

Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов

УДК 697.92

DOI: 10.14529/build210307

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА МАШЗАВОДА

И.А. Арканова, А.С. Жаворонков

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Актуальность работы: в связи с необходимостью совершенствования систем водного хозяйства существующих, строительства новых машиностроительных предприятий, дефицитом водных ресурсов возникает вероятность изучения новых источников промышленного водоснабжения, а также более эффективного использования уже используемых источников за счет применения оборотных систем водоснабжения. Объектом исследования является машиностроительное предприятие в г. Миассе. Предметом исследования является водное хозяйство предприятия. Целью работы является разработка рекомендаций по совершенствованию водного хозяйства машиностроительных предприятий. В ходе работы был выполнен поиск перечня перспективных предприятий, определены качественные и количественные показатели поверхностного стока на примере машиностроительного предприятия в г. Миассе.

Ключевые слова: поверхностный сток, водоснабжение и канализация промышленного предприятия, качество воды, талая вода, дождевая вода.

Введение

Цель работы – разработка рекомендаций по совершенствованию водного хозяйства машиностроительных предприятий. Задачами работы является поиск перечня перспективных предприятий для применения предложенных рекомендаций, определение качественных и количественных показателей поверхностного стока на примере машиностроительного предприятия в г. Миассе. Объектом исследования является поверхностный сток машиностроительного предприятия, предметом исследования является дождевая и талая вода.

Водное хозяйство промышленного предприятия имеет территориальную и отраслевую основы. Технический уровень *водного хозяйства промышленных предприятий* непрерывно повышается в соответствии с развитием техники основного производства. Система водоснабжения цехов и агрегатов должна быть достаточно надежной, расход воды и количество сбрасываемых на предприятиях сточных вод должны быть уменьшены до показателей, достигнутых на передовых предприятиях [1–3].

Машиностроительные предприятия представляют отрасль тяжелой промышленности. Предприятия этой группы производят различные типы оборудования, вооружения, машин специального назначения. Автомобильная промышленность (автомобилестроение) – отрасль промышленности, осуществляющая производство безрельсовых транспортных средств (легковых и грузовых автомобилей, автобусов, мопедов), как правило, с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) [4].

Перспективными предприятиями машиностроительного комплекса являются:

– предприятия группы ГАЗ – российская автомобилестроительная компания. Штаб-квартира – в Нижнем Новгороде. «Группа ГАЗ» объединяет 13 производственных предприятий в 8 регионах России, а также сбытовые и сервисные организации. «Группа ГАЗ» выпускает лёгкие и среднетоннажные коммерческие автомобили, тяжёлые грузовики, автобусы, легковые автомобили, силовые агрегаты и автокомпоненты;

– Челябинский тракторный завод – УРАЛТРАК (ЧТЗ) – промышленное объединение по производству и продаже широкой гаммы колесной и гусеничной дорожно-строительной техники (бульдозеров, трубоукладчиков, фронтальных погрузчиков), запасных частей и прочей высокотехнологичной машиностроительной продукции;

– ПАО «Уралмашзавод» – машиностроительное предприятие в городе Екатеринбурге, одно из крупнейших в России. Производитель высококлассного оборудования для металлургии, горнодобывающей промышленности, промышленности строительных материалов и энергетики.

1. Характеристика перспективного объекта и рекомендации по совершенствованию

Рассматриваемое машиностроительное предприятие имеет значительное водопотребление и оборотную систему водоснабжения.

Анализируя данные за 10 лет: рассматриваемым цехам нужна промышленная вода в объеме 2 414 843 м³/год, количество оборотной воды – 1 614 291 м³/год. Оставшуюся разницу (800 643 м³/год) предприятие берет из Поликарповского пруда, находящегося на р. Миасс.

Водоснабжение, канализация...

Годовой объем поверхностных сточных вод, образующихся на территории водосбора, варьируется от 567 350 м³/год до 992 670 м³/год.

Коэффициенты использования воды на данный момент и рекомендации по совершенствованию системы водного хозяйства предприятия с использованием поверхностного стока представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что поверхностный сток не используется для водоснабжения предприятия.

