу: ■ – холодная вода, ■ – горячая вода

Таблица 1

Параметры водопотребления для семьи из трех человек

| Наименование системы | Режим водопотребления – выходной день | | | | Режим водопотребления – будний день | | | |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------------------------|--|----------------------------|-----------------|
| | Суточный расход, $дм^3/сут$ | Максимальный часовой расход, $дм^3/ч$ | K_{max}^c K_{max}^h | K_{max}^{tot} | Суточный расход, $дм^3/сут$ | Максимальный часовой расход воды, $дм^3/ч$ | K_{max}^c K_{max}^h | K_{max}^{tot} |
| Холодная вода | 290 | 40 Час 20-21 | 3,31 | 4,17 | 190 | 50 Час 20-21 | 6,0 | 5,14 |
| Горячая вода | 170 | 40 Час 20-21 | 5,64 | | 80 | 10 Час 20-21 | 3,0 | |

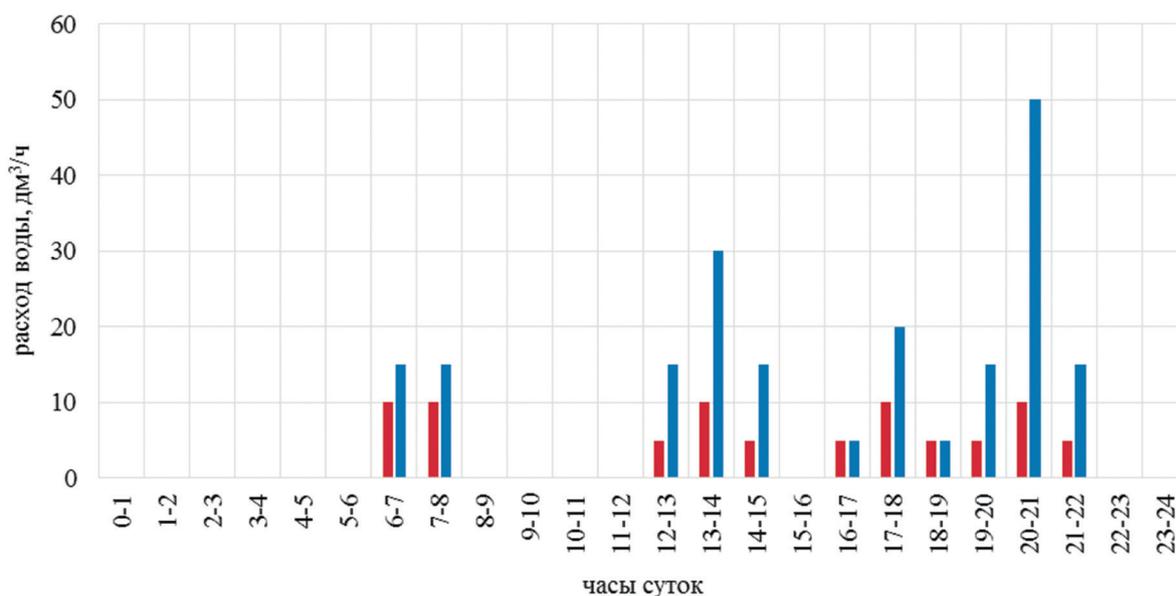


Рис. 2. Водопотребление семьи из трех человек в будний день:
■ – холодная вода, ■ – горячая вода

