

УДК 624.159.14

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ РЕЗЕРВУАРА В УСЛОВИЯХ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Корецкая Н.А.*Технический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Нерюнгри, e-mail: Coretskaya.nfygu@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена предварительной оценке фундамента реконструируемого резервуара чистой воды на несущую способность и долговечность, так как данное сооружение относится к объектам повышенного уровня ответственности. В работе проводился расчет основания резервуара для оценки возможности строительства на существующий фундамент аналогичного сооружения. Учитывая условия района строительства, особое внимание при расчете было направлено на оценку сейсмической устойчивости возводимого резервуара. В соответствии с нормативными требованиями были проанализированы коэффициенты, учитывающие ответственность и назначение сооружения. Расчеты выполнялись на основные и особые сочетания нагрузок. Для определения пригодности резервуара к дальнейшей эксплуатации, необходимости усиления (ремонта) выполнялся расчет фундамента по несущей способности по первой группе предельных состояний – по прочности, с учетом деформированного состояния. По результатам проведенных исследований собственником должен решаться вопрос о возможности дальнейшей эксплуатации сооружения.

Ключевые слова: надежность строительных конструкций, несущая способность оснований, сейсмическая оценка

ASSESSMENT OF THE BEARING ABILITY OF THE BASIS OF THE TANK IN THE CONDITIONS OF SEISMIC DANGER

Koretskaya N.A.*Technical Institute (branch) «North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov», Nerungry, e-mail: Coretskaya.nfygu@yandex.ru*

The present article is devoted to preliminary estimate of the base of the reconstructed pure tank on the bearing ability and durability as this construction belongs to objects of the increased level of responsibility. In work calculation of the basis of the tank for assessment of a possibility of construction on the existing base of a similar construction was carried out. Considering conditions of the area of construction, the special attention when calculating has been directed to assessment of seismic stability of the built tank. According to standard requirements the coefficients considering responsibility and purpose of a construction have been analysed. Calculations were carried out on the main and special combinations of loadings, For definition of suitability of the tank to further operation, need of strengthening (repair) calculation of the base for the bearing ability for the first group of limit states – on durability, taking into account the deformed state was carried out. By results of the conducted researches the issue of a possibility of further operation of a construction has to be resolved by the owner.

Keywords: reliability of structures, bearing capacity of foundations, seismic assessment

Повторное использование сооружений, выведенных из эксплуатации по разным причинам, требует предварительной оценки их технического состояния. Автором была проведена предварительная оценка фундамента реконструируемого резервуара чистой воды на несущую способность и долговечность. Резервуары чистой воды относятся к сооружениям повышенного уровня ответственности в соответствии с Техническим регламентом о безопасности зданий и сооружений РФ Федеральный закон № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. [1] и особо высокому уровню ответственности (1а) в соответствии с ГОСТ Р 54257-2010 «Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» [2].

Целью исследования стал расчет несущей способности уже существующего основания резервуара чистой воды для оценки возможности строительства на существующий фундамент аналогичного сооружения высотой 10 м. Расчет велся на основании

РД «Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров», утвержденного и введенного в действие приказом ОАО «АК «Транснефть» 8 октября 2007 г. [3].

Научная новизна проведенных исследований заключается в изучении и расчете возможности повторного использования существующего фундамента под сооружение повышенного уровня ответственности, которые в районе исследований ранее не проводились.

Исходные данные для расчета

Значения эксплуатационных нагрузок

Территория расположена в I климатическом районе, подрайоне – I А. Климат района резко континентальный с холодной продолжительной зимой и сравнительно коротким теплым летом.

Природно-климатические условия района:
– по весу снегового покрова – IV район, расчетное значение веса снегового покрова 2,4 кПа;

– по скоростному напору ветра – I район, нормативное значение ветрового давления 0,23 кПа;

– категория грунтов по сейсмическим свойствам – II;

– сейсмичность площадки строительства с учетом результатов сейсмического микрорайонирования и с учетом ответственности объекта оценивается в 8 баллов.

Результаты обследования грунтов основания

Площадка строительства представляет собой слаборасчлененную увалисто-холмистую равнину, сложенную песчаниками юрского возраста.

В геоморфологическом отношении территория расположена на водораздельном пространстве рек. Общий уклон поверхности составляет 1–2°.