При использовании поверхностного стока как дополнительного источника водоснабжения появляется возможность сбор воды из Поликарповского пруда сократить на 67 %, что способствует сохранению природного источника водоснабжения, а также при стоимости воды из пруда 6,59 руб/м³ на 2020 год позволит снизить расходы предприятия на 3 517 491 руб/год.

Для этого необходимо определить качественные показатели дождевой и талой воды и на основании проведенных исследований разработать схему очистки поверхностного стока [5, 6].

2. Анализ поверхностного стока

В 2020 году были отобраны пробы дождевой и талой воды, проведена математическая обработка данных, результаты которой представлены в табл. 2 [7, 8].

В ходе исследований установлено, что показатели качества дождевого стока ниже других предложенных вариантов, а значит, необходимо опираться именно на них при подготовке воды для технологических нужд.

При подборе схемы очистки и производительности очистных сооружений необходимо учитывать, что дожди характеризуются неравномерностью расхода и концентраций. Расходы дождевого стока в сетях водоотведения обычно быстро нарастают, достигают максимума в моменты концентрации стока со всего бассейна, затем снижаются до полного прекращения стока [9, 10].

Закладывать производительность очистных сооружений равной максимальным расходам не-

Коэффициенты использования воды

Таблица 1

| | Поликарповский пруд | | Поверхностный сток |
|-----------------------|--|--|--|
| Существующая ситуация | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |
| Рекомендации | Январь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |
| | Февраль | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |
| | Март | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |
| | Апрель | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Май | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Июнь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Июль | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Август | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Сентябрь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Октябрь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643 - 758500}{2414843} = 2 \%$ | $K_{\text{подп}} = \frac{758500}{2414843} = 31 \%$ |
| | Ноябрь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |
| | Декабрь | $K_{\text{подп}} = \frac{800643}{2414843} = 33 \%$ | $K_{\text{подп}} = 0 \%$ |

Таблица 2

Основные показатели качества воды поверхностного стока

| Показатель качества воды | Показатели качества воды в Поликарповском пруду | Показатели качества дождевого стока на территории предприятия | Показатели качества талого стока на территории предприятия | Показатели, требуемые предприятию |
|---------------------------|---|---|--|-----------------------------------|
| рН | 7,0–8,8 | 6,1–6,7 | 6,3–7,6 | 6,0–8,0 |
| Взвешенные вещества, мг/л | 56 | 1146 | 605 | 27,35 |
| Солесодержание, мг/л | 473 | 155 | 84 | 795,0 |
| Общ. жесткость, мг-экв/л | 5,1 | 2 | 1,68 | 5,0–7,0 |

рационально, так как продолжительность их невелика. Стоимость же возведения таких сооружений превысит границы разумных пределов, поставив вопрос об экономической целесообразности данного предприятия [11–12].

В данных случаях целесообразен временный сброс пиковых расходов дождевого стока в емкости-резервуары, которые будут опорожняться после прекращения поступления стока [13].

В условиях Урала рекомендуется планировать работу очистных сооружений поверхностного стока в теплое время года. Работа очистных сооружений начинается с момента снеготаяния. Таким образом, к концу дня в резервуаре остается неиспользованным $Q_m - Q_{оч} - \sum q_n$.

Объем резервуара можно найти по формуле:

$$W_{р.н} = W_T - (Q_{оч} + \sum q_n) \times t. \quad (1)$$

$$W_{р.н} = 181,48 - (2 + 0,44) \times 20 = 133 \text{ тыс. м}^3.$$

График изменения объема воды в резервуаре во время снеготаяния представлен на рис. 1.

Проанализировав исходное качество воды поверхностного стока, было установлено, что вода слишком мягкая, в такой воде процесс коагуляции не происходит. Было принято решение отстоять воду.

Отстаивание воды – процесс выделения из нее под действием гравитационных сил взвешенных веществ; при этом частицы с плотностью, большей плотности воды, движутся вниз, с меньшей – вверх [14].

