



# Расчёт необходимого количества ремонтных участков на водоводах для бесперебойного функционирования системы подачи воды

Рецензия эксперта на статью получена  
12.05.2025 [The expert review of the article  
was received on May 12, 2025]

Постановлением Правительства Российской Федерации №87 [1] впервые установлены указания по количественной оценке мероприятий, обеспечивающих надёжность функционирования линейных объектов. В печати можно встретить вопросы о методиках оценки надёжности подобных систем. Частичные разъяснения по ним приведены в материалах [2–4], однако для практического подхода к решению подобных задач по обеспечению бесперебойного функционирования систем подачи воды необходимы знания в области теории надёжности и математической статистике [5–7].

Требования проектирования систем подачи сточных воды определяются в соответствии с СП 32.13330–2018 [8], которые воспринимаются и трактуются далеко не однозначно. В частности, противоречия возникают по степени обеспеченности подачи воды и классификации насосных станций по категориям. Утверждается (п. 8.1.1 СП 32 [8]), что насосные станции систем водоотведения подразделяются на три категории по надёжности действия, а ниже (п. 8.2.6 СП 32 [8]) уточняется, что

«...число напорных трубопроводов от насосных станций любой категории надёжности действия необходимо принимать на основании технико-экономических расчётов с учётом возможности устройства аварийного выпуска (перепуска), регулирующей ёмкости, использования аккумулялирующей вместимости подводящей сети, допускаемого снижения водопотребления согласно СП 31.13330.2012».

Отметим, что в СП 31.13330.2012 [9] насосные станции классифицируются не по категориям надёжности, а по категориям «степени обеспеченности подачи воды». Следовательно, и канализационная насосная станция, как последовательный элемент системы водоотведения, должна удовлетворять конкретным условиям подачи воды. Число её напорных трубопроводов должно приниматься не произвольно, а не меньше двух для первой категории. Если возникают отказы на водоводах, то последствия от их неработоспособности не должны сказываться на безопасности окружающей среды согласно требованиям, которые определены №7-ФЗ [10] и Водным кодексом РФ [11].

УДК 628.147.1 + 628.247. Научная специальность: 2.1.4.

## Расчёт необходимого количества ремонтных участков на водоводах для бесперебойного функционирования системы подачи воды

Леонид Георгиевич Дерюшев, к.т.н., доцент, кафедра строительства систем и сооружений водоснабжения и водоотведения, Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ, г. Москва)

В России формируются требования по количественной оценке надёжности и качества функционирования систем водоснабжения и водоотведения, в процессе чего возникают спорные вопросы, а также сложились разногласия по классификации систем. Системы водоснабжения классифицируются по степени обеспеченности подачи воды на три категории, а системы водоотведения — по степени очистки сточных вод. Неточности сложились и при нормировании расчёта ремонтных участков водоводов систем подачи воды. Графоаналитические расчёты совместной работы сооружений систем подачи воды показали, что при комплексном использовании существующих правил и положений гидродинамики, водоснабжения, водоотведения и теории надёжности можно добиться необходимых результатов по проектированию бесперебойной подачи воды как в системах водоснабжения, так и системах водоотведения. Предлагается скорректировать классификацию систем водоснабжения и водоотведения, требования их проектирования, при этом отказаться от допустимости сброса сточных вод в любые аварийные ёмкости, по сути, в водоёмы.

**Ключевые слова:** системы водоснабжения, системы водоотведения, системы подачи воды, водоводы, надёжность.

UDC 628.147.1 + 628.247. Scientific specialty: 2.1.4.

