

УДК 628.3

Пути повышения эффективности очистки сточных вод

Л. Н. Парамонова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Парамонова Л. Н. Пути повышения эффективности очистки сточных вод // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 2. С. 324–331. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-324-331

Аннотация

Цель: обобщение имеющихся методов повышения эффективности очистки сточных вод. Для достижения поставленной цели в статье рассмотрены способы интенсификации различных канализационных сооружений. **Методы:** сбор, сравнение и систематизация существующих методов повышения эффективности работы сооружений. **Результаты:** рассмотрены различные варианты повышения уровня эффективности очистки сточных вод, выявлены наиболее перспективные решения для модернизации как отдельных сооружений, так и устройств технологической очистки городских сточных вод. **Практическая значимость:** использование рекомендуемых современных отечественных разработок при реконструкции и/или строительстве новых очистных сооружений позволит с минимальными затратами, как денежными, так и временными, достигнуть требуемой новыми нормативами степени очистки сточных вод.

Ключевые слова: системы водоотведения, очистка сточных вод, повышение эффективности, резервуары-накопители, решетки, аэрируемые песколовки, отстойники, тонкослойные блоки, аэротенки, доочистка.

Введение

В настоящее время в связи с повышением экологических требований и нормативов на сброс очищенных сточных вод особо остро встает вопрос оптимизации производительности сооружений канализации.

Водоочистные канализационные сооружения в большей части были построены во второй половине XX века и не располагают возможностью удовлетворять все более ужесточающиеся нормативные требования к очищенным стокам [1–2]. Эти нормативы требуют новых подходов к проектированию и реконструкции сооружений. Применение новых технологий очистки воды, усовершенствование конструкций как самих сооружений, так и их отдельных элементов,

а также использование эффективных реагентов является наиболее действенным способом интенсификации работы очистных сооружений.

Повышение эффективности работы сооружений

Улучшению процесса очистки сточных вод на станциях может способствовать регулирование расхода поступающих стоков. Учитывая, что подача сточной воды на станции очистки осуществляется неравномерно, обеспечение стабильного равномерного расхода стоков является приоритетной задачей. Для этой цели можно рекомендовать использовать резервуары-накопители с прямым

для осадка [3], данная конструкция позволяет снизить энергозатраты, повысить производительность и качество подготовки воды.

Одними из первых сооружений механического метода очистки являются решетки и песколовки. Оптимизация работы решеток достижима путем применения усовершенствованных моделей решеток. Эффект удержания песка может быть усилен за счет стабилизации расхода с помощью специального водослива и улучшения работы скребкового механизма.

Для предотвращения попадания в отстойники и сооружения биологической очистки минеральных частиц используются песколовки. Одними из эффективных с этой точки зрения считаются круглые в плане пескоуловители, в которых подвод воды располагается по касательной и создается циркуляция загрязненной воды внутри (по периферии жидкость движется вниз, а в центре она поднимается). Это позволяет удалить песок без органических примесей из потока. Время нахождения воды в песколовках должно быть не менее 30 минут для лучшего удаления песка, однако из-за ограниченных площадей во многих случаях нельзя увеличить длину песколовков. В таких случаях целесообразно повысить эффективность процессов очистки, применяя нестандартное конструктивное оборудование.

Применение аэрируемых песколовков в системе очистки может быть использовано в качестве средства предварительной аэрации, поскольку одновременно осуществляется интенсивная аэрация с усилением эффекта задержания песка. Данная модель песколовков позволяет улавливать минеральные частицы в 1,5–2 раза эффективнее. Имея более высокие гидравличе-

ские нагрузки, тем не менее она задерживает более мелкие фракции песка [4].

Седиментация является простым, экономичным и низкоэнергетическим подходом к отделению суспендированных загрязнителей от сточных вод с плотностью, отличной от воды. В результате действия гравитационных сил нерастворенные примеси опускаются на дно сооружений или всплывают на поверхность.

