

А. К. СТРЕЛКОВ
П. А. ГОРШКАЛЕВ
М. Д. ЧЕРНОСВИТОВ

НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ, ИХ ИЗМЕНЕНИЕ И ВЛИЯНИЕ НА СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

WATER CONSUMPTION STANDARDS, THEIR CHANGES AND IMPACT
ON WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS

Проведен анализ изменения норм водопотребления (водоотведения), используемых при проектировании систем водоснабжения и водоотведения и расчете с потребителями на примере г. Самара. Описано влияние изменения водопотребления на системы водоснабжения и водоотведения. Дана оценка изменения скорости движения воды в самотечных трубопроводах при снижении расходов сточных вод. Показаны недостатки методики расчета безнапорных трубопроводов из полимерных материалов. Рассчитаны значения основных параметров потока воды в безнапорной канализационной сети при минимальной расчетной скорости и при дополнительном снижении расхода. Проведено сравнение результатов расчета скоростей и наполнения труб, выполненное по таблицам и по расчетным зависимостям.

Ключевые слова: водоснабжение, водоотведение, нормы водопотребления, гидравлический расчет безнапорных труб, гидравлика

Тенденция снижения удельного водопотребления прослеживается уже не первое десятилетие и получила отражение в статьях и нормативах проектирования и расчетов поставщиков с потребителями [1–3]. Цель данной статьи – проиллюстрировать изменения удельного водопотребления и соответствующие этим изменениям изменения работы систем водоснабжения и водоотведения.

Нормы проектирования

Хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах

Почти тридцать лет СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (с 01.01.1985) предполагал три степени благоустройства районов жилой застройки – без ванн, с ванными и местными водонагревателями либо с централизованным горячим водо-

An analysis of changes in the standards of water consumption (water disposal) used in the design of water supply and water disposal systems and calculation with consumers on the example of Samara is given. The impact of changes in water consumption on water supply and sewerage systems is described. An assessment of the change in the speed of water movement in gravity pipelines with a decrease in wastewater consumption is given. Disadvantages of the procedure for calculation of gravity pipelines made of polymer materials are shown. The values of the main parameters of the water flow in the free-flow sewage system at the minimum design speed and with an additional decrease in flow are calculated. A comparison of the results of calculating the speeds and filling of pipes made according to the tables and according to the calculated relationships is given.

Keywords: water supply, water disposal, water consumption rates, hydraulic calculation of free-flow pipes, hydraulics

снабжением и соответственно расходы: 120–160; 160–230; 230–350 л/сут на человека, а также нормы для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок – 30–50 л/сут на человека.

При введении СП 31.13330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» с 01.01.2013 снизилась норма при наличии централизованного горячего водоснабжения (ЦГВ) до 220–280 л/сут на человека или на 4–20 % (в среднем на 13,8 %).

Все изменения (снижения) в статье определены по отношению к изначальным значениям, приведенным в СНиП 2.04.02-84*.

Четвертое изменение к этому же СП с 22.07.2019 уменьшает число степеней благоустройства районов жилой застройки (убираются дома без ванн) и снижает нормы для домов с местными водонагревателями до 140–190 л/сут на человека или на 12,5–17,4 % (в среднем на 15,4 %); ЦГВ до 195–220 л/сут на человека или на 15,2–37,5 % (в среднем на 28,4 %).

Действующий СП 31.13330.2021 с 28.01.2022 снижает нормы для домов с местными водонагревателями до 140–180 л/сут на человека или на 12,5–21,7 % (в среднем на 17,9 %); ЦГВ до 165–180 л/сут на человека или на 28,3–48,6 % (в среднем на 40,5 %).

Следует отметить, что с 22.07.2019 из нормативного документа убрали требование принимать непосредственный отбор горячей воды из тепловой сети в среднем за сутки до 40 % общего расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и в час максимального водозабора – 55 % этого расхода для районов (микрорайонов), застроенных зданиями с централизованным горячим водоснабжением. Прекращение использования открытой системы горячего водоснабжения увеличивает нагрузку на систему водоснабжения.

Количество воды на нужды промышленности, обеспечивающей население продуктами (пищевой промышленности), и неучтенные расходы

Четвертое изменение к СП с 22.07.2019 снижает количество воды на нужды промышленности, обеспечивающей население продуктами (пищевой промышленности), и неучтенные расходы с 10–20 до 10–15 % суммарного расхода на хозяйственно-питьевые нужды населенного пункта. Если выразить эту величину в расчете на одного человека, например для среднего значения зданий с ЦГВ, снижение составит 45,0 %.

