

УДК 699.8

DOI [10.37153/2618-9283-2022-6-46-54](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-6-46-54)

### ***Теоретические и экспериментальные исследования***

#### **Исследование надежности железобетонных резервуаров для хранения чистой воды в условиях высокой сейсмичности региона**

**Сангинов Абдусамад Мирвафоевич**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАНТ.  
Душанбе, Республика Таджикистан

**Аннотация:** В работе приведены результаты исследования прочности, несущеспособности, надёжности конструктивных элементов двух железобетонных резервуаров для хранения чистой воды ёмкостью 750 м<sup>3</sup> каждый, которые расположены в махалле Ховарон города Душанбе и даны рекомендации возможности использования сооружений по назначению. Следует отметить, что город Душанбе расположен в 9-балльной зоне сейсмичности согласно картам общего сейсмического районирования Республики Таджикистан.

**Ключевые слова:** элементы несущих конструкций, прочность, надёжность, сейсмостойкость, сейсмическое воздействие, собственные колебания, жесткость, прочность безопасная эксплуатация

**Для цитирования:** Сангинов А.М. Исследование надежности железобетонных резервуаров для хранения чистой воды в условиях высокой сейсмичности региона // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2022. № 6. С. 46–54.

DOI: [10.37153/2618-9283-2022-6-46-54](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-6-46-54)

### ***Theoretical and experimental studies***

#### **Investigation of the reliability of reinforced concrete tanks for storing clean water in conditions of high seismicity of region**

**Abdusamad M. Sanginov**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Geological Institute, Seismic engineering construction and Seismological NANT.  
Dushanbe, Republic of Tajikistan

**Abstract:** The paper presents the results of a study of the strength, non-viability, reliability of structural elements of two reinforced concrete tanks for storing clean water with a capacity of 750 m<sup>3</sup> each, which are located in the Khovaron mahalla of the city of Dushanbe, and recommendations are given on the possibility of using the structures for their intended purpose. It should be noted that the city of Dushanbe is located in a 9-point seismicity zone according to the maps of the general seismic zoning of the Republic of Tajikistan.

**Keywords:** elements of load-bearing structures, strength, reliability, seismic resistance, seismic impact, natural vibrations, rigidity, strength safe operation

@ A.M. Сангинов, 2022

**For citation:** Abdusamad M. Sanginov Investigation of the reliability of reinforced concrete tanks for storing clean water in conditions of high seismicity of region. *Earthquake engineering. Constructions safety*. 2022, no. 6, pp. 46–54 (In Russian)  
DOI: [10.37153/2618-9283-2022-6-46-54](https://doi.org/10.37153/2618-9283-2022-6-46-54)

Необходимость в проведении комплексного обследования двух железобетонных резервуаров для хранения чистой воды емкостью 750 м<sup>3</sup> каждый, которые расположены в махалле Ховарон города Душанбе, была связана с оценкой прочности и надёжности основных несущих конструкций сооружения, построенного в 80-х годах прошлого столетия и долгие годы (с начала 1990-х годов) не использовавшегося.

Резервуары объемом 750 м<sup>3</sup> каждый, предназначенные для сбора и хранения питьевой воды, были спроектированы и построены по типовому проекту 901-4-79с.84 для строительства в районах сейсмичностью 7, 8, 9 баллов [1].

Исследуемые резервуары имеют в плане прямоугольное очертание размером 18 x 12 м каждый, высотой 4,64 м. Между ними имеется водораспределительный участок прямоугольной формы размером 5,3 x 4,0 м, высотой 5,64 м (рис. 1).

