

УДК 696.41

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАДАННЫХ НОРМАТИВНЫХ ВЕЛИЧИН РАСХОДОВ ВОДЫ  
В СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА КОНСТРУКТИВНЫЕ  
И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*канд. техн. наук А.М. НИЯКОВСКИЙ, В.А. ЯКОВЛЕВА,  
Е.Ю. ДОРОФЕЕВ, А.А. НИЯКОВСКИЙ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Выполнен сбор и анализ данных о фактическом потреблении воды на нужды горячего водоснабжения в многоквартирных жилых домах массовой застройки. Установлено, что фактическое потребление воды на эти цели существенно ниже нормативных значений, указанных в действующих нормативных правовых актах. Для различных выбранных вариантов нормативных величин водопотребления произведен гидравлический расчет подающих трубопроводов системы горячего водоснабжения многоквартирного жилого дома, определены материальные характеристики и потери давления для каждого варианта нормативного расхода воды. Показано, что с ростом задаваемых величин нормативных расходов материальная характеристика сети возрастает, а потери давления в ней убывают. Определены пределы и характер этих изменений.*

**Ключевые слова:** системы горячего водоснабжения, гидравлический расчет, методика расчета, материальная характеристика трубопроводной сети, нормативные показатели.

**Введение.** В последние годы в Республике Беларусь введен ряд новых технических нормативных правовых актов (ТНПА), изменяющих подходы к проектированию внутренних инженерно-технических систем зданий. В частности, согласно вступившим в силу СН 4.01.03-2019 «Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий» гидравлический расчет систем внутреннего водоснабжения следует производить с использованием значений расходов воды, основанных на фактических данных водопотребления, а при их отсутствии допускается использовать методики, основанные на вероятностных методах определения расчетных расходов воды [1].

Анализ литературных источников показал, что отсутствует однозначное понимание степени влияния нормативных расходов воды на принимаемые проектные решения. Все это создает неопределенность в осуществлении проектной практики и требует дополнительного изучения. Исследованию этой проблемы и посвящена данная статья, являющаяся продолжением и развитием ранее опубликованных работ преподавателей, магистрантов и студентов Полоцкого государственного университета о повышении эффективности систем теплоснабжения и горячего водоснабжения [2; 3].

**Цель работы** состоит в исследовании влияния нормативных расходов воды в системах горячего водоснабжения (СГВ) многоквартирных жилых домов, задаваемых при их проектировании, на основные конструктивные и эксплуатационные параметры трубопроводов системы. Представляется важным определить, как принятые в расчет величины нормативных расходов воды в системах горячего водоснабжения влияют на диаметры трубопроводов и потери давления в них, и разработать практические рекомендации по данному вопросу.

**Состояние проблемы.** Потребление воды в СГВ зданий зависит от различных факторов, характеризующих назначение здания, класс жилья, комплект водоразборного оборудования и санитарно-технических приборов, социально-демографические условия и показатели, а также сложившиеся традиции водопользования в домашних хозяйствах. Для анализа состояния водопотребления интерес представляют данные, позволяющие судить о расходах горячей воды, используемых для расчета СГВ, а также свидетельствующие об объемах потребления горячей воды отдельными потребителями в разные периоды времени в различных странах.

Имеется целый ряд актуальных исследований, посвященных данному вопросу. Так, как следует из данных, опубликованных в [4; 5], потребление горячей воды домохозяйствами США находится в прямой зависимости от числа жильцов квартиры и составляет от 73,9 л/чел./сут при одном жильце до 63,55 л/чел./сут на одно домохозяйство при шести жильцах. При этом среднее ежедневное потребление горячей воды в различных домохозяйствах может отличаться на порядок: от ~50 л/сут до ~500 л/сут в зависимости от числа жильцов и их привычек [4].

Согласно этим исследованиям объем потребления горячей воды в сутки на одного человека также зависит и от климатической зоны: чем севернее населенный пункт, тем выше потребление горячей воды, и наоборот, чем жарче и солнечнее в регионе, тем ниже потребление горячей воды.