СП 31.13330.2021 немного изменяет формулировку: с «промышленности, обеспечивающей население продуктами» на «пищевую промышленность», хотя к первой сложно отнести, например, предприятие по производству ликероводочной, безалкогольной или колбасной промышленности, поставляющее продукцию по всей стране, а ко второй всевозможные кафе, рестораны и т. д. Также изменяется формулировка: «населенного пункта» на «поселения или городского округа».

Поскольку дополнительно снизился расход на одного человека, то и снизится расход данной категории в расчете на одного человека, например для среднего значения зданий с ЦГВ снижение составит 50,4 %. Практически двукратное снижение расходов объясняется скорее снижением неучтенных расходов, которые включают потери воды в уличных сетях, нежели снижение расходов на «пищевую промышленность»: количество кафе и ресторанов в городах только растет.

Расход воды на полив

Расходы воды на полив в населенных пунктах и на территории промышленных предприятий не изменялись, и при отсутствии данных о пло-

щадях по видам благоустройства потребление воды на полив составляет 50–90 л/сут в расчете на одного жителя. При снижении норм на хозяйственно-питьевые и «неучтенные» расходы доля расходов на полив в общем расходе системы водоснабжения существенно увеличилась. Рассмотрим также усредненный вариант при зданиях с ЦГВ: на одного человека в сутки приходилось 290 л плюс 15 % или 43,5 л на неучтенные расходы и нужды пищевой промышленности, при этом расход на полив 70 л составляет 17,3 % от общих 403,5 л; для настоящего времени – 172,5 л плюс 12,5 % или 21,5625 л расход на полив составляет 26,5 % от 265,0625 л. Таким образом, доля расхода на полив увеличилась в 1,53 раза.

Общий расход воды

Общий расход воды на одного человека в сутки на хозяйственно-питьевые нужды в жилых (с ЦГВ) и общественных зданиях, нужды местной промышленности, поливку улиц и зеленых насаждений, как показано выше, изменился примерно с 403,5 до 265,0625 л, т. е. снизился на 34,3 %. В табл. 4 СНиП 2.04.02-84* для разработки разделов водоснабжения схем использования вод, районной планировки и генеральных планов норматив до 1990 года для города составлял 550 л; для 2000 года уже 600 л, что превышает сегодняшний более чем в 2,2 раза (вместо планируемого роста удельного водопотребления произошло его существенное снижение).

Нормативы расчетов с населением

Применительно к городскому округу Самара нормативы изменялись следующим образом.

С 01.07.2019 года действуют нормативы потребления коммунальных услуг по водоснабжению в жилых помещениях, утвержденные приказом министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Самарской области от 26.11.2015 № 447. Нормативы предусматривают двадцать пять категорий жилых помещений.

До 01.07.2019 года действовали нормативы потребления холодного водоснабжения и водоотведения в размере, установленном приложением № 5 к постановлению Главы городского округа Самара от 18.12.2007 № 1153 «Об оплате гражданами жилых помещений, коммунальных услуг в городском округе Самара». Приложение выделяет семь степеней благоустройства жилищного фонда.

В качестве водопотребителей рассмотрим несколько групп, соизмеримых с нормами проектирования (при наличии ЦГВ расход определен как сумма холодной и горячей воды) (табл. 1).

Таблица 1. Нормы водопотребления, м³/мес. на 1 человека в Самаре
Table 1. Water consumption standards, m³/month per person in Samara

Категория жилых помещений	До 01.07.2019	С 01.07.2019	Нормы СП с 28.01.2022 (ориентировочно для сравнения)
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, без ванн	3,3	3,86	-
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией, с ванными и местными водонагревателями	11,3	7,46-8,13	5,02-5,48
То же, с централизованным горячим водоснабжением	11,5	8,79-9,16	4,26-5,48
Водоразборные колонки	0,9	1,01	-

Как видно из таблицы, нормы расчета с водопотребителями, не имеющими приборов учета, для основных потребителей снизились, но существенно (почти в два раза) превосходят нормы СП. Следует отметить, что если норма проектирования должна описывать реальные средние расходы в системе водоснабжения, то установленные нормы расчета служат, в том числе, для стимулирования потребителей к установке приборов учета и перехода на оплату потребленного ресурса, а также для некоторой компенсации расходов ресурсоснабжающей организации на подачу «недобросовестным» потребителям, которым оплата по норме выгодна по тем или иным причинам.