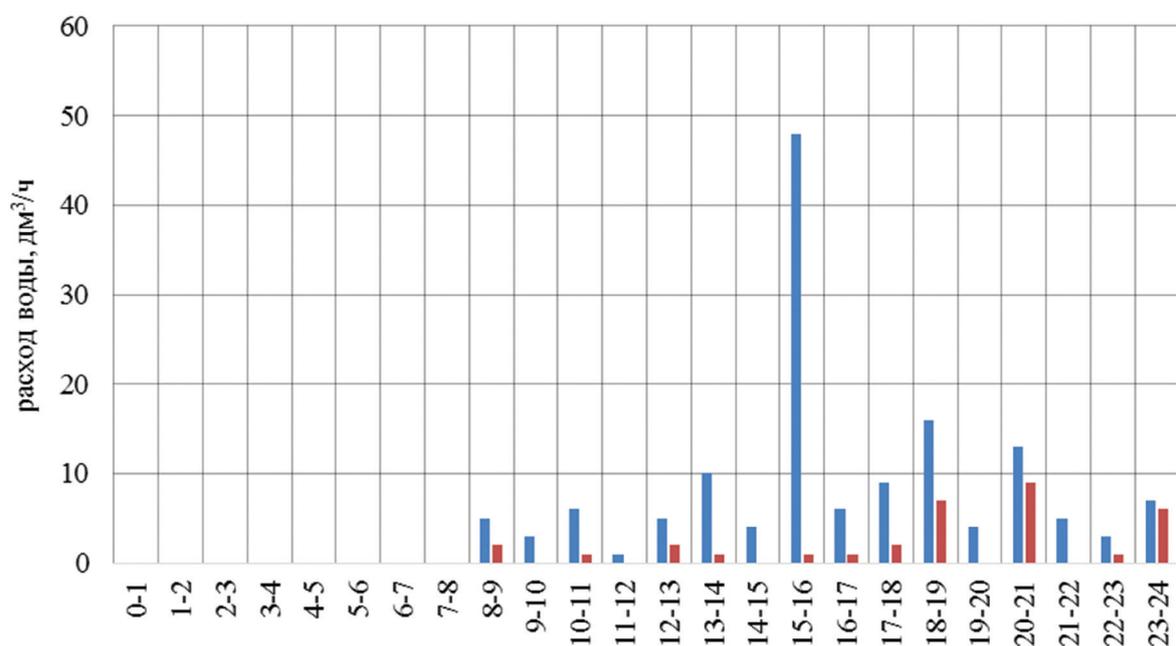


Рис. 3. Водопотребление семьи из двух человек с пенсионером в выходной день:
■ – холодная вода, ■ – горячая вода

Для семьи из четырех человек расход воды в течение недели представлен на рис. 5. Максимальное суточное водопотребление на одного жителя в понедельник составило 89 дм³/сут, в

воскресенье – 85 дм³/сут, минимальное водопотребление – 42 дм³/сут – отмечалось в среду и четверг (расходы обобщены за две недели).

