

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

Смирнов А. Ф., Таурит В. Р.

FEATURES OF OPERATION OF CLEAN WATER TANKS

Smirnov A. F., Taurit V. R.

Аннотация

Рассмотрены мероприятия, снижающие возможность заражения воды в эксплуатируемых резервуарах для хозяйственно-питьевого водоснабжения. При строительстве резервуаров предусматриваются мероприятия для ликвидации прямого контакта внутреннего пространства резервуара с атмосферным воздухом, а также организация воздухообмена через фильтры-поглотители (ФП) для очистки поступающего воздуха. Впуск и выпуск воздуха при изменении уровня воды в емкости, а также обмен воздуха в резервуарах предусматриваются через вентиляционные устройства, исключающие возможность образования вакуума, превышающего 800 Па. Предложена методика расчета вакуума в резервуарах при их опорожнении. Определены и исследованы режимы работы систем вентиляции, позволяющие обеспечить безопасность эксплуатации резервуаров.

Ключевые слова: системы водоснабжения, резервуар чистой воды, вентиляционные устройства.

Введение

Основным мероприятием, снижающим возможность заражения воды в эксплуатируемых резервуарах чистой воды, является ликвидация прямого контакта внутреннего пространства резервуара с атмосферным воздухом и организация воздухообмена через фильтры-поглотители. Для этого предусмотрены: герметизация ограждающих конструкций резервуаров, вентиляционные устройства и устройства для очистки поступающего в резервуар воздуха.

Герметизация ограждающих конструкций обеспечивается за счет омоноличивания стыков сборных элементов покрытий и сопряжений покрытий со стенами, устройства специальной гидроизоляции наружных поверхностей резервуаров и сокращения до минимума количества отверстий в покрытии с установкой герметичных люков-лазов [1, 2].

Abstract

The actions reducing a possibility of water contamination in operated reservoirs for domestic and drinking water supply are considered. In the construction of reservoirs, measures are envisaged to eliminate the direct contact of the internal space of the reservoir with atmospheric air, as well as the organization of air exchange through absorber filters (FP) to purify incoming air. The air inlet and outlet when changing the water level in the tank, as well as the air exchange in the tanks, are provided through ventilation devices, which exclude the possibility of a vacuum exceeding 800 Pa. A technique for calculating the vacuum in reservoirs during their emptying is proposed. The modes of operation of ventilation systems have been determined and investigated, which make it possible to ensure the safe operation of reservoirs.

Keywords: water supply systems, clean water tank, ventilation devices.

Вентиляционные устройства предназначены для «впуска» и «выпуска» воздуха при изменении уровня воды в емкости.

Очистка поступающего в резервуары воздуха предусматривается в фильтрах-поглотителях (ФП), размещаемых в камерах рядом с резервуарами. Фильтры соединены с резервуарами воздухопроводами, которые вводятся в резервуар через люк-лаз или через специальное отверстие в плите перекрытия с герметичной заделкой.

Пример расположения камеры ФП и резервуара с указанием воздухопроводов приведен на рис. 1.

Величина вакуума в резервуаре не должна превышать 800 Па [9].

Воздух при наполнении и опорожнении резервуара проходит через нагнетательный и всасывающий клапаны избыточного давления, устанавливаемые на подающем и выпускном воздухопроводах.

Во избежание обрушения конструкций резервуара при достижении критических пределов