Опыты, проведенные в России и за границей с использованием био пленки и биофлокулирующих свойств избыточного активного ила, позволили в значительной степени повысить результативность процессов первичной седиментации. Оптимизация процессов осаждения взвеси и уплотнения образующихся осадков позволяет снизить нагрузку на сооружения при последующей очистке.

Совершенствование конструкций для сбора и удаления плавающих веществ с поверхности первичного отстойника также повышает работу сооружений.

При брожении осадка выделяется большое количество газов, которые, поднимаясь на поверхность, увлекают за собой частицы осадка, что приводит к образованию пены и скоплений жировых включений (шлама) из гидрофобизированных дисперсных примесей.

Сотрудниками кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» ФГБОУ ВО ПГУПС была разработана и успешно реализована на КОС города Петродворца система для удаления плавающих загрязнений, пены, корки загнившего ила на радиальных отстойниках канализации сооружений (рис. 1).

Инновационная конструкция жиросборников обеспечивает точную настройку

высотных характеристик устройства. При движении жироборной доски, которая крепится на ферме движущегося илососа или илоскреба, жироборник периодически срабатывает, тем самым не давая образовываться корке на поверхности отстойников. Установка статических щеток позволяет очистить отверстия жироприемника автоматически и не требует присутствия обслуживающего персонала. Конструкция успешно доказала свою экономичность и эффективность [5].



Рис. 1. Система для удаления плавающих загрязнений, пены, корки загнившего ила на радиальных отстойниках КОС г. Петродворца

Эффективность функционирования отстойников определяется двумя факторами: совершенством их гидродинамических характеристик, определяющих условия отстаивания, и кинетикой осаждения загрязнений природных и сточных вод. Для повышения эффективности работы сооружений отстаивания рекомендуется встраивать в их конструкцию тонкостенные блоки. Примеры установки таких элементов в отстойнике радиального типа показаны на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Реконструкция отстойников КОС С.-Петербурга, секция радиального отстойника с установленными тонкослойными полочными блоками (вид сверху)



Рис. 3. Реконструкция отстойников КОС С.-Петербурга, полочные блоки с радиальными тонкослойными элементами в процессе монтажа (вид снизу)



В тонкослойных отстойниках формирование потока жидкости происходит более сложно, чем в обычных отстойниках [6–8]. Ламинарное движение потока внутри блоков снижает вынос загрязняющих веществ и увеличивает эффективность очистки до 30–40 % по массе.

Одним из наиболее часто используемых сооружений биологической очистки сточных вод являются аэротенки (биоблоки). Их модернизация может происходить в нескольких направлениях:

1. Использование аэротенков с распределительными каналами сточной воды и активного возвратного ила (рис. 4) [9]. При этом производительность сооружений увеличивается, уменьшаются капитальные и эксплуатационные затраты, а также повышается качество очищенных стоков;

2. Для установления фиксированных популяций микрофлоры в аэротенках применяют нейтральные носители. Применяются свободно плавающие (активный ил) и привязанные к носителю микроорганизмы. В этом контексте используются два разных типа. Для заселения микробных культур используются как неподвижные насадки из разнообразных материалов и форм, так и плавающие, которые благоприятствуют увеличению доли ила в аэротенке;

3. Эксплуатация аэротенков с круговым движением воды (карусельная система) позволяет значительно сократить энергозатраты на денитрификацию и нитрификацию.

Универсальность различных аэротенков и технологических схем очистки канализационных стоков позволяет изменить технологическую схему очистки под конкретную цель реконструкции станций аэрации.