Влияние изменения водопотребления на работу систем водоснабжения и водоотведения

Снижение расходов для существующей системы водоснабжения является неоднозначным. Если рассматривать водозаборные, водопроводные очистные, емкостные сооружения и насосные станции, то образуется некоторый резерв, повышающий надежность обеспечения потребителей водой. К негативным моментам снижения водопотребления можно отнести снижение скоростей движения воды в трубопроводах и времени прохождения воды от сооружений водоподготовки до потребителей, снижение водообмена в емкостных сооружениях (застаивание воды). Снижение скорости может вызвать отложение взвешенных частиц в трубах. Также при снижении водопотребления увеличивается себестоимость воды. Конечно, стоимость реагентов и электроэнергии на подъем воды практически пропорциональна расходу, но оплата труда персоналу, на отопление, амортизационные отчисления, приходящиеся на 1 куб. м воды, увеличатся. В неко-

торых случаях может возникнуть перерасход электроэнергии из-за смещения фактических параметров работы насосных станций от оптимальных или расчетных (насосное оборудование подбиралось на один режим, а работает совсем в другом) [4–6].

Для сетей водоотведения самым негативным является снижение скоростей движения воды в трубопроводах, когда не обеспечиваются самопромывающие скорости [1, 2, 7]. При этом если количество (масса) загрязнений, приходящееся на одного потребителя, остается примерно постоянным, возрастает концентрация этих загрязнений в воде, что еще больше способствует засорению труб уличной сети. Ситуация с себестоимостью очистки сточных вод аналогична водопроводной воде.

Снижение скоростей движения воды в безнапорных трубопроводах бытовой канализации

Рассмотрим, как изменится скорость движения воды в трубопроводах при снижении расходов.

Предположим, что при устройстве сети трубы укладывались с минимальными уклонами, обеспечивающими минимальные скорости движения сточных вод согласно табл. 2 СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» (с Изменениями № 1, 2).

К сожалению, нормативные документы, СП 32.13330.2018 в частности, содержат неточности и упущения, что затрудняет их применение, а именно:

Цитата:

«5.4.1 Во избежание заиливания канализационных сетей **расчетные скорости** движения сточных вод следует принимать в зависимости от **степени наполнения** труб и каналов и **крупности взвешенных веществ**, содержащихся в сточных водах.

Минимальные скорости движения сточных вод в сетях бытового и поверхностного стока при **наибольшем расчетном наполнении труб** следует принимать по табл. 2».

Комментарий:

Расчетная скорость (должна быть не меньше самопромывающей) – это скорость, которая будет в трубопроводе (канале) принятого диаметра (размеров) и материала при расчетном расходе и уклоне, **она не зависит от наполнения и от крупности взвешенных**. И, главное, не говорится, как конкретно принимать скорость – нет методики.

Из СП следует, что, например, для диаметра 300 мм минимальная скорость 0,8 м/с должна быть при наибольшем наполнении $H/D = 0,7$, но эта скорость должна обеспечиваться при любом наполнении, не превышающем 0,7 при расчетном, т. е. максимальном расходе.

Цитата:

«5.4.6 Расчетное наполнение трубопроводов и каналов любого сечения (кроме прямоугольного) следует принимать не более 0,7 диаметра (высоты)».

Комментарий:

Этот пункт противоречит табл. 2, в которой есть наполнение и 0,75, и 0,8.

Рассмотрим полимерные трубопроводы как получающие все большее распространение из-за своих преимуществ.

Согласно СП 32.13330.2018 гидравлический расчет канализационных самотечных трубопроводов, частично или полностью наполненных, из полимерных материалов следует производить по СП 399.1325800 «Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа».

Методика определения значений гидравлических параметров безнапорных трубопроводов (далее Методика) представлена в приложении Б СП 399.1325800. Значения гидравлических характеристик самотечных канализационных трубопроводов из полимерных материалов определяют согласно Методике.

При попытке выполнить гидравлический расчет согласно Методике проектировщик сталкивается с рядом проблем, а именно:

- Методика согласно п. 5.5.5 СП 399.1325800 и названию предназначена для расчета трубопроводов; в самой же Методике говорится о трубопроводах и каналах;

- в Методике используются неупрощенные выражения: в формуле Б.1 в знаменателе «2·4», а не «8», в формуле Б.5 в числителе «500·4», а не «2000»; нетрадиционное написание формул: в формуле Б.6 постоянный множитель не вынесен перед переменными;

- в п. Б.1 говорится, что R – гидравлический радиус потока, м, принимаемый по табл. Б.1 в зависимости от наполнения. На самом деле в табл. Б.1 в столбце «Значение гидравлического радиуса потока R » приведены отношения R/d , т. е. для получения гидравлического радиуса необходимо умножить табличное значение на внутренний диаметр трубы, м;

