

УДК 628.1

Л. Г. ЗАЙЧЕНКО, Ф. Н. ХАПЧУК, М. И. ПИСНЫЙ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА НОРМ
ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЕМ ПРИ ОТСУТСТВИИ
ВОДОСЧЁТЧИКОВ**

Аннотация. Рассмотрены существующие методики определения норм водопотребления, разработанные различными научно-исследовательскими институтами и организациями, показаны их преимущества и недостатки. Выполнен анализ существующего водопотребления для населения города Донецка, в основе использованы данные реализации воды абонентам без водомеров за пять лет. Выявлен рост водопотребления в 2017 году и неравномерность распределения сравнительно в зимние и летние периоды. На основании полученных результатов определены значения среднего и максимального удельного водопотребления населением за пять лет. Представлены разработки программы расчёта нормативов питьевого водоснабжения для населения.

Ключевые слова: удельное водопотребление, жилищный фонд, методики определения, нормы водопотребления.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблема нерационального использования питьевой воды при одновременном дефиците источников водоснабжения представляет очень важную народнохозяйственную задачу, в связи с чем в населенных пунктах вынуждены корректировать нормы водопотребления до приемлемого обоснованного предела.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Коллективом сотрудников кафедры «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры ведутся работы по составлению методик определения норм водопотребления населением городов. Были изучены существующие методики, рассмотрены их преимущества и недостатки [1, 2]. Так, преимуществом модели, разработанной совместно НИИ санитарной техники, ЦНИИЭП инженерного оборудования, МосжилНИИпроектом и МГСУ им. В. В. Куйбышева, является её универсальность, она учитывает большое количество факторов, позволяет выделить составляющие процесса водопотребления, в том числе и потери воды. К недостаткам следует отнести использование осреднённого давления на вводе в здание, а также сложность использования модели из-за большого математического аппарата.

Преимуществом методики, разработанной в МосводоканалНИИпроекте, является её универсальность, использование небольшого количества исходных параметров и простота исполнения. Недостатком модели является то, что удельный средний расход за год (основной параметр) включает значительные потери воды, которые невозможно отделить от полезного расхода. Поэтому её можно использовать только для описания сложившегося водопотребления. Оценить новые технические решения по экономии воды с её помощью невозможно.

Преимуществом модели, разработанной НИИ КВОВ АКХ, является выделение и оценка полезных расходов и потерь, оценка эффективности и качества эксплуатации систем и проектных решений. К недостаткам следует отнести невысокую точность определения расходов и невозможность применения её к зданиям разных видов благоустройства.

Положительные стороны «Методики определения нормативов питьевого водоснабжения населения» Госжилкоммунахоса Украины состоят в том, что расчёты опираются на результаты выборочных измерений расходов воды в зданиях, размещённых в разных частях города и с разным удалением от водопроводных насосных станций. Измерения проводятся только после устранения всех утечек в зданиях. Недостатки состоят в том, что нормы водопотребления не учитывают реальные утечки воды.

Целью работы является разработка математических программ, позволяющих выполнить расчёт научно обоснованных норм питьевого водоснабжения населения без водосчётчиков.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Выполнен анализ существующего водопотребления для населения города Донецка, в основе которого использованы данные реализации воды абонентам без водомеров за последние пять лет. Обработка полученного массива данных для каждого вида благоустройства жилья осуществлялась с помощью методов математической статистики [3]. Удельная норма водопотребления потребителем, л/чел сут, рассчитывается по формуле [4, 5]:

$$q = \frac{Q \cdot 10^6}{N \cdot m}, \quad (1)$$

где Q – затраты воды, реализованной для данного типа благоустройства, тыс. м³;
 N – количество потребителей, которые относятся к данной степени благоустройства;
 m – количество дней в месяце.

Целью обработки данных было отсеивание аномальных значений, проверка полученных значений удельного водопотребления на нормальность распределения. Отсев аномальных значений производится с помощью правила трёх сигм, по которому разброс случайных величин от среднего значения не превышает:

$$q_{\max} = \bar{q} + 3\sigma_q, \quad (2)$$

$$q_{\min} = \bar{q} - 3\sigma_q. \quad (3)$$

Проверка гипотезы нормальности распределения затрат воды выполнялась с помощью метода, который учитывает среднее абсолютное отклонение (САО), которое определяется по формуле

$$CAO = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n}. \quad (4)$$

Был разработан и выполнен расчёт в программе Excel (табл.).

В ходе исследования была изучена неравномерность распределения водопотребления в течение пяти лет (рис. 1).

В ходе изучения диаграмм выявлен рост водопотребления в 2017 году и неравномерность распределения сравнительно в зимние и летние периоды. На основании полученных результатов определены значения среднего и максимального удельного водопотребления населением за пять лет. Выполнена проверка рассчитанной нормы водопотребления на нормальность распределения [6] (рис. 2).