Площадка спланирована и отсыпана насыпными грунтами, образовавшимися в результате строительства микрорайона, естественный рельеф не сохранен. Высотные отметки поверхности в пределах площадки изменяются от 839,33 до 842,40 м (система высот Балтийская), перепад высот составляет 3,07 м.

В геокриологическом отношении площадки расположены в зоне островного развития многолетнемерзлых пород и сложены тальми грунтами. Температура грунтов на глубине нулевых амплитуд (10 м) изменяется от плюс 6,2°С до плюс 6,4°С.

В результате анализа пространственной изменчивости частных значений показателей свойств грунтов, определенных лабораторными методами, с учётом данных о геологическом строении, литологических особенностей грунтов, в пределах площадки выделено 5 инженерно-геологических элементов (ИГЭ):

ИГЭ 1 – насыпной щебенистый грунт малой степени водонасыщения, (tQIV);

ИГЭ 2 – щебенистый грунт малой степени водонасыщения (edQIII-IV);

ИГЭ 3 – песчаник очень низкой прочности («рухляк») (J3kb);

ИГЭ 4 – песчаник средней прочности очень плотный размягчаемый (J3kb);

ИГЭ 5 – песчаник прочный очень плотный размягчаемый (J3kb).

Специфические грунты на участке представлены элювиальными и техногенными образованиями, а также пучинистыми грунтами. Склоновые гравитационные процессы, а именно обвалы, оползни и осыпи, на площадке не отмечены.

Категория грунтов по сейсмическим свойствам – вторая.

Расчетная сейсмичность площадки строительства составляет 8 баллов по карте В-ОСР-2015.

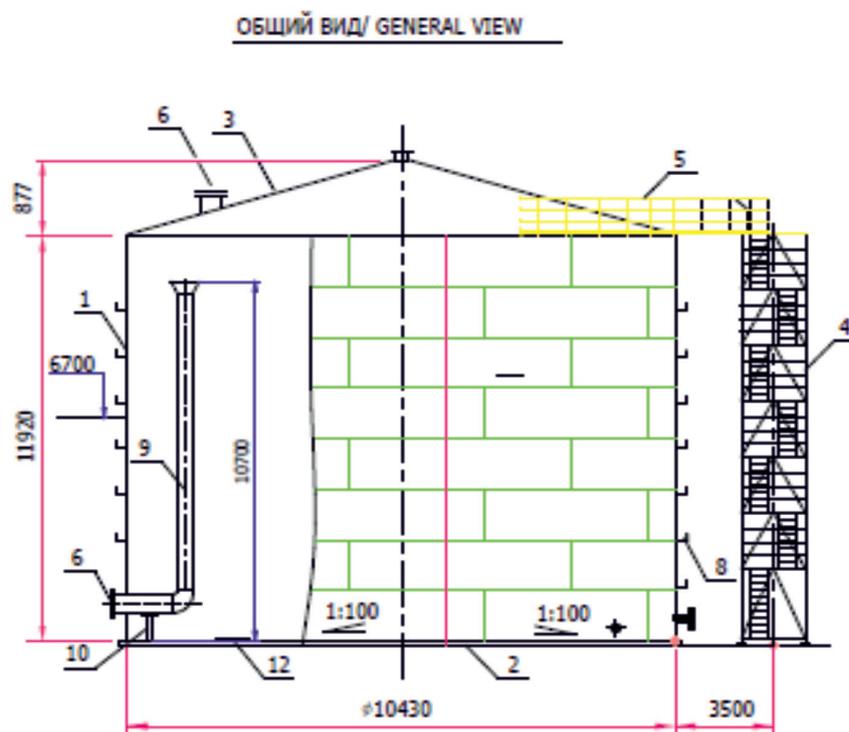
На площадке встречены грунтовые воды юрских отложений смешанного происхождения (природные и техногенные). Грунтовые воды встречены на глубине 5,1–8,5 м, что соответствует абсолютным отметкам 831,33–839,3 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные, натриево-кальциевые с общей минерализацией 232,7–264,8 мг/л, слабоагрессивны к бетону нормальной плотности водопроницаемости марки W4, по содержанию свободной углекислоты и водородному показателю (рН). Коррозионная активность грунтовых вод по отношению к алюминиевой оболочке кабеля – средняя, к свинцовой оболочке кабеля – низкая. Воды слабоагрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании.

