

Организация производства и обеспечение безопасности и экологичности производственных процессов в нефтегазовой отрасли

Organization of production and ensuring the safety and environmental friendliness of production processes in the oil and gas industry

05.02.22 Организация производства (по отраслям)(технические науки)

DOI: 10.31660/0445-0108-2019-2-120-126

УДК 621.658.2

Исследование деформации опоры стального горизонтального резервуара при выполнении частотного анализа

А. В. Солодовников¹, А. Н. Махнёва^{2,3*}

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

²Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень

³Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

*e-mail: arina_makhneva@mail.ru

Аннотация. Проведено исследование деформаций конструкции опоры горизонтального стального резервуара, расположенного на севере Тюменской области, при выполнении частотного анализа. Установлено, что наибольшей деформации подверглось кольцо жесткости. Конструкция опоры резервуара потеряла равновесие, однако сохранила свою целостность.

Ключевые слова: нефтегазовая отрасль; резервуар горизонтальный стальной; частотный анализ; деформация

Studying deformation of support horizontal steel tank when performing a frequency analysis

Alexander V. Solodovnikov¹, Arina N. Makhneva^{2,3*}

¹Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

²Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia

³Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

*e-mail: arina_makhneva@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of deformation of support structure of horizontal steel tank, which is located in the North of Tyumen region. This

study was carried when performing frequency analysis. It is found that the hardness ring was great deformation when performing frequency analysis of support structure of horizontal steel tank. The support structure of tank has lost its balance, but retained its integrity.

Key words: the oil and gas industry; horizontal steel tank; frequency analysis; deformation

Введение

Нефтегазодобывающая отрасль — одна из самых опасных отраслей хозяйственной деятельности, оказывающая непосредственное влияние на трансформацию природной среды. Опасные производственные объекты нефтегазодобывающих производств отличаются большой землеемкостью, значительной загрязняющей способностью, высокой взрыво- и пожароопасностью. Поэтому обеспечение промышленной безопасности объектов нефтегазодобывающих производств, с учетом техногенной трансформации природной среды, а также оценка опасности и риска аварий являются актуальной научно-практической задачей. Основные нефтегазодобывающие производства России сосредоточены на территории Западной Сибири. В последние годы для данной территории характерно повышение сейсмической активности, связанное с интенсивной добычей углеводородов [1], данное явление носит название техногенной сейсмической активности [2].

Объекты и методы исследования

Проведено исследование деформаций конструкции горизонтального стального резервуара, расположенного на севере Тюменской области, при воздействии низких частот.

В качестве объекта исследования выступает модель резервуара горизонтального стального РГС-100. Горизонтальные резервуары РГС-100 широко применяются на нефтебазах, складах горюче-смазочных материалов, автозаправочных станциях и других предприятий нефтяной промышленности. Они служат для приемки, хранения и выдачи светлых и темных нефтепродуктов, воды, масел, спиртов и других жидкостей с плотностью не более 1 т/м^3 .

Исследование проводилось в программном комплексе SolidWorks 2016. SolidWorks (Солидворкс) — программный комплекс для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства¹. Вид исследования — частотный анализ.

Исследование включало в себя следующие этапы:

- построение сборки РГС-100;
- определение требуемых свойств материалов;
- определение взаимодействий между деталями в сборке;
- создание сетки и запуск исследования;
- анализ результатов.

Проектирование модели резервуара осуществлялось в соответствии с ГОСТ Р 52630-2012², ГОСТ 17032-2010³. Сборка модели РГС-100 представлена на рисунке 1.

На следующем этапе были заданы требуемые свойства материалов.

¹ Решения на базе Solidworks для Вашего предприятия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru>.

² ГОСТ Р 52630-2012. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия. – Введ. 2013-04-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 128 с.

³ ГОСТ 17032-2010. Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

Основным параметром при проведении частотного анализа является массовая плотность материала в соответствии с формулой (1).

Любая механическая конструкция может быть представлена в виде системы пружин, масс и демпферов. Собственная частота идеальной системы масса — пружина без демпфирования дается соотношением

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad (1)$$

где F_n — собственная частота; k — коэффициент упругости (жесткость) пружины; m — масса.

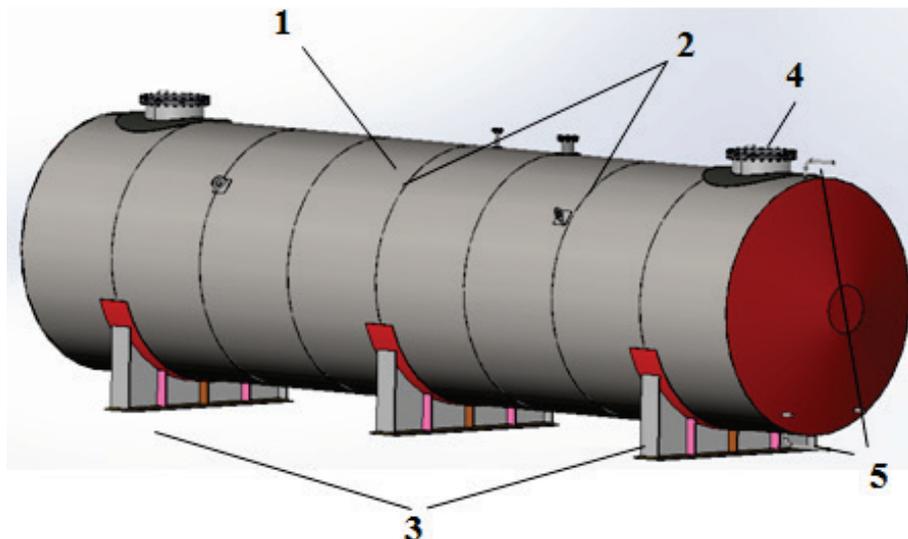


Рис. 1. Сборка модели РГС-100: 1 — корпус; 2 — кольца жесткости; 3 — опоры; 4 — люк-лаз; 5 — патрубки входа-выхода сырья

Основные технические параметры РГС-100 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические параметры РГС-100

Параметр	Значение
Объем, м ³	100
Толщина стенки, мм	6
Внутренний диаметр, мм	3 200
Внешний диаметр, мм	3 212
Длина, мм	12 000
Длина цилиндрической части, мм	12 958

Предполагается, что конструкция модели РГС-100 выполнена из стали марки AISI 304 (The American Iron and Steel Institute) (табл. 2). The American Iron and Steel Institute — это аустенитная сталь с низким содержанием углерода. В России аналогом данной марки стали является сталь марки 08X18H10.

Также был спроектирован участок грунта толщиной 3 м, на котором установлена конструкция РГС-100 (табл. 3). Предполагается, что резервуар является одним из объектов базы по хранению и перевалке нефти и химических реагентов, расположенной, на территории Нижневартовского района Ханты-Мансийского автономного округа — Югры.

Таблица 2

Физико-механические свойства стали марки AISI 304

Свойство	Значение
Модуль упругости, Н/м ²	1,9e + 011
Коэффициент Пуассона	0,29
Модуль сдвига, Н/м ²	7,5e +010
Массовая плотность, кг/м ³	8 000 кг/м ³
Предел прочности при растяжении, Н/м ²	517 017 000
Предел текучести, Н/м ²	206 807 000
Коэффициент теплового расширения / К	1,8e-005
Теплопроводность, W/(м·К)	16
Удельная теплоемкость, J/(кг·К)	500

