

К вопросу оценки расчётных расходов воды для отраслевых объектов

Рецензия эксперта на статью получена
20.01.2024 [The expert review of the article
was received on January 20, 2024]

В соответствии с новыми экономическими условиями, законодательством и структурой управления на базе действующих норм и правил в строительной отрасли РФ, а также с учётом международных стандартов, в нашей стране разрабатывается новая система нормативных документов [1–3], в частности, в области проектирования и строительства систем водоснабжения, канализации, отопления и вентиляции зданий и сооружений. Чуть ли не каждый год публикуются актуализированные нормативные документы, например, строительные правила (СП), но профессиональных вопросов по проектированию объектов от этого не уменьшается. Наоборот, их количество возрастает. Хотелось бы дать на них ответы хотя бы частично, поскольку представилась такая возможность, но большинство журналов подобные материалы не размещают. Как исключение, в *журнале СОК* была опубликована статья «*О расчётной производительности станций водоподготовки*» [4], в которой ставился вопрос о совершенствовании нормативных требований и необходимости получения чётких сведений о методике оценки энергетических параметров сооружений систем водоснабжения. Первым из этих параметров рассматривалась производительность или расчётный расход $Q_{\text{расч}}$ станции водоподготовки.

Не акцентируя внимание на неточностях, допущенных автором [4] при обосновании данной проблемы, поскольку его энтузиазм заслуживает одобрения, остановимся на методических подходах оценки расчётных параметров водопроводных систем. Во-первых, оценку параметров какого-либо объекта необходимо начинать с анализа требований условий его функционирования. При решении подобных задач общепринято любой объект

рассматривать как систему или элемент системы. Станция водоподготовки является сооружением, а точнее элементом системы водоснабжения.

Системы водоснабжения и водоотведения (ВиВ), как и системы отопления, классифицируются по категориям функционирования (условиям выполнения требований потребителей), а не уровням надёжности. Эта особенность проектируемых систем подчёркивалась в первой публикации СП 31.13330.2012 [5], возможно, не очень категорично, чтобы не удивлять лиц, не имеющих чётких представлений в области теории надёжности и оптимизации систем ВиВ. Подобный неоспоримый подход к проектированию объектов ВиВ начался с 1970 года благодаря неоценимой деятельности Н.Н. Абрамова [6], о которой пытались или старались забыть.

Согласно последним Постановлениям Правительства РФ [1, 2], надёжность систем ВиВ необходимо оценивать с учётом научных методов [7], а не частных умозаключений. Поскольку дискуссии по этой проблеме на всех уровнях рассмотрения не завершены, перейдём к оценкам энергетических параметров систем.

Расчётные расходы системы водоснабжения определяются:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{max}} = Q_{\text{сут}}^{\text{cp}} K_{\text{сут}}^{\text{max}},$$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{min}} = Q_{\text{сут}}^{\text{cp}} K_{\text{сут}}^{\text{min}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{сут}}^{\text{max}}$ и $Q_{\text{сут}}^{\text{min}}$ — суточные расходы воды при наибольшем и наименьшем водопотреблении, соответственно, м³/сут.; $Q_{\text{сут}}^{\text{cp}}$ — суточный расход воды средний за год водопотребления, м³/сут.; $K_{\text{сут}}^{\text{max}}$ и $K_{\text{сут}}^{\text{min}}$ — коэффициенты суточной неравномерности наибольшего или наименьшего водопотребления за год.

УДК 628.171.034.2(55+622). Научная специальность: 2.1.4 (05.23.04).

К вопросу оценки расчётных расходов воды для отраслевых объектов

Л. Г. Дерюшев, к.т.н., доцент, кафедра «Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения», Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ, г. Москва)

В целях совершенствования оценки расчётных параметров водопроводных сооружений обоснован метод расчёта пропускной способности водопроводных сооружений с учётом нормативных требований. Методология проведения работы: анализ нормативных требований и теоретической базы расчёта сооружений систем водоснабжения и водоотведения. Результаты работы — обоснование метода расчёта пропускной способности водопроводных очистных сооружений с учётом требований потребителей по бесперебойности подачи и воды и уровню надёжности. Область применения результатов: в организациях проектирования, строительства и эксплуатации сооружений систем водоснабжения и водоотведения. Итого обоснован системный подход к оценке качества проектных решений по водопроводным и канализационным сооружениям.