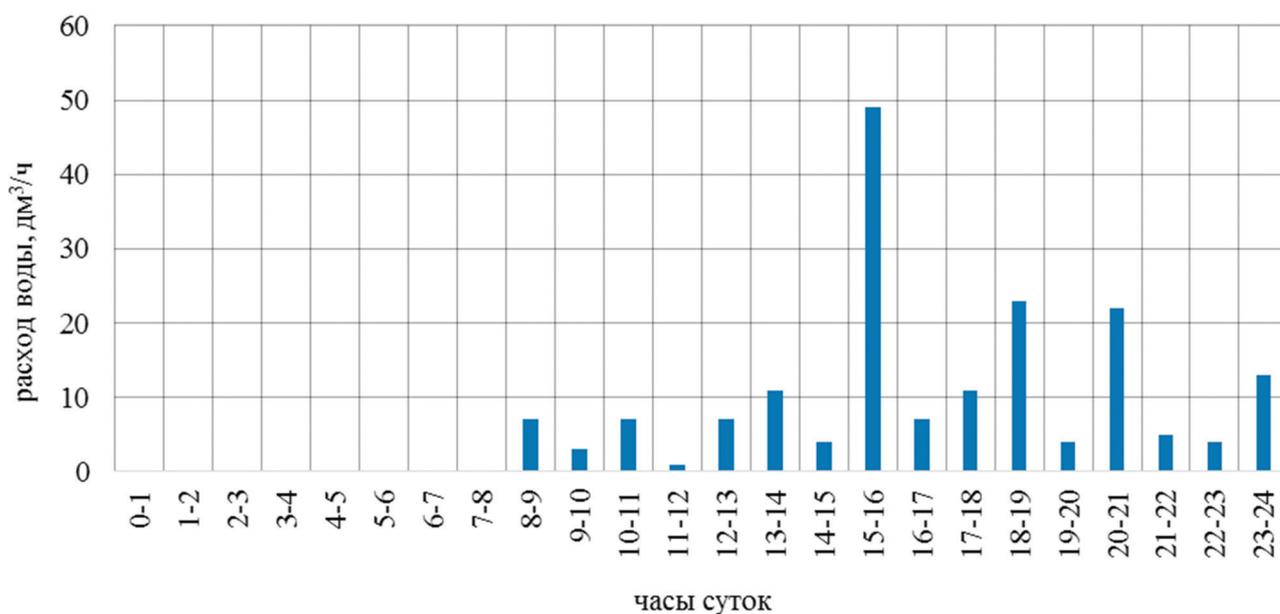


Рис. 4. Общее водопотребление (холодной и горячей воды) для семьи с пенсионером

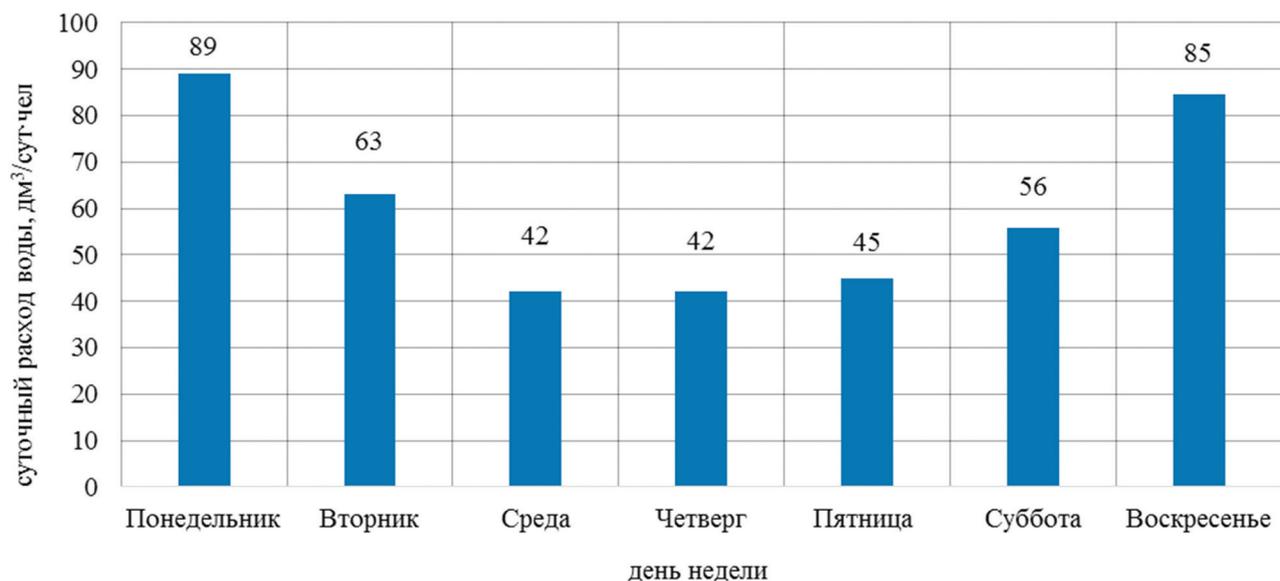


Рис. 5. Потребление воды на одного жителя в семье из четырех человек (двое детей, один до пяти лет) – среднее за две недели

Для семьи из семи человек (пятеро детей, двое до пяти лет) расход воды в течение недели представлен на рис. 6. Максимальное суточное водопотребление на одного жителя в среду составило 107 дм³/сут, минимальное водопотребление

составило 57 дм³/сут в воскресенье (расходы обобщены за две недели).

График водопотребления за один день (будний и выходной) для семьи из трех человек представлен на рис. 7.

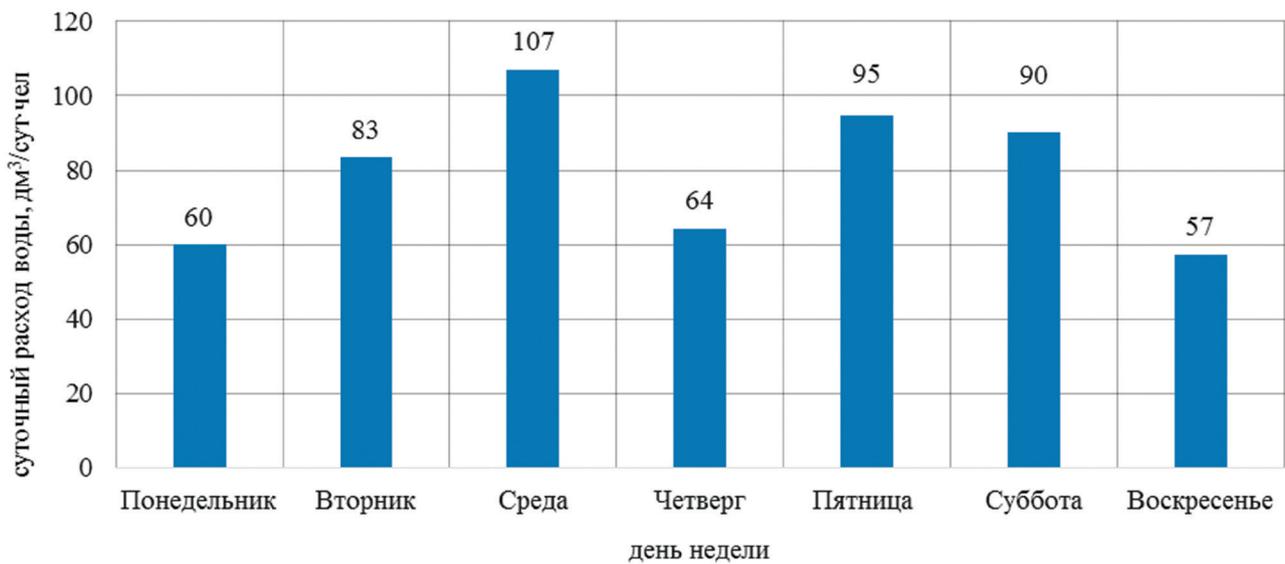


Рис. 6. Потребление воды на одного жителя в семье из семи человек (пятеро детей, двое до пяти лет) – среднее за две недели