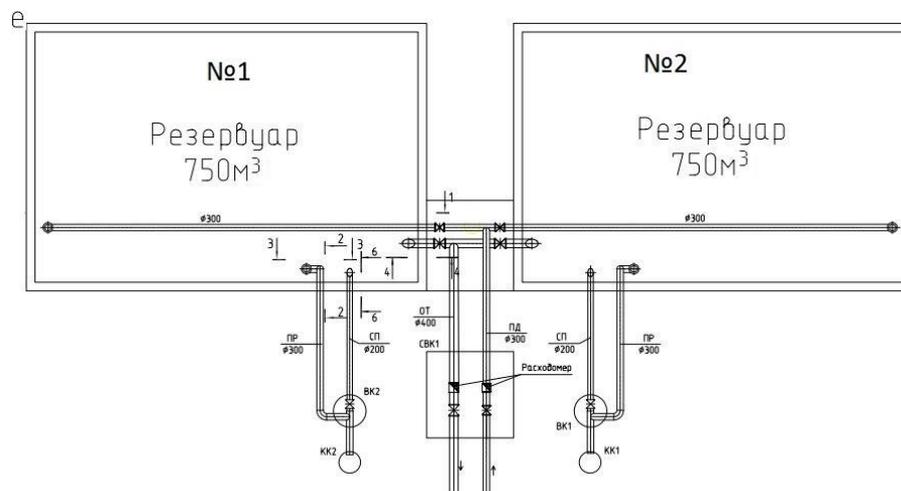


Рисунок 1 – Схема исследуемого объекта

Figure 1 – Scheme of the object under study

Методика обследования сооружения включала: изучение имеющейся проектно-технической документации, визуальное обследование несущих и самонесущих конструкций сооружения (сбор информации о характере, объеме и местонахождении обнаруженных дефектов, повреждений конструкций, их фотосъемка и т.д.); обследование прилегающей территории; определение прочностных характеристик бетона несущих конструкций инструментальным методом; выявление расположения и диаметра арматуры конструкций с помощью металлодетектора; выявление дефектов и несплошностей в существующих конструкциях и анализ их влияния на сооружения; анализ характера имеющихся дефектов, повреждений и причин их возникновения; выполнение поверочных расчетов.

При визуальном обследовании несущих железобетонных конструкций резервуара видимых повреждений в виде трещин не обнаружено. В основном, выявлены дефекты на поверхности большинства конструкций: следы увлажнения, сопровождающиеся высоломи. Гидроизоляция на стенах частично отсутствует, в некоторых местах гидроизоляция отшелушившаяся [2–3].

Негативное влияние на состояние конструкций оказало также то, что не было наблюдения за сооружением более 30 лет. Как следствие, конструкции подвергались

постоянному воздействию атмосферных осадков в течение длительного времени, приведшему к коррозии бетона, представленной в виде высолов на поверхности конструкций и отслоения защитного слоя бетона и арматуры.

Инструментальные исследования прочности бетона несущих конструкций здания проводились неразрушающими методами контроля согласно ГОСТ 22690-88 «Бетон тяжелый». Определение прочности бетона выполнено двумя типами приборов – эталонным пружинным молотком «Schmidt Hammer N/L» и молотком ОМШ. Для определения толщины защитного слоя, количества и диаметра арматуры в бетоне был использован прибор Rebar Locator PROCEQ «PROFOMETER5+» [7–9].

В результате инструментального исследования стен резервуара было установлено, что среднее значение прочности бетона в испытываемых зонах железобетонных конструкций в большинстве случаев соответствует проектным значениям. Армирование конструкций соответствует рабочему проекту.

Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций и определение расчетной прочности конструкций выполнялись с помощью комплексной компьютерной программы ЛИРА-САПР-13, разработанной на основе метода конечных элементов, МКЭ. Расчеты были выполнены на основные и на особые нагрузки с учетом сейсмических нагрузок. Расчетная сейсмичность – более 9 баллов, категория грунта – 2-я.

В качестве основных нагрузок выступают собственный вес элементов сооружения (бокового давления, оказываемого на стенку резервуара засыпкой грунта, гидроизоляционного слоя, строительных элементов, постоянной нагрузки от веса конструкции кровли и грунтов, используемых для покрытий кровли), длительные и временные кратковременные воздействия (по табл. 3 СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»). Действие расчетных сейсмических нагрузок принято в трех ортогональных направлениях по основным осям здания (два горизонтальных и одно вертикальное) [4–6,10].

Связь с основанием рассчитана в соответствии со СНиП 2.02.05-87 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками», моделировалась одноузловым и конечными элементами, имеющими одинаковые жесткости в обоих направлениях, принято в модели – 600 тс/м.

