

Моделирование ресурсопотребления в процессе развития зон жилищной застройки

Е. В. Куц, С. Ю. Кадокова, А. А. Андреевко, Т. Р. Шарипов

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Недостаточность водных ресурсов определяет проблему их нормирования. Существующие нормативы водопотребления предусматривают широкий разброс значений суточных расходов. При этом не учитываются возможные мероприятия по экономии воды, предусмотренные в частности концепцией зданий с нулевым балансом водопотребления. Кроме того, в технических заданиях на проектирование систем водоснабжения закладывается по экономическим причинам наименьшее из возможного количества жителей. Фактическое же заселение может превышать плановое в несколько раз, что требует в дальнейшем вложения дополнительных средств уже в реконструкцию только что построенной сети. Задачей исследования является разработка аналитической модели водопотребления, анализ которой позволяет оценить динамику изменения удельного расхода воды при переменной численности населения.

Ключевые слова: удельное водопотребление, кривые «безразличия», нормы замещения ресурса, предельное водопотребление.

Недостаточность водных ресурсов, постоянное повышение энергоемкости водоподготовки, очистки сточных вод, трубопроводного транспортирования ставит неизменный вопрос о нормативах водопотребления, в частности населением городов и поселков. Соответствующие часовые и суточные расходы на одного потребителя определялись в нашей стране сначала строительными нормами и правилами, а затем сводами правил проектирования систем водоснабжения и водоотведения и составляли, например, величины от 150 до 300 л/сут на человека. Это количество воды необходимо для использования в качестве продукта питания (прямо либо опосредованно) и для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Вместе с тем забор воды из водного источника не должен нарушать его экологического (геологического) равновесия. Профессор В. И. Исаев [1] отмечает необходимость учета при организации системы управления водоснабжением непроизводительных

расходов, утечек и сливов воды, которые экспоненциально увеличиваются, пропорциональны сетевому давлению и сроку эксплуатации системы. Так при увеличении возраста сети с 5 до 15 лет удельные эксплуатационные расходы за счет потерь могут достигать 400 л/сут×чел. В НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды предполагают, что удельное водопотребление интенсивно возрастает в начальный расчетный период, затем проходя точку перегиба (в условный четвертый год из девяти) асимптотически приближается к значению 300 л/сут×чел. [2]. Вместе с тем, специалист из СПбГАСУ В. А. Пухкал предостерегает в своей работе [3] о том, что удельные расходы воды, регламентированные сводами правил, значительно отличаются от фактических и предлагает их определять аналитическим способом. Сторонником вычисления расчетных расходов холодной и горячей воды с помощью формул является и О. Д. Самарин из МГСУ [4]. Топ-менеджер «Мосводоканала» оценивает удельное водопотребление в столице в 270 л/сут×чел. [5], причем эта цифра меньше значений за 1995 год на одну треть (33,1%). Резервы сокращения расходов воды автор видит в совершенствовании системы учета объемов водопользования, снижению утечек в наружных сетях и в водоразборной арматуре.

В последнее время широко обсуждается концепция зданий с нулевым балансом водопотребления – *NZWB (Net-Zero Water Building)* [6, 7]. Предполагается, что здание использует дождевые и дренажные воды, а очищенные сточные воды – в качестве непитьевой воды. За счет этого экономия воды ожидается в пределах 50-70% с сопутствующим сокращением энергопотребления и выбросов парниковых газов [8, 9]. Другими словами, существующие источники водоснабжения и коммунальные структуры способны обеспечить водопотребление большего количества жителей. В этой

связи определена основная задача, решаемая данной работой: разработка метода оценки водопользования при различных параметрах потребления.

Методологической основой исследования является графо-математическое моделирование процесса потребления воды при различных условиях ее обеспеченности. Выражение, определяющее суточный расход воды в населенном пункте или его районе достаточно простое и имеет вид функции $y=f(x_1, x_2)$, где y – это расход ресурса Q ($\text{м}^3/\text{сут}$); x_1 – количество потребителей (жильцов) N ; x_2 – удельное водопотребление q ($\text{м}^3/\text{сут}\times\text{чел.}$). Очевидно, что существуют такие парные наборы численности населения и его норм водопользования, которые соответствуют определенному значению суточной потребности в воде. Такие данные образуют так называемое поле кривых безразличия (*indifference curves*), описанных, например, в экономической литературе [10, 11]. С технической точки зрения кривые безразличия являются геометрическим местом точек (пространства расходов ресурсов), характеризующихся состоянием безразличия со стороны поставщика этого ресурса. Например, одинаковое теплотребление здания может быть обеспечено различными сочетаниями видов ограждающих и светопрозрачных конструкций, имеющих определенные теплозащитные свойства, что было показано в [12-14]. На рис. 1 представлено объединение точек, каждая из которых представляет собой наборы величин численности населения « N » и его удельного водопотребления « q », который соответствует определенному значению суточной потребности в воде « Q ». Если имеем количество потребителей N_a с удельным расходом q_a и количество потребителей $N_b > N_a$, но с $q_a > q_b$, то с точки зрения водоснабжающей организации они равнозначны по своим суточным расходам Q_1 . Кривые безразличия имеют следующие свойства: более высокое водопотребление характеризуется их размещением на поле координат все более выше и правее. Более высокое водопотребление достигается либо увеличением числа

жителей, либо увеличением их потребности в использовании водных ресурсов. Пример использования такого подхода показан в [15].