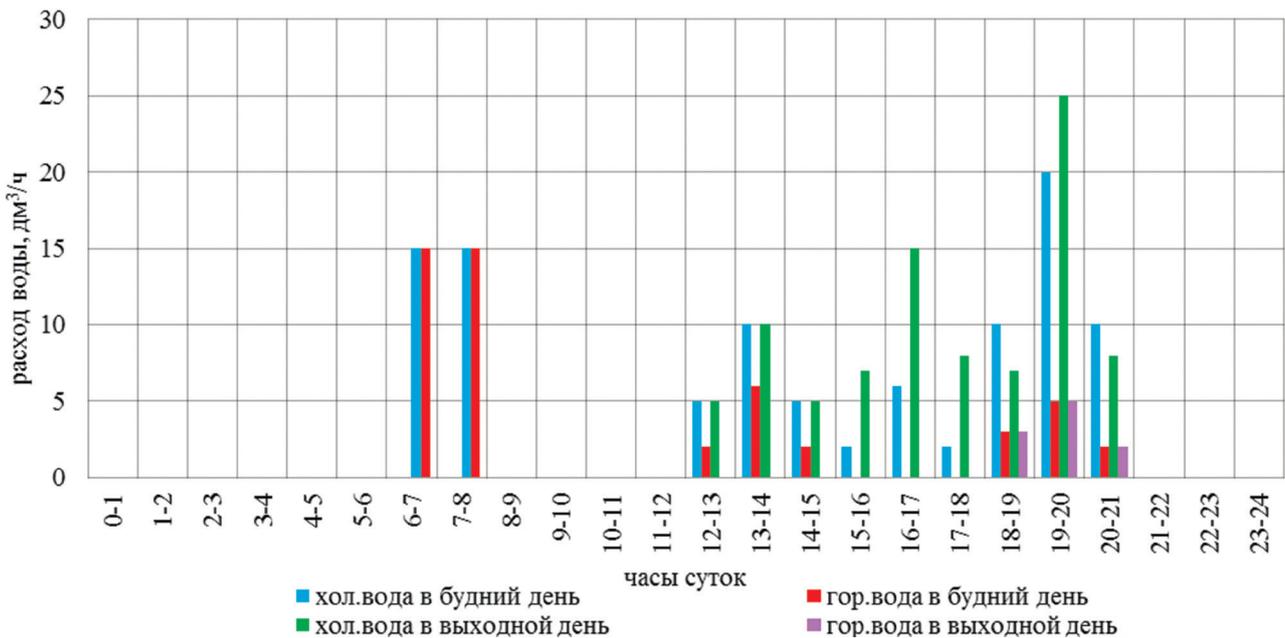


Рис. 7. Часовые расходы воды семьи из трех человек в будний и выходной день

Для семьи из трех человек сравнительный график суточного водопотребления для различных сезонов года (зима и лето) представлен на

рис. 8. Общий коэффициент часовой неравномерности для зимнего сезона составил 6,66, для летнего – 4,50.

СТРОИТЕЛЬСТВО

Водопотребление, приходящееся на семью из трех человек, по сезонам года – на рис. 9, расход воды на одного человека представлен на рис. 10.

Обобщенные данные среднего водопотребления жильцами квартир с разным числом жителей (одного человека, двух, трех, четырех

и семи человек) представлены на рис. 11.

Исходя из полученных значений водопотребления различных семей, возможно рассчитать среднюю норму расхода воды, приходящуюся на одного жителя, по результатам исследований она составила 74,2 дм³/сут-чел.