## Calculation of the required number of repair sections on water pipelines for the uninterrupted operation of the water supply system

Leonid G. Deryushev, PhD, Associate Professor, the Department of Construction of Water Supply and Sanitation Systems and Facilities, Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (RSGPU, Moscow)

In Russia, requirements are being formed for quantifying the reliability and quality of functioning of water supply and sanitation systems, which raises controversial issues, as well as disagreements on the classification of systems. Water supply systems are classified according to the degree of water supply into three categories, and wastewater disposal systems are classified according to the degree of wastewater treatment. Inaccuracies have also developed in the rationing of the calculation of repair sections of water supply systems. Graphoanalytical calculations of the joint operation of water supply system structures have shown that with the integrated use of existing rules and regulations of hydrodynamics, water supply, sanitation and reliability theory, it is possible to achieve the necessary results in designing uninterrupted water supply in both water supply and sanitation systems. It is proposed to adjust the classification of water supply and sanitation systems, their design requirements, while eliminating the permissibility of wastewater discharge into any emergency tanks, in fact, into reservoirs.

**Key words:** water supply systems, drainage systems, water supply systems, water mains, reliability.

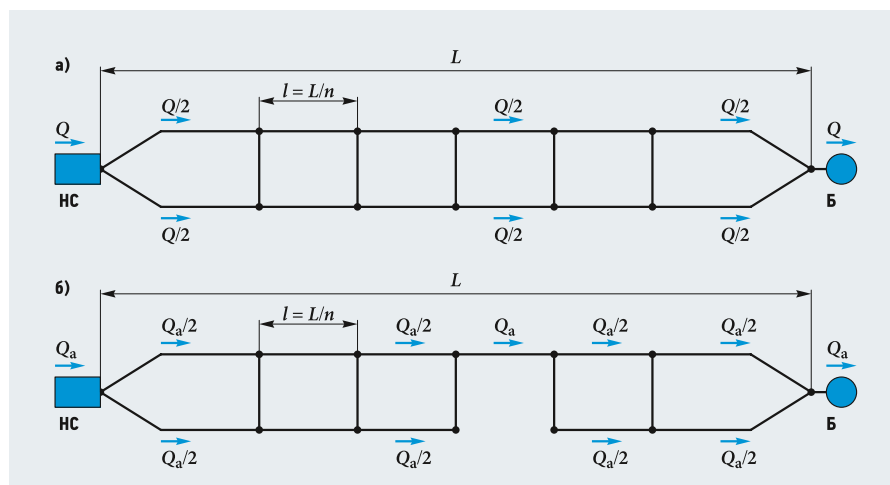


Рис. 1. Схемы системы подачи воды по водоводам  $m = 2$  с ремонтными участками  $n$  (а — при нормальном режиме; б — при отключении одного ремонтного участка)

Исследования по регулирующим аварийным ёмкостям, канализационным сетям [12, 13] актуальны, но они не решают задачу охраны окружающей среды при наличии условий допустимости аварийного сброса неочищенных сточных вод в водоёмы и на поверхность земли.

Увеличение пропускной способности водоводов системы подачи воды в период устранения причины их аварийности принято обеспечивать за счёт устройств переключения между ремонтными участками (рис. 1) либо увеличением числа водоводов. Очевидно, что количество ремонтных участков  $n$  на каждом водоводе должно не назначаться, а рассчитываться. По

**Предварительное определение расчётных параметров проектируемой системы подачи воды возможно только при соблюдении законов о подобии движения реальной жидкости. Главное положение этих законов заключается в необходимости выполнения условий геометрического, кинематического и динамического подобия**

сей день, для сокращения времени, при расчётах количества  $n$  пользуются табличными значениями, которые составлены с учётом логических заключений, изложенных в справочной и учебной литературе [14, 15].

При их составлении допускалось следующее (рис. 1): длина ремонтного участка каждого водовода  $l = L/n$ , где  $L$  — длина водовода,  $n$  — количество ремонтных участков;  $Q$  — подача воды по водоводам составляет; сопротивление каждого участка оценивается параметром  $s$ , а всего водовода —  $S = sn$ .