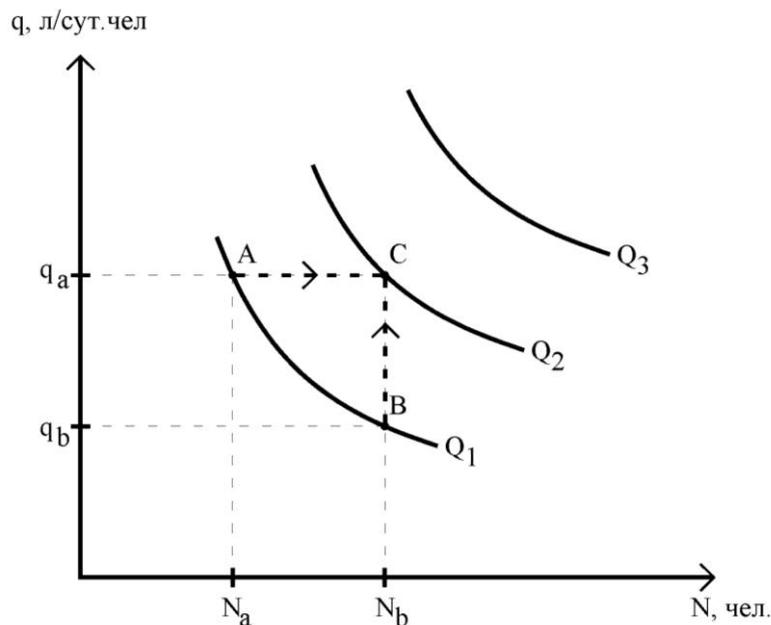


Рис.1. – Суточные расходы воды

Рассмотрим вопрос о замещении одного аргумента другим, для получения одинакового значения функции, рис.2. В экономике – это замена одного товара другим для удовлетворения определенной потребности, например, замена пирога бананом для утоления незначительного голода.

Предположим, что первоначально население N_a использовало на человеке q_a воды в сутки. Количество проживающих на этой территории увеличилось до N_b . При этом мощности системы водоснабжения Q остались прежними. Чтобы не заниматься реконструкцией инженерной сети проще сократить удельное водопотребление до q_b , например, путем установки квартирных узлов учета расхода воды. В результате точка « B » будет располагаться на той же линии, что и изначальная точка « A ».

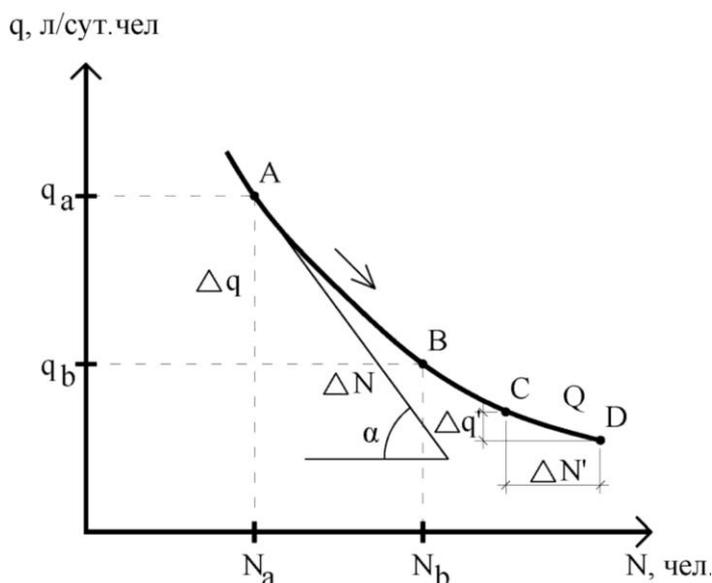


Рис.2. – Предельные нормы замещения аргументов

Введем понятие нормы «замены» (H_3), т.е. тот уровень суточного водопотребления человеком, который он согласен «отдать» вновь прибывшим жителям района или города, исходя из возможности хотя бы сохранить общий расход воды. Из рисунка 2 видно, что $H_3 = -\Delta q / \Delta N$, а $H_3' = -\Delta q' / \Delta N'$, причем $N_3 > N_3'$. Знак «минус» показывает изменение Δq и ΔN в разных направлениях. С увеличением количества жителей постоянно проживающие готовы все меньше и меньше отдавать долю «своей нормы» вновь прибывшим. При приближении точки «B» к точке «A» (точки «D» к точке «C») мы получаем так называемую предельную норму «замены» $ПН_3 = \lim_{\Delta N \rightarrow 0} (-\Delta q / \Delta N) = -\frac{dq}{dN}$. ПНЗ – есть угловой коэффициент наклона касательной к кривой безразличия, например, в точке «A», физический смысл которого будет пояснен далее.