Ключевые слова: водоснабжение, наружные системы и сооружения, станции очистки воды, энергетические показатели, надёжность.

UDC 628.171.034.2(55+622). The number of scientific specialty: 2.1.4 (05.23.04).

To the question of estimating design water discharges for sectoral facilities

L. G. Derjushev, PhD, Associate Professor, the Department of "Construction of Water Supply and Water Disposal Systems and Facilities", Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI-RGGRU, Moscow)

In order to improve the assessment of the design parameters of water supply facilities, a method for calculating the capacity of water supply facilities is justified, taking into account regulatory requirements. Methodology of the work: analysis of regulatory requirements and the theoretical basis for calculating structures of water supply and sanitation systems. The results of the work are the substantiation of the method for calculating the throughput of water treatment facilities, taking into account the requirements of consumers for uninterrupted supply and water and the level of reliability. The scope of application of the results: in organizations of design, construction and operation of structures of water supply and sanitation systems. In total, a systematic approach to assessing the quality of design solutions for water supply and sewerage facilities is justified.

Key words: water supply, outdoor systems and structures, water treatment plants, energy indicators, uninterrupted water supply, reliability.

Расчётные расходы станции водоподготовки следует определять:

$$Q_{\text{сут.очистн.сооруж}}^{\max} = \alpha Q_{\text{сут}}^{\max}/T;$$

$$Q_{\text{сут.очистн.сооруж}}^{\min} = \alpha Q_{\text{сут}}^{\min}/T, \quad (2)$$

где T — время работы сооружения за сутки, ч; α — коэффициент, учитывающий долю расхода воды на собственные нужды системы водоснабжения.

Время работы сооружения T может быть самым разнообразным: 0,1 или 24 часа за сутки, все зависит от требований потребителей к подаче воды и выбранных условий функционирования системы водоснабжения (или её элемента очистных сооружений). Непрерывность подачи воды потребителям может обеспечиваться за счёт резервирования источников водоснабжения, водопроводных сооружений, регулирующих ёмкостей и т.д. Что касается коэффициента α , то автор статьи [4] прав — дополнительная доля расхода воды должна предусматриваться не только на собственные нужды очистных сооружений, но и всей системы водоснабжения, поскольку промываются и водозаборные сооружения, и трубопроводы, и насосные станции. Расход воды на полив улиц и зелёных насаждений предусматривается в часы минимального водопотребления. Можно было бы допустить, что и промывки водозаборных сооружений, трубопроводов, насосных станций должны осуществляться в часы минимального водопотребления. Однако аварийные ситуации в системах не планируются, они возникают случайно (из личной практики можно привести не одну экстремальную аварийную ситуацию в системах водоснабжения и водоотведения). Неуместны и такие крайности, как выделение времени на промывку фильтров за счёт времени подачи воды потребителям. С автором [4] можно согласиться в том, что нормирование методов проектирования очистных сооружений осуществляется крайне необоснованно.

В частности, в СП 31.13330.2012 [5] были исключены формулы расчёта скорых фильтров, контактных осветлителей на основании опубликованной статьи [8]. Но на это никто не обращает внимание, о чём свидетельствуют публикации и решения [4], которые принимаются по сей день при проектировании систем ВиВ. Нормативные требования по надёжности, бесперебойности подачи воды потребителям учитываются только для водозаборных сооружений, насосных станций, регулирующих ёмкостей, водоводов и распределительных трубопроводных систем. Очистные сооружения локализуются,

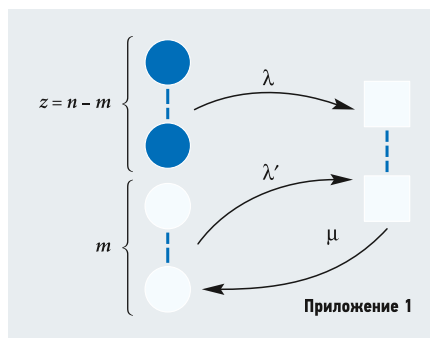


Рис. 1. Модель функционирования и восстановления системы фильтров

рассматриваются вне связи с остальными элементами систем ВиВ по каким-то законам частных лиц, о которых можно только догадываться.