На рис. 2, 3 представлены графики процессов отстаивания талой (5 проб) и дождевой воды соответственно.

В табл. 3 представлено сравнение количества взвешенных веществ до и после отстаивания дождевой и талой воды.

В результате отстаивания образовался осадок, объем которого составил 1,6 % от первоначального объема воды для дождевого стока, и 3 % – для талого.

С учетом условий Урала был поставлен эксперимент на промораживание осадка, в результате которого осадок был обезвожен и отдал еще 70 % воды у талого стока и 50 % у дождевого стока.

После отстаивания количество взвешенных веществ все еще не удовлетворяет требованиям предприятия и требуется дальнейшая доочистка воды на скорых напорных фильтрах для её использования на нужды предприятия [15].

На рис. 4 показана схема подключения резервуара-накопителя к трубопроводам промышленной воды.

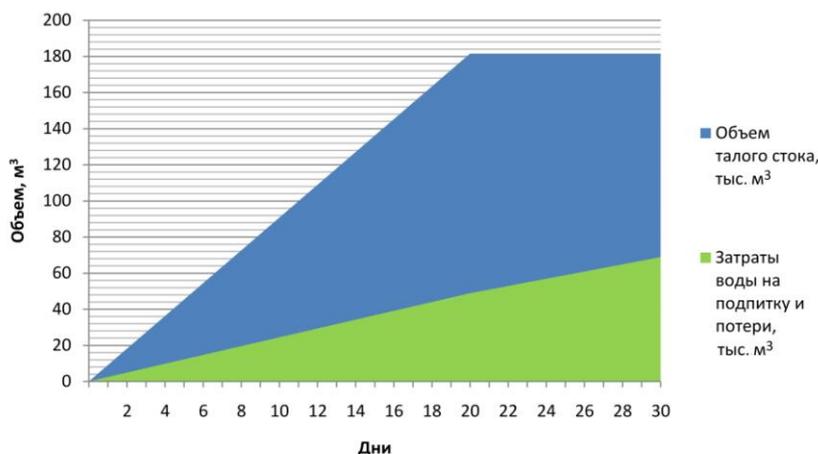


Рис. 1. График изменения объема воды в резервуаре во время снеготаяния

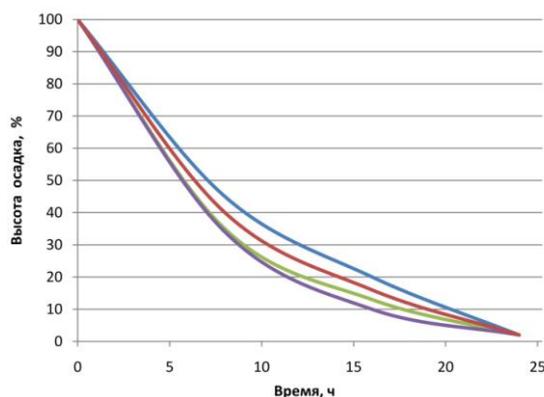


Рис. 2. График процесса отстаивания талой воды

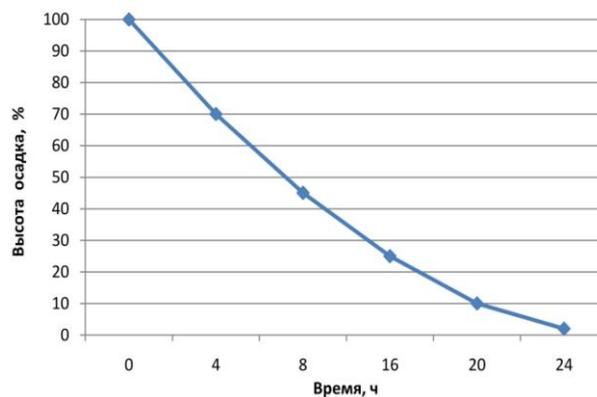


Рис. 3. График процесса отстаивания дождевой воды

Сравнение количества взвешенных веществ до и после отстаивания

| Показатель качества воды | Показатели качества дождевого стока на территории предприятия | | | | Показатели качества талого стока на территории предприятия |
|--|---|-----|-----|------|--|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Номер пробы | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Количество взвешенных веществ, мг/л, до отстаивания | 1730 | 569 | 655 | 1332 | 604 |
| Количество взвешенных веществ, мг/л, после отстаивания | 276 | 79 | 102 | 210 | 65 |