- значения в табл. Б.1 приведены для величины h/d от 0,1 до 1,0 с шагом в 0,1; не указано, как определять промежуточные значения;

- в п. Б.2 коэффициент гидравлического сопротивления трубопровода (канала) обозначен « λ » без индекса, а в формуле Б.2 « λ_n » уже с индексом, который говорит о «полном» наполнении трубопровода (канала);

- в п. Б.2 α эмпирический показатель степени определяется в зависимости от K_s , при этом в Методике не говорится, что такое K_s и в какой размерности его следует применять. В приложении А СП 399.1325800 указано, что « K_s – коэффициент эквивалентной шероховатости, м (см. табл. А.1)», а в самой таблице его размерность – мм;

- в п. Б.2 не говорится, как определить гидравлический радиус потока при полном наполнении (R_n). Логично определить его по табл. Б.1 при отношении $h/d = 1$ (табличное значение $R = 0,2500$), при этом опять-таки его необходимо умножить на внутренний диаметр трубопровода d , м;

- в п. Б.3 при определении безразмерного показателя степени b формула Б.4 содержит отношение логарифмов « \log » чисел Рейнольдса $Re_{кв}$ и $Re_{ф}$, приведенных без основания (основание равно десяти, см. ниже, т. е. «lg»). Отношение логарифмов с одним основанием можно в данном случае представить как $\log_{Re_{кв}} Re_{ф}$;

- неясно, для полного или неполного сечения необходимо определять величины $Re_{кв}$ и $Re_{ф}$;

- в п. Б.3.1 формула Б.5 для определения числа Рейнольдса, соответствующего началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, содержит множитель « $4R$ », требующий использования таблицы, вычисления и имеющий неточность, см. выше. Этот же множитель « $4R$ » содержится в формуле определения фактического числа Рейнольдса Б.6;

- при попытке получить решение, используя приведенные в Методике формулы, проектировщик сталкивается с тем, что один параметр зависит от второго, второй от третьего, который в свою очередь от первого, т. е. нельзя искомым параметр выразить из зависимостей в явном виде.

Таким образом, можно сказать, что «Методика», по сути, не методика, а набор расчетных формул, описывающих (не всегда точно) зави-

симости гидравлических параметров безнапорных (и напорных) трубопроводов.

Аналогичным образом обстоит ситуация с СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов»: методики одинаковые и выполнены они на одном уровне.

Исполнителем СП 399.1325800 разработаны методические рекомендации (далее Рекомендации) по применению данного СП, в которых п. 5.1 посвящен гидравлическому расчёту трубопроводов, приложение Д – типовым примерам гидравлических расчетов, а также таблицы для гидравлического расчёта полимерных труб.

Данные Рекомендации частично повторяют Свод правил и, к сожалению, также содержат неточности и недоговоренности:

- в п. 5.1.3 говорится, что если параметры отличаются от принятых в таблицах гидравлического расчёта (в п. 5.1.5 приведены эти параметры), необходимо производить гидравлический расчёт по методикам А.Я. Добромыслова в полном объёме. Не уточняется, какое отличие допустимо, непонятно, почему не по Методике СП;

- некоторые пункты можно назвать лишними: например в п. 5.1.4 говорится: «При определении параметра гидравлического сопротивления (трения) λ рекомендуется учитывать коэффициенты кинематической вязкости транспортируемой жидкости ν и эквивалентной шероховатости трубопровода K_3 », притом что в Методике λ определяется в зависимости от K_3 и ν . Пункт 5.1.6 предписывает определять K_3 и ν по табл. А.1 и А.2 СП, как, собственно, и СП;

- в формулу по определению α следует подставлять значение K_3 , выраженное в мм, а не в м, как указано в Методике;

- при определении λ_n гидравлический радиус потока R_n определен (без пояснения) перемножением внутреннего диаметра трубопровода, выраженного в мм, на «Значение гидравлического радиуса потока R » табл. Б.1 Методики;

- в примере 2 Рекомендаций для определения Re_ϕ т. е. фактического числа Рейнольдса при неполном наполнении, используется формула

$$Re_\phi = \frac{V_n \cdot 4R_n}{\nu},$$

содержащая скорость и «гидравлический радиус» для полного наполнения трубы (в Методике указана просто скорость, см. выше). В качестве R_n , без пояснений, подставлено произведение внутреннего диаметра трубопровода, м, и табличного значения «гидравлического радиуса»;

- в примере 2 Рекомендаций решение находится итерациями с подбором скорости V , при

которой относительная погрешность между V^b и V^{b_n} не превышает 0,5 %. При итерациях удобнее в качестве исходной принимать скорость, полученную в предыдущей итерации.