Конструктивное решение фундамента

Реконструируемое сооружение – резервуар, предназначенный для хранения питьевой воды, максимальная температура продукта – не более 20°С. Тип резервуара – вертикальный стальной цилиндрический емкостью 1 000 м³. Стенка резервуара высотой 11,920 м (восемь поясов) изготавливается и монтируется методом рулонной сборки; днище резервуара выполнено методом рулонной сборки из двух частей с уклоном от центра к стенке. Срок эксплуатации резервуара – 25 лет при условии выполнения антикоррозионной защиты внешних и внутренних поверхностей корпуса материалами, устойчивыми к воздействию внешней и внутренней среды. Основные эксплуатационные характеристики резервуара указаны на чертеже общего вида (рисунок).

Фундамент рассматриваемого сооружения кольцевой железобетонный со сплошной железобетонной плитой в центральной части. При обследовании фундамента трещин и деформаций, свидетельствующих о перенесённых сверхнормативных нагрузках, не выявлено. Состояние гидроизоляционного слоя удовлетворительное. В табл. 1 приведены данные для определения физико-прочностных свойств (плотности, скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн, предела прочности на одноосное сжатие) материала фундамента.

Общее техническое состояние фундамента по внешним признакам на момент проведения обследования оценивается как «работоспособное». Физический износ конструкций в соответствии с ВСН 53-86 составляет не более 20%.



Геометрические размеры реконструируемого резервуара

Таблица 1

Строение исследуемого фундамента

Интервал, см		Описание слоя	Примечание
от	до		
1	2	3	4
Скважина № 1			
0,0	9,0	Асфальт	
9,0	41,0	Бетон	Отобраны монолитные образцы бетона № 1-1, 1-2, 1-3
41,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	
Скважина № 2			
0,0	13,0	Асфальт	
13,0	42,0	Бетон	Отобраны монолитные образцы бетона № 2-1, 2-2, 2-3
42,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	
Скважина № 3			
0,0	11,0	Асфальт	
11,0	46,0	Бетон	Отобраны монолитные образцы бетона № 3-1, 3-2, 3-3, 3-4
46,0	–	Песчано-щебенистая отсыпка	

Прочностные характеристики бетона фундамента

По результатам испытаний образцов бетона, полученных их выбуриванием с бетонного основания конструкции, установ-

лено, что по ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» бетон исследуемого фундамента с плотностью 1,78–1,82 г/см³ по прочности на сжатие относится к классу бетона В7.5 и соответствует марке по прочности М100.

Таблица 2

Нормативные и расчетные нагрузки на фундамент

Наименования	Нормативная нагрузка, кгс/м ²	γ_f	Расчетная нагрузка, кгс/м ²
1	2	3	4
Постоянные			
Собственный вес резервуара	498,3	1,1	548,1
Теплоизоляционный материал	1,56	1,2	1,87
Активное вертикальное и боковое давление от грунта	0		
Итого:			549,97
Длительные			
Гидростатическое давление жидкости	х	1,1	х
Итого:			х
Временные			
Снеговая	240	1,6	384
Ветровая	73	1,2	87,6
Итого:			471,6
Особая			
Сейсмические воздействия	77820,53	1,5	116730,8

Прочность бетона по ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» [4] конструкции, определенная методом ударного импульса, соответствует прочности бетона В10 марки по прочности М100.

Параметры армирования фундамента

Армирование фундамента отсутствует.

Результаты исследования. Учитывая условия района строительства, особое внимание при расчете было направлено на оценку сейсмической устойчивости возводимого резервуара. Расчет основания по несущей способности выполнялся в соответствии с требованиями СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений» [5], раздел 5.6. В соответствии с разд. 5 СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах (актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» (СП 14.13330.2011)) (с Изменением № 1) [6] расчет конструкций и оснований зданий и сооружений, проектируемых для строительства в сейсмических районах, должен выполняться на основные и особые сочетания нагрузок с учетом расчетной сейсмической нагрузки.

Таким образом, расчет фундамента по первой группе предельных состояний выполнялся на следующее сочетание нагрузок:

- постоянных – собственный вес резервуара и вес стационарного оборудования;
- длительных – давление жидкости и вес стационарного оборудования;
- кратковременных – снеговая и ветровая нагрузки;
- особых – сейсмические воздействия и воздействия, обусловленные деформаци-

ями основания, вызванными коренным изменением структуры грунта.