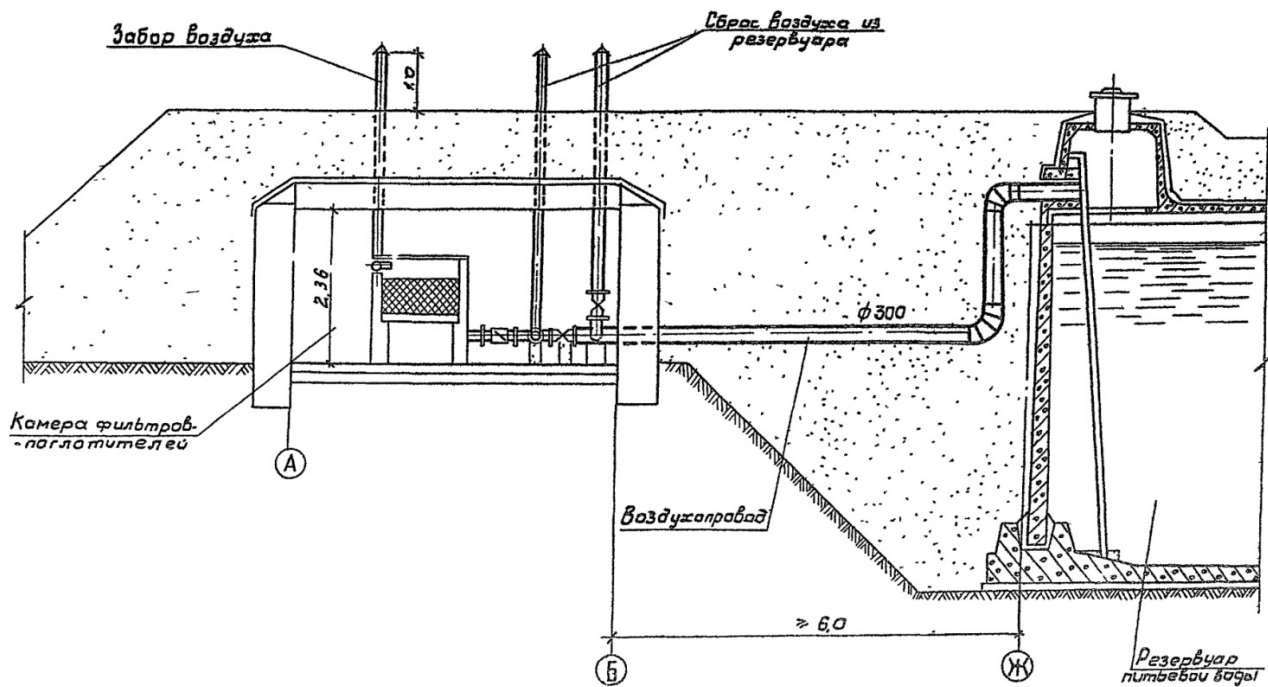


Рис. 1. Пример расположения камеры ФП и резервуара [5]

давления (вакуума) предусматривается автоматическое открытие задвижки (для экстренного впуска или выпуска воздуха из атмосферы, минуя ФП), расположенной на вертикальном воздуховоде.

Вентиляция резервуаров для районов с расчетной зимней температурой до минус 5 °С выполняется без установки клапанов избыточного давления.

Предмет, задачи и методы исследований

Для обеспечения безопасной величины вакуума в резервуарах чистой воды рассматривается работа систем вентиляции в режиме опорожнения резервуара. При опорожнении резервуара

в нем создается разрежение, величина которого равна аэродинамическому сопротивлению сети воздухопроводов и фильтров-поглоителей.

Аэродинамический расчет выполняется по методике и данным [13]. Расчет сопротивления загрузки фильтров — по диаграмме 8–11 [8]. Расчеты выполняются для теплого и холодного периодов года. В качестве расчетного принимается период года с наибольшим сопротивлением фильтров.

Результаты исследования

По вышеуказанной методике выполнен расчет аэродинамического сопротивления системы вентиляции резервуара чистой воды объемом

Таблица 1

Расчетные характеристики слоев загрузки ФП

Показатели	Условные обозначения	Единицы измерения	Значения для материала слоя		
			гравий 15–20 мм	гравий 5–10 мм	песок 0,5–1 мм
Высота слоя материала	l_0	м	0,06	0,06	0,40
Пористость	e		0,37	0,46	0,44
Средний диаметр частиц	d_3	м	0,01750	0,00750	0,00075
Коэффициент формы частиц	φ_1		0,68	0,54	0,72
Эквивалентный диаметр частиц	d_3	м	0,01190	0,00405	0,00054