Поскольку значения чисел Рейнольдса $Re_{кв}$ и Re_ϕ необходимо вычислять только при полном наполнении, формулы Методики и Рекомендаций можно представить в следующем виде:

$$Re_{кв} = \frac{V_n \cdot d}{\nu},$$

$$Re_\phi = \frac{500d}{K_3},$$

а поскольку при расчетах знание их значений не так важно и расчеты проектировщик будет выполнять в программе типа Excel, то значение показателя степени можно записать в следующем виде:

$$b = 3 - \log_{\frac{V_n \cdot d}{\nu}} \frac{500d}{K_3}.$$

Значения параметров Методики для значений h / d , отсутствующих в табл. Б.1, можно определить по следующим зависимостям:

- «Значение гидравлического радиуса потока R » (отношения R / d , см. выше):

$$R = \frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right),$$

где α – центральный угол, рад (при вычислении тригонометрических функций это необходимо учитывать, например программа Excel углы считает как раз в радианах),

$$\alpha = \frac{\pi}{90} \cdot \arccos \left(1 - 2 \frac{h}{d} \right);$$

- «Отношение гидравлических радиусов R_n / R_n » можно определить как $4R$, здесь R – «Значение гидравлического радиуса потока», определенное выше;

- « K_ω » (по сути, это часть площади квадрата со стороной, равной диаметру трубы, которую составляет живое сечение потока при данном наполнении h / d):

$$K_\omega = \frac{\alpha - \sin \alpha}{8}.$$

Рассмотрим изменение гидравлического режима в самотечных трубах при снижении водопотребления.

По Таблицам для гидравлического расчёта самотечных труб со структурированной стенкой из полиэтилена и блок-сополимера пропилена, серия DN/OD (ГОСТ Р 54475-2011), приведенного в приложении Ж Реко-

мендаций, методом линейной интерполяции определены параметры течения жидкости при минимальных (самопромывающих) допустимых скоростях. Полученные расходы уменьшены на треть (см. выше), и определено наполнение труб, скорость и снижение скорости движения воды в трубах. В качестве примера в табл. 2 приведены значения для труб диаметром 500 мм.

Наполнение при минимальной скорости, наполнение и скорость при снижении расхода приведены на рис. 1.

Снижение минимальной скорости для труб различных диаметров показано на рис. 2.

Как видно из рис. 1 и 2, скорость движения воды при изменении уклона имеет скачкообразный вид (чего явно быть не должно) при плавном изменении скорости. При снижении

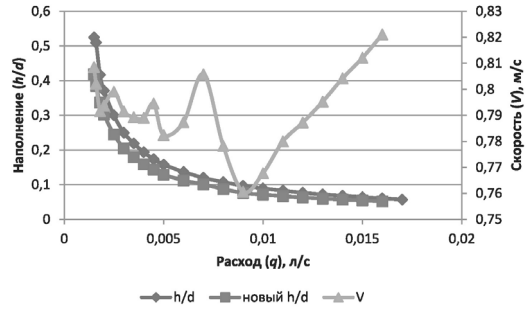


Рис. 1. Наполнение при минимальной скорости, наполнение и скорость при снижении расхода трубы DN = 500 мм (определены по таблицам интерполированием)
 Fig. 1. Filling at minimum speed, filling and speed at pipe flowrate reduction DN = 500 mm (determined from tables by interpolation)

Таблица 2. Гидравлические параметры потока в трубе диаметром 500 мм, при снижении расхода (определены по таблицам интерполированием)
 Table 2. Hydraulic flow parameters in a pipe with a diameter of 500 mm, approx flow rate reduction (determined from the tables by interpolation)