Результаты расчета несущих конструкций, полученные при проведении проверочного расчета, представлены ниже в графическом виде (рис. 2–11).

резервуар эксплуатационный

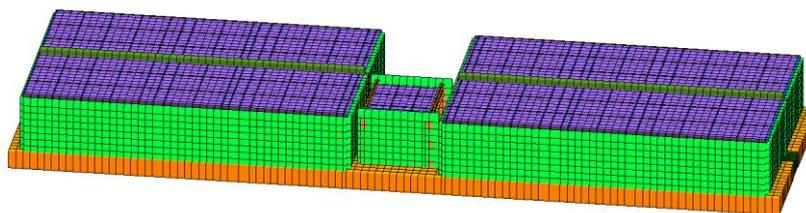


Рисунок 2 – Вид трехмерной модели в программе ЛИРА-САПР 13

Figure 2 – View of a three-dimensional model in the LIRA-SAPR 13 program

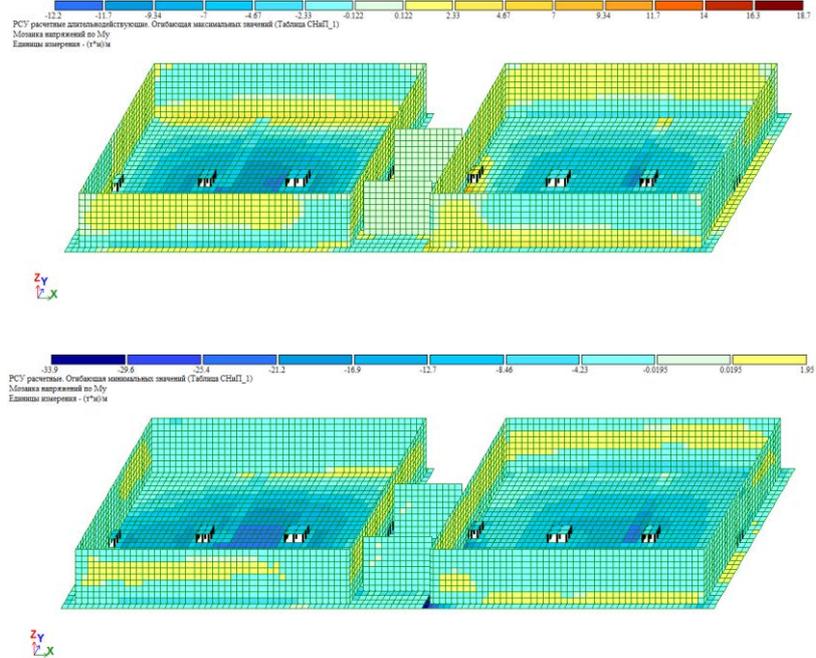


Рисунок 3 – Максимальная и минимальная изгибающих моментов  $M_y$  в стенах резервуаров

Figure 3 – Maximum and minimum of bending moments of  $M_y$  in the walls of tanks