Шаг выборки рассчитывается по формуле:

$$x_n = \frac{x_{\max} + 0,1 - x_{\min}}{16}, \quad (5)$$

где x_n – шаг выборки;
 x_{\max} – максимальное значение в исходных данных;
 $0,1$ – поправочный коэффициент;
 x_{\min} – минимальное значение в исходных данных;
 16 – желаемое количество отметок разбиения – за первый шаг принимаем значение:

$$x_1 = x_{\min} + 0,1, \quad (6)$$

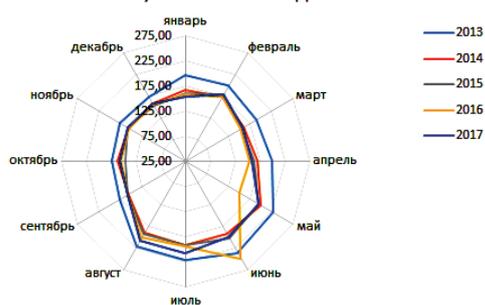
последующие значения:

$$x_i + x_n. \quad (7)$$

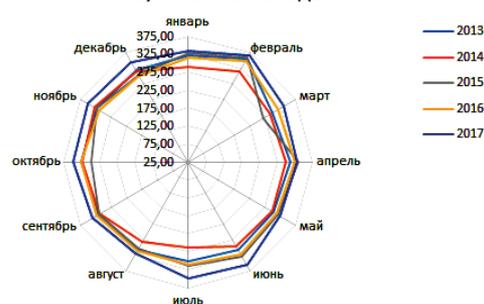
Таблица – Результаты статистической обработки удельного водопотребления населением для каждого вида благоустройства

Статистические показатели	170	375
Среднее значение удельного водопотребления, л/чел-сут.	177,86	318,27
Дисперсия выборки	586,56	433,19
Среднеквадратичное отклонение	24,22	20,81
Минимальное значение удельного водопотребления выборки, л/чел-сут.	146,59	264,53
Максимальное значение удельного водопотребления выборки, л/чел-сут.	248,65	367,99
Отсев аномальных значений (значения выборки могут быть в пределах от q_{\min} до q_{\max})		
Минимальное значение q_{\min}	105,2	255,8
Максимальное значение q_{\max}	250,5	380,7
Уточнённые статистические показатели после отсева аномальных значений		
Среднее значение удельного водопотребления, л/чел-сут	177,9	318,3
Дисперсия выборки	586,56	433,19
Среднеквадратичное отклонение	24,22	20,81
Проверка нормальности распределения		
Среднее абсолютное отклонение (САО)	20,478	15,572
Параметр $ САО/\sigma_q - 0,7979 $	0,048	0,050
Параметр $0,4/\sqrt{n}$	0,052	0,052

Неравномерность водопотребления для нормы 375 л/чел.в сутки в течение года



Неравномерность водопотребления для нормы 375 л/чел.в сутки в течение года

**Рисунок 1** – Лепестковая диаграмма неравномерности распределения.

В завершение расчёта производится проверка на нормальность распределения хи-квадрат (критерий согласия) при помощи команды ХИ2.ТЕСТ и производится построение графика распределения частот (рис. 3). Дифференциальное распределение подчиняется нормальному закону, что свидетельствует о смещении наиболее вероятных величин удельного водопотребления к минимальным значениям.

ВЫВОДЫ

Установлено, что все методики расчёта нормы водопотребления базируются на показаниях данных за продолжительный промежуток времени и, как правило, отличаются между собой наличием проверки правильности определённой нормы водопотребления и разными методиками её выполнения. В результате изучения существующих методик было разработано две математические программы в Excel, позволяющие выполнить расчёт научно обоснованных норм питьевого водоснабжения населения без водосчетчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Исаев, В. Н. Анализ методик определения расходов во внутреннем водопроводе [Электронный ресурс] / В. Н. Исаев, М. Г. Мхитарян // Сантехника. – 2003. – № 5. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2234.
- Демин, А. П. Динамика потребления воды населением России [Текст] / А. П. Демин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 12. – С. 9.
- Маслак, В. Н. Методическое пособие по проведению учёта и нормирования потерь воды [Текст] / В. Н. Маслак, Н. Г. Насонкина. – Донецк : [б. и.], 2007. – 38 с.

