

УДК 628.32

СПЕЦИФИКА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНОГО  
ОТСТОЙНИКАЧижик<sup>1</sup> К. И., Пурусова<sup>2</sup> И. Ю.<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26 Российская Федерация, irkyt-44@yandex.ru<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,  
г. Воронеж, Российская Федерация, vps\_na@list.ru

**Аннотация.** Реконструкция монолитных железобетонных резервуаров сточных вод предполагает восстановление целостности и усиление ёмкости конструктивных элементов, согласно нормативно-технической литературы. Проведён анализ повреждений несущих конструкций радиального первичного отстойника на канализационных очистных сооружениях по истечении срока службы. В результате обследования железобетонной конструкции первичного отстойника были выявлены деформации, влияющие на эксплуатационную надёжность резервуара. Установлено, что требуется восстановление герметичности и мероприятия для продления срока службы отстойника. Определён порядок выполнения работ по бетонированию внутренней чаши отстойника. В программном комплексе «ЛИРА-САПР» проведено моделирование распределения давления воды и восстановления несущей способности конструкции для реконструируемого первичного отстойника, которое полностью соответствует технологическому процессу очистки воды. Получены результаты армирования по прочностным расчётам и выбору арматуры.

**Предмет исследования:** восстановление несущей способности конструкции радиального первичного отстойника формы на канализационных очистных сооружениях.

**Материалы и методы:** проведено обследование первичного отстойника, предложены этапы выполнения работ по восстановлению работоспособности бетонированием внутренней чаши отстойника

**Результаты:** показано распределение давления грунта на внешнюю стенку исследуемого отстойника и расчётное распределение давления воды для действующего отстойника после восстановления несущей способности, приведены расчётные значения площади арматуры отстойника на 1пм.

**Выводы:** Выполнение работ по восстановлению целостности первичного отстойника в строгом соответствии с нормативами повысит его эксплуатационную надёжность. Предложенные конструктивные решения позволят выполнить ремонтно-восстановительные работы в кратчайшие сроки, что обеспечит беспрепятственную транспортировку сточных вод для дальнейшей очистки.

**Ключевые слова:** первичный отстойник, реконструкция, давление на стенки, бетонирование, армирование.

## ВВЕДЕНИЕ

На КОС (канализационных очистных сооружениях) первичные отстойники предназначены для механической очистки сточных вод. Подаваемая из песколовки сточная жидкость отстаивается в процессе седиментации твёрдых примесей. Рассматриваемый в статье радиальный первичный отстойник расположен на Люберецких КОС, г. Москва (рис. 1). Отстойник построен по утверждённому типовому проекту 1970-х годов для станций очистки сточных вод, производительностью 1700 м<sup>3</sup>/час.

Поток сточной воды в первичном отстойнике с коническим дном движется радиально. По верхней грани отстойника перемещается ферма, на которую установлен илоскрёб для удаления скопившегося на дне осадка. Резервуар первичного отстойника имеет уровень ответственности II (нормальный), среда условий эксплуатации на рассматриваемых очистных сооружениях химически – слабоагрессивная.

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Реконструкция монолитных железобетонных резервуаров сточных вод предполагает восстановление целостности и усиление ёмкости конструктивных элементов, согласно СП

63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции» и ГОСТ Р 72113-2025 «Канализационные очистные сооружения. Организация и проведение пусконаладочных работ. Общие требования». При эксплуатации первичных отстойников возникают проблемы [1-4] с высоким износом элементов и механизмов. В трудах [5-6] изложены требования к качеству радиальных отстойников. В рамках реконструкции приводятся данные по совершенствованию резервуаров [7-10] в составе станций очистки сточных вод. Работа [11] посвящена рекомендациям по основным требованиям к технико-экономическим показателям работы КОС, базирующихся на примерах технических заданий на реконструкцию действующих очистных сооружений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках проведения обследования железобетонного первичного отстойника были проведены исследования целостности днища и стенок резервуара. Выявлено гидравлическое несовершенство конструкций в виде значительных повреждений и деформаций, отрицательно влияющих на технологический процесс очистки воды. Срок эксплуатации отстойника на Люберецких КОС составил более 35 лет.

Проведённый анализ повреждений элементов конструкции показал, что возникла необходимость в реконструкции отстойника по истечении срока эксплуатации [5, 8]. На рассматриваемых очистных сооружениях проектная и исполнительная документация на строительство отсутствуют. Также не сохранились технические отчёты по габаритным геометрическим размерам и по использованному материалу несущих конструкций.