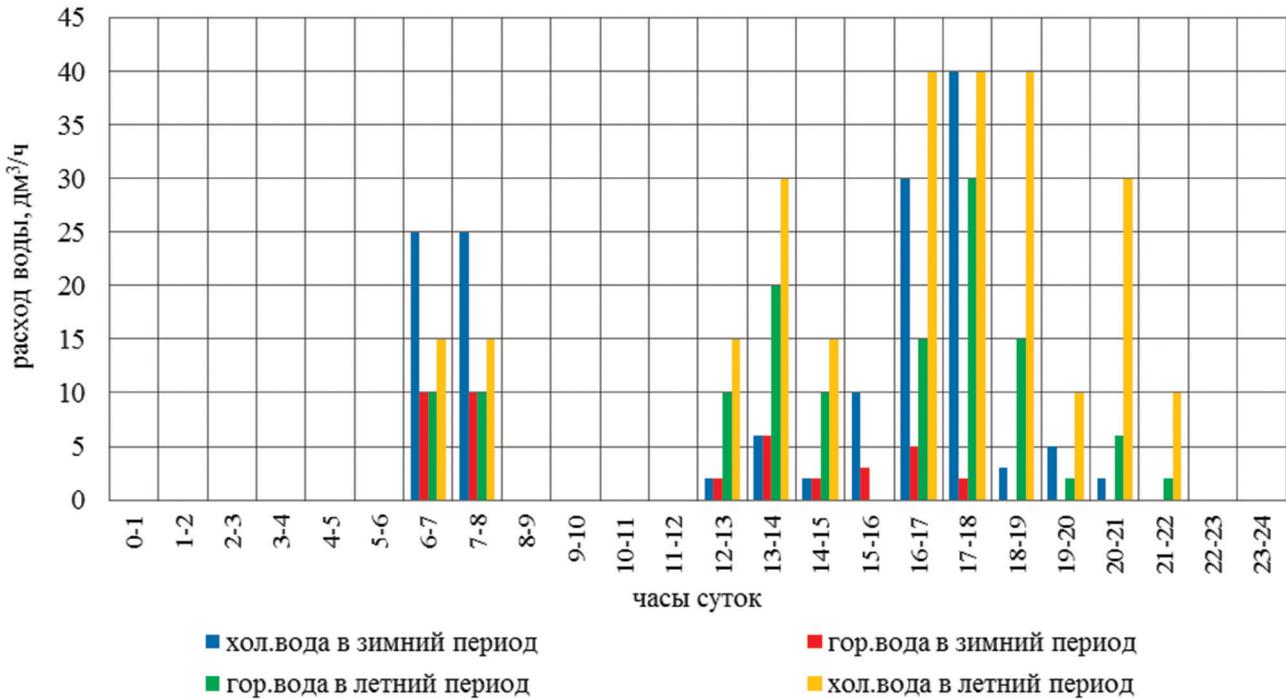


Рис. 8. Сравнительные часовые расходы воды для семьи из трех человек по сезонам года