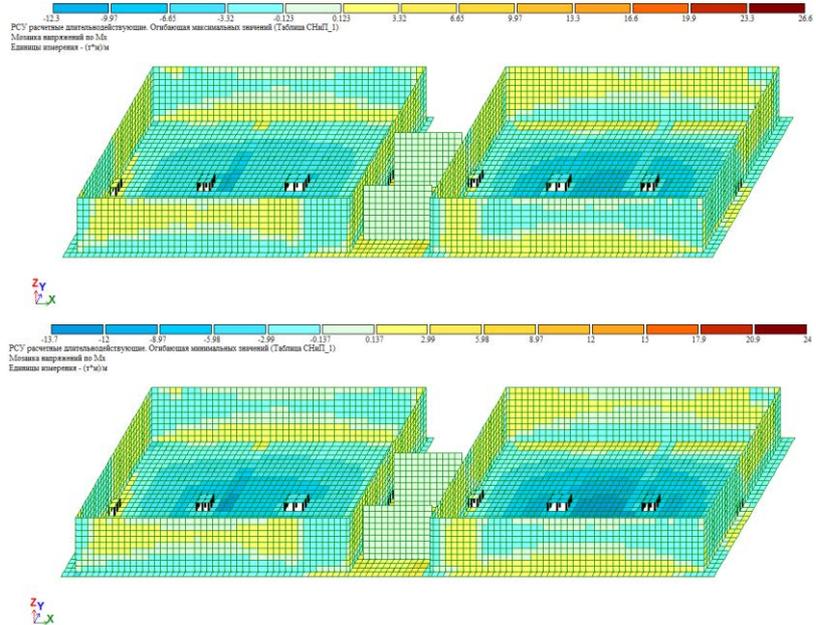


Рисунок 4 – Максимальная и минимальная изгибающих моментов  $M_x$  в стенах резервуаров

Figure 4 – Maximum and minimum of bending moments of  $M_x$  in the walls of tanks