**Рис. 1** Первичный отстойник на действующих канализационных очистных сооружениях до реконструкции

**Fig. 1** Primary settler at working wastewater treatment plants before reconstruction

В ходе обследования первичного отстойника определены геометрические значения параметров

резервуара. Исходные данные по результатам замеров следующие:

- внешний диаметр  $d=40$  м;
- высота стенок  $h = 4,32$  м;
- толщина стенок  $t=250$  мм;
- высота вертикального откоса  $h_c = -1,21$  м.

По техническим отчётам Люберецких КОС определён ряд повреждений, полученных в процессе эксплуатации первичного отстойника.

В результате визуального обследования железобетонных конструктивных элементов отстойника выявлены следующие повреждения:

- газовая коррозия и снижение прочности;
- разрушение защитного слоя бетона внутренних поверхностей;
- оголение и коррозия арматуры стен.

В результате обследования состояние резервуара признано как с ограничено работоспособное. В ходе обследования установили, что требуется восстановление герметичности резервуара и мероприятия для продления срока службы. Полная потеря несущей способности элементов отстойника влияющие на эксплуатационную надёжность – отсутствует.

Восстановление гидравлически оптимального функционирования первичного отстойника на очистных сооружениях состоит из четырёх этапов строительно-монтажных работ. Порядок выполнения наименования работ по бетонированию внутренней чаши отстойника приведён на рис. 2.



**Рис. 2** Этапы выполнения работ по бетонированию внутренней чаши отстойника  
**Fig. 2** Stages of concreting the inner bowl of the sump tank

Принятый на (рис. 2) порядок выполнения работ по восстановлению функционирования отстойника не требует больших материальных затрат, а также привлечения специализированных бригад из подрядных организаций.

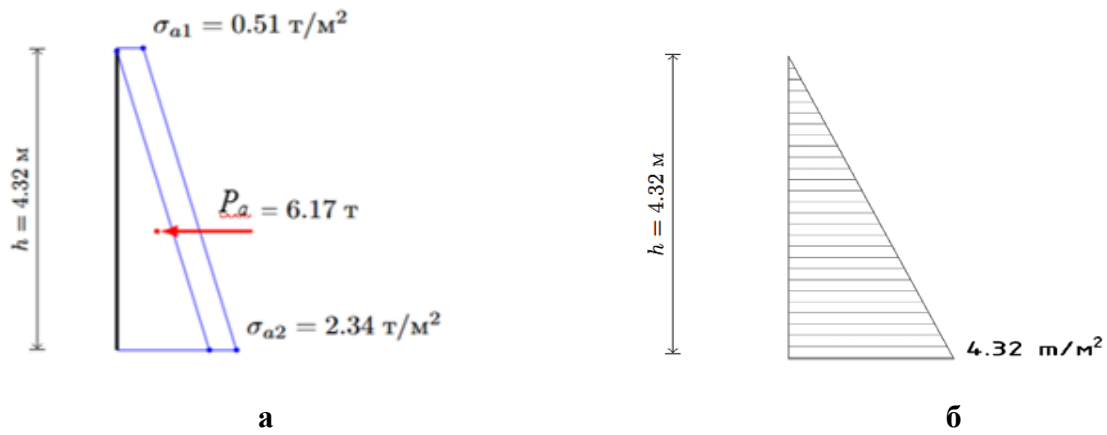
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Согласно Технического регламента Люберецких КОС утверждено бетонирование внутренней чаши отстойника с дополнительным армированием чаши резервуара арматурой А500С. Такой способ реконструкции будет производиться с учётом сопротивляемости истиранию потоком воды для стенок канализационных камер. Бетон по прочности на сжатие принимается не ниже класса В35 [9].

Восстановление работоспособности первичного отстойника армированием из углепластиковой арматуры отказались из-за высокой стоимости и низкого модуля упругости углепластика.

Для определения внешних и внутренних нагрузок на чашу отстойника проведено моделирование в ПК «ЛИРА-САПР». На (рис. 3) показано распределение давления грунта на внешнюю стенку исследуемого отстойника [12-14] и распределение давления воды на внутренние стенки первичного отстойника.

У резервуара конструктивные элементы воспринимают действующие нагрузки (табл. 1) с учётом пространственной работы и соответствующих условий строительства.