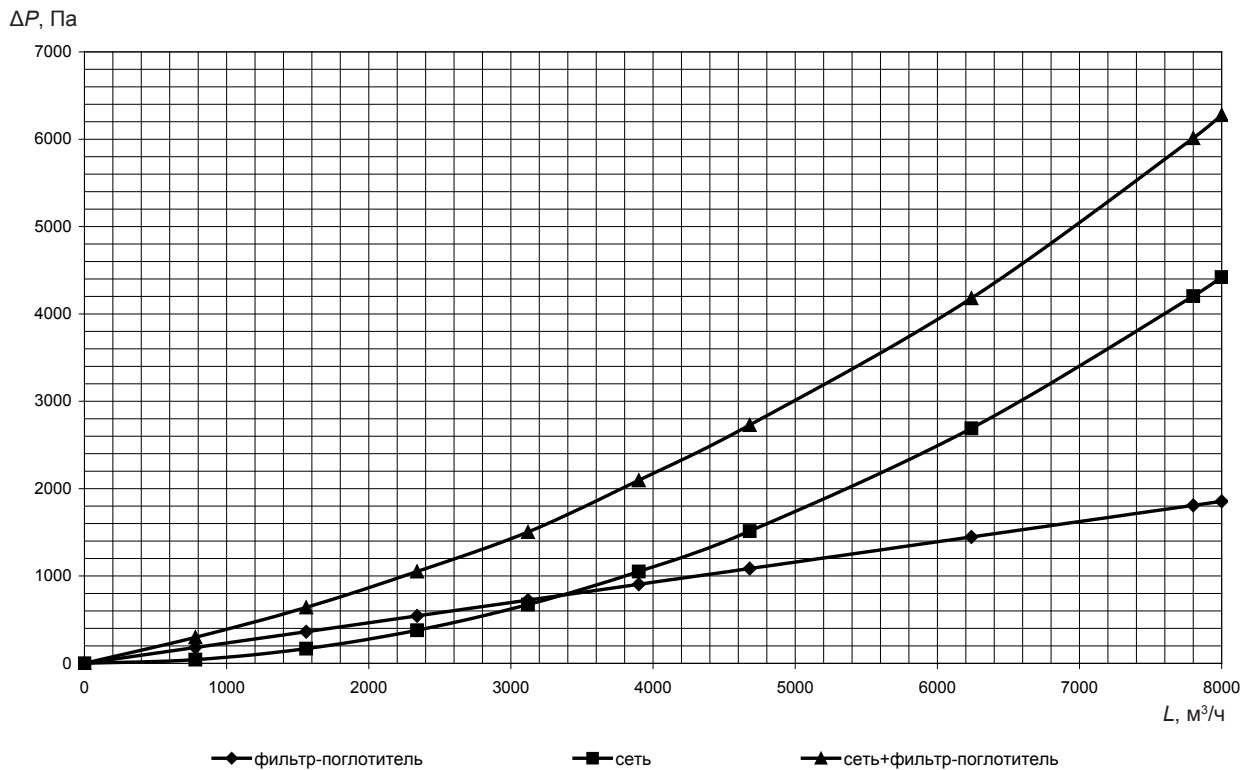


Рис. 2. Зависимость потерь давления в сети и фильтрах-поглотителях (вакуума) от расхода воздуха (расхода воды)

$V_{рез} = 18\,690\text{ м}^3$ с максимальным часовым отбором воды $8000\text{ м}^3/\text{ч}$. Время опорожнения резервуара — 12 часов. На подающем и выпускном воздуховодах установлены клапаны избыточного давления. Характеристики загрузки фильтров приведены в табл. 1. Количество установленных фильтров — 12 шт. Проектная настройка всасывающего клапана избыточного давления (КИД) на 196 Па (20 мм вод. ст.).

Расчетный расход воздуха при опорожнении резервуара:

$$L_{рез} = V_{рез} / 12 = 18690 / 12 = 1560\text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выполнены расчеты аэродинамического сопротивления сети воздуховодов и фильтров. В качестве расчетного принят теплый период года.

Следует иметь в виду:

– достаточно надежные данные по аэродинамическому сопротивлению для фракционного состава кварцевого песка, принятого для загрузки фильтров в проекте, отсутствуют. Поэтому настоящие результаты можно рассматривать как оценочные, а в дальнейшем для проверки и уточнения необходимо выполнить дополнительные исследования;

– сопротивление фильтров с течением времени изменяется в зависимости от конкретных условий эксплуатации (запыленности воздуха и других факторов). В настоящей работе расчеты выполнены для незагрязненных фильтров.

Аэродинамическое сопротивление при 12 работающих чистых фильтрах и расчетном расходе воды:

сети воздуховодов	278 Па;
загрузки фильтров	362 Па;
всего	640 Па.

Расход воздуха при максимальном часовом расходе воды составляет:

$$L_{рез.макс} = 8000\text{ м}^3/\text{ч}.$$

Аэродинамическое сопротивление при 12 работающих чистых фильтрах и максимальном часовом расходе воды:

сети воздуховодов	4422 Па;
загрузки фильтров	1855 Па;
всего	6278 Па.

При 12 работающих чистых фильтрах при максимальном часовом расходе воды в резервуаре образуется вакуум, значительно превышаю-

щий 80 мм вод. ст. (800 Па), что может привести к разрушению резервуара.