На основании вышеизложенного построено графоаналитическая модель водопотребления местности с числом жителей от 1000 чел. до 14000 чел. с градацией удельного расхода воды на одного человека от 100 до 500 л/сут (см. табл.1 и рис.3).

Таблица №1

Расходы воды на 1 чел. q , л/сут.

| N , тыс. чел. \ Q , м ³ /сут | 125 | 300 | 400 | 1000 | 2000 | 4000 | 6000 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 125,0 | 300,0 | 400,0 | - | - | - | - |
| 2 | 62,5 | 150,0 | 200,0 | 500,0 | - | - | - |
| 3 | 41,6 | 100,0 | 133,3 | 333,3 | - | - | - |
| 4 | 31,3 | 75,0 | 100,0 | 250,0 | 500,0 | - | - |
| 5 | - | 60,0 | 80,0 | 200,0 | 400,0 | - | - |
| 6 | - | - | 66,7 | 166,7 | 333,3 | - | - |
| 8 | - | - | - | 125,0 | 250,0 | 500,0 | - |
| 10 | - | - | - | 100,0 | 200,0 | 400,0 | - |
| 12 | - | - | - | - | - | 285,7 | 500,0 |
| 14 | - | - | - | - | - | - | 428,6 |

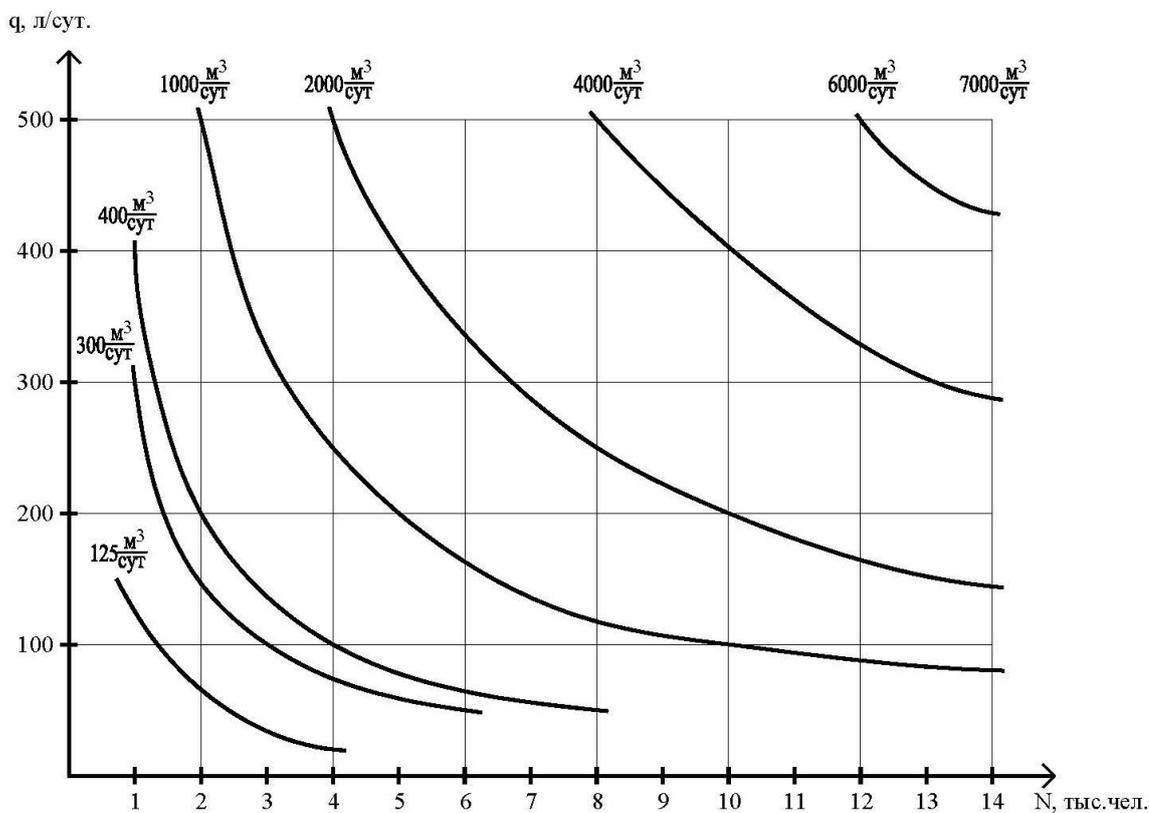


Рис.3. – График зависимости $Q=f(N, q)$

Рассмотрим пример благоустроенного поселка с высокой нормой водопотребления, например, в 500 л/сут×чел. Системы водоснабжения и водоотведения рассчитываются на определенное число жителей, если же население увеличивается, например, на 1000 человек, тогда придется норму водопотребления снижать до 350-450 л/сут×чел. Последующее увеличение потребителей дает уже уменьшение норм до 150-200 л/сут×чел., а до 10000 чел. – 200 л/сут×чел.; до 12000 чел – 180 л/сут×чел., что впрочем вполне соответствует действующим нормативам, но плавание в бассейнах, активная поливка зеленых насаждений становится проблематичным без реконструкции инженерных сетей и очистных сооружений или без проведения ресурсосберегающих мероприятий. К последним относятся, в первую очередь, сбор и использование дождевых вод, техническая информация об этом рассматривается, например, в [16-18].