В Италии потребление горячей воды в многоквартирных жилых домах составляет 25–50 л/чел./сут в домах «обычной категории» и 35–75 л/чел./сут в домах «класса люкс» [6]. По данным исследований о потреблении горячей воды в Тайване указывается объем персонального потребления горячей воды на санитарно-гигиенические нужды (кроме мытья посуды, стирки белья и уборки квартиры) в размере 40 л/сут/чел. [7]. Результаты исследований водопотребления в многоквартирных жилых домах, проведенных в Риге, в расчете на одного человека в сутки составляют от 24,2 до 60,2 л/чел./сут, принимая среднее значение 41 л/чел./сут [8].

Таким образом, по данным зарубежных исследований потребление горячей воды в расчете на одного жильца многоквартирного жилого дома составляет от 24,2 до 75 л/сут. Представляет интерес установить объемы фактического потребления горячей воды в СГВ для условий Республики Беларусь и выявить их влияние на параметры системы.

**Объект, предмет, задачи и методология исследования.** В качестве *объекта* исследования выбраны СГВ многоквартирных жилых домов массовой застройки. *Предмет исследования* – нормативные расходы горячей воды, принимаемые в расчет для определения конструктивных параметров подающих трубопроводов СГВ. В *задачи исследования* входит: определение фактических объемов потребления воды в действующих СГВ; выявление степени влияния нормативных расходов воды на конструктивные и эксплуатационные параметры СГВ. Исследования основываются на методах формирования и статистической обработки баз данных, дискретной оптимизации и вариантного проектирования при выполнении гидравлического расчета трубопроводов СГВ.

**Исследование фактического потребления горячей воды в СГВ.** Исследование выполнено путем обобщения статистических данных, полученных авторами в ходе работ, проведенных в КУП «Новополоцкое ЖРЭО», а также ранее опубликованных результатов подобных исследований кафедры «Теплогазоводоснабжение и вентиляция» Полоцкого государственного университета, относящихся к КУП «ЖКХ г. Полоцка».

Полевая стадия исследований в КУП «Новополоцкое ЖРЭО» была выполнена в феврале – марте 2021 года путем анализа и обобщения статистических отчетных данных о показаниях поквартирных счетчиков расхода горячей воды, а также сведений, полученных в результате сбора данных штатного регистрирующего оборудования, установленного в индивидуальных тепловых пунктах зданий. В таблицах 1 и 2 представлены результаты обработки этих баз данных.

Таблица 1. – Сведения о фактическом среднесуточном потреблении горячей воды в расчете на одного жителя,  $q_u^h$ , л/сут

Характеристика здания			Месяц года									
Здание	Этажность	Число жителей	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	9	206	52,4	50,2	51,0	56,0	53,0	51,4	58,1	56,7	52,2	55,0
2	9	113	42,5	28,5	46,1	52,2	53,5	41,0	41,0	47,8	44,9	41,1
3	5	197	48,5	70,0	47,1	59,4	48,6	58,9	49,9	50,3	52,8	50,7
4	5	189	53,5	43,0	54,9	50,9	61,8	53,0	57,9	48,6	52,0	54,4

Таблица 2. – Сведения о фактических расходах воды в час наибольшего водопотребления в расчете на одного жителя,  $q_{hr,u}^h$ , л/ч

Характеристика здания			Месяц года									
Здание	Этажность	Число жителей	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	9	206	9,3	8,9	9,1	10,0	9,4	9,1	10,3	10,1	9,3	9,8
2	9	113	7,6	5,1	8,2	9,3	9,5	7,3	7,3	8,5	8,0	7,3
3	5	197	8,6	12,4	8,4	10,6	8,6	10,5	8,9	8,9	9,4	9,0
4	5	189	9,5	7,6	9,8	9,0	11,0	9,4	10,3	8,6	9,2	9,7

В результате обработки данных таблиц 1 и 2, выполненной с учетом требований математической статистики [9; 10], получены следующие средние значения расходов горячей воды для расчета СГВ:  $q_u^h = 51$  л/(чел.·сут.);  $q_{hr,u}^h = 9,1$  л/(ч·чел.). Эти результаты подтверждаются и данными, опубликованными в [11], согласно которым расходы горячей воды в расчете на одного потребителя ниже нормативного на 20–46%.