При обеспечении минимальных допустимых скоростей				При снижении расхода на треть			
<i>i</i>	<i>h/d</i>	<i>q</i> , л/с	<i>v</i> , м/с	<i>h/d</i>	<i>q</i> , л/с	<i>v</i> , м/с	снижение скорости, %
0,0015	0,525	66,085	0,9	0,419	44,057	0,809	10,16
0,0016	0,510	58,738	0,9	0,385	39,159	0,802	10,86
0,0018	0,417	48,710	0,9	0,337	32,473	0,792	12,04
0,002	0,371	41,791	0,9	0,302	27,861	0,794	11,81
0,0025	0,300	31,270	0,9	0,245	20,847	0,799	11,21
0,003	0,250	24,080	0,9	0,205	16,053	0,792	12,05
0,0035	0,219	20,375	0,9	0,180	13,583	0,789	12,30
0,004	0,194	16,961	0,9	0,159	11,308	0,789	12,33
0,0045	0,174	14,629	0,9	0,144	9,753	0,795	11,72
0,005	0,158	12,730	0,9	0,129	8,487	0,782	13,07
0,006	0,137	10,547	0,9	0,112	7,031	0,787	12,51
0,007	0,120	8,866	0,9	0,101	5,911	0,806	10,47
0,008	0,107	7,430	0,9	0,087	4,954	0,778	13,53
0,009	0,097	6,308	0,9	0,077	4,205	0,761	15,48
0,01	0,089	5,834	0,9	0,071	3,889	0,768	14,70
0,011	0,083	5,430	0,9	0,067	3,620	0,780	13,34
0,012	0,077	4,976	0,9	0,063	3,317	0,787	12,53
0,013	0,072	4,604	0,9	0,060	3,069	0,795	11,64
0,014	0,068	4,285	0,9	0,057	2,857	0,804	10,65
0,015	0,064	3,905	0,9	0,055	2,603	0,812	9,77
0,016	0,061	3,550	0,9	0,052	2,367	0,821	8,77
0,017	0,057	3,161	0,9	Нет значений	2,108	Нет значений	-

расхода на треть скорость снижается максимум на 16 %, т. е. примерно на одну шестую, что обусловлено спецификой безнапорного течения воды в трубах – уменьшается наполнение и площадь живого сечения. Скачкообразное изменение скорости обусловлено, вероятнее всего, неточностью при определении значений по таблицам линейной интерполяцией.

Значения наполнения, скорости и расхода, полученные для трубы DN = 500 мм по расчетным зависимостям с переменными, участвующими в гидравлическом расчете как при составлении таблиц Рекомендаций, приведены в табл. 3 и на рис. 3.

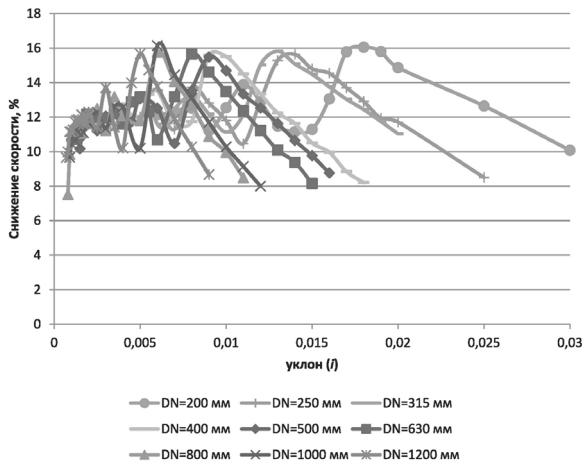


Рис. 2. Снижение скорости движения воды в трубах при снижении расхода на треть от минимального (по скорости)

Fig. 2. Decrease of water velocity in pipes with decrease of flow rate by one third from minimum (by speed)

Табл. 3 и рис. 3 показывают, что действительно, скачкообразное изменение скорости обусловлено неточностью при определении значений по таблицам линейной интерполяцией. Отличие скоростей движения воды по самотечным трубам, при снижении расчетного расхода на треть по отношению к расходу, при котором скорость была минимальная (самопромывающая), полученных по расчетным зависимостям, по сравнению с полученными по таблицам Рекомендаций интерполированием, составило от минус 3,48 до плюс 4,18 %. Аналогичное отличие наполнения трубы составило от минус 6,69 до плюс 2,86 %.

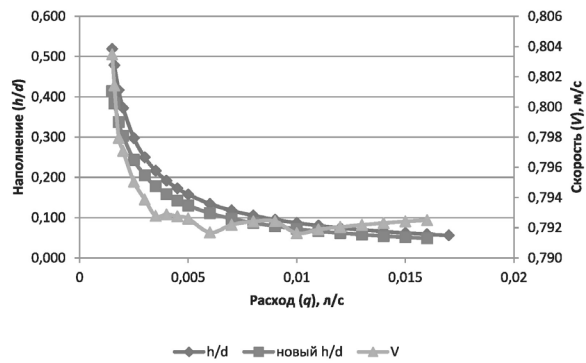


Рис. 3. Наполнение при минимальной скорости, наполнение и скорость при снижении расхода трубы DN = 500 мм (определены по расчетным зависимостям)
Fig. 3. Filling at minimum speed, filling and speed with reduced pipe flow DN = 500 mm (determined by design dependencies)