В проекте указана настройка всасывающего КИД клапана избыточного давления (КИД) на 196 Па (20 мм вод. ст.). Сопротивление 12 работающих чистых фильтров при расчетном расходе составляет 362 Па, т. е. превышает давление настройки. Следовательно, в этом режиме будет производиться забор наружного воздуха помимо фильтров.

Результаты расчетов представлены на рис. 1 в виде зависимости потерь давления в сети и фильтрах-поглотителях (вакуума в резервуаре) от расхода воздуха (расхода воды). Расчеты выполнены для 12 работающих фильтров.

Выводы

1. Предложена методика аэродинамического расчета, позволяющая определить вакуум в резервуаре, образующийся при отборе воды.

2. Для условий примера, выполненного для типового решения, допустимый максимальный забор воды из резервуара исходя из допустимого вакуума 80 мм вод. ст. (800 Па) при максимальном количестве работающих фильтров (12 шт.) — $Q = 1750 \text{ м}^3/\text{ч}$.

3. Целесообразно рассмотреть варианты исполнения подачи воздуха с использованием карманных или других фильтров с естественной или принудительной подачей воздуха, что позволит значительно сократить объем, занимаемый фильтрами, а также уменьшить аэродинамическое сопротивление [3].

4. Целесообразно решить вопросы обеззараживания воздуха, поступающего после воздушных фильтров в резервуар, в частности за счет применения ультрафиолетового облучения [14–15].

Литература

1. Алексеев, С. Н., Иванов, Ф. М., Модры, С., Шисль, П. (1990). Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 320 с.

2. Анваров, Б. Р., Латыпова, Т. В., Латыпов, В. М. Крамар, Л. Я. (2015). К вопросу о механизме повреждения железобетона при коррозии выщелачивания. Известия высших учебных заведений. Строительство, № 2 (674), сс. 12–26.

3. Афанасьев, А. А.; Беляева, Д. М.; Шапоренко, В. Н.; Родионов, А. Е. (2015). Новое оборудование для безопасного воздухообмена в резервуарах чистой воды. Водоснабжение и санитарная техника, № 7, сс. 60–64.

4. Байков, В. Н. (ред.) (1985). Железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 767 с.

5. ГПИ Сантехпроект (1979). Руководство по расчету воздуховодов из унифицированных деталей. Сер. АЗ-804. М., 205 с.

6. ГПИ Союзводоканалпроект (1983). Типовой проект 901-4-63.83. Резервуары для воды прямоугольные железобетонные сборные емк. от 50 до 20 000 м³ (с применением изделий промзданий). Альбом II. Материалы для проектирования специальных мероприятий для резервуаров емк. от 50 до 20 000 м³ систем хозяйственного водоснабжения. М., 13 с.

7. Журба, М. Г., Соколов, Л. И. Говорова, Ж. М. (2004). Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. М.: Изд-во АСВ, 256 с.

8. Идельчик, И. Е. (1992). Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 672 с.

9. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. (2012). Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СП 31.13330.2012. М.: Минстрой России. Доступно по ссылке: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>

10. Москвитин, Б. А., Мирончик, Г. М., Москвитин А. С. (1984). Оборудование водопроводных и канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 192 с.

11. Назаров, И. А. (ред.) (1977). Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 288 с.

12. НИИ КВОВ АКХ им. К. Д. Памфилова (1989). Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения»). М.: ЦИТП Госстроя СССР, 128 с.

13. Павлов, Н. Н., Шиллер, Ю. И. (ред.) (1992). Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2. М.: Стройиздат, 416 с.

14. Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России (1998). Санитарный надзор за применением ультрафиолетового излучения в технологии подготовки воды: Методические указания. М., 16 с.

15. Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России (2005). Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях: Руководство. М., 46 с.

References

1. Alekseev, S. N., Ivanov, F. M., Modry, S., Shissl, P. (1990). Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnyh sredah [Durability of reinforced concrete in corrosive environments.]. М.: Strojizdat, 320 p. (in Russian).

2. Anvarov, B. R., Latypova, T. V., Latypov, V. M. Kramar, L. Ya. (2015). K voprosu o mekhanizme povrezhdeniya zhelezobetona pri korrozii vyshchelachivaniya [On the issue of the mechanism of damage to reinforced concrete during the corrosion of leaching]. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo, № 2 (674), pp. 12–26. (in Russian).

3. Afanasev, A. A.; Belyaeva, D. M.; Shaporenko, V. N.; Rodionov, A. E. (2015). Novoe oborudovanie dlya bezopasnogo vozduhoobmena v rezervuarah chistoj vody [New equipment for safe air exchange in clean water tanks]. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, № 7, pp. 60–64. (in Russian).