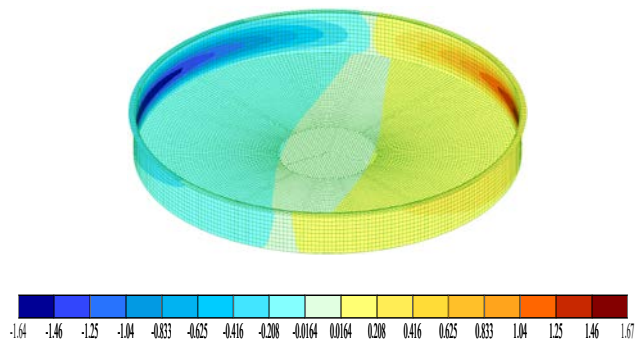
**Рис. 3.** Распределение давлений в первичном отстойнике  
**а** - давления грунта на внешнюю стенку отстойника; **б** - воды на внутренние стенки отстойника  
**Fig. 2** Pressure distribution in the primary sump  
**a-** on the outer wall of the sump, **b-** on the inner walls of the sump

**Таблица 1.** Расчетные параметры в результате обследования первичного отстойника  
**Table 1.** Estimated parameters based on the primary settling tank survey

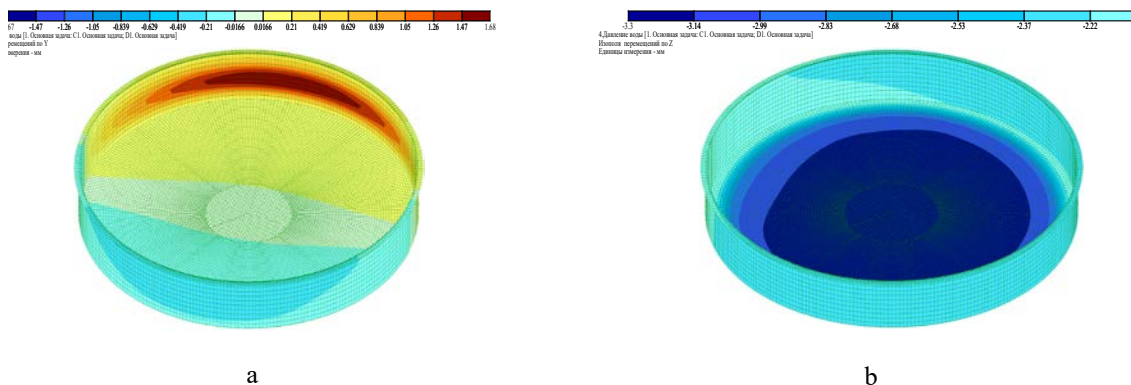
Расчетный параметр	Значение расчетного параметра в результате обследования первичного отстойника
Собственный вес конструкции (по плотности бетона)	$\rho = 2,5 \text{ т/м}^3$
Нагрузки от вращающейся фермы на железобетонный пояс отстойника	$F = 0,2 \text{ т/м}^2$
Сбор нагрузок на стенку первичного отстойника от давления грунта	
Равнодействующая активного давления	$P_a = 6,17 \text{ т}$
Активное давления грунта по глубине:	
- в уровне планировочной отметки грунта, верхняя точка отстойника	$0,51 \text{ т/м}^2$
- в уровне низа чаши по грани со стеной, нижняя точка отстойника	$2,34 \text{ т/м}^2$
Коэффициент бокового активного давления грунта по Мюллер-Бреслау	$K_a = 0,217$

Расчёты по восстановлению несущей способности конструкции отстойника выполнены в ПК «ЛИРА-САПР». На (рис. 4 и рис. 5) показано расчётное распределение давления воды в

действующем первичном отстойнике, которое полностью соответствует технологическому процессу очистки воды.



**Рис. 4** Изополя перемещений давления воды по оси X  
**Fig. 4.** Isofields of water pressure displacements along the X-axis



**Рис. 5** а) Изополя перемещений по оси Y, б) Изополя перемещений по оси Z  
**Fig. 5** а) Displacement isofields along the Y axis, б) Displacement isofields along the Z axis