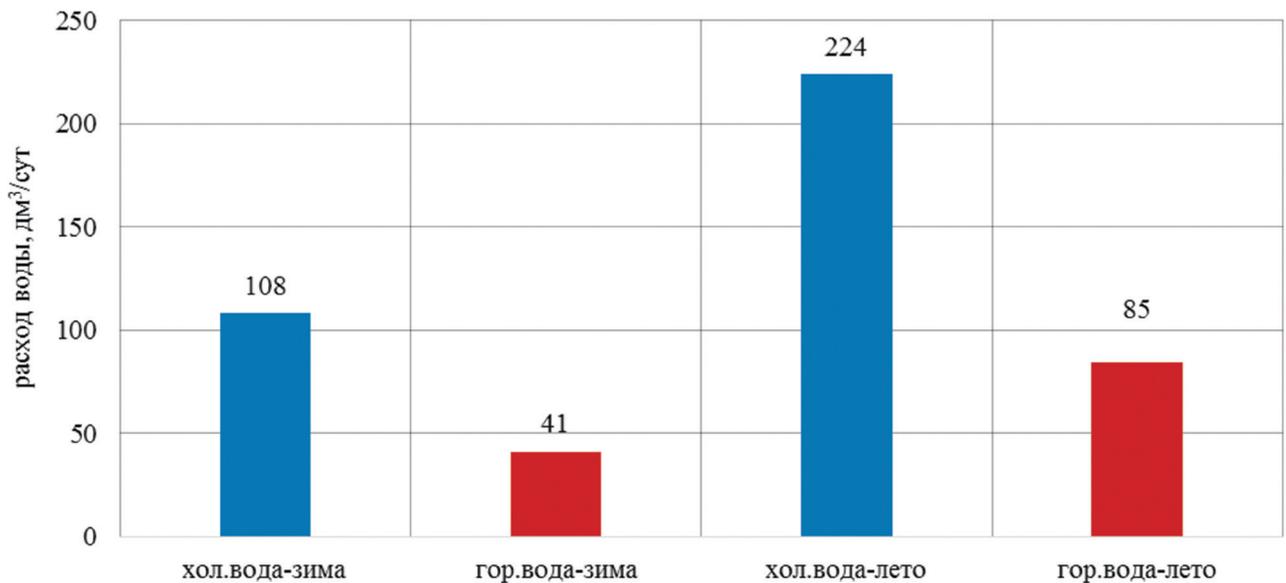


Рис. 9. Сравнительное водопотребление для семьи из трех человек по сезонам года

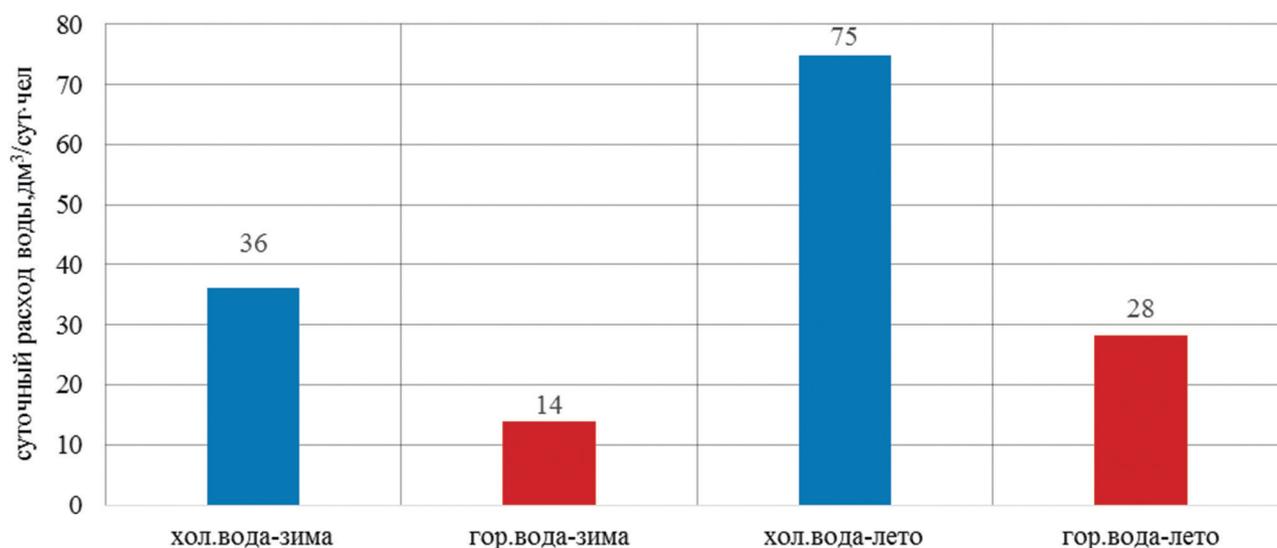


Рис. 10. Сравнительное водопотребление на одного человека по сезонам года (семья из трех человек)