Анализ графической модели (рис.3) позволяет сделать качественные выводы об ожидаемой величине водопотребления. Осуществим этот анализ на конкретном примере. В таблицах 2, 3, 4 приведены расчеты убывания норм водопотребления при изначальной проектной мощности систем водоснабжения в 1000; 2000; 4000 м³/сут. На рис.4 представлены графики изменения удельных расходов при увеличении народонаселения, например, за счет мигрантов.

Такая демонстрационная модель позволяет предсказать ожидаемую потребность в водных ресурсах и, главное, определить тот критический порог, за которым необходимо спланировать капитальные затраты на реконструкцию систем водоснабжения и водоотведения.

Проведем анализ полученных данных. Пусть запланирован благоустроенный поселок на 4 тыс. человек, которые будут работать на вновь строящемся промышленном (или другого назначения) предприятии из расчета 250 л/сут. (холодной и горячей) воды на одного жителя.

Соответственно мощность систем водоснабжения (водозаборы, очистные сооружения, трубопроводы) рассчитаны на суточный объем в 1000 м³.

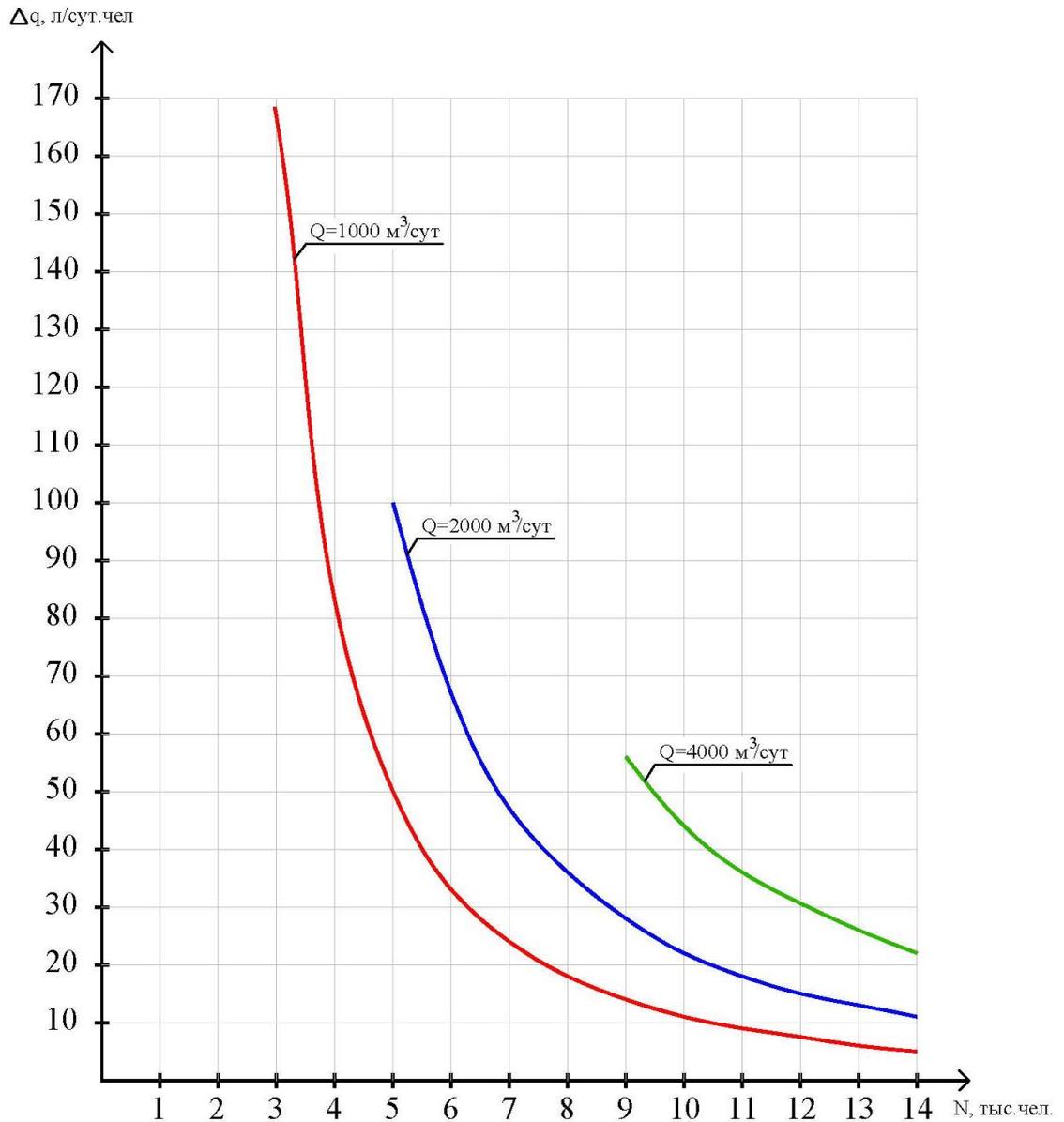


Рис.4. – Динамика убывания норм водопотребления

Таблица №3

Расчет убывания нормы водопотребления (мощность системы водоснабжения $Q=2000$ м³/сут.)

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N , чел. | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 | 11000 | 12000 | 13000 | 14000 |
| q , л/сут.чел. | 500 | 400 | 333 | 286 | 250 | 222 | 200 | 182 | 167 | 154 | 143 |
| Δq , л/сут.чел. | - | 100 | 67 | 47 | 36 | 28 | 22 | 18 | 15 | 13 | 11 |

Таблица №4

Расчет убывания нормы водопотребления (мощность системы водоснабжения $Q=4000$ м³/сут.)

| | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| N , чел. | 8000 | 9000 | 10000 | 11000 | 12000 | 13000 | 14000 |
| q , л/сут.чел. | 500 | 444 | 400 | 364 | 333 | 307 | 285 |
| Δq , л/сут.чел. | - | 56 | 44 | 36 | 31 | 26 | 22 |