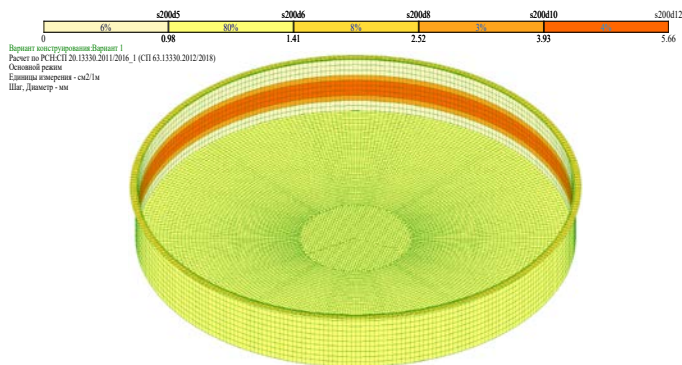
В ПК «ЛИРА-САПР» получены результаты армирования по прочностным расчётам и выбору арматуры. На очистных сооружениях утверждено устройство монолитных железобетонных элементов из бетона класса В35 водонепроницаемость W10. Объём привозного бетона согласно утверждённой на КОС сметы 353.8 м<sup>3</sup>

Каркасы и арматурные сетки плоские, собираются в арматурные изделия. Изготовление путём сварки или связывания выполняется непосредственно на очистных сооружениях. Класс А 500с, диаметром 8 мм и 16 мм.

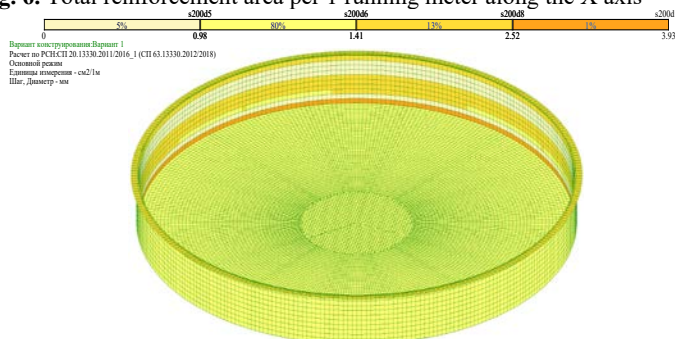
Все работы по реконструкции первичного отстойника будут проводится ремонтно-строительной бригадой, обслуживающей исследуемые очистные сооружения, без привлечения подрядчиков.

В ПК «ЛИРА-САПР» рассчитано распределение давления воды для действующего отстойника после восстановления несущей способности, которое полностью соответствует технологическому процессу очистки сточных вод на КОС.

Ниже на рис. 6 и рис. 7 показаны расчётные значения площади арматуры отстойника на 1пм по осям X и Y.



**Рис. 6.** Площадь полной арматуры на 1пм по оси X  
**Fig. 6.** Total reinforcement area per 1 running meter along the X axis



**Рис. 7.** Площадь полной арматуры на 1пм по оси Y  
**Fig. 7.** Total reinforcement area per 1 running meter along the Y axis

Проведённые на КОС обследование и своевременная диагностика выявили наиболее эффективный способ восстановления имеющихся дефектов резервуара. Метод восстановления

бетонированием, позволит снизить затраты на материалы и трудовые ресурсы, обеспечить надежность сооружений при длительном сроке службы и минимизирует риски возникновения

аварийных ситуаций. Такой метод является экологически безопасным, так как сокращается количество отходов попадающих в окружающую среду при производстве строительного-монтажных работ.

## ВЫВОДЫ

Проведено обследование по определению повреждений и геометрических параметров первичного отстойника. Проанализировано состояние резервуаров до начала работ. Что позволило выявить часто встречающиеся дефекты и повреждения, влияющие на эксплуатационную надежность резервуара.

Определён порядок выполнения работ по реконструкции первичного отстойника способом бетонирования внутренней чаши отстойника с дополнительным армированием чаши, с разбивкой по этапам.

Представлено моделирование расчётного распределения давления грунта на внешнюю стенку первичного отстойника, показано распределение давления воды после восстановления несущей способности резервуара, которое полностью соответствует технологическому процессу очистки сточных вод на КОС. Выполнение работ в строгом соответствии с нормативами повысит эксплуатационную надежность отстойника.