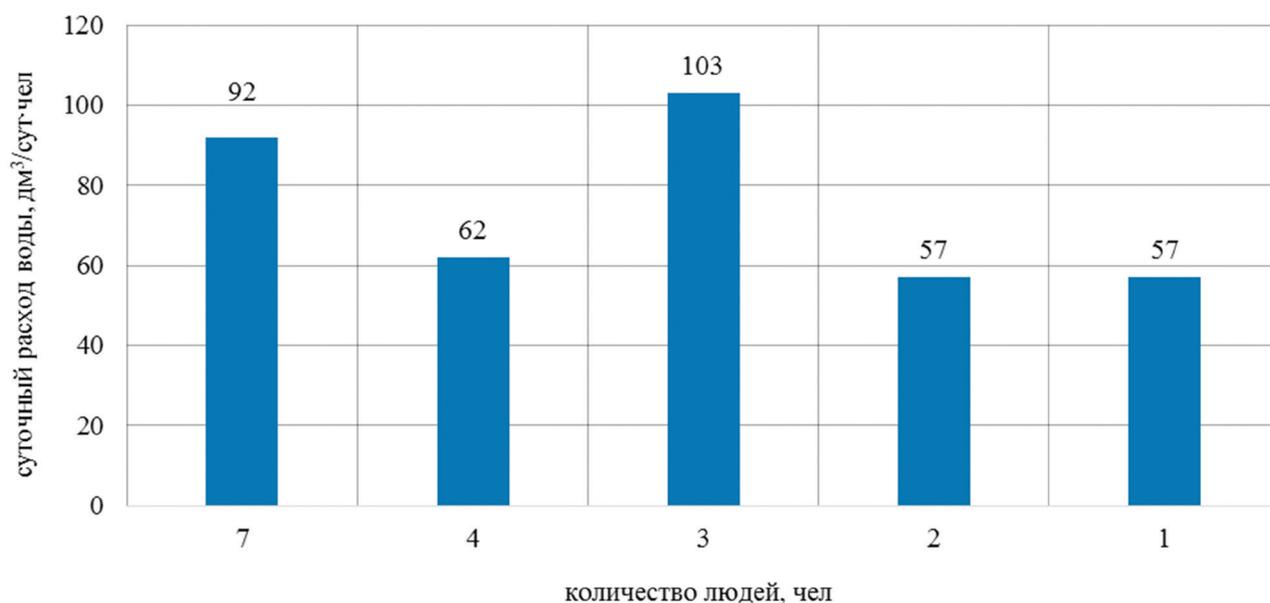


Рис. 11. Норма расхода воды для одного жителя при различном количественном составе семей (1, 2, 3, 4 и 7 человек)

Максимумы и минимумы суточных и часовых расходов воды для семей с различным количественным составом не совпадают во временных промежутках (это объясняется различием социального положения и уклада жизни), что учитывается при гидравлическом расчете внутренних санитарно-технических систем введением вероятности действия приборов.

Выводы

- Проведены экспериментальные исследования по выявлению среднесуточного фактического расхода воды на одного человека в зависимости от числа жителей в квартире и их социального положения.
- Неравномерность водопотребления в течение суток характеризуется коэффициентами

- часовой неравномерности, по результатам исследований составила от 3,0 до 7,94.
- Часовая норма расхода воды на одного жителя зафиксирована для семьи из двух человек – от 24,5 до 2,0 л/ч.чел., для семьи из трех человек – от 26,7 до 3,33 л/ч.чел. для конкретного дня. Зафиксирована следующая зависимость – с увеличением периода усреднения и количества рассматриваемых жителей уменьшается значение $q_{hr,u}^{tot}$, что объясняет значение, рекомендованное СП 30.13330 и равное $q_{hr,u}^{tot} = 11,6$ л/ч.чел., полученное для жилого дома в целом.
 - Расход воды на одного человека в сутки для семьи из семи человек, включая детей, имеет наибольшие колебания расходов в течение недели и равен 26–129 л/сут.чел., при среднем за неделю 93 л/сут.чел.
 - Средняя норма расхода воды на одного жителя по результатам исследований составила 74 дм³/сут.чел., что меньше рекомендуемой СП 30.13330 к расчету внутренних водопроводных сетей значения и равной

