

---

## Строительство резервуарного парка нефтепродуктов и определение расчетных характеристик обвалования

*Ю.Е. Актерский, С.Н. Терёхин, С.О. Столяров, М.С. Немчинов*

*Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева*

**Аннотация:** В данной статье определены необходимые характеристики обвалования группы из десяти вертикальных стальных резервуаров, объемами 15000 и 20000 м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** нефтяная промышленность, нефтепродукты, аварии, вертикальные стальные резервуары, обвалование.

Нефтяной комплекс Российской Федерации – это одна из основных сфер нашей страны. Развитие данного направления началось еще в далеком восемнадцатом веке [1]. Помимо увеличения количества добываемых ресурсов, постепенно началось повышение количества возникающих аварий на предприятиях [2]. Для обеспечения безопасности, на объектах нефтяной промышленности требуется проведение множества расчетов и инженерных решений. Особое внимание приходится к РВС, на них приходится 60% всех объектов нефтегазового комплекса [3]. А 37% аварий с 2018 по 2021 гг. приходится на долю резервуаров [4-6]. Главная причина возникновения аварий – эксплуатация оборудования при нарушении их работоспособности и отсутствие необходимого контроля безопасности [7,8]. Аварии могут нести колоссальный вред экологической системе и жизни окружающим из-за продуктов, находящихся на данных объектах [9]. Одним из видов технических систем обеспечения безопасности на данных объектах является обвалование [10]. Данное техническое решение позволит препятствовать разливу нефтепродуктов в нынешних условиях, так как более 70% РВС имеют срок эксплуатации 30-35 лет.

Для расчета обвалования резервуарного парка возьмем группу резервуаров в г. Кириши (Рис. 1). Для этого требуется воспользоваться нормативными документами СП 155.13130.2014, ГОСТ Р 53324-2009, в

которых, в соответствии с формулами и таблицами, возможно определить необходимое обвалование для группы резервуаров. Использование этого метода может помочь снизить риск ошибок при проектировании обвалований, что важно для безопасности и надежности конструкции. Чтобы определить необходимое обвалование, требуется провести следующие расчеты:

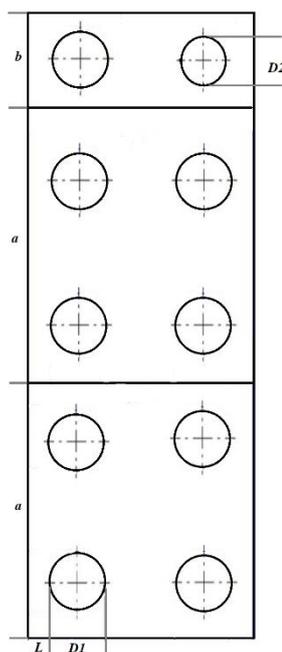


Рис. 1. – Схема резервуарного парка г. Кириши

Общий объем склада составит (1):

$$V_{cr} = 9 \cdot 20000 + 15000 = 195000 \text{ м}^3 \quad (1)$$

Согласно таблице 1 СП 155.13130.2014, определяем категорию склада. По общей вместимости и по наибольшему объему резервуара, склад относится к I категории.

Для каждого резервуара необходимо создать достаточное обвалование для предотвращения разлива нефтепродуктов [11].

РВС объемом 20000 м<sup>3</sup> имеет диаметр 45,6 м., а РВС, объемом 15000 м<sup>3</sup>, имеет диаметр 39,9 м. Расстояние от подошвы внутренних откосов обвалования до стенок резервуаров равно 20 м.

Нормативные расстояния между резервуарами по п.7.2 табл. 6 СП 155.13130.2014, для резервуаров объемом  $20000 \text{ м}^3$  со стационарной крышей составляет (2):

$$L_1 = 0,75 \cdot 45,6 = 34,2 \text{ м}^3 \quad (2)$$

Для резервуаров объемом  $15000 \text{ м}^3$  с такой же крышей составляет (3):

$$L_2 = 0,75 \cdot 39,9 = 29,925 \text{ м}^3 \quad (3)$$

Соответственно, для 3 группы резервуаров, нормативное расстояние между резервуарами принимаем по наибольшему из получившихся значений.

Определяем длины сторон обвалования по известным величинам:

$$a = 2 \cdot L + 5 \cdot D_1 + 4 \cdot L_1 = 2 \cdot 20 + 5 \cdot 45,6 + 4 \cdot 34,2 = 404,8 \text{ м} \quad (4)$$

$$b = 2 \cdot L + 2 \cdot D_1 + L_1 = 2 \cdot 20 + 2 \cdot 45,6 + 34,2 = 165,4 \text{ м} \quad (5)$$

После этих расчетов необходимо умножить стороны для того, чтобы получить площадь в пределах обвалования (6):

$$S_{\text{обв}} = a \cdot b = 404,8 \cdot 165,4 = 66953,92 \text{ м}^2 \quad (6)$$

Затем требуется определить, на какой объем жидкости должно быть рассчитано обвалование, в соответствии с ГОСТ Р 53324-2009. В данном случае принимаем  $V = 20000 \text{ м}^3$ .

Рассчитываем площадь, занимаемую не разрушенными РВС (7):

$$S_p = (\pi/4) \cdot (2 \cdot D_1^2 + D_2^2) = (3,14/4) \cdot (2 \cdot 45,6^2 + 39,9^2) = 4514,3 \text{ м}^2 \quad (7)$$

Следующим шагом считаем свободную площадь обвалования (8):

$$S_{\text{св}} = S_{\text{обв}} - S_p = 66953,9 - 4514,3 = 62439,6 \text{ м}^2 \quad (8)$$

И конечным расчетом является определение расчетной высоты обвалования (9):

$$h_p = \frac{V_p}{S_{\text{св}}} = \frac{20000}{62439,6} = 0,32 \text{ м} \quad (9)$$

После полученной величины требуется определить нормативную высоту обвалования, в соответствии с п.7.6 СП 155.13130.2014.