Предусматривалось, что необходимое количество ремонтных участков  $n$  принимается в зависимости от количества водоводов  $m$  и значения  $S$ :

$$S = \frac{h}{Q^2}, \quad (1)$$

где  $Q$  — подача воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $h = iH$  — потери напора  $H$ , м;  $i$  — гидравлический уклон (удельные потери напора на единицу длины).

Предполагая распределение потоков воды в системе водоводов по схеме рис. 1 и условие (1), принимаем следующие допущения:

□ при нормальной работе системы:

$$h = sn \left( \frac{Q}{m} \right)^2 = S \left( \frac{Q}{m} \right)^2; \quad (2)$$

□ при аварийной ситуации, когда подача воды  $Q_{ав}$  по водоводам  $m = 2$ , с ремонтными участками  $(n - 1)$ :

$$h_{ав} = s(n - 1) \frac{Q_{ав}^2}{4} + s Q_{ав}^2 = \frac{s(n + 3)}{4} Q_{ав}^2; \quad (3)$$

□ соотношение сопротивлений водоводов  $S_{ав.сис}/S_{сис}$  при подаче воды по водо-

водам  $m = 2$  в аварийной и нормальной ситуации равно:

$$a = \frac{S_{ав.сис}}{S_{сис}} = \frac{n + 3}{n} = 1 + \frac{3}{n}. \quad (4)$$

Если:  $n = 2$ , то  $a = 2,5$ ;  $n = 3$ , то  $a = 2$ ;  $n = 5$ , то  $a = 1,6$ ;  $n = 10$ , то  $a = 1,3$  и т.д., при  $m \neq 2$ :

$$a = 1 + \frac{2m + 1}{n(m - 1)^2}. \quad (5)$$

Вполне очевидно, что вывод формул (4) и (5) искажён из-за принятия условия о постоянстве  $s$  каждого ремонтного участка водоводов для различных режимов подачи воды ( $s \neq s_{ав}$ , где  $s_{ав}$  — сопротивление дублирующего участка при отключении одного из  $n$  на ремонт).

Принятое допущение  $s = s_{ав}$  приводит не только к искажению оценок  $n$  в несколько раз, но влияет и на теоретические подходы построения графиков совместной работы насосов и водоводов. Предварительное определение расчётных параметров проектируемой системы подачи воды возможно только при соблюдении законов о подобии движения реальной жидкости. Главное положение этих законов заключается в необходимости выполнения условий геометрического, кинематического и динамического подобия.

Применительно к рассматриваемому случаю подачи воды системой (рис. 1), изменение подобия движения жидкости по участкам  $n$  оценивается с помощью критерия динамического подобия Эйлера [16]:

$$Eu = \frac{P}{\rho v^2} = \frac{gH}{v^2},$$

то есть, если меняется скорость  $v$  или расход  $Q$  на участке водовода, то на подобном ему участке указанные параметры должны меняться в полном соответствии. Движение же потоков воды по схеме рис. 1 будет меняться не однозначно.



Для убедительности рассмотрим следующий пример. Допустим, что главная насосная станция системы водоотведения первой категории должна подавать расчётный расход воды  $Q = 406,75$  л/с при статическом напоре  $H_{ст} = 39,7$  м по водоводам из труб ВЧШГ на расстояние 3700 м тремя рабочими насосными агрегатами марки ABS AFP2002 DN200,  $D = 450$  мм.

В целях предотвращения сброса избыточного количества поступающих неочищенных сточных вод из аварийного колодца в водоём или на поверхность земли населённого пункта при аварийной ситуации (возникновение неисправности трубопроводов, в том числе их повреждения) предусматривается совершенствование системы подачи воды с применением следующих мероприятий:

- установка на насосной станции насосных агрегатов с частотным регулированием подачи воды и запасом мощности;
- устройство водоводов с ремонтными участками, установка насосных агрегатов с частотным регулированием подачи воды и запасом мощности.