Таблица 3. Гидравлические параметры потока в трубе диаметром 500 мм при снижении расходов (определены по расчетным зависимостям)
Table 3. Hydraulic parameters of flow in a pipe with a diameter of 500 mm with a decrease in flow rates (determined by design dependencies)

При обеспечении минимальных допустимых скоростей				При снижении расхода на треть					
i	h / d	q, л/с	v, м/с	h / d	q, л/с	v, м/с	снижение скорости, %	отличие от полученного по таблицам интерполированием (см. табл. 2), %	
								v	h/d
0,0015	0,519	64,751	0,9	0,414	43,167	0,803	10,72	-0,63	-1,00
0,0016	0,479	58,400	0,9	0,384	38,933	0,801	10,96	-0,10	-0,23
0,0018	0,417	48,685	0,9	0,337	32,457	0,798	11,27	0,79	0,08
0,002	0,373	41,933	0,9	0,303	27,955	0,797	11,44	0,43	0,16
0,0025	0,297	30,795	0,9	0,243	20,530	0,795	11,68	-0,50	-0,70

Окончание табл. 3

При обеспечении минимальных допустимых скоростей				При снижении расхода на треть					
<i>i</i>	<i>h / d</i>	<i>q, л/с</i>	<i>v, м/с</i>	<i>h / d</i>	<i>q, л/с</i>	<i>v, м/с</i>	снижение скорости, %	отличие от полученного по таблицам интерполированием (см. табл. 2), %	
								<i>v</i>	<i>h/d</i>
0,003	0,250	24,120	0,9	0,205	16,080	0,794	11,79	0,30	0,15
0,0035	0,216	19,668	0,9	0,178	13,112	0,793	11,86	0,45	-0,93
0,004	0,192	16,579	0,9	0,158	11,052	0,793	11,90	0,49	-0,56
0,0045	0,173	14,262	0,9	0,143	9,508	0,793	11,92	-0,22	-0,72
0,005	0,158	12,473	0,9	0,130	8,315	0,793	11,93	1,31	0,71
0,006	0,134	9,878	0,9	0,111	6,585	0,792	11,95	0,55	-1,35
0,007	0,118	8,160	0,9	0,097	5,440	0,792	11,96	-1,68	-3,74
0,008	0,105	6,915	0,9	0,087	4,610	0,792	11,96	1,82	-0,28
0,009	0,095	5,974	0,9	0,079	3,982	0,792	11,95	4,18	2,86
0,01	0,087	5,227	0,9	0,072	3,484	0,792	11,96	3,11	0,93
0,011	0,080	4,650	0,9	0,066	3,099	0,792	11,95	1,53	-0,91
0,012	0,075	4,179	0,9	0,062	2,785	0,792	11,94	0,61	-1,94
0,013	0,070	3,788	0,9	0,058	2,525	0,792	11,94	-0,39	-3,39
0,014	0,066	3,459	0,9	0,054	2,306	0,792	11,93	-1,48	-4,98
0,015	0,062	3,179	0,9	0,051	2,119	0,792	11,93	-2,42	-5,78
0,016	0,059	2,937	0,9	0,049	1,958	0,793	11,92	-3,48	-6,69
0,017	0,056	2,727	0,9	0,046	1,818	0,793	11,91	-	-

Выводы. 1. За сорок лет нормы водопотребления (водоотведения) населения, используемые при проектировании, снизились примерно на треть, менялись формулировки и величины расходов воды на другие нужды. В Самаре нормы водопотребления, используемые при расчете ресурсоснабжающей организации с потребителями, в 2017 году снизились, но превышают нормы проектирования.

2. Снижение водопотребления оказывает существенное влияние на работу многих элементов систем водоснабжения и водоотведения. Для сетей водоотведения самым негативным является снижение скоростей движения воды в трубопроводах, когда не обеспечиваются самопромывающие скорости движения воды.

3. Нормативные документы содержат неточности и упущения, усложняющие гидравлический расчет безнапорных канализационных трубопроводов.

4. При снижении минимального расчетного расхода в самотечных полимерных трубах на треть происходит снижение скорости до 16 %, т. е. примерно на одну шестую.

5. При расчете гидравлических параметров самотечных полимерных труб диаметром 500 мм по расчетным зависимостям результаты имеют большую точность и отличаются от полученных по таблицам до 6,7 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Павлухин А.А., Черносивтов М.Д. Реконструкция сетей дождевой канализации в исторической границе города Самары // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 1. С. 45–52. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.06.