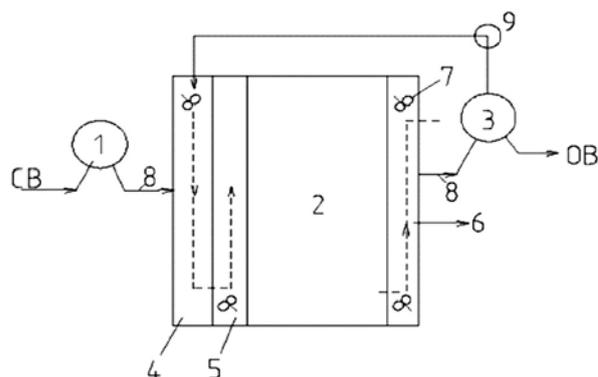


Рис. 4. Аэротенк при глубокой очистке сточных вод: 1 — первичные отстойники; 2 — аэротенк-биоблок; 3 — вторичные отстойники; 4 — распределительный канал сточной воды; 5 — распределительный канал возвратного активного ила; 6 — сборный канал; 7 — мешалки; 8 — трубопроводы; 9 — иловая насосная станция; СВ — неочищенная сточная вода; ОВ — очищенная сточная вода [9]

Повышение эффективности работы вторичных отстойников, одновременная организация в их емкости доочистки стоков возможны при дополнении конструкции отстойника тонкослойными блоками с плавающими фильтрами и системой непрерывной промывки фильтрующего слоя [10–12]. Эффективность данного решения подтверждается экономической оценкой. Оно позволяет сократить затраты на эксплуатацию и многократно снизить затраты на электроэнергию. При таком решении капитальные затраты будут так же минимальны [13–15]. Для интенсификации работы канализационных очистных сооружений следует учитывать не только оптимизацию работы системы, но и выбирать конкретные решения по технологии доочистки стоков [5].

Заключение

При высокой стоимости земли в черте города или при ее дефиците использование интенсификации работы каждого сооружения в технологической цепочке очистки городских сточных вод является технически и экономически оправданным. При таком подходе отпадает необходимость в строительстве новых очистных сооружений, а реконструкция существующих потребует меньших капиталовложений, при этом увеличится пропускная способность сооружений, а качество очищенной воды будет соответствовать нормативным показателям. Выбор конкретных решений по повышению эффективности очистки сточных вод должен осуществляться на основании технико-экономических расчетов.

Библиографический список:

1. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
2. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».
3. Патент № 2138317 С1 Российская Федерация, МПК В01D 21/00. Резервуар-накопитель № 98122343/12; заявл. 10.12.1998; опубл. 27.09.1999 / В. Д. Журавлев, И. В. Журавлева, В. Ф. Бабкин, М. И. Алексеев. Заявитель: Воронежская государственная архитектурно-строительная академия. EDN ZCUYMM.
4. Журавлева И. В., Бабкин В. Ф. Рациональные технологии и прогрессивные конструкции для повышения эффективности существующих станций очистки городских сточных вод // Инженерные системы и сооружения. 2014. № 1 (14). С. 30–39.
5. Следуя по пути модернизации типовых КОС к современным требованиям водоочистки / Мишуков Б. Г., Иванов В. Г., Амеличкин С. Г., Медведев А. Н. // Водоснабжение и канализация. 2013. № 1–2. С. 76–86.
6. Иванов В. Г. Реализация принципов тонкослойного отстаивания в разработках кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» // Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник статей Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 10 декабря 2015 года. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 2016. С. 39–46. EDN XGVMQB.
7. Иванов В. Г. Изучение гидравлических характеристик потока в тонкослойных отстойниках // Новые достижения в области водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 210-летию со дня основания Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2019 года / ответственный за выпуск: О. Г. Капинос. 2021. С. 52–58. EDN KGBBFY.
8. Иванов В. Г., Черников Н. А., Твардовская Н. В. Тонкослойный флотатор с камерой хлопьеобразования: сборник докладов XVI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика РАН С. В. Яковлева // М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. 2021. С. 125–128. EDN QOFFEK.

9. Патент на полезную модель № 122650 U1 Российская Федерация, МПК C02F 3/00. Аэротенк глубокой очистки сточных вод; № 2012128911/05; заявл. 28.06.2012; опублик. 10.12.2012 / С. Г. Амеличкин, А. Н. Медведев, В. Г. Иванов. EDN URVIET.