Анализ результатов расчётов и построения графиков совместной работы насосов и водоводов показал (рис. 2, 3), что система способна обеспечить 100% подачу воды за счёт дублирования водоводов и введения устройств переключения между ремонтными участками. Насосные агрегаты принимаются с запасом параметров: подачи  $Q$ , напора  $H$ , мощности  $N$ .

При нормальном режиме расчётная подача воды  $Q$  обеспечивается по двум водоводам ( $m = 2$ ) со снижением частоты вращения рабочего колеса каждого насоса с  $n_{ч1} = 1480$  об/мин. до  $n_{ч2} = 1352$  об/мин. и потребляемой мощности насосов (рис. 2а и 3). Энергетические параметры  $Q$ ,  $H$  и  $N$  пересчитываются с соблюдением закона подобия центробежных насосов по формулам пропорциональности [16]:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_{ч1}}{n_{ч2}}\right)^2; \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_{ч1}}{n_{ч2}}; \frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_{ч1}}{n_{ч2}}\right)^3,$$

где  $n_{ч}$  — частота вращения рабочего колеса.

В случае аварии на одном из водоводов расчётная подача воды  $Q$  не обеспечивается даже за счёт предельного увеличения частоты вращения  $n$  рабочих колёс насосов или подключения в работу резервных насосных агрегатов (рис. 2б, 3). При наличии двух ремонтных участков на водоводах расчётная подача воды  $Q$  обеспечивается в аварийной ситуации за счёт отключения на ремонт одного из участков ( $n = 1$ ), подключения в работу одного резервного насоса и восстановления частоты вращения рабочих колёс насосов до первоначаль-

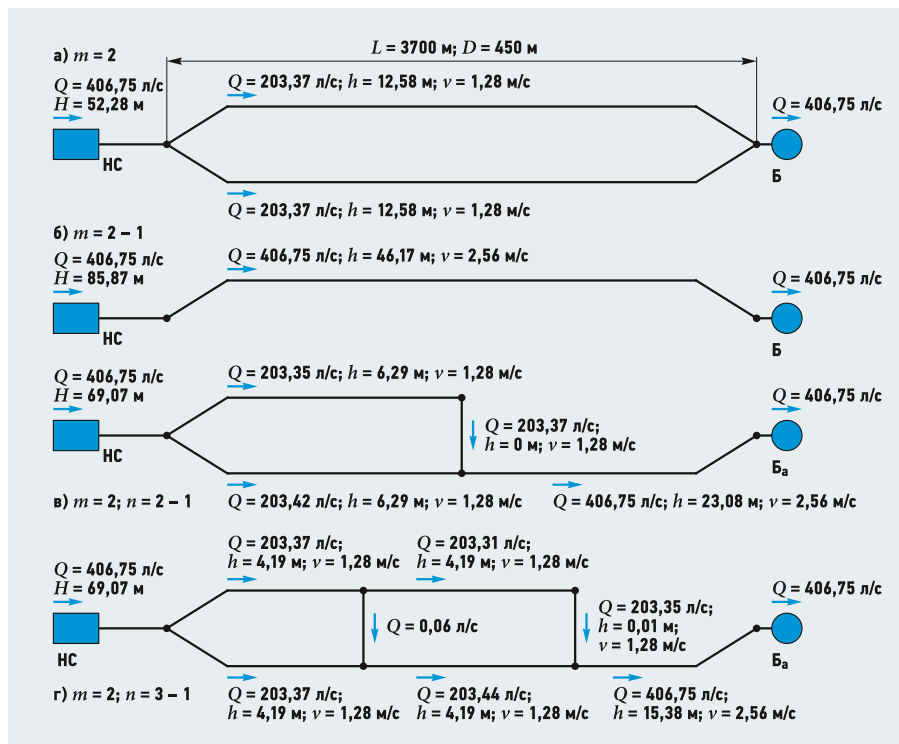


Рис. 2. Схемы и параметры ( $Q, h, v$ ) системы подачи воды по водоводам ( $m = 2$ ) с ремонтными участками  $n$  [для расчётных случаев: а — при нормальном режиме ( $m = 2$ ); б — при аварийном режиме ( $m = 2 - 1$ ); в — при аварийном режиме ( $m = 2, n = 2 - 1$ , то есть три рабочих + один резервный насосный агрегат); г — при аварийном режиме ( $m = 2, n = 3 - 1$ )]