Вышеприведенные данные показывают, что неполное заселение, например, в 3 тыс. человек, позволяет им пользоваться водой с нормативом в 333 л/сут×чел., что обеспечит и полив, и использование проточных бассейнов. Снижать же величину $Q=1000$ м³/сут нежелательно, т.к. системы

водоотведения должны обеспечивать самоочищающую скорость в трубопроводах канализации.

С другой стороны, может оказаться, что вновь прибывших будет гораздо больше. Означает ли это то, что необходимо срочно вкладываться в сооружение новых коммунальных систем. Пусть приедут 6 тыс. чел., тогда их удельное водопотребление снизится до 167 л/сут×чел., что вполне приемлемо по действующим нормативам. Даже цифра 125 л/сут×чел. (8 тыс. жителей) устраивает потребителей при решении вопроса с приготовлением горячей воды (газовые колонки или электрические водонагреватели). Фактическое водопотребление в обыкновенном жилом доме с централизованным ГВС по многомесячным данным оценивается в 161 л/сут. на одного жителя [19]. Пусть народонаселение прибавляется вплоть до 14 тыс. человек. Из табличных данных и из графиков видно, что каждое увеличение количества потребителей на 1000 человек снижает общие водопотребительские возможности все меньше и меньше, наиболее «безболезненный» спад наблюдался до отметки в 8 тыс. жителей. Вышеприведенные качественные рассуждения уже могут дать основу для технического задания на проектирование систем водоснабжения и водоотведения.

Для количественного анализа аппроксимируем поле кривых функций вида $y = x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2}$, где x_1 и x_2 – относительные величины.

Положим $a_1=a_2=0,5$ и рассмотрим выражение:

$$\bar{Q} = \bar{q}^{0,5} \cdot \bar{N}^{0,5}, \quad (1)$$

где \bar{Q} – относительная величина суточного водопотребления района города (населенного пункта); $\bar{q}=q/250$ – относительная норма удельного

водопотребления (250 л/сут – условная середина шкалы); $\bar{N}=N/8,0$ – относительное число жителей (8,0 тыс. – условная середина шкалы).

Подставим в (1) значения \bar{q} и \bar{N} , получим $\bar{Q}=(Q/2000)^{0,5}$. График зависимости $\bar{Q}=f(\bar{q}, \bar{N})$ представлен на рис.5.