2. Стрелков А.К., Шувалов М.В., Палагин Е.Д., Павлухин А.А., Теплых С.Ю. Создание комбинированной системы водоотведения в границах исторического поселения г. Самары // Водоснабжение и санитарная техника. 2023. № 11. С. 46–54. DOI: 10.35776/VST.2023.11.07.

3. Теплых С.Ю., Горшкалев П.А., Черносивтов М.Д., Юров С.С., Юрова А.О. Особенности системы водоснабжения и тенденции изменения водопотребления п.г.т. Волжский Самарской области // Градостроительство и архитектура. 2016. № 1(22). С. 8–14. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.2.

4. Стрелков А.К., Теплых С.Ю., Горшкалев П.А., Котовская Е.Е. Расчетные параметры удельных норм хозяйственно-питьевого водопотребления и напоров в водопроводной сети // Водоснабжение и санитарная техника. 2024. № 9. С. 10–14. DOI: 10.35776/VST.2024.09.02.

5. Бирюков В.В., Нагорный С.Л., Черноsvитов М.Д., Гладышев Н.Г. Изменение энергопотребления и производительности повысительных насосных станций в г. Самаре при их реконструкции // Водоснабжение и санитарная техника. 2020. № 3. С. 59–64. DOI: 10.35776/MNP.2020.03.10.

6. Бирюков В.В., Стрелков А.К., Атанов Н.А., Зайко В.А. Критерии оценки работы ООО «Самарские коммунальные системы» за период 2012–2015 годов // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 8. С. 14–23.

7. Сайридин С.Ш. Об особенностях расчета водопотребления при проектировании систем водоснабжения высотных зданий // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, № 2. С. 29–35. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.5.

REFERENCES

1. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Pavlukhin A.A., Chernosvitov M.D. Reconstruction of Rain Sewer Networks in the Historical Border of the City of Samara. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 1, pp. 45–52. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.01.6

2. Strelkov A.K., Shuvalov M.V., Palagin E.D., Pavlukhin A.A., Teplykh S.Yu. Creation of a combined drainage system within the boundaries of the historical settlement of Samara. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika*

[Water Supply and Sanitary Equipment], 2023, no. 11, pp. 46–54. (in Russian) DOI: 10.35776/VST.2023.11.07

3. Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Chernosvitov M.D., Yurov. S.S., Yurova A.O. On peculiarities of the water supply system in the urban type settlement Volzhsky of Samara region and tendencies and changes in water consumption. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2016, no. 1(22), pp. 8–14. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.2

4. Strelkov A.K., Teplykh S.Yu., Gorshkalev P.A., Kotovskaya E.E. Design parameters of specific norms of household and drinking water consumption and heads in the water supply network. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], 2024, no. 9, pp. 10–14. (in Russian) DOI: 10.35776/VST.2024.09.02

5. Biryukov V.V., Nagorny S.L., Chernosvitov M.D., Gladyshev N.G. Changes in power consumption and productivity of booster pumping stations in Samara during their reconstruction. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], 2020, no. 3, pp. 59–64. (in Russian) DOI: 10.35776/MNP.2020.03.10

6. Biryukov V.V., Strelkov A.K., Atanov N.A., Zayko V.A. Criteria for evaluating the work of Samara Utility Systems LLC for the period 2012–2015. *Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika* [Water Supply and Sanitary Equipment], 2016, no. 8, pp. 14–23. (in Russian)

7. Sayriddinov S.Sh. About Features of Water Consumption Calculation When Designing Water Supply Systems of High-Rise Buildings. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 29–35. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.02.5

Об авторах:

СТРЕЛКОВ Александр Кузьмич

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: a19400209@yandex.ru

ГОРШКАЛЕВ Павел Александрович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: p.a.g@bk.ru

ЧЕРНОСВИТОВ Михаил Дмитриевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: chernosvitov.md@samgtu.ru

STRELKOV Alexander K.

Doctor of Engineering Science, Professor, Head of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: a19400209@yandex.ru

GORSHKALEV Pavel Al.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: p.a.g@bk.ru

CHERNOSVITOV Mikhail D.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244 E-mail: chernosvitov.md@samgtu.ru

Для цитирования: Стрелков А.К., Горшкалев П.А., Черноsvитов М.Д. Нормы водопотребления, их изменение и влияние на системы водоснабжения и водоотведения // Градостроительство и архитектура. 2025. Т. 15, № 2. С. 42–50. DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.06.

For citation: Strelkov A.K., Gorshkalev P.A., Chernosvitov M.D. Water consumption standards, their changes and impact on water supply and sanitation systems. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2025, vol. 15, no. 2, pp. 42–50. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2025.02.06.