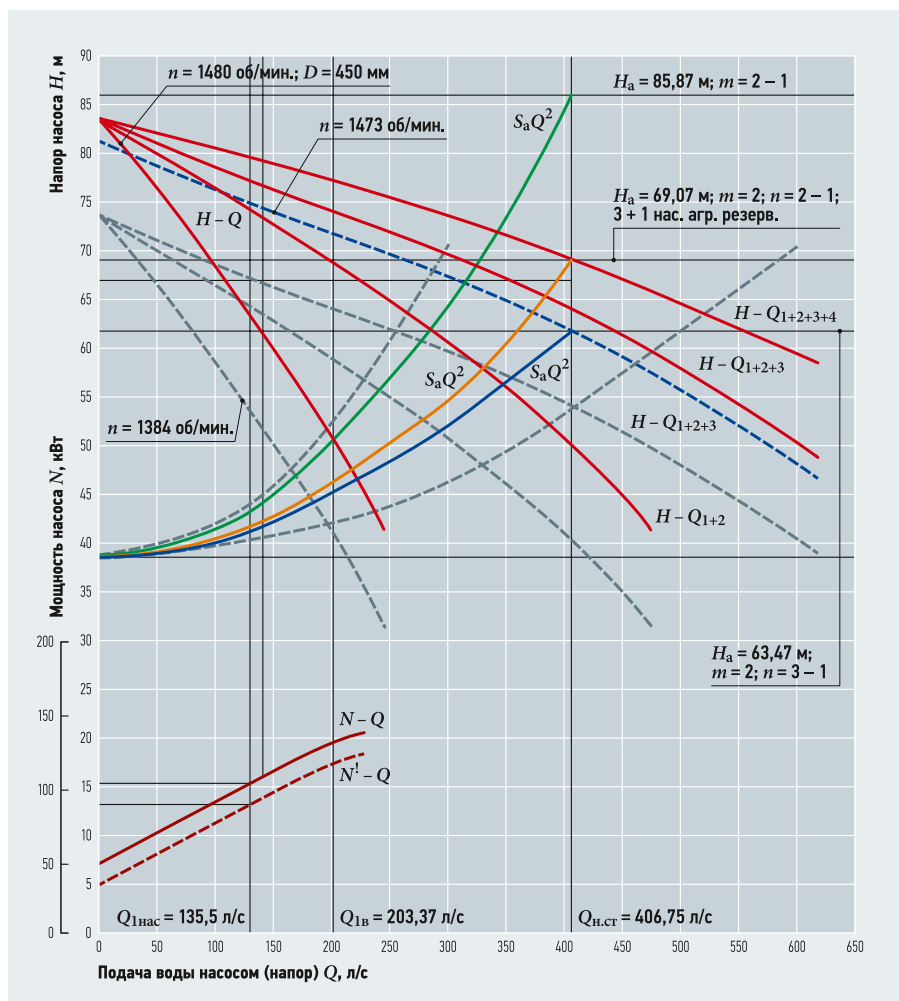


Рис. 3. График совместной работы насосов и водоводов системы подачи воды первой категории с параметрами элементов [ $m = 2$ , диаметр водоводов  $D = 450$  мм;  $n = 5$  (три рабочих + два резервных насосов марки ABS AFP2002 DN200,  $D = 450$  мм с частотным регулированием)]



ной величины  $n_q$  (рис. 2в, 3), причём при отслеживании точного соответствия их паспортных параметров рабочим ( $Q_{\text{пас}} = Q_{\text{раб}}$ ,  $H_{\text{пас}} = H_{\text{раб}}$ ,  $N_{\text{пас}} = N_{\text{раб}}$ ). Более убедительна схема подачи 100 % воды по двум водоводам ( $m = 2$ ) с тремя ( $n = 3$ ) ремонтными участками и частотой вращения рабочего колеса каждого насоса  $n_q = 1473,85$  об/мин. (рис. 2г и 3).