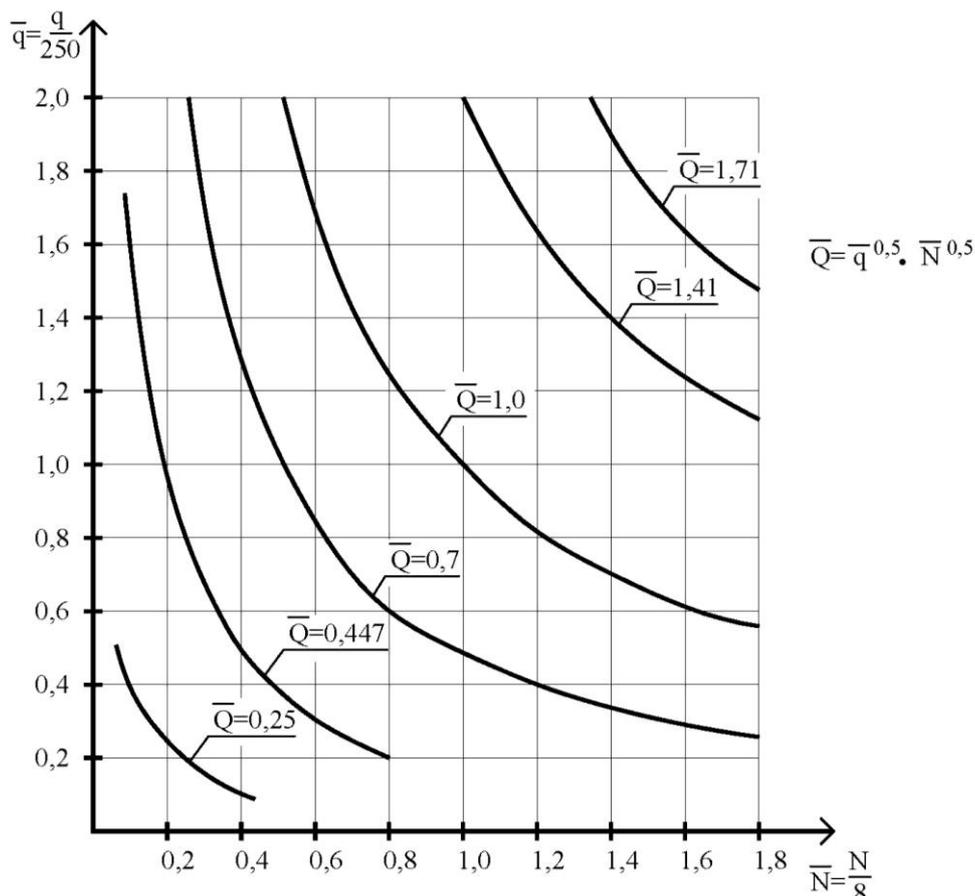


Рис.5. – График зависимости $\bar{Q}=f(\bar{q}, \bar{N})$

Разделим правую и левую часть (1) на \bar{N} , тогда получаем среднюю норму водопотребления:

$$\frac{\bar{Q}}{\bar{N}} = \bar{q}^{0,5} \cdot \bar{N}^{-0,5} = \left(\frac{\bar{q}}{\bar{N}}\right)^{0,5}. \quad (2)$$

Выражение (2) показывает, что с увеличением числа потребителей величина \bar{Q}/\bar{N} уменьшается (при фиксированном \bar{q}). Пусть $\bar{q}=q/250$, $\bar{N}=N/8,0$, тогда:

$$\frac{\bar{Q}}{\bar{N}} = \left(\frac{q \cdot 8,0}{250 \cdot N} \right)^{0,5} = 0,18 \left(\frac{q}{N} \right)^{0,5}. \quad (2')$$

Назначая q равным 200; 150; 100 л/сут×чел. можно получить соответствующие сомножители 0,2; 0,23; 0,28 в выражение (2'). Принимаем к рассмотрению расход 150 л/сут×чел. как наиболее приближенный к реальным расходам холодной и горячей воды в многоквартирных домах. Вычисляем величину \bar{Q}/\bar{N} , которая по своей размерности [1/чел^{0,5}] является коэффициентом, показывающим во сколько раз удельный суточный расход воды будет меньше или больше заданного в зависимости от количества потребителей. Значения \bar{Q}/\bar{N} необходимо возвести в квадрат для получения корректной по физической сущности размерности [1/чел].

Расчетные данные приведены в таблице 5, а график $\bar{Q}/\bar{N}=f(N)$ показан на рис.6.

Таблица № 5

Расчет \bar{Q}/\bar{N} при $q=150$ л/сут.чел.

| | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| \bar{Q}/\bar{N} | 1,99 | 1,41 | 1,15 | 1,0 | 0,81 | 0,7 | 0,63 |
| ожидаемый q , л/сут×чел. | 594,0 (600,0) | 298,0 (300,0) | 198,0 (200,0) | 150,0 (150,0) | 98,4 (100,0) | 73,5 (75,0) | 59,5 (60,0) |