Казалось бы, чего проще и логичнее — подходить к принятию решений по выбору необходимого количества фильтров на очистных сооружениях с учётом модели [8], схема которой приведена на рис. 1.

Если оценивается процесс фильтрации воды, то площадь фильтров F_{ϕ} для обеспечения нормальной работы системы должна рассчитываться по формуле:

$$F_{\phi} = Q_{\text{сут.очистн.сооруж}}^{\max}/\vartheta_{\phi}, \quad (3)$$

где ϑ_{ϕ} — расчётная скорость фильтрации воды при нормальном режиме, м/ч. Количество рабочих фильтров на станции определяется как:

$$z = F_{\phi}/f_{\phi},$$

$$z = n - m, \quad (4)$$

где n — общее количество фильтров на станции; m — количество резервных фильтров на станции; f_{ϕ} — площадь одного фильтра, м².

Количество резервных фильтров, необходимых для обеспечения безотказной работы системы, можно определить по единым правилам [6, 7, 9], которые используются в технике для обеспечения уровня надёжности системы $P(t)$ при заданных m , λ' , λ , μ и r .

Допустим, в системе предусматривается $z = n - m$ рабочих фильтров (элементов) с интенсивностью отказа $\lambda' = 1/T_0$ (T_0 — наработка на отказ или среднее время между ремонтами, ч) и m резервных фильтров (элементов), которые с интенсивностью $\lambda = 1/T_{\phi}$ (T_{ϕ} — время цикла работы фильтра между промывками, ч) замещают рабочие фильтры при остановке последних на промывку (тёплый или скользящий резерв) и с интенсивностью $\mu = 1/\tau$ (τ — среднее время ремонта, ч) восстанавливаются.

Каждый отказавший фильтр восстанавливается подразделением обслуживающего персонала, состоящим из r ремонт-

ных единиц. Пример более подробного расчёта необходимого количества фильтров на станции приведён в [8, 9].

Администраторы, которые уполномочены принимать соответствующие инженерные заключения по проекту, не знают (или забыли), что расчётный расход для системы ВиВ при оценке состава, габаритов, мощности её сооружений и оборудования уже более 100 лет принимается часовой, а не суточный или годовой. Причём расчётный расход, который принимается для очистных сооружений, не меняется в течение одного часа, он экстремальный и постоянный.

Об этом знают отдельные специалисты, а может быть, их уже не осталось, поскольку трубопроводные сети систем водоотведения по сей день рассчитываются по расходам, которые в течение часа от одного источника (группы потребителей на расчётной площади) могут изменяться в несколько (два, три и более) раз в ту или другую сторону, что существенно противоречит выводам академика Н. Н. Павловского [10, стр. 316–322].

Заключение

Из всего перечисленного можно сделать вывод, что очистные сооружения или станции водоподготовки являются элементами единой системы, а потому должны анализироваться не в виде самостоятельного объекта, а только в совокупности всех элементов системы, с учётом методических подходов и правил теории надёжности. ●

1. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию: Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 №87 (ред. от 15.09.2023).
2. О схемах водоснабжения и водоотведения: Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 №782.
3. Об утверждении Порядка разработки, утверждения, изменения и отмены сводов правил в сфере строительства в Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации: Приказ Минстроя России от 26.11.2021 №858/пр.
4. Рушников А.Ю. О расчётной производительности станций водоподготовки // Журнал СОК. 2023. №2. С. 22–23.
5. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализ. ред. СНиП 2.04.02–84 (с Изм. №1–5) / Дата введ.: 01.01.2013.
6. Абрамов Н.Н. Надёжность систем водоснабжения. — М.: Стройиздат, 1979. 232 с.
7. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности. Основные характеристики надёжности и их статистический анализ. — М.: Наука, 1965. 524 с.
8. Дерюшев Л.Г. К вопросу обеспечения надёжности фильтровальных станций систем водоснабжения // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2019. №3. С. 40–46.
9. Дерюшев Л.Г. Надёжность сооружений систем водоснабжения и водоотведения. — М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2017. 278 с.
10. Павловский Н.Н. Гидравлический справочник. — Л.-М.: ОНТИ НКТП СССР; Гл. ред. энергетической лит-ры, 1937. 910 с.