Необходимо отметить, что полученные значения объемов потребления горячей воды одним жильцом многоквартирного жилого дома близки к тем, что отмечены в исследованиях других авторов для других стран, результаты которых были проанализированы выше. Однако они существенно отличаются от рекомендуемых в нашей стране нормативных значений, которые соответственно равны 105–120 л/(чел.·сут) и 10 л/(ч·чел.) [2].

**Влияние заданных нормативных расходов воды на материальную характеристику подающих трубопроводов** исследовано путем выполнения их гидравлических расчетов для различных вариантов нормативных значений расходов горячей воды, которые приняты в качестве исходных при проектировании СГВ.

Материальной характеристикой сети применительно к рассматриваемому контексту является сумма произведений диаметров и длин всех участков, по которым горячая вода подается из индивидуального теплового пункта здания (ИТП) к каждому водоразборному оборудованию:

$$M_{net}^h = \sum_{i=1}^{i=m} d_i \cdot l_i, \text{ м}^2, \quad (1)$$

где  $d_i$  – диаметр участка сети подающих трубопроводов, м;  
 $l_i$  – длина этого участка, м;  
 $i$  – номер участка сети;  
 $m$  – общее число участков в сети подающих трубопроводов.

Нормативные показатели расхода горячей воды задавались по номенклатуре, указанной в [1; 12]:  $q_0^h$  – норма расхода горячей воды одним водоразборным прибором, л/с;  $q_{0,hr}^h$  – часовой расход горячей воды водоразборным прибором, л/ч;  $q_u^h$  – норма расхода воды одним потребителем в сутки (смену), л/сут;  $q_{hr,u}^h$  – норма расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч.

При выполнении гидравлического расчета трубопроводов была использована вероятностная методика и учтены требования ТНПА [1; 12]. Исследованные в данной работе варианты величин заданных нормативных расходов воды, а также соответствующие им значения вероятности действия приборов указаны в таблице 3.

Таблица 3. – Величина принятой нормы расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления и соответствующая ей вероятность действия водоразборных приборов

Показатель нормативного расхода	Величины показателей для каждого варианта нормативных расходов		
	1 вариант	2 вариант	3 вариант
$q_{hr,u}^h$ , л/ч	8	10	12
$q_0^h$ , л/с	0,2	0,2	0,2
$P^h$	0,017	0,0208	0,025

В качестве условной модели принята СГВ 9-этажного 100-квартирного жилого дома, состоящая из трубопроводов нижней разводки, двенадцати водоразборных стояков с подводками к водоразборным приборам, насчитывающая 200 водоразборных приборов и 300 потребителей горячей воды. Диаметры участков принимались в соответствии с сортаментом полипропиленовых труб, а потери давления определялись по таблицам гидравлического расчета [13].

По итогам выполненных расчетов получен график (рисунок 1), позволяющий выявить имеющиеся закономерности влияния принятого в расчет варианта нормативного значения расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления  $q_{hr,u}^h$  на материальную характеристику сети. Материальная характеристика сети подающих трубопроводов СГВ  $M_{net}^h$  в рассмотренном случае возрастает по мере увеличения принятого для выполнения расчетов расхода  $q_{hr,u}^h$ . С ростом величины нормативного расхода воды на 50% материальная характеристика возрастает на 10%.