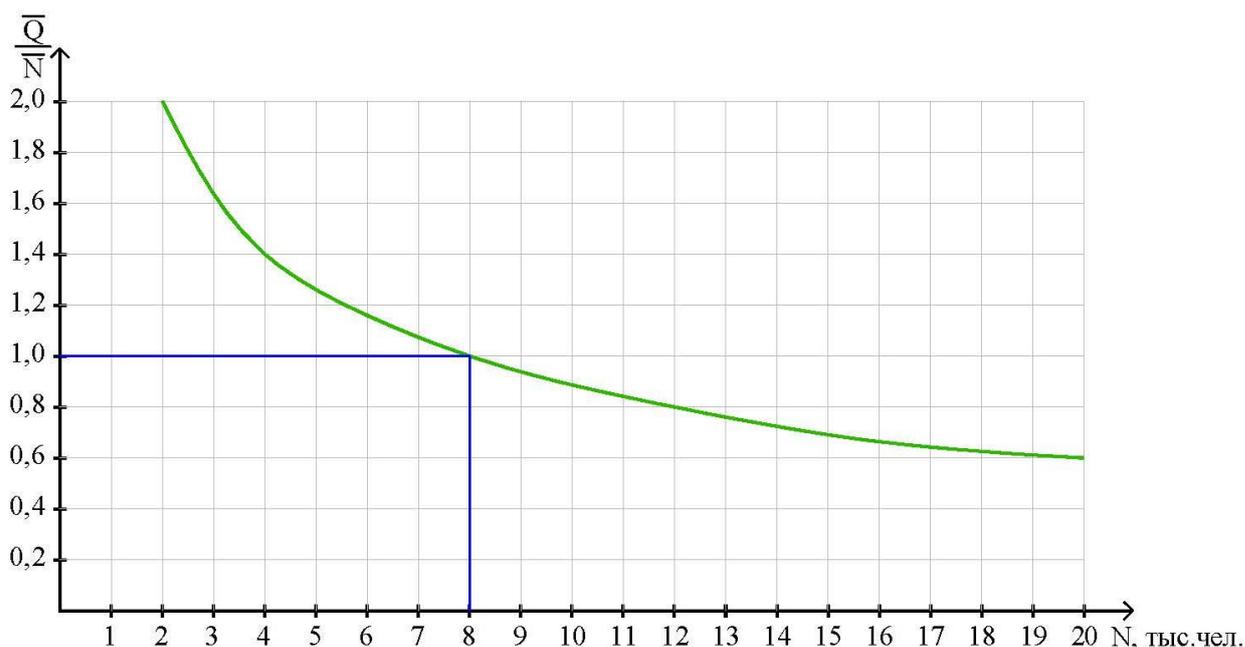


Рис.6 – График зависимости $\bar{Q}/\bar{N}=f(N)$

Полученные значения позволяют говорить о том, что данные соотношения адекватны при любом удельном водопотреблении и позволяют прогнозировать расход воды в случае незапланированного увеличения числа потребителей. Для примера проверим данные, ранее приведенные в таблице 2. Пусть количество потребителей возрастет от 8000 до 12000 человек. Тогда, используя значение \bar{Q}/\bar{N} из таблицы 5 получаем ожидаемый удельный расход $125 \cdot 0,81^2 = 82$ л/сут \times чел.; для таблицы 3: $250 \cdot 0,81^2 = 164$ л/сут \times чел.; для таблицы 4: $500 \cdot 0,81^2 = 328$ л/сут \times чел., что практически совпадает с ранее полученными значениями.

Количество убывающих единиц водопотребления, вызванного приростом дополнительных жителей (предельное водопотребление), будет равно:

$$\frac{\partial \bar{Q}}{\partial \bar{N}} = 0,5 \cdot \bar{N}^{-0,5} \cdot \bar{q}^{0,5} = 0,5 \left(\frac{\bar{q}}{\bar{N}} \right)^{0,5}. \quad (3)$$

Сопоставим выражения (2) и (3):

$$\frac{\partial \bar{Q}}{\partial \bar{N}} = 0,5 \frac{\bar{Q}}{\bar{N}}. \quad (4)$$

Выражение (4) показывает, что для вычисления величины снижения удельной величины « q » при увеличении « N » необходимо умножить \bar{Q}/\bar{N} на коэффициент 0,5. Так, для вышеприведенного примера, соответственно $q=82 \cdot 0,5=41$ л/сут \times чел.; $164 \cdot 0,5=82$ л/сут \times чел.; $328 \cdot 0,5=164$ л/сут \times чел.

Таким образом:

1. Выбор мощности систем водоснабжения и водоотведения при разработке технической документации для населенных пунктов с вариативным количеством потребителей является актуальной технико-экономической задачей.

2. Для решения такой задачи произведено графоаналитическое моделирование процесса потребления воды при различных условиях ее обеспеченности.

3. Полученные расчетные и графические данные позволяют оценить динамику изменения удельного водопотребления при переменной численности населения.

Литература

1. Исаев В. И. Принципы и концепции управления водоснабжением в современных условиях // Сантехника. 2004. №4. С.16-19.

2. Железнова Г. Л. Прогнозирование удельного водопотребления населением крупных водохозяйственных регионов // Сантехника. 2008. №4. С.16-19.

3. Пухкал В. А. О нормах водопотребления на горячее водоснабжение жилых зданий // Инженерные системы. 2005. №2. С.49-50.

4. Самарин О. Д. Расчет расхода воды и коэффициента неравномерности ее потребления // Сантехника. 2009. №4. С.24-27.