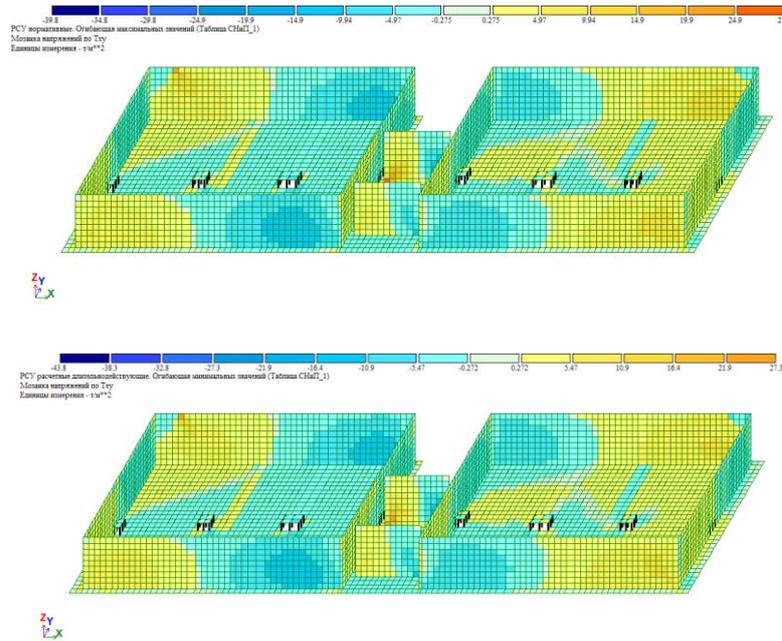


Рисунок 5 – Изополя напряжений  $\tau_{xy}$  в стенах резервуарах

Figure 5 – Isofields of stress  $\tau_{xy}$  in the walls of tanks

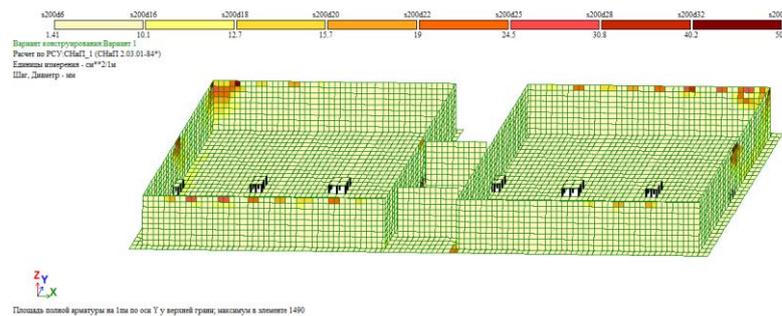


Рисунок 6 – Расчетная площадь армирования стены резервуара по оси Y

Figure 6 – Estimated reinforcement area of the tank wall along the Y axis

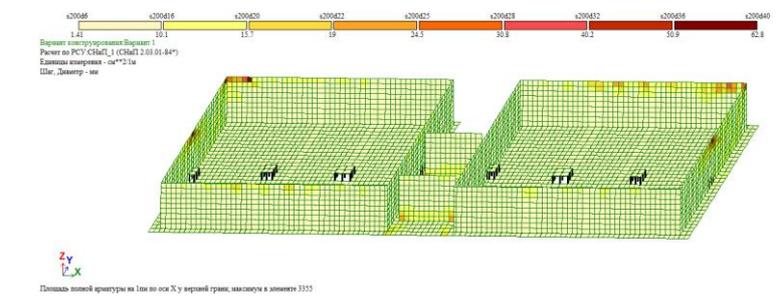


Рисунок 7 – Расчетная площадь армирования стены резервуара по оси X

Figure 7 – Estimated reinforcement area of the tank wall along the X axis

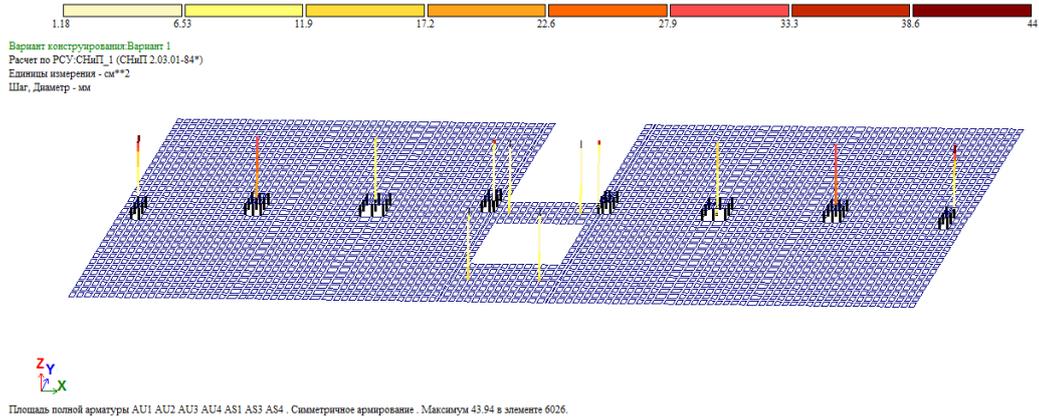