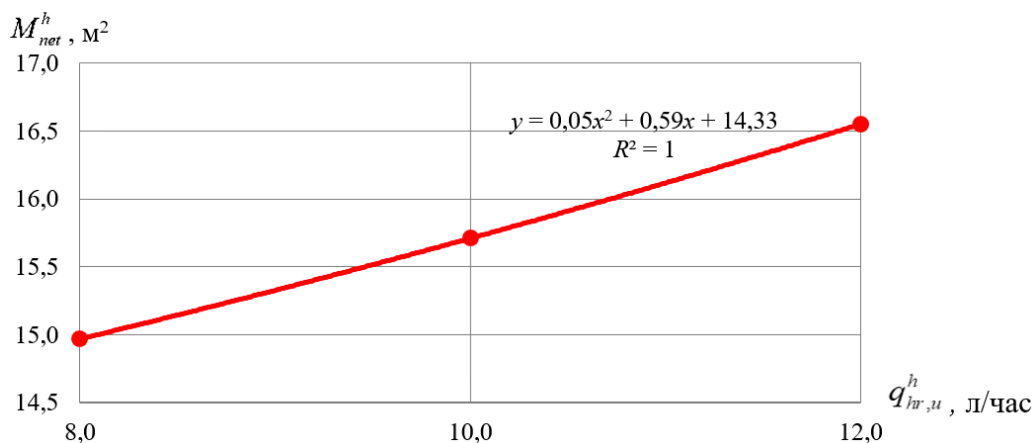
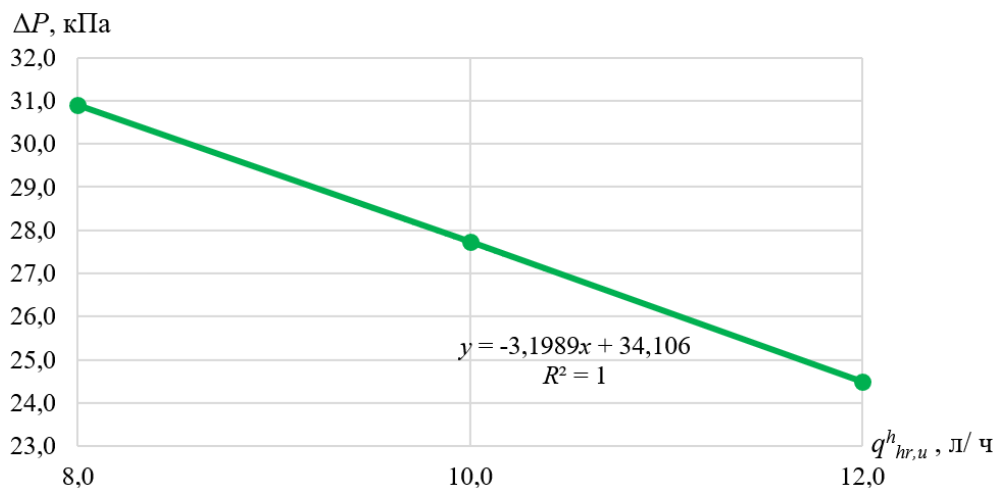


Рисунок 1. – Зависимость материальной характеристики сети подающих трубопроводов от расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления

При выполнении гидравлического расчета были получены величины потери давления, соответствующие различным вариантам заданных нормативных расходов горячей воды, фигурирующих в расчетных уравнениях. На рисунке 2 показана зависимость потерь давления в подающих трубопроводах СГВ от принятых в расчет величин нормативного расхода воды.



**Рисунок 2. – Зависимость потерь давления в СГВ от принятого в расчет нормативного значения расхода воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления**

Как следует из представленного на рисунке 2 графика, в рассматриваемом случае в пределах исследованных диапазонов значений функции и аргумента зависимость потерь давления в трубопроводах СГВ от принятого в расчет значения расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления  $q^h_{hr,u}$  носит ярко выраженный линейный характер, причем с ростом нормативного значения расхода на 50% потери давления в результате соответствующего роста материальной характеристики снижаются на 21%.

#### Заключение

1. С использованием детерминированного подхода и вероятностной методики для различных заданных величин нормативных расходов воды получено дискретное множество вариантов материальной характеристики сети подающих трубопроводов СГВ и потерь давления в них.

2. Установлено, что материальная характеристика сети подающих трубопроводов СГВ  $M^h_{net}$  линейно возрастает с  $14,97 \text{ м}^2$  до  $16,55 \text{ м}^2$  по мере роста нормативного расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления  $q^h_{hr,u}$ . Отмечается незначительное отклонение от такой линейной зависимости и слабое ускорение роста материальной характеристики по мере увеличения расхода  $q^h_{hr,u}$ .

При росте нормативного расхода воды на 50% материальная характеристика в исследованном диапазоне значений возрастает на 10%.