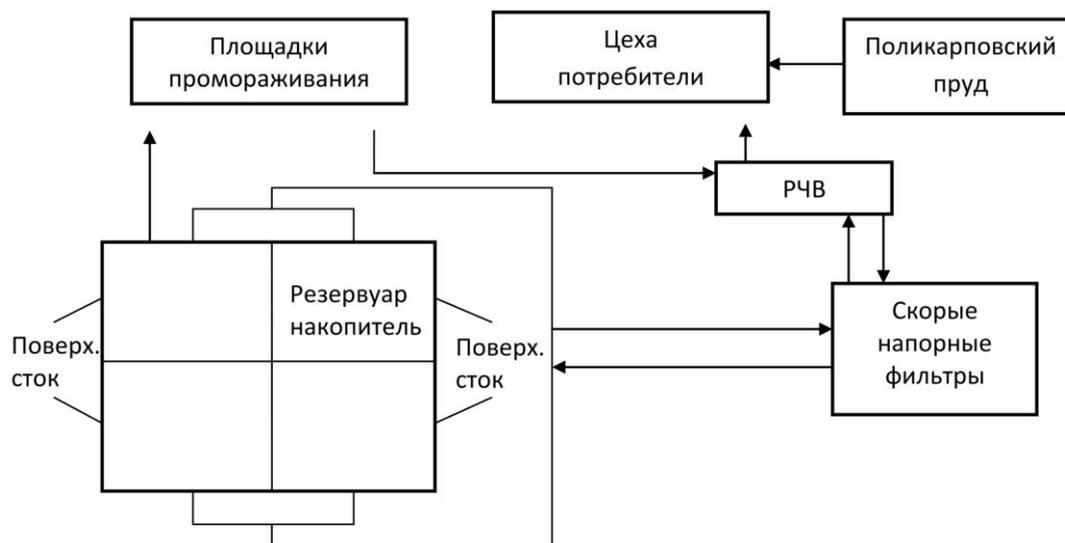


Рис. 4. Схема подключения резервуара-накопителя к трубопроводам промышленной воды

Выводы

1. Объем резервуара-накопителя поверхностного стока получился 133 тыс. м³, что достаточно как для талого, так и для дождевого стока.
2. В ходе проведения исследования по отстаиванию талого и дождевого стоков была получена вода, не удовлетворяющая требованиям предприятия.
3. Эффект очистки дождевого стока выбранным методом составляет 84 %, а талого стока – 89 %.
4. Объем осадка после отстаивания составляет 1,6 % от первоначального объема воды для дождевого стока, и 3 % – для талого.
5. На основе НДТ выбран метод естественно-промораживания. После проморозки осадок был обезвожен и отдал еще 70 % воды у талого стока и 50 % – у дождевого стока.
6. Были получены данные для разработки рекомендаций по модернизации системы водного хозяйства машиностроительного предприятия.

Заключение

В ходе проведения работы был определен перечень перспективных машиностроительных предприятий, которые находятся в континентальном климате. Были определены основные показатели качества поверхностного стока на территории машино-

строительного предприятия в г. Миассе, также было выявлено, что показатели качества дождевого стока значительно хуже, чем талого.

Рекомендациями по совершенствованию водного хозяйства являются:

- 1) Установка на территории машиностроительного предприятия в г. Миассе резервуара-накопителя поверхностного стока с разделением его на 4 карты, полным объемом 133 тыс. м³, по рекомендациям [12–13] его глубина заложения 1 м, длина 370 м, ширина 360 м. Резервуар-накопитель поверхностного стока выполняет функции сбора, накопления, усреднения и очистки поверхностного стока;
- 2) Необходимо устройство насосной установки, которая будет обеспечивать поступление осветленного стока из резервуара-накопителя на скорые напорные фильтры, в которых будет происходить доочистка воды после отстаивания и доведение её до требуемых качественных показателей и дальнейшая подача промышленной воды потребителям.