Рисунок 8 – Расчетная площадь армирования колонн

Figure 8 – Estimated column reinforcement area

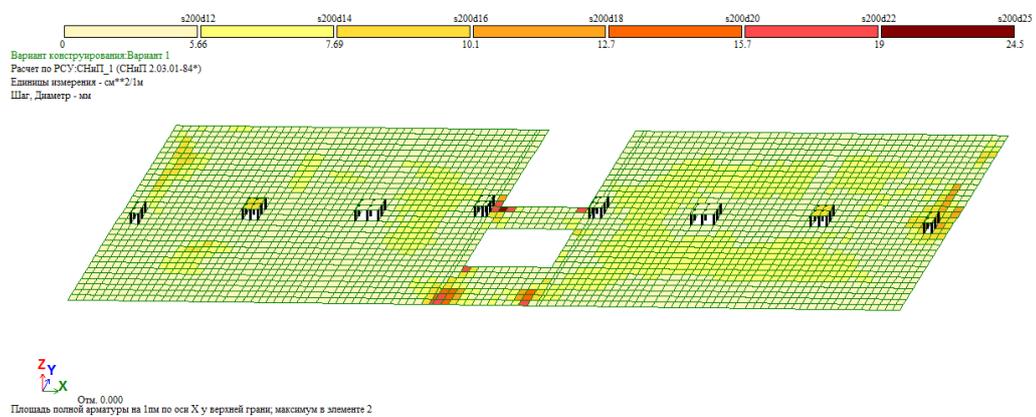


Рисунок 9 – Расчетная площадь армирования фундаментной плиты по оси X

Figure 9 – Estimated reinforcement area of the foundation plate along the X axis

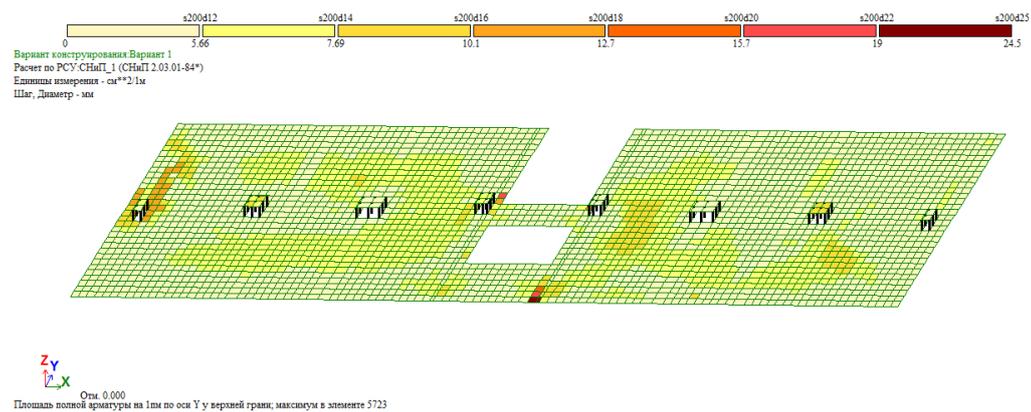


Рисунок 10 – Расчетная площадь армирования фундаментной плиты по оси X

Figure 10 – Estimated reinforcement area of the foundation plate along the X axis

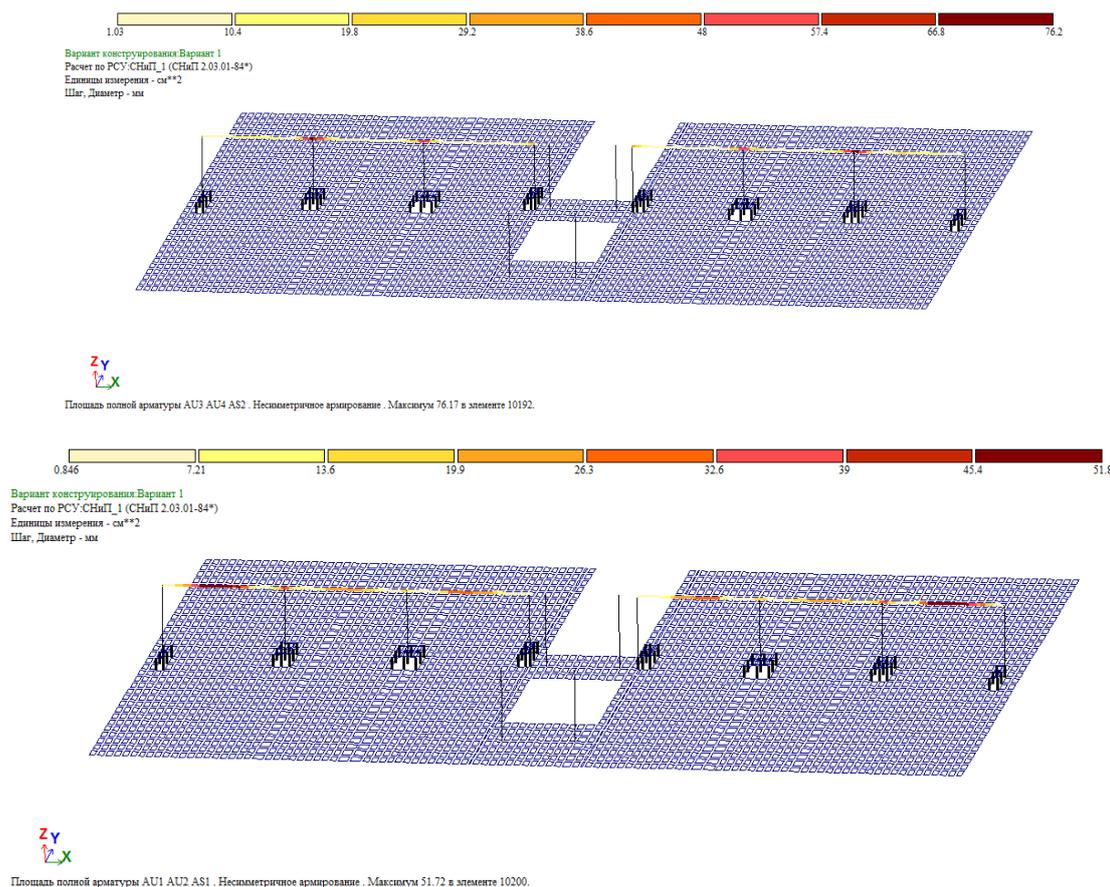


Рисунок 11 – Общая расчетная площадь армирования балок (верхних и нижних)