Расчетная часть										
шаг выборки	6,381	количество шагов		Потребле ние л/чел/сут	Абсолют ные частоты	Относитель ные частоты	Накоплен ные частоты	Теоретиче ские частности	Теоретиче ские частоты	
		<=	146,600							
		146,600	1	152,981	146,60	1	0,017	0,017	0,007	0,430
		152,981	2	159,363	152,98	3	0,050	0,067	0,010	0,583
		159,363	3	165,744	159,36	17	0,283	0,350	0,012	0,738
		165,744	4	172,125	165,74	6	0,100	0,450	0,015	0,872
		172,125	5	178,506	172,13	4	0,067	0,517	0,016	0,961
		178,506	6	184,888	178,51	5	0,083	0,600	0,016	0,988
		184,888	7	191,269	184,89	1	0,017	0,617	0,016	0,948
Проверка результатов расчета		191,269	8	197,650	191,27	2	0,033	0,650	0,014	0,848
		197,650	9	204,031	197,65	8	0,133	0,783	0,012	0,708
ХИ ² >=0,95		204,031	10	210,413	204,03	6	0,100	0,883	0,009	0,551
Стандартное отклонение достоверно		210,413	11	216,794	210,41	2	0,033	0,917	0,007	0,401
		216,794	12	223,175	216,79	0	0,000	0,917	0,005	0,272
		223,175	13	229,556	223,18	2	0,033	0,950	0,003	0,172
		229,556	14	235,938	229,56	1	0,017	0,967	0,002	0,101
		235,938	15	242,319	235,94	1	0,017	0,983	0,001	0,056
		242,319	16	248,700	242,32	0	0,000	0,983	0,000	0,029
					248,70	1	0,017	1,000	0,000	0,014
					Колличес т	60		Критерий согласия		0,975

Рисунок 2 – Результаты расчёта нормальности распределения частот в Excel.



Рисунок 3 – Гистограмма и график дифференциального распределения удельных расходов воды.

4. Зайченко, Л. Г. Обоснование норм водопотребления в частном секторе [Текст] / Л. Г. Зайченко, Д. В. Заворотный // Актуальные научно-технические и экологические проблемы среды обитания : сб. научных статей БГТУ Межд. науч.-практ. конф. г. Брест / Мин-во образования республики Беларусь. – Брест : [б. и.], 2013. – С. 42–46.
5. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] / В. Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2004. – 404 с.
6. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчёта статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение [Текст]. – Введ. 2004-01-12. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 44 с.

Получено 16.05.2018

Л. Г. ЗАЙЧЕНКО, Ф. М. ХАПЧУК, М. І. ПІСНИЙ
 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НОРМ
 ВОДОСПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕННЯМ ПРИ ВІДСУТНОСТІ
 ВОДОЛІЧИЛЬНИКІВ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Розглянуто існуючі методики визначення норм водоспоживання, розроблені різними науково-дослідними інститутами і організаціями, показано їх переваги та недоліки. Виконано аналіз існуючого водоспоживання для населення міста Донецька, в основі використані дані реалізації води абонентам без водомірів за п'ять років. Виявлено зростання водоспоживання в 2017 році і нерівномірність розподілу порівняно в зимові і літні періоди. На підставі отриманих результатів визначено значення

середнього і максимального питомого водоспоживання населенням за п'ять років. Представлено розробки програми розрахунку нормативів питного водопостачання для населення.

Ключові слова: питоме водоспоживання, житловий фонд, методики визначення, норми водоспоживання.

LYUDMILA ZAICHENKO, FEDOR KHAPCHUK, MIKHAIL PISNY
IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR CALCULATION OF WATER
CONSUMPTION NORMS POPULATION IN THE ABSENCE OF WATER
METERS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Existing methods for determining water use standards developed by various research institutes and organizations are considered, their advantages and disadvantages are shown. The analysis of the existing water consumption for the population of the city of Donetsk is carried out, the data of water sales to subscribers without water meters for five years are used. The increase in water consumption in 2017 and the uneven distribution in winter and summer periods are revealed. Based on the results obtained, the values of average and maximum specific water consumption by the population for five years were determined. The development of a program for the calculation of drinking water supply standards for the population is presented.

Key words: specific water consumption, housing stock, methods of determination, norms of water consumption.

Зайченко Людмила Геннадієвна – кандидат технічних наук, доцент кафедри водоснабження, водоотведення і охорони водних ресурсів ГОУ ВПО «Донбасська національна академія строительства и архитектуры». Научні інтереси: розробка нормативів потреблення питтєвої води.

Хапчук Федор Николаевич – магістрант ГОУ ВПО «Донбасська національна академія строительства и архитектуры». Научні інтереси: розробка нормативів потреблення питтєвої води, математическа обробка результатів експериментів.

Писний Михаил Игоревич – магістрант ГОУ ВПО «Донбасська національна академія строительства и архитектуры». Научні інтереси: розробка нормативів потреблення питтєвої води.

Зайченко Людмила Геннадієвна – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та охорони водних ресурсів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка нормативів споживання питної води.

Хапчук Федір Миколайович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка нормативів споживання питної води, математичне оброблення результатів експериментів.

Пісний Михайло Ігорович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розробка нормативів споживання питної води.

Zaichenko Lyudmila – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Water Supply, Sanitation and Water Conservation Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of standards for drinking water consumption.

Khapchuk Fedor – Master's degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of standards for drinking water consumption, mathematical processing of experimental results.

Pisny Mikhail – Master's degree student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of standards for drinking water consumption.