3. Показано, что в исследованном диапазоне значений с ростом нормативного значения расхода одним потребителем в час наибольшего водопотребления на 50% потери давления в результате соответствующего роста материальной характеристики снижаются на 21%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы Республики Беларусь : СН 4.01.03-2019. – Введ. 29.11.2019 (Введены впервые). – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 34 с.
2. Нияковский, А.М. К выбору плотности теплового потока при проектировании тепловой изоляции тепловых сетей / А.М. Нияковский, Э.И. Гончаров, О.И. Мишута // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 147–155.
3. Нияковский, А.М. Управление температурными режимами тепловых сетей с целью снижения энергопотребления в системах теплоснабжения / А.М. Нияковский, В.А. Пшеничнюк, А. В. Григорович // Материалы докл. 48 междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвящ. 50-летию университета ; Витеб. гос. ун-т. – Витебск, 2015. – С. 76–78.
4. Hendron, R. Development of Standardized Domestic Hot Water Event Schedules for Residential Buildings / R. Hendron, J. Burch // Energy Sustainability. – Long Beach, California, Conference Paper NREL/CP-550-40874, National Renewable Energy Laboratory, 2008.

5. A. Lowenstein and C. Hiller, 1996, "Disaggregating Residential Hot Water Use," ASHRAE Transaction Symposia, January 1996, Atlanta, GA : ASHRAE.
6. Castiglioni, R. Горячее водоснабжение. Расчет сетей / R. Castiglioni [Электронный ресурс] // АВОК. – 2006. – Режим доступа: <https://www.abok.ru/forspec/articles.php?nid=3178>. – Дата доступа: 14.06.2021.
7. Cheng-Li Cheng & Meng-Chieh Lee (2005) Research on Hot Water Issues in Residential Buildings in Subtropical Taiwan, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 4:1, 259–264. – DOI: 10.3130/jaabe.4.259.
8. Grasmanis, D. Heat Consumption Assessment of the Domestic Hot Water Systems in the Apartment Buildings / D. Grasmanis, N. Talcis, A. Grekis // Proceedings of REHVA Annual Conference 2015 "Advanced HVAC and Natural Gas Technologies". – Riga, Latvia, 2015. – P. 167–176.
9. Обработка экспериментальных данных в MS Excel : метод. указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной формы обучения / Тихоокеан. гос. ун-т ; сост.: Е.Г. Агапова, Е.А. Битехтина. – Хабаровск : ТОГУ, 2012. – 32 с.
10. Бараз, В.Р. Использование MS Excel для анализа статистических данных : учеб. пособие / В.Р. Бараз, В.Ф. Пегашкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 181 с.
11. Нияковский, А.М. Особенности подбора пластинчатых теплообменников горячего водоснабжения в модернизируемых тепловых пунктах жилых зданий / А.М. Нияковский, А.А. Нияковский, А.Ю. Сидорова // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 8. – С. 158–164.
12. Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования = Систэмы ўнутранага водазабеспячэння будынкаў. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-4.01-52-2007 (02250). – Введ. 21.12. 07 (Введен впервые). – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2008. – 48 с.
13. Система Экопластик. Инструкция по монтажу [Электронный ресурс] // Экопластик. – Режим доступа: [https://wavin-ekoplastik.ru/wp-content/uploads/file/instrukciya\\_ekoplastik.pdf](https://wavin-ekoplastik.ru/wp-content/uploads/file/instrukciya_ekoplastik.pdf). – Дата доступа : 14.06.2021.

Поступила 19.06.2021

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE SPECIFIED STANDARD VALUES OF WATER CONSUMPTION IN HOT WATER SUPPLY SYSTEMS ON THE DESIGN AND OPERATIONAL PARAMETERS OF THE SUPPLY PIPELINES

A. NIYAKOVSKI, V. YAKAULEVA, E. DOROFEEV, A. NIYAKOVSKI

*The data on the actual consumption of water for the needs of hot water supply in multi-apartment residential buildings were collected and analyzed. It is established that the actual water consumption for these purposes is significantly lower than the standard values specified in the current regulatory legal acts. For the various selected variants*

*of the standard values of water consumption, a hydraulic calculation of the supply pipelines of the hot water supply system of an apartment building was performed, and the material characteristics and pressure losses for each variant of the standard water consumption were determined. It is shown that with the growth of the specified values of standard costs, the material characteristic of the network increases, and the pressure losses in it decrease. The limits and nature of these changes are determined.*

**Keywords:** hot water supply systems, hydraulic calculation, calculation method, material characteristics of the pipeline network, regulatory indicators.