$$q_{hr,u}^{tot} = 180\text{--}210 \text{ л/сут.чел.}$$

Библиографический список

1. Исследование зависимости водопотребления Москвы от температуры наружного воздуха / Е. В. Шушкевич, Р. И. Бастрыкин, Е. В. Алешина [и др.]. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 3. – С. 23–26.
2. Кедров, В. С. Санитарно-техническое оборудование зданий : учебник для вузов / В. С. Кедров, Е. Н. Ловцов. – 2-е изд. – Москва : ООО «БАСТЕТ», 2008. – 480 с. – Текст : непосредственный.
3. Стрелков, А. К. Расчет гидравлических режимов работы внутренних систем водоснабжения в многоквартирных домах / А. К. Стрелков, Ю. Н. Зотов, И. Ю. Михайлова. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – № 8. – С. 15–20.
4. Стрелков, А. К. О совершенствовании СП 30.13330.2016 «Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85» (в порядке обсуждения) / А. К. Стрелков, Ю. Н. Зотов, И. Ю. Михайлова. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 3. – С. 28–32.
5. Аминова, А. Х. Коэффициент расхода воды для семьи из трех человек / А. Х. Аминова, А. Г. Жулин. – Текст : непосредственный // Современные проблемы земельно-имущественных отношений, урбанизации территории и формирования комфортной городской среды : сборник статей Международной научно-практической конференции ; отв. редакторы О. В. Сидоренко, Л. А. Филимонова. – Тюмень : ТИУ, 2020. – Т. II. – С. 457–462.
6. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / И. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1988. – 314 с. – Текст : непосредственный.
7. Исаев, В. Н. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе / В. Н. Исаев, М. Г. Мхитарян. – Текст : электронный // «АВОК» – общество инженеров: Сантехника. – 2003. – № 5. – URL : https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2234 (дата обращения: 08.02.21).
8. Ивановский, В. С. Система сбора данных и закономерности неравномерного потребления воды в сети жилого городка / В. С. Ивановский, В. А. Обвинцев, С. В. Саркисов. – Текст : непосредственный // Труды Военно-космической академии имени А. Ф. Можайского. – 2016. – Вып. 652. – С. 167–172.
9. Игнатчик, В. С. Исследование коэффициентов часовой неравномерности водопотребления / В. С. Игнатчик, С. В. Саркисов, В. А. Обвинцев. – Текст : непосредственный // Вода и экология: проблемы и решения. – 2017. – № 2. – С. 27–39.
10. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : учебное пособие / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – 2-е изд. – Москва : АСВ, 2003. – Т. 2. – 288 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Shushkevich, E. V., Bastrykin, R. I., Aleshina, E. V., Korchagin, K. A., & Geraskina, I. Yu. (2011). Analysis of dependence of water consumption in Moscow on outside-air temperature. *Water Supply and Sanitary Technique*, (3), pp. 23-26. (In Russian).
2. Kedrov, V. S., & Lovtsov, E. N. (2008). *Sanitarno-tekhnicheskoe oborudovanie zdaniy*. 2th edition. Moscow, Izdatel'skiy dom «BASTET» Publ., 480 p. (In Russian).
3. Strelkov, A. K., Zotov, Yu. N., & Mikhailova, I. Yu. (2014). Calculation of hydraulic operation mode of in-door plumbing systems in tenement houses. *Water Supply and Sanitary Technique*, (8), pp. 15-20. (In Russian).
4. Strelkov, A. K., Zotov, Yu. N., & Mikhailova, I. Yu. (2020). On improving code of rules (cr) 30.13330.2016 «Water supply and drains of buildings. Revised edition of snip 2.04.01-85*» (for the discussion). *Water Supply and Sanitary Technique*, (3), pp. 28-32. (In Russian).
5. Aminova, A. Kh., & Zhulin, A. G. (2020). Koeffitsient raskhoda vody dlya sem'i iz trekh chelovek. *Sovremennye problemy zemel'no-imushchestvennykh otnosheniy, urbanizatsii territorii i formirovaniya komfortnoy gorodskoy sredy: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Tom II. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 457-462. (In Russian).
6. Chistyakov, I. N., Grudzinskiy, M. M., Livcha, V. I., Pokrovskaya, I. B. & Prokhorov, E. I. (1988). *Povyshenie effektivnosti raboty sistem goryachego vodosnabzheniya*. Moscow, Stroyizdat Publ., 314 p. (In Russian).
7. Isaev, V. N., & Mkhitarian, M. G. (2003). Analiz metodik opredeleniya raskhodov vo vnu-trennem vodoprovode. «AVOK» – obshchestvo inzhenerov: *Santekhnika*, (5), pp. 6-12. (In Russian). Available at: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2234 (accessed 08.02.2021).
8. Ivanovsky, V. S., Obvintsev, V. A., & Sarkisov, S. V. (2016). Sistema sbora dannykh i za-konomernosti neravnomernogo potrebleniya vody v seti zhilogo gorodka. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, (652), pp. 167-172. (In Russian).
9. Ignatchik, V. S., Sarkisov, S. V., & Obvintsev, V. A. (2017). Issledovanie koeffitsientov chasovoy neravnomernosti vodopotrebleniya. *Water and Ecology*, (2), pp. 27-39. (In Russian).
10. Zhurba, M. G., Sokolov, L. I., & Govorova, Zh.M. (2003). *Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzheniy*. 2th edition. Tom 2. Moscow, ASV Publ., 288 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Жулин Александр Гаврилович, к. т. н., доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhulinag@tyuiu.ru

Аминова Александра Хаптулаевна, магистрант кафедры водоснабжения и водоотведения, Тюменский индустриальный университет

Белова Лариса Владимировна, к. т. н., доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, Тюменский индустриальный университет

Information about the authors

Alexander G. Zhulin, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Water Supply and Sanitation, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhulinag@tyuiu.ru

Alexandra Kh. Aminova, Master's Student at the Department of Water Supply and Sanitation, Industrial University of Tyumen

Larisa V. Belova, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Water Supply and Sanitation, Industrial University of Tyumen

Для цитирования: Жулин, А. Г. Определение количества расходуемой воды различными водопотребителями жилого сектора / А. Г. Жулин, А. Х. Аминова, Л. В. Белова. – Текст : непосредственный // *Архитектура, строительство, транспорт*. – 2021. – № 1. – С. 47–57.

For citation: Zhulin, A. G., Aminova, A. Kh., & Belova, L. V. (2021). Determination of the amount of water consumed by various water users of the residential sector. *Arkhitektura, stroitel'stvo, transport* [Architecture, construction, transport], (1), pp. 47-57. (In Russian).