Предложенные конструктивные решения позволят выполнить ремонтно-восстановительные работы деталей и узлов отстойника в кратчайшие сроки. Восстановленный резервуар блока механической очистки обеспечит беспрепятственную транспортировку сточных вод на блок биологической очистки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ типов и различных конструктивных особенностей резервуаров (РЧВ), применяемых в системах подачи и распределения воды / И. В. Николенко, Е. Е. Котовская, Е. В. Котовская, А. А. Высоцкий // Строительство и техногенная безопасность. – 2024. – № 33(85). – С. 73-82.
2. Чупин, В. Р. Современное состояние, перспективы и пути развития систем водоснабжения и водоотведения, методы их расчета, построения и организации эксплуатации / В. Р. Чупин // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2023. – Т. 13, № 2(45). – С. 359-368.
3. Гурский, В. А. Опыт развития объектов водоотведения на примере города Тюмени / В. А. Гурский, Д. А. Бычков, М. В. Обухова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2023. – № 4(23). – С. 82-90.
4. Николенко, И. В. К обоснованию методологии расчета трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения, размещенных в береговой зоне / И. В. Николенко, В. Т. Чемодуров // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2025. – № 8(800). – С. 129-140.
5. Ющенко, Д. С. Реконструкция типовых радиальных отстойников / Д. С. Ющенко // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее : Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции. В 4-х томах, Курск, 20–21 октября 2022 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 550-553.
6. Пашенцев, А. И. Подход к оценке устойчивости железобетонных плит крепления быстротока водосбросного сооружения с учетом показателя надежности / А. И. Пашенцев // Строительство и техногенная безопасность. – 2025. – № 36(88). – С. 25-30.
7. Анисимов, Ю. П. Моделирование работы радиального вторичного отстойника / Ю. П. Анисимов // Военный инженер. – 2020. – № 2(16). – С. 20-26.
8. Трунтов, П. С. Принципы инженерно-технического обследования строительных конструкций первичных отстойников / П. С. Трунтов, Е. С. Кецо // Строительство. Архитектура. Дизайн : материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Курск, 24 апреля 2020 года / Курский государственный университет. – Курск: Курский государственный университет, 2020. – С. 194-197.
9. Янцен, О. В. Современные решения по реконструкции малых канализационных очистных сооружений: конструкции и расчет / О. В. Янцен // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 9. – С. 57-61.
10. Кевбрина, М. В. Внедрение современных технологий при строительстве и реконструкции очистных сооружений АО "Мосводоканал" / М. В. Кевбрина, А. М. Гаврилин, А. А. Пронин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2021. – № 6. – С. 36-45.
11. Харькина, О. В. Техническое задание на реконструкцию очистных сооружений: как избежать ошибок / О. В. Харькина // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2021. – № 2. – С. 48-53.
12. Чижик, К. И. Обоснование конструктивных решений по восстановлению работоспособности первичного отстойника / К. И. Чижик, И. Ю. Пурусова // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2025. – № 4(35). – С. 65-70.
13. Пурусова, И. Ю. Современные проблемы управления работой водозабора / И. Ю. Пурусова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7-2(18-2). – С. 379-383.
14. Пурусова, И. Ю. Функционирование насосных станций систем водоснабжения и водоотведения / И. Ю. Пурусова // Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2024": Материалы XV Международной научно-практической конференции, Кисловодск, 23–26 апреля 2024 года. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2024. – С. 61-66.