5. Храменков С. В. 2008. Стратегия развития ресурсосберегающих технологий в МГУП «Мосводоканал» // Сантехника. 2008. №1. С.4-8.
 6. Табунщиков Ю. А., Бродач М. М., Шилкин Н. В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС. 2003. 200 с.
 7. Бродач М. М. Нулевой уровень водопотребления: миф или реальность? // Сантехника. 2021. №1. С.44-46.
 8. Joustra C., Yeh D. Framework for net-zero and net-positive building water cycle management // Building Research & Information. 2015. №43 (1). P.121-132.
 9. Novotny V. Water-energy nexus: retrofitting urban areas to achieve zero pollution // Building Research & Information. 2013. №41 (5). P.589-604.
 10. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь. М.: «Наука». 1987. 510 с.
 11. Гальперин В. М., Желтякова И. А., Игнатъев С. М., Моргунов В. И. Цены и ценообразование в рыночной экономике. Теория цены / под ред. В. М. Гальперина и В. Е. Есипова. СПб. Изд-во. СПб УЭФ. 1992. 233 с.
 12. Стахов А. Е., Андреевко А. А. Экономическая оценка конструктивных решений тепловой защиты зданий // АВОК. 2018. №4. С.42-45.
 13. Кадокова С. Ю., Стахов А. Е., Фролькис В. А., Андреевко А. А. Экономико-математический анализ тепловой защиты здания / Вестник гражданских инженеров. СПбГАСУ. 2019. №3. С.107-112.
 14. Куц Е. В., Кадокова С. Ю., Андреевко А. А. Метод повышения технико-экономической эффективности инвестиционного энергосберегающего проекта // Инженерный вестник Дона, 2021. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6980
-

15. Куц Е. В., Кадокова С. Ю., Андрееенко А.А. Оптимизационное моделирование энергосберегающего проекта // Инженерный вестник Дона, 2021. №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7358

16. Andres-Domenech I., Hernandez-Crespo C. Characterization of wash-off from urban impervious surfaces and SuDS design criteria for source control under semi-arid conditions // Science of The Total Environment. 2018. №612. P.1320-1328.

17. Mun, J. S. and Han M. Y. Design and operational parameters of a rooftop rainwater harvesting system: definition, sensitivity and verification // Journal of Environmental Management. 2012. №93, P.147-153.

18. Rahman A., Keane J., Imteaz M. Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits // Resources Conservation and Recycling. 2012. №61. P.16-21.

19. Андрееенко А. А., Шарипов Т. Р. О фактическом режиме водопотребления в многоквартирном жилом доме // Инженерные системы и городское хозяйство: материалы III Региональной научно-практической конференции – магистерские слушания [15-19 марта 2021 года]; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2021. С.8-16.

References

1. Isaev V. I. Santehnika. 2004. №4. pp.16-19.
 2. Zheleznova G. L. Santehnika. 2008. №4. pp.16-19.
 3. Puhkal V. A. Inzhenernye sistemy. 2005. №2. pp.49-50.
 4. Samarin O. D. Santehnika. 2009. №4. pp.24-27.
 5. Hramenkov S. V. Santehnika. 2008. №1. pp.4-8.
 6. Tabunshhikov Ju. A., Brodach M. M., Shilkin N. V. Jenergojeffektivnye zdanija [Energy efficient buildings]. M.: AVOK-PRESS. 2003. 200 p.
 7. Brodach M. M. Santehnika. 2021. №1. pp.44-46.
-

8. Joustra C., Yeh D. Building Research & Information. 2015. №43 (1). pp.121-132.
9. Novotny V. Building Research & Information. 2013. №41 (5). pp.589-604.
10. Lopatnikov L. I. Jekonomiko-matematicheskij slovar' [Economic and Mathematical Dictionary]. M.: «Nauka». 1987. 510 p.
11. Gal`perin V. M., Zheltyakova I. A., Ignat`ev S. M., Morgunov V. I. Ceny` i cenoobrazovanie v ry`nochnoj e`konomike. Teoriya ceny` [Prices and pricing in a market economy. Price theory]. Pod red. V. M. Gal`perina, V. V. Esipova. SPb.: Izd-vo SPb UE`F. 1992. 233 p.
12. Stahov A. E., Andreenko A. A. AVOK. 2018. №4. pp.42-45.
13. Kadokova S. Ju., Stahov A. E., Frol'kis V. A., Andreenko A. A. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. SPbGASU. 2019. №3. pp.107-112.
14. Kuc E. V., Kadokova S. Ju., Andreenko A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021. №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6980/.
15. Kuc E. V., Kadokova S. Ju., Andreenko A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021. №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2021/7358/.
16. Andres-Domenech I., Hernandez-Crespo C. Science of The Total Environment. 2018. №612. pp.1320-1328.
17. Mun, J. S. and Han M. Y. Journal of Environmental Management. 2012. №93, pp.147-153.
18. Rahman A., Keane J., Imteaz M. Resources Conservation and Recycling. 2012. №61. pp.16-21.
19. Andreenko A. A., Sharipov T. R. Inzhenernye sistemy i gorodskoe hozjajstvo: materialy III Regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii - masterskie slushaniya [15-19 marta 2021 goda]; Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet (Engineering systems and urban economy: materials of the III Regional scientific and practical conference -



master's hearings [March 15-19, 2021]; St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering), Sankt-Peterburg, 2021. pp.8-16.