Figure 11 – Total estimated area of reinforcement of beams (upper and lower)

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании результатов проведенного комплексного обследования, анализа проектных материалов и результатов проверочного расчета, были сделаны следующие выводы:

1. Резервуары, предназначенные для хранения питьевой воды, были разработаны и построены по типовому проекту 901-4-79п.84 для строительства в сейсмоопасных зонах. Исключением из проекта является то, что в резервуаре № 2 место опирания балок на колонну по оси 2 показывает неполное опирание на колонну.

2. Местонахождение здания – на участке, сложенном глинистыми просадочными грунтами. По проявлению просадочных свойств глинистые грунты основания здания относятся ко II-му типу по просадочности. Сейсмическая активность участка, согласно действующей карты сейсмического микрорайонирования территории г. Душанбе, составляет 9 баллов по шкале MSK.

3. По результатам исследования техническое состояние железобетонных конструкций обоих резервуаров находится в удовлетворительном состоянии. Частичное повреждение в месте опирания балок с колонной по оси 2 проявляется в неполном опирании на колонну, а дефекты, обнаруженные в железобетонных конструкциях, в том числе отколовшаяся штукатурка и коррозия армированной сетки, в свою очередь не снижают несущей способности и свидетельствуют о возможности проведения восстановительных работ по использованию обоих резервуаров [11–12].

4. Основной причиной появления выявленных дефектов несущих конструкций объекта является многолетнее (более 30 лет) бесконтрольное и неэксплуатируемое состояние объектов, а также подтекание атмосферных вод вокруг вводов, отсутствие необходимого уклона вдоль проезжей части.

5. Одной из причин возникновения дефектов является износ гидроизоляционного слоя стен, что в процессе эксплуатации резервуаров может привести к просачиванию воды внутрь резервуаров. На возможность размещения фильтрационной пробы указывает наличие пятен влаги на поверхности железобетонных конструкций и панельных стен.

6. По результатам инструментальных исследований резервуаров было установлено, что среднее значение прочности бетона в испытываемых зонах железобетонных конструкций в большинстве случаев соответствует проектным нормам и имеется возможность их использования после реконструкции. Армирование конструкций должно выполняться согласно рабочему проекту.

7. По результатам расчетов программного комплекса ЛИРА-САПР 2013 с учетом данных обследования, в т.ч. установленных прочностных параметров бетона и армирования, железобетонных несущих конструкций сооружения достаточно для восприятия расчетных нагрузок.

На основании вышеизложенного анализа, в целях обеспечения планового восстановления объекта и его дальнейшего стабильного использования, РЕКОМЕНДУЕТСЯ разработать проект усиления и восстановления с учетом требований действующих строительных норм, в котором следует предусмотреть:

- в резервуаре № 2 необходимо заполнить зазор в месте опирания балок с колонной по оси 2 бетоном класса не ниже В25. Перед бетонированием механическими щетками должна быть очищена от ржавчины стальная арматура;

- на участках засыпного грунта наблюдается проседание грунта, поэтому следует провести комплекс защитных мероприятий от просачивания воды путем засыпки суглинистым грунтом с трамбовкой грунта в соответствии с действующими нормативными требованиями;

- необходимо провести полную очистку проржавевших бетонных поверхностей колонн и стен и швов между панельными стенами путем обработки гидроизоляционным материалом «Пенетрон» или другим подобным [13–14];

- необходима замена всех водопроводных труб, стоков, вентиляционного оборудования.