## REFERENCES

1. Analysis of the types and various design features of reservoirs (RCV) used in water supply and distribution systems / I. V. Nikolenko, E. E. Kotovskaya, E. V. Kotovskaya, A. A. Vysotsky // *Construction and technological safety*. - 2024. - No. 33 (85). - P. 73-82.
2. Chupin, V. R. Current state, prospects and ways of development of water supply and sanitation systems, methods of their calculation, construction and organization of operation / V. R. Chupin // *News of universities. Investments. Construction. Real estate*. - 2023. - Vol. 13, No. 2 (45). - P. 359-368.
3. Gursky, V. A. Experience in the Development of Wastewater Disposal Facilities on the Example of the City of Tyumen / V. A. Gursky, D. A. Bychkov, M. V. Obukhova // *Housing and Communal Infrastructure*. - 2023. - No. 4 (23). - P. 82-90.
4. Nikolenko, I. V. On the Substantiation of the Methodology for Calculating Pipelines for Water Supply and Wastewater Disposal Systems Located in the Coastal Zone / I. V. Nikolenko, V. T. Chemodurov // *News of Higher Educational Institutions. Construction*. - 2025. - No. 8 (800). - P. 129-140.
5. Yushchenko, D. S. Reconstruction of Typical Radial Settling Tanks / D. S. Yushchenko // *Problems and Prospects of Russia's Development: A Youth Look into the Future: Collection of Scientific Articles of the 5th All-Russian Scientific Conference*. In 4 volumes, Kursk, October 20–21, 2022 / Editor-in-chief A. A. Gorokhov. Volume 3. – Kursk: Southwestern State University, 2022. – Pp. 550–553.
6. Pashentsev, A. I. Approach to assessing the stability of reinforced concrete slabs supporting the rapid flow of a spillway structure, taking into account the reliability indicator / A. I. Pashentsev // *Construction and technological safety*. – 2025. – No. 36 (88). – Pp. 25–30.
7. Anisimov, Yu. P. Modeling the operation of a radial secondary settling tank / Yu. P. Anisimov // *Military engineer*. – 2020. – No. 2 (16). – Pp. 20–26.
8. Truntov, P. S. Principles of engineering and technical inspection of building structures of primary sedimentation tanks / P. S. Truntov, E. S. Ketsko // *Construction. Architecture. Design: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Kursk, April 24, 2020 / Kursk State University*. - Kursk: Kursk State University, 2020. - Pp. 194-197.
9. Yantsen, O. V. Modern solutions for the reconstruction of small sewage treatment plants: designs and calculations / O. V. Yantsen // *Water supply and sanitary engineering*. - 2019. - No. 9. - Pp. 57-61.
10. Kevbrina, M. V. Implementation of modern technologies in the construction and reconstruction of treatment facilities of Mosvodokanal JSC / M. V. Kevbrina, A. M. Gavrilin, A. A. Pronin // *Water supply and sanitation*. - 2021. - No. 6. - Pp. 36-45.
11. Kharkina, O. V. Terms of reference for the reconstruction of treatment facilities: how to avoid mistakes / O. V. Kharkina // *Best available technologies for water supply and sanitation*. - 2021. - No. 2. - Pp. 48-53.
12. Chizhik, K. I. Justification of design solutions for restoring the operability of the primary clarifier / K. I. Chizhik, I. Yu. Purusova // *Housing and communal infrastructure*. – 2025. – No. 4(35). – P. 65-70.
13. Purusova, I. Yu. Modern problems of water intake management / I. Yu. Purusova // *Current areas of scientific research of the 21st century: theory and practice*. – 2015. – Vol. 3, No. 7-2(18-2). – P. 379-383.
14. Purusova, I. Yu. Functioning of pumping stations of water supply and sanitation systems / I. Yu. Purusova // *Water purification technologies "TEKHNOVOD-2024": Proceedings of the XV International scientific and practical conference, Kislovodsk, April 23-26, 2024. – Novochoerkassk: OOO "Lik", 2024. – P. 61-66.*

SPECIFIC WORKS FOR PRIMARY SETTLEMENT TANK RECONSTRUCTION

Chizhik<sup>1</sup> K. I., Purusova<sup>2</sup> I. Yu.

Associate Professor, Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation<sup>1</sup>,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Housing and Communal Services, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation<sup>2</sup>

**Abstract.** Reconstruction of monolithic reinforced concrete wastewater tanks involves restoring the integrity and strengthening the capacity of structural elements, in accordance with regulatory and technical literature. An analysis of damage to the supporting structures of a radial primary settling tank at a wastewater treatment facility after its service life has expired was conducted. An inspection of the reinforced concrete structure of the primary settling tank revealed deformations affecting the operational reliability of the tank. It was determined that restoration of the tank's tightness and measures to extend the service life of the settling tank are required. A procedure for concreting the inner bowl of the settling tank was determined. Using the LIRA-SAPR software package, water pressure distribution and restoration of the structural load-bearing capacity for the reconstructed primary settling tank were simulated, fully consistent with the water treatment process. Results of reinforcement calculations and reinforcement selection were obtained.

**Subject of the study:** restoring the structural load-bearing capacity of a radial primary settling tank at a wastewater treatment facility. **Materials and Methods:** A primary settling tank was examined, and stages for restoring its functionality by concreting the inner basin of the settling tank were proposed.

**Results:** The distribution of soil pressure on the outer wall of the studied settling tank and the calculated water pressure distribution for the existing settling tank after restoring its bearing capacity were shown, along with calculated values for the area of settling tank reinforcement per linear meter.

**Conclusions:** Carrying out work to restore the integrity of the primary settling tank in strict compliance with regulations will improve its operational reliability. The proposed design solutions will enable repair and restoration work to be completed in the shortest possible time, ensuring unimpeded transportation of wastewater for further treatment.

**Key words:** primary settling tank, reconstruction, pressure on walls, concreting, reinforcement.