References — see page 79.

L. G. Derjushev, PhD, Associate Professor, the "Construction of Water Supply and Water Disposal Systems and Facilities" Department, Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Exploration University (MGRI-RGGRU, Moscow)

1. *O sostave razdelov proektnoj dokumentatsii i trebovaniyakh k ikh soderzhaniju* [On the composition of sections of project documentation and requirements for their content]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 №87* (red. ot 15.09.2023) [The Decree of the Government of the Russian Federation No. 87 of February 16, 2008 (as Amended on September 15, 2023)]. [In Russian]
2. *O shemakh vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [On water supply and sanitation schemes]. *Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 05.09.2013 №782 (s izm. i dop.)* [The Decree of the Government of the Russian Federation No. 782 of May 9, 2013 (with amendments and additions)]. [In Russian]
3. *Ob utverzhdenii Porjadka razrabotki, utverzhdeniya, izmeneniya i otmeny svodov pravil v sfere stroitel'stva v Ministerstve stroitel'stva i zhilishhno-kommunal'nogo khozjajstva Rossijskoj Federatsii* [On approval of the Procedure for the development, approval, amendment and cancellation of sets of rules in the field of construction in the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation]. *Prikaz Ministra Rossii ot 26.11.2021 №858/pr* [The Order of the Ministry of Construction of Russia No. 858/pr of November 26, 2021]. [In Russian]
4. A. Ju. Rushnikov. *O raschjotnoj proizvoditel'nosti stantsij vodoropodgotovki* [On the estimated productivity of water treatment stations]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, konditsionirovanie (SOK)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2023. No. 2. Pp. 22–23. [In Russian]
5. *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* [Water supply. External networks and structures]. Aktualiz. red. SNiP 2.04.02–84 (s izm. №1–5) [Updated version of Sanitary and Epidemiological Rules and Regulations of Russia (Russian Public Health Regulations) No. 2.04.02–84 (with Amendments No. 1–5)]. Date of impl.: January 1, 2013. [In Russian]
6. 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. 232 p. [In Russian]
7. B. V. Gnedenko, Ju. K. Beljaev, A. D. Solov'ev. *Matematicheskie metody v teorii nadezhnosti. Osnovnye kharakteristiki nadezhnosti i ikh statisticheskij analiz* [Mathematical methods in reliability theory. Basic characteristics of reliability and their statistical analysis]. Moscow. *Nauka* ["The science" Publishers]. 1965. 524 p. [In Russian]
8. L. G. Derjushev. *K voprosu obespecheniya nadezhnosti fil'troval'nykh stantsij sistem vodosnabzheniya* [On the issue of ensuring the reliability of filtration stations of water supply systems]. *Vodoочистка. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie* ["Water purifying. Water treatment. Water supply" Magazine]. 2019. No. 3. Pp. 40–46. [In Russian]
9. L. G. Derjushev. *Nadezhnost' sooruzhenij sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya* [Reliability of water supply and sanitation systems]. Moscow. *Izd-vo MISI-MGSU* [Publishing House of Moscow State University of Civil Engineering (MGSU)]. 2017. 278 p. [In Russian]
10. N. N. Pavlovskij. *Gidravlicheskij spravochnik* [The Hydraulic Handbook]. Leningrad. ONTI [United Scientific and Technical Publishing House of the People's Commissariat of Heavy Industry of the USSR (ONTI NKTP USSR)]; *Gl. red. jenergeticheskij lit-ry* [The Main Editorial Board of the Energy Literature of the USSR]. 1937. 910 p. [In Russian]