Если расчетная высота менее 1 м, то для резервуаров с номинальным объемом до 10 000 м<sup>3</sup> следовало бы принимать нормативную высоту обвалования 1м, а для резервуаров номинальным объемом 10 000 и более — 1,5 м. Соответственно, принимаем нормативную высоту обвалования - 1,5 м.

Учитывая то, что метод предложен на основе нормативных документов, он будет достаточно эффективным и позволит получить точные результаты при проектировании резервуарного парка. Таким образом мы определили необходимое обвалование для группы резервуаров из РВС объемом 15000 и 20000 м<sup>3</sup>. Это позволит в дальнейшем проводить различные инженерные расчеты для увеличения надежности необходимых сооружений в целях обеспечения безопасности объекта.

### Литература

1. Саудаханов М.В. История развития и становления нефтегазового комплекса в российском государстве // Вестник Московского университета МВД России. 2009. №6. С. 177-178.

2. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. Москва, Экономика и информатика, 2000. 555 с.

3. Малинин В.Р. Теоретические основы оценки и способы снижения техногенной опасности резервуарного хранения нефти и нефтепродуктов. Дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03. СПб. 2005. 243 с.

4. Полехин П.В., Чебуханов М.А., Долаков Т.Б., Козлов А.А., Матюшин Ю.А., Фирсов А.Г., Сибирко В.И., Гончаренко В.С., Чечетина Т.А. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году // Статистический сборник. Москва, 2020. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 80 с.

5. Полехин П.В., Чебуханов М.А., Козлов А.А., Фирсов А.Г., Сибирко В.И., Гончаренко В.С., Чечетина Т.А. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году // Статистический сборник. Москва, 2021. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 112 с.

6. Гончаренко В.С., Чечетина Т.А., Сибирко В.И., Мартемьянов С.И., Надточий О.В., Полехин П.В., Чебуханов М.А., Козлов А.А. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году // Статистический сборник. Москва, 2022. ФГБУ ВНИИПО МЧС России. 112 с.

7. Campbell R. Fires in industrial and manufacturing properties. National Fire Protection Association, 2018. 116 p.

8. Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н. Основы обеспечения производственной безопасности, Санкт-Петербург. 2019. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 479 с.

9. Donald L. Burdick, Willian L. Leffler Petrochemicals in Nontechnical Language. 2007. 469 p.

10. Коршак А. А., Коробков Г. Е., Муфтахов Е. М. Нефтебазы и АЗС. Уфа: ДизайнПолиграфСервис. 2006. 416 с.

11. Вансович К. А., Кучеренко М. В. Проектирование нефтехранилищ. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. 140 с.

### References

1. Saudaxanov M.V. Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii. 2009. №6. pp. 177-178.

2. Kotlyarevskij V.A., Shatalov A.A., Ханухов Х.М. Bezopasnost` rezervuarov i truboprovodov [Safety of tanks and pipelines], Moskva, Ekonomika i informatika. 2000. 555 p.

3. Malinin V.R. Teoreticheskie osnovy` ocenki i sposoby` snizheniya texnogennoj opasnosti rezervuarnogo xraneniya nefti i nefteproduktov [Theoretical

foundations of assessment and ways to reduce the technogenic danger of tank storage of oil and petroleum products]. Dis. ... d-ra tekhn. nauk: 05.26.03. SPb 2005. 243 p.

4. Polexin P.V., Chebuxanov M.A., Dolakov T.B., Kozlov A.A., Matyushin Yu.A., Firsov A.G., Sibirko V.I., Goncharenko V.S., Chechetina T.A. Pozhary` i pozharnaya bezopasnost` v 2019 godu: Statisticheskij sbornik. [Fires and fire safety in 2019: Statistical collection]. Moskva, FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2020. 80 p.

5. Polexin P.V., Chebuxanov M.A., Kozlov A.A., Firsov A.G., Sibirko V.I., Goncharenko V.S., Chechetina T.A. Pozhary` i pozharnaya bezopasnost` v 2020 godu: Statisticheskij sbornik [Fires and fire safety in 2020: Statistical collection]. Moskva, FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2021. 112 p.

6. Goncharenko V.S., Chechetina T.A., Sibirko V.I., Martem`yanov S.I., Nadtochij O.V., Polexin P.V., Chebuxanov M.A., Kozlov A.A. Pozhary` i pozharnaya bezopasnost` v 2021 godu: Statisticheskij sbornik [Fires and fire safety in 2021: Statistical collection]. Moskva, FGBU VNIPO MCHS Rossii. 2022. 112 p.

7. Campbell R. Fires in industrial and manufacturing properties. National Fire Protection Association, 2018. 116 p.

8. Samigullin G.X., Kadochnikova E.N. Osnovy` obespecheniya proizvodstvennoj bezopasnosti [Fundamentals of industrial safety]. Sankt-Peterburg. Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii, 2019. 479 p.

9. Donald L. Burdick, Willian L. Leffler Petrochemicals in Nontechnical Language. 2007. 469 p.

10. Korshak A. A., Korobkov G. E., Muftaxov E. M. Neftebazy` i AZS [Oil depots and gas stations]. Ufa: DizajnPoligrafServis. 2006. 416 p.



11. Vansovich K. A., Kucherenko M. V. Proektirovanie neftexranilishh [Design of oil storage facilities], Omsk: Izd-vo OmGTU. 2010. 140 p.