4. Bajkov, V.N. (red.) (1985). ZHelezobetonnye konstrukcii [Reinforced concrete structures]. М.: Strojizdat, 767 p.

5. GPI Santekhproekt (1979). Rukovodstvo po raschetu vozduhovodov iz unificirovannykh detalej [Manual for the calculation of air ducts from unified parts.]. Seriya A3-804. M., 205 p.

6. GPI Soyuzvodokanalproekt (1983). Tipovoj proekt 901-4-63.83. Rezervuary dlya vody pryamougol'nye zhelezobetonnye sbornye emk. ot 50 do 20000 m³ (s primeneniem izdelij promzdanij). Al'bom II. Materialy dlya proektirovaniya special'nykh meropriyatij dlya rezervuarov emk. ot 50 do 20000 m³ sistem hozpit'evogo vodosnabzheniya [Reservoirs for water rectangular reinforced concrete prefabricated tanks. from 50 to 20,000 m³ (with the use of products of industrial facilities). Album II. Materials for designing special events for tanks. from 50 to 20,000 m³ of drinking water supply systems.]. M., 13 p.

7. Zhurba, M. G., Sokolov, L. I. Govorova, Zh. M. (2004). Vodospabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenij [Water supply. Design of systems and structures]. M.: Izdatel'stvo ASV, 256 p. (in Russian).

8. Idelchik, I. E. (1992). Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam [Reference book on hydraulic resistance.]. M.: Mashinostroenie, 672 p. (in Russian).

9. Ministerstvo stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii, (2012). Vodospabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Water supply. External networks and facilities.]. SP 31.13330.2012. Moskva: Minstroj Rossii. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200093820>

10. Moskvitin, B. A., Mironchik, G. M., Moskvitin A. S. (1984). Oborudovanie vodoprovodnykh i kanalizacionnykh sooruzhenij [Equipment for water supply and sewerage facilities.]. M.: Strojizdat, 192 p. (in Russian).

11. Nazarov, I. A. (red.) (1977). Vodospabzhenie naseleennykh mest i promyshlennykh predpriyatij [Water supply of populated areas and industrial enterprises.]. M.: Strojizdat, 288 p. (in Russian).

12. NII KVOV AKH im. K. D. Pamfilova (1989). Posobie po poektirovaniyu sooruzhenij dlya ochestki i podgotovki vody (k SNiP 2.04.02-84 «Vodospabzhenie. Naruzhnye seti i sooruzheniya») [Manual for designing facilities for water treatment and treatment (to SNiP 2.04.02-84 «Water supply. External networks and facilities»)]. M.: CИTP Gosstroya SSSR, 128 p. (in Russian).

13. Pavlov, N. N., Shiller, Yu. I. (red.) (1992). Vnutrennie sanitarno-tekhicheskie ustrojstva. V 3 ch. CH.3. Ventilyaciya i kondicionirovanie vozduha. Kn. 2. [Internal sanitary equipment. At 3 p. Ventilation and air conditioning. Book. 2] M.: Strojizdat, 416 p. (in Russian).

14. Federal'nyj centr gossanehpidnadzora Minzdrava Rossii (1998). Sanitarnyj nadzor za primeneniem ul'traioletovogo izlucheniya v tekhnologii podgotovki vody: Metodicheskie ukazaniya [Sanitary supervision of the use of ultraviolet radiation in water treatment technology: Methodological guidelines]. M., 16 p. (in Russian).

15. Federal'nyj centr gossanehpidnadzora Minzdrava Rossii (2005). Ispol'zovanie ul'traioletovogo baktericidnogo izlucheniya dlya obezrazhivaniya vozduha v pomeshcheniyah: Rukovodstvo [Use of ultraviolet germicidal radiation for indoor air disinfection: Manual.]. M., 46 p. (in Russian).

Авторы

Смирнов Анатолий Филиппович, канд. техн. наук
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
E-mail: tgsov@spbgasu.ru

Таурит Вольдемар Робертович, д-р техн. наук, профессор

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
E-mail: taurit_v_r@mail.ru

Authors

Smirnov Anatolij Filippovich, Ph. D. in Engineering
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
E-mail: tgsov@spbgasu.ru

Taurit Voldemar Robertovich, Dr. of Engineering, professor

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering
E-mail: taurit_v_r@mail.ru