Литература

1. Шабалин, А.Ф. Эксплуатация промышленных водопроводов / А.Ф. Шабалин. – Изд. 3. – М.: Металлургия, 1972. – 503 с.

2. Самохин, В.Н. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика / В.Н. Самохин. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
3. Ульрих, Д.В. Обоснование проектных ресурсосберегающих решений в водохозяйственном комплексе промышленных предприятий. Ч. 1. Современные технологии и аппаратное оформление в системе промышленного водоснабжения / Д.В. Ульрих, И.А. Арканова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2016. – 119 с.
4. Журба, М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод: учеб. пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.
5. Арканова, И.А. Модернизация химводоочистки ООО «Мечел-Энерго» / И.А. Арканова, К.Э. Энгель // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 68-й науч. конф. / отв. за вып. С.Д. Ваулин; Юж.-Урал. гос. ун-т. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 1225 с.
6. Арканова, И.А. Современные технологии водоподготовки в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения / И.А. Арканова, Ф.П. Марышев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 41–44.
7. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
8. ИСО 5667-10 ФГУП «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценки соответствия» Качество воды. Отбор проб. Часть 10. Руководство по отбору проб из сточных вод. Введен 01.11.1992. – М.: Стандартинформ, 2014. – 10 с.
9. Дягилева, А.Б. Промышленная экология. Часть 2: Учебное пособие / А.Б. Дягилева, А.В. Лорензон, Ч.М. Чернобережский. – СПб.: СПб ГТУ РП, 2012. – 109 с.
10. Иванов, В.Г. Водоснабжение промышленных предприятий / В.Г. Иванов. – СПб., 2003. – 537 с.
11. Харченко, О.А. Оптимизация систем водоснабжения промышленных предприятий / О.А. Харченко, Г.Н. Матвеева, В.Н. Михайловский // Вестник Магнитогорского технического университета им. Г.И.Носова. – 2011. – № 1(33). – С. 70–74.
12. Современные системы оборотного водоснабжения промышленного предприятия / Е.В. Москвичева, А.Р. Салахутдинова, Д.О. Игнаткина и др. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2015. – № 39 (58). – С. 151–163.
13. <https://vod-co.ru/dokumentacziya/reservuar.html>
14. Белканова, М.Ю. Физико-химические основы очистки природных и сточных вод: учебное пособие / М.Ю. Белканова, В.В. Авдин, Т.Н. Рожкова. – Челябинск: ЮУрГУ, 2015. – 144 с.
15. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учебное пособие / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008. – 656 с.

Арканова Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); waterbas@mail.ru

Жаворонков Алексей Сергеевич, магистрант кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); zhavoronkov.aleksey74@mail.ru

Поступила в редакцию 3 марта 2021 г.

DOI: 10.14529/build210307

IMPROVING THE WATER MANAGEMENT OF THE MACHINE PLANT

I.A. Arkanova, waterbas@mail.ru

A.S. Zhavoronkov, zhavoronkov.aleksey74@mail.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The relevance of the work is due to the fact that in connection with the need to improve existing water management systems, the construction of new machine-building enterprises and a shortage of water resources, it becomes possible to study new sources of industrial water supply and more efficient use of already used sources through the use of circulating water supply systems. The object of the research is a machine-building enterprise in the city of Miass. The subject of the research is the water management of the enterprise. The aim of the article is to develop

recommendations for improving the water management of machine-building enterprises. In the course of the work, a search is made for a list of promising enterprises; the qualitative and quantitative indicators of surface runoff are determined on the example of a machine-building enterprise in the city of Miass.

Keywords: surface runoff, water supply and sewerage of an industrial enterprise, water quality, melt water, rainwater.