10. Патент на полезную модель RU 68498 U1, 27.11.2007. Заявка № 2007128122/22 от 20.07.2007. Установка для очистки сточных вод / Иванов В. Г., Ганжин А. В.

11. Патент на полезную модель RU 87422 U1, 10.10.2009. Заявка № 2009118762/22 от 18.05.2009. Установка для очистки сточных вод / Иванов В. Г., Твардовская Н. В., Хабазов Н. В.

12. Патент на полезную модель RU 166598 U1, 10.12.2016; заявка № 2016118413/05 от 11.05.2016. Установка для очистки сточных вод / Иванов В. Г., Твардовская Н. В., Максимова Е. В., Круць Ю. Ю.

13. Иванов В. Г., Твардовская Н. В., Хабазов Н. В. Использование емкости вторичных отстойников для доочистки сточных вод / Новые исследования в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов. Материалы четвертых академических чтений, посвященных 200-летию Университета путей сообщения. Сер. «Академические чтения» // Рос-

сийская академия архитектуры и строительных наук. 2009. С. 82–83.

14. Импортзамещающая модернизация вторичных отстойников / Максимова Е. В., Круць Ю. Ю., Иванов В. Г., Твардовская Н. В. // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016. С. 215–218.

15. Твардовская Н. В., Максимова Е. В. Доочистка биологически очищенных сточных вод / Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: сборник статей Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 10 декабря 2015 года // Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. СПб. 2016. С. 168–171.

Дата поступления: 15.04.2024

Решение о публикации: 31.05.2024

Контактная информация:

ПАРАМОНОВА Любовь Николаевна — зав.лабораторией кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»;
super.pln2013@yandex.ru

Ways to Improve the Efficiency of Wastewater Treatment

L. N. Paramonova

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Paramonova L. N. Ways to Improve the Efficiency of Wastewater Treatment // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 324–331. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-324-31

Abstract

Purpose: generalization of available methods to improve the efficiency of wastewater treatment. To achieve this goal, the article discusses ways to intensify various sewage facilities. **Methods:** collection, comparison and systematization of existing methods for improving the efficiency of structures. **Results:** various options for improving the efficiency of wastewater treatment are considered, the most promising solutions for the modernization of both individual structures and devices for technological treatment of urban wastewater are identified. **Practical significance:**

the use of recommended modern domestic developments in the reconstruction and/or construction of new wastewater treatment plants will allow achieving the degree of wastewater treatment required by the new standards with minimal costs, both monetary and temporary.

Keywords: wastewater disposal systems, wastewater treatment, efficiency improvement, storage tanks, grids, aerated sand traps, settling tanks, thin-layer blocks, aerotanks, aftertreatment