Из результатов расчёта количества ремонтных участков на водоводах для обеспечения требуемой подачи 100 %  $Q$  видно, что отмеченные выше предпосылки по оценке пропускной способности системы подачи воды подтверждаются. Подобные расчёты выполнялись автором при реконструкции и проектировании систем водоснабжения и водоотведения городов Уфы, Пензы и Москвы.

Хотелось бы отметить, что системы водоснабжения и водоотведения равнозначны для потребителей по обеспечению их жизнедеятельности, а также параметрам подачи и отвода воды. В этой связи классифицироваться они должны по правилам, соответствующим законам РФ, а уровни их надёжности — по единым методам [5–7]. Если система должна подавать 100 % воды, то и оценивать надо эту способность, а не рассчитывать подачу воды системой при заданных показателях надёжности её элементов.

Статистические данные по качеству воды поверхностных источников водоснабжения свидетельствуют [17], что воды 70 % рек и озёр России потеряли потребительские свойства для целей питьевого водоснабжения. Чтобы восстановить качество воды поверхностных и подземных источников водоснабжения, необходимо запретить сброс неочищенных сточных

вод в водоёмы, шахтные колодцы и скважины. Никакие аварийные регулирующие ёмкости не могут принять многочасовой, а чаще многосуточный сброс сточных вод.

## Заключение

1. Анализ аналитических и экспериментальных исследований оценки подачи воды по водоводам насосами на объектах городов центральной части Российской Федерации показал, что определение количества ремонтных участков на водо-

## Статистические данные по качеству воды поверхностных источников водоснабжения свидетельствуют, что воды 70 % рек и озёр России потеряли потребительские свойства для целей питьевого водоснабжения

водах необходимо выполнять методом итераций, с использованием графоаналитических методов расчёта кольцевых трубопроводных систем.

2. Требования по функционированию сооружений систем водоснабжения и водоотведения необходимо нормировать в полной взаимосвязи с условиями подачи и отвода воды для потребителей единого объекта.

3. Оценка надёжности сооружений систем водоснабжения и водоотведения должна выполняться по единым классическим методам теории надёжности, применяемым во всём мире. ●

1. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 №87 (ред. от 28.12.2024).
2. Абрамов Н.Н. Надёжность систем водоснабжения. — М.: Стройиздат, 1979. 231 с.
3. Проблемы надёжности систем водоснабжения: Тезисы докладов Первой Всесоюз. конф. по надёжности систем водоснабжения (24–26.10.1973, г. Москва). — М.: Минобразования СССР; Изд-во МИСИ, 1973. 184 с.
4. Дерюшев Л.Г. Надёжность сооружений систем водоснабжения: учебн. пособие. — М.: НИУ «МГСУ»; ЭБС АСВ. 2015. 280 с.
5. Барлоу Р., Прошан Ф. Математическая теория надёжности. Пер. с англ.; под ред. Б.В. Гнеденко. — М.: Изд-во «Советское радио», 1969. 488 с.
6. Гнеденко Б.В., Белиев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности. — М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит.-ры, 1965. 364 с.
7. Душин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). — М.: Гос. изд-во техн.-теор. лит.-ры, 1955. 526 с.
8. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения [СНиП 2.04.03–85] (с Изм. №1–4) / Дата введ.: 26.06.2019.
9. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализ. ред. СНиП 2.04.02–84\* (с Изм. №1–5) / Дата введ.: 26.06.2019.
10. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ.
11. Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 03.06.2006 №74-ФЗ (ред. от 08.08.2024; с изм. и доп., дата введ.: 01.03.2025).
12. Примин О.Г. Обеспечение надёжности и экологической безопасности напорных канализационных трубопроводов // Водоснабжение и санитарная техника, 2013. №11. С. 24–26.
13. Примин О.Г., Лезнов Б.С., Дудченко Т.О. Пути совершенствования использования аварийно-регулирующих резервуаров московской канализации / Проекты развития инфраструктуры города: Сб. научн. трудов ГУП города Москвы «Институт Мосводоканализации». Вып. 12. — М.: Экспо-Медиа-Пресс, 2012. С. 274–285.
14. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. — М.: Стройиздат, 1974. С. 147–150.
15. Водоснабжение населённых мест и промышленных предприятий: справ. проектировщика / Под ред. И.А. Назарова. — М.: Стройиздат, 1977. 288 с.
16. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учебн. для вузов. — М.: Бастет, 2010. 445 с.
17. Качество поверхностных вод Российской Федерации 2013. Ежегодник / Гл. ред. А.М. Никаноров. — Ростов-на-Дону: Минприроды России; Росгидромет; ФГБУ «ГХИ», 2014. 568 с.