В табл. 2 приведены значения нормативных и расчетных нагрузок на фундамент.

Расчетное гидростатическое давление жидкости, кН/м², определялось по формуле

$$q_{\omega} = \gamma_f \cdot \gamma_{\omega} \cdot H_{\omega}, \quad (1)$$

где γ_f – коэффициент надежности по нагрузке от воды, принимается равным 1,1; γ_{ω} – удельный вес жидкости, кН/м³; для воды 10 кН/м³;

H_{ω} – напор воды над расчетным уровнем, м.

С учетом всех действующих коэффициентов, учитывающих ответственность и назначение сооружения [6, табл. 3], сейсмическая нагрузка S_{ik} , кН, действующая на сооружение весом Q_k , отнесенным к точке К, определялась по формуле

$$S_{ik} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_w \cdot Q_k \cdot A \cdot \beta_i \cdot \eta_{ik}. \quad (2)$$

Для определения пригодности резервуара к дальнейшей эксплуатации, необходимости усиления (ремонта) выполнялся расчет фундамента по несущей способности по первой группе предельных состояний – по прочности, с учетом деформированного состояния.

Расчетные нагрузки на уровне спланированной отметки земли на 1 м длины фундамента:

Расчетные нагрузки первой группы предельных состояний:
постоянная

$$N = \frac{549,97}{65,5} = 8,39 \text{ кгс} = 0,084 \text{ кН},$$

временная длительно действующая

$$N = \frac{X}{10,43},$$

временная кратковременная

$$N = \frac{471,6}{65,5} = 7,19 \text{ кгс} = 0,072 \text{ кН.}$$

Суммарная – с учетом сочетаний и коэффициентов надежности по назначению сооружения $\tau_n = 1,2$ (I класс ответственности сооружения) и коэффициентов сочетаний для длительно действующих нагрузок $\varphi_1 = 0,95$, кратковременных $\varphi_2 = 0,9$ при известной прочности бетона составит

$$N = 1,2(0,9 \cdot 5,39 + 0,8 \cdot X + 0,5 \cdot 4,62 + 1144,74) = 1527,5 \text{ кН.} \quad (3)$$

Таким образом, длительная нагрузка, соответствующая гидростатическому давлению жидкости q_w , составит 73,24 м и расчетный напор воды над уровнем фундамента равен 7,31 м.

Расчет по второй группе предельных состояний (по образованию и раскрытию трещин) не выполнялся, так как ширина раскрытия трещин не превосходит допустимых значений [6].

При расчете были приняты следующие коэффициенты сочетаний нагрузок (табл. 3).

Таблица 3
Коэффициент сочетания нагрузок

Вид нагрузок	Значение коэффициента
Постоянные	0,9
Временные длительные	0,8
Кратковременные (на перекрытия и покрытия)	0,5

Нагрузки, соответствующие сейсмическому воздействию, рассматривались как знакопеременные нагрузки. Ветровые нагрузки при расчете не учитывались.

Заключение

В результате проведенных расчетов было получено, что несущая способность существующего фундамента несколько ниже, чем требуется для проектируемого резервуара. По итогам исследования были сделаны выводы о том, что возможность дальнейшей эксплуатации сомнительна и необходимо более глубокое исследование современного состояния грунтов основания и бетона фундамента.

Список литературы

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013) // Собрание законодательства РФ. – 2010. – № 1, (4 янв.). – Ст. 5.
2. ГОСТ Р 54257-2010. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования (с Изменением № 1); Дата введения 2011-09-01. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4293806/4293806775.pdf>.
3. Руководящий документ: РД 23.020.00-КТН-279-07. Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров вертикальных стальных; Утвержден и введен в действие приказом ОАО «АК «Транснефть» 8 октября 2007 г. URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/54/54769/index.htm.
4. ГОСТ 26633-2015 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия». Дата введения 2016-09-01. URL: <http://www.rags.ru/gosts/gost/61847>.
5. Свод правил по проектированию и строительству: СП 50-101-2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений»; Одобрен для применения постановлением Госстроя России № 28 от 9 марта 2004 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200038307>.
6. Свод правил по проектированию и строительству: СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» (актуализированного СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах») (с Изменением № 1); Дата введения 2014-06-01. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111003>.