References

1. SanPiN 1.2.3685-21 “Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya”. (In Russian)
2. SanPiN 2.1.3684-21 “Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k sodержaniyu territorij gorodskih i sel’skih poselenij, k vodnym ob’ektam, pit’evoj vode i pit’evomu vodosnabzheniyu, atmosfernomu vozduhu, pochvam, zhilym pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennyh, obshchestvennyh pomeshchenij, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemiceskikh (profilakticheskikh) meropriyatij”. (In Russian)
3. Patent № 2138317 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D 21/00. Rezervuar-nakopitel’ №98122343/12; zayavl. 10.12.1998; opubl. 27.09.1999 / V. D. Zhuravlev, I. V. Zhuravleva, V. F. Babkin, M. I. Alekseev. Zayavitel’: Voronezhskaya gosudarstvennaya arhitekturno-stroitel’naya akademiya. EDN ZCUYMM. (In Russian)
4. Zhuravleva I. V., Babkin V. F. Racional’nye tekhnologii i progressivnye konstrukcii dlya povysheniya effektivnosti sushchestvuyushchih stancij ochistki gorodskih stochnyh vod // Inzhenernye sistemy i sooruzheniya. 2014. № 1 (14). S. 30–39. (In Russian)
5. Sleduya po puti modernizatsii tipovyh KOS k sovremennym trebovaniyam vodoochistki / Mishukov B. G., Ivanov V. G., Amelichkin S. G., Medvedev A. N. // Vodosnabzhenie i kanalizatsiya. 2013. № 1–2. S. 76–86. (In Russian)
6. Ivanov V. G. Realizatsiya principov tonkoslojnogo otstainaniya v razrabotkah kafedry “Vodosnabzhenie, vodootvedenie i gidravlika” // Novye dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Sankt-Peterburg, 10 dekabrya 2015 goda. Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. 2016. S. 39–46. EDN XGVMQB. (In Russian)
7. Ivanov V. G. Izuchenie gidravlicheskih harakteristik potoka v tonkoslojnyh otstojnikah // Novye dostizheniya v oblasti vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 210-letiyu so dnya osnovaniya Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I, Sankt-Peterburg, 13–15 noyabrya 2019 goda / otvetstvennyj za vypusk: O. G. Kapinos. 2021. S. 52–58. EDN KGBBFY. (In Russian)
8. Ivanov V. G., Chernikov N. A., Tvardovskaya N. V. Tonkoslojnyj flotator s kameroj hlop’eobrazovaniya: sbornik dokladov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati akademika RAN S. V. Yakovleva // M.: Nacional’nyj issledovatel’skij Moskovskij gosudarstvennyj stroitel’nyj universitet. 2021. S. 125–128. EDN QOFFEK. (In Russian)
9. Patent na poleznuyu model’ № 122650 U1 Rossijskaya Federaciya, MPK C02F 3/00. Aerotenk glubokoj ochistki stochnyh vod; № 2012128911/05; zayavl. 28.06.2012; opubl. 10.12.2012 / S. G. Amelichkin, A. N. Medvedev, V. G. Ivanov. EDN URVIET. (In Russian)
10. Patent na poleznuyu model’ RU 68498 U1, 27.11.2007. Zayavka № 2007128122/22 ot 20.07.2007. Ustanovka dlya ochistki stochnyh vod / Ivanov V. G., Ganzhin A. V. (In Russian)
11. Patent na poleznuyu model’ RU 87422 U1, 10.10.2009. Zayavka № 2009118762/22 ot 18.05.2009. Ustanovka dlya ochistki stochnyh vod / Ivanov V. G., Tvardovskaya N. V., Habazov N. V. (In Russian)

12. Patent na poleznuyu model' RU 166598 U1, 10.12.2016; zayavka № 2016118413/05 ot 11.05.2016. Ustanovka dlya ochistki stochnyh vod / Ivanov V. G., Tvardovskaya N. V., Maksimova E. V., Kruc' Yu. Yu. (In Russian)
13. Ivanov V. G., Tvardovskaya N. V., Habazov N. V. Ispol'zovanie emkosti vtorichnyh otstojnikov dlya doochistki stochnyh vod / Novye issledovaniya v oblastiakh vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov. Materialy chetvertykh akademicheskikh chtenij, posvyashchennykh 200-letiyu Universiteta putej soobshcheniya. Ser. "Akademicheskie chteniya" // Rossijskaya akademiya arhitektury i stroitel'nyh nauk. 2009. S. 82–83. (In Russian)
14. Importozameshchayushchaya modernizaciya vtorichnyhotstojnikov/Maksimova E. V., Kruc' Yu. Yu., Ivanov V. G., Tvardovskaya N. V. // Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXVI Vse-rossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. 2016. S. 215–218. (In Russian)
15. Tvardovskaya N. V., Maksimova E. V. Doochistka biologicheskii ochishchennykh stochnyh vod / Novye dostizheniya v oblastiakh vodosnabzheniya, vodootvedeniya, gidravliki i ohrany vodnyh resursov: sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 10 dekabrya 2015 goda // Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. SPb. 2016. S. 168–171. (In Russian)

Received: 15.04.2024

Accepted: 31.05.2024

Author's information:

Lyubov' N. PARAMONOVA — Head of the laboratory of the department "Water supply, sanitation and hydraulics"; super.pln2013@yandex.ru