References

1. Shabalin A.F. *Ekspluatatsiya promyshlennykh vodoprovodov* [Operation of industrial water pipes]. Edition 3. Moscow, Metallurgy, 1972. 503 p.
2. Samokhin V.N. *Kanalizatsiya naseleennykh mest i promyshlennykh predpriyatiy. Spravochnik proektirovshchika* [Sewerage of settlements and industrial enterprises. Designer handbook]. Moscow, Stroyizdat, 1981. 639 p.
3. Ul'rikh D.V., Arkanova I.A. *Obosnovaniye proyektnykh resursosberegayushchikh resheniy v vodokhozyaystvennom komplekse promyshlennykh predpriyatiy. Chast' I. Sovremennyye tekhnologii i apparaturnoye oformleniye v sisteme promyshlennogo vodosnabzheniya* [Justification of Design Resource-Saving Solutions in the Water Management Complex of Industrial Enterprises. Part 1. Modern Technologies and Hardware Design in the Industrial Water Supply System]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2016. 119 p.
4. Zhurba M.G., Sokolov L.I., Govorova Zh.M. *Vodosnabzheniye. Proektirovaniye sistem i sooruzheniy. Ochistka i konditsionirovaniye prirodnykh vod* [Water supply. Design of Systems and Structures. Purification and Conditioning of Natural Waters]. Moscow, ASV Publ., 2010, vol. 2. 552 p.
5. Arkanova I.A., Engel' K.E. *Modernizatsiya khimvodoочистки ООО "Mechel-Energo"*. [Modernization of chemical water treatment plant at Mechel-Energo LLC]. Science of SUSU. Sections of technical sciences: materials of the 68th scientific. conf./rev. for issue. SD Vaulin; South-Ural. State Univ. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center, 2016. 1225 p.
6. Arkanova I.A., Maryshev F.P. Modern water treatment technology for drinking water supply] Modern water treatment technology for drinking water supply. *Bulletin of the South Ural State University Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 41–44.
7. *SanPiN 2.1.4.1074-01* [Drinking water. Hygienic Requirements for Water Quality of Centralized Drinking Water Supply Systems. Quality Control]. Moscow, 2001. 90 p. (in Russ.)
8. ISO 5667-10 FSUE "Russian Scientific and Technical Information Center for Standardization, Metrology and Conformity Assessment" Water quality. Sample selection. Part 10. Guidance on sampling from wastewater. Introduced on 01.11.1992. Moscow, Standartinform, 2014. 10 p.
9. Diaghilev, A.B. Industrial ecology. Part 2: Textbook / A.B. Diaghileva, A.V. Lorenzon, Ch.M. Chernoberezhsky. SPb.: SPb GTU RP, 2012. 109 p.
10. Ivanov, V.G. Water supply of industrial enterprises. St. Petersburg, 2003. 537 p.
11. Kharchenko O.A., Matveeva G.N., Mikhailovsky V.N. Optimization of water supply systems for industrial enterprises. *Bulletin of the Magnitogorsk Technical University. G.I. Nosov*. 2011, no. 1 (33), pp. 70–74.
12. Moskvicheva E.V., Salakhutdinova A.R., Ignatkina D.O., Sidiyakin P.A., Shchitov D.V., Ibragimova Z.K. Modern systems of circulating water supply of an industrial enterprise. *Bulletin of the Volgograd State Architectural and Construction University. Series: Building and architecture*. 2015, no. 39 (58), pp. 151–163.
13. <https://vod-co.ru/dokumentacziya/reservuar.html>
14. Belkanova M.Yu., Avdin V.V., Rozhkova T.N. Physico-chemical foundations of natural and waste water treatment: Textbook. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2015. 144 p.
15. Frog B.N., Levchenko A.P. *Vodopodgotovka. Uchebnoe posobie* [Water. Textbook]. Moscow, ASV Publ., 2008. 656 p.

Received 3 March 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Арканова, И.А. Совершенствование водного хозяйства машзавода / И.А. Арканова, А.С. Жаворонков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 3. – С. 51–56. DOI: 10.14529/build210307

FOR CITATION

Arkanova I.A., Zhavoronkov A.S. Improving the Water Management of the Machine Plant. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2021, vol. 21, no. 3, pp. 51–56. (in Russ.). DOI: 10.14529/build210307