По завершении восстановления и капитального ремонта объекта в обязательном порядке требуется проведение гидравлического испытания объекта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовой проект 901-4-79с.84 Резервуары для воды прямоугольные сборные емкостью 50–10000 м<sup>3</sup> для сейсмических районов.
2. Рекомендации по проектированию гидроизоляции подземных частей зданий и сооружений. ЦНИИПромзданий. Москва. 1996.
3. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. Москва. 1988.
4. МКС ЧТ 22-07-2018 Сейсмостойкое строительство. Душанбе. 2018.
5. МКС ЧТ 50-01-2007 Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. Душанбе. 2008.
6. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. Москва. 1984.
7. ГОСТ 22690.0-77 «Бетон тяжёлый. Общие требования к методам определения прочности без разрушения приборами механического действия». М. 1977.

8. ГОСТ 22690-88 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности без разрушения приборами механического действия». М. 1989.
9. Краткий справочник «Неразрушающий контроль в строительстве». Вена. 2010.
10. СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия». М.1989.
11. Москвин В.М., Алексеев С.Н., Вербицкий Г.П., Новгородский В.И. Трещины в железобетоне и коррозия арматуры. М. 1971.
12. Допуски при производстве строительно-монтажных и специальных работ. Киев. 1970.
13. Гидроизоляция бетонных конструкций. Технологический регламент на применение гидроизоляционных материалов проникающего действия системы ПЕНЕТРОН. Москва. 2004.
14. Технологический регламент на выполнение работ по гидроизоляции и антикоррозионной защите монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций. Москва. 2017.

## REFERENCES

1. Tipovoj proekt 901-4-79s.84 Rezervuary dlya vody pryamougol'nye sbornye emkost' 50–10000 m<sup>3</sup> dlya sejsmicheskikh rajonov.
2. Rekomendacii po proektirovaniyu gidroizolyacii podzemnykh chastej zdanij i sooruzhenij. CNIIPromzdanij. Moskva. 1996.
3. Rekomendacii po obsledovaniyu i ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya krupnpanel'nykh i kamennykh zdanij. Moskva.1988.
4. MKS CHT 22-07-2018 Sejsmostojkoe stroitel'stvo. Dushanbe. 2018.
5. MKS CHT 50-01-2007 Osnovaniya zdanij i sooruzhenij. Normy proektirovaniya. Dushanbe. 2008.
6. SNIP 2.03.01-84\*. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktsii. Moskva. 1984.
7. GOST 22690.0-77 «Beton tyazhyol'nyj. Obshchie trebovaniya k metodam opredeleniya prochnosti bez razrusheniya priborami mekhanicheskogo dejstviYA». М. 1977.
8. GOST 22690-88 «Beton tyazhelyj. Metody opredeleniya prochnosti bez razrusheniya priborami mekhanicheskogo dejstviYA». М. 1989.
9. Kratkij spravochnik «Nerazrushayushchij kontrol' v stroitel'stvE». Vena. 2010.
10. SNIP 2.01.07-85\* «Nagruzki i vozdejstviYA». М.1989.
11. Moskvin V.M., Alekseev S.N., Verbickij G.P., Novgorodskij V.I. Treshchiny v zhelezobetone i korroziya armatury. М. 1971.
12. Dopuski pri proizvodstve stroitel'no-montazhnykh i special'nykh rabot. Kiev. 1970.
13. Gidroizolyaciya betonnykh konstrukcij. Tekhnologicheskij reglament na primenenie gidroizolyacionnykh materialov pronikayushchego dejstviya sistemy PENETRON. Moskva. 2004.
14. Tekhnologicheskij reglament na vypolnenie rabot po gidroizolyacii i antikorrozionnoj zashchite monolitnykh i sbornykh betonnykh i zhelezobetonnykh konstrukcij. Moskva. 2017.

## Сведения об авторе / Information about author

**Сангинов Абдусамад Мирвафоевич**, старший научный сотрудник лаборатории сейсмостойкости зданий Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана, кандидат технических наук. Душанбе, Республика Таджикистан. [samad80@mail.ru](mailto:samad80@mail.ru)

**Sanginov Abdusamad M.**, Research scientist of the Laboratory of the Building Resistance to Earthquakes, Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology, National academy of Sciences of Tajikistan, PhD in engineering. Dushanbe, Republic of Tajikistan. [samad80@mail.ru](mailto:samad80@mail.ru).