References — see page 79.

**Calculation of the required number of repair sections on water pipelines for the uninterrupted operation of the water supply system. Pp. 34–37.**

**Leonid G. Deryushev**, PhD, Associate Professor, the Department of Construction of Water Supply and Sanitation Systems and Facilities, Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (RSGPU, Moscow)

1. *O sostave razdelov projektnej dokumentatsii i trebovaniyakh k ikh sodержaniyu* [On the composition of sections of design documentation and requirements for their content]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 №87 (red. of 28.12.2024)* [Russia Government Resolution No. 87 of February 16, 2008 (as amended on December 28, 2024)]. [In Russian]
2. N.N. Abramov. *Nadezhnost' sistem vodosnabzheniya* [Reliability of water supply systems]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1979. 231 p. [In Russian]
3. *Problemy nadezhnosti sistem vodosnabzheniya* [Problems of reliability of water supply systems]. *Tezisy dokladov Pervoy Vsesoyuz. konf. po nadezhnosti sistem vodosnabzheniya* [Abstracts of reports of the First All-Union Conference on the reliability of water supply systems]. October 24–26, 1973. Moscow. *Minobrazovaniya SSSR* [Ministry of Education of the USSR]; *Izd-vo MISI* [Publishing House of Moscow Civil Engineering Institute]. 1973. 184 p. [In Russian]
4. L.G. Deryushev. *Nadezhnost' sooruzhenij sistem vodosnabzheniya: ucheb. posobie* [Reliability of water supply system structures: A tutorial]. Moscow. *MGSU* [Moscow State University of Civil Engineering]; *EBS ASV* [Electronic Library System of the Publishing House of the Association of Construction Universities ("ASV" Publishers)]. 2015. 280 p. [In Russian]
5. R. Barlow, F. Proshan. *Matematicheskaya teoriya nadezhnosti* [Mathematical theory of reliability]. Transl. from English. Edited by B.V. Gnedenko. Moscow. *Izd-vo "Sovetskoe radio"* ["The Soviet radio" Publishing House]. 1969. 488 p. [In Russian]
6. B.V. Gnedenko, Yu.K. Belyaev, A.D. Soloviev. *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti* [Mathematical methods in reliability theory]. Moscow. *Nauka* ["The science" Publishers]; *Gl. red. fiz.-mat. lit-ry* [Main Editorial Board of Physical and Mathematical Literature of the USSR]. 1965. 364 p. [In Russian]
7. I.V. Dunin-Barkovsky, N.V. Smirnov. *Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika v tekhnike (obshchaya chast')* [Probability theory and mathematical statistics in engineering (general part)]. Moscow. *Gos. izd-vo tekhn.-teor. lit-ry* [State Publishing House of Technical and Theoretical Literature of the USSR]. 1955. 526 p. [In Russian]
8. *SP 32.13330.2018* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 32.13330.2018]. *Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzheniya* [SNiP 2.04.03–85] (*s Izm. No. 1–4*) [Sewerage. External networks and structures [The Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 2.04.03–85] (with Amendments No. 1–4)]. Date of impl.: June 26, 2019. [In Russian]
9. *SP 31.13330.2012* [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice of Russia) No. 31.13330.2012]. *Vodosnabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya. Aktualiz. red. SNiP 2.04.02–84\** (*s Izm. No. 1–5*) [Water supply. External networks and structures. Updated version of the Building Rules & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No. 2.04.02–84\* (with Amendments No. 1–5)]. Date of impl.: June 26, 2019. [In Russian]
10. *Ob ohrane okruzhayushchej sredy* [On environmental protection]. *Federal'nyj zakon ot 10.02.2002 №7-FZ* [Federal Law No. 7-FZ of February 10, 2002]. [In Russian]
11. *Vodnyj kodeks Rossijskoj Federatsii* [Water Code of the Russian Federation]. *Federal'nyj zakon ot 03.06.2006 №74-FZ (red. ot 08.08.2024; s izm. i dop. v silu s 01.03.2025)* [Federal Law No. 74-FZ of June 3, 2006 (as amended on August 8, 2024; with amendments and additions; date of imp.: Mart 1, 2025)]. [In Russian]
12. O.G. Primin. *Obespechenie nadezhnosti i ekologicheskoy bezopasnosti napornykh kanalizatsionnykh truboprovodov* [Ensuring the reliability and environmental safety of pressure sewer pipelines]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* ["Water supply and sanitary engineering" Magazine]. 2013. No. 11. Pp. 24–26. [In Russian]
13. O.G. Primin, B.S. Leznov, T.O. Dudchenko. *Puti sovershenstvovaniya ispol'zovaniya avarijno-reguliruyushchikh rezervuarov moskovskoj kanalizatsii* [Ways to improve the use of emergency control tanks of the Moscow sewerage system]. *Proekty razvitiya infrastruktury goroda: Sb. nauchn. trudov GYP goroda Moskvu "Institut MosvodokanalNIIproekt"* [City infrastructure development projects: Coll. vol. of scientific papers of the State Unitary Enterprise of the city of Moscow "Institute of Mosvodokanal NII projekt"]. Issue 12. Moscow. *Ekspo-Media-Press* ["Expo-Media-Press" Publishers]. 2012. Pp. 274–285. [In Russian]
14. N.N. Abramov. *Vodosnabzhenie* [Water supply]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1974. Pp. 147–150. [In Russian]
15. *Vodosnabzhenie naselennykh mest i promyshlennykh predpriyatij: sprav. projektirovshchika* [Water supply of populated areas and industrial enterprises: designer's handbook]. Edited by I.A. Nazarov. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of Literature on the Construction and Architecture ("Stroiizdat" Publishers)]. 1977. 288 p. [In Russian]
16. V.Ya. Karelin, A.V. Minaev. *Nasosy i nasosnye stantsii: uchebn. dlya vuzov* [Pumps and pumping stations: A textbook for universities]. Moscow. *Bastet* ["Bastet" Publishers]. 2010. 445 p. [In Russian]
17. *Kachestvo poverhnostnykh vod Rossijskoj Federatsii 2013. Ezhegodnik* [Quality of surface waters of the Russian Federation 2013: A yearbook]. Editor-in-chief A.M. Nikanorov. Rostov-on-Don. *Minprirody Rossii* [Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation]; *Rosgidromet* [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring of Russia (Roshydromet)]; *FGBU "GKhI"* [Federal State Budgetary Institution "Hydrochemical Institute"]. 2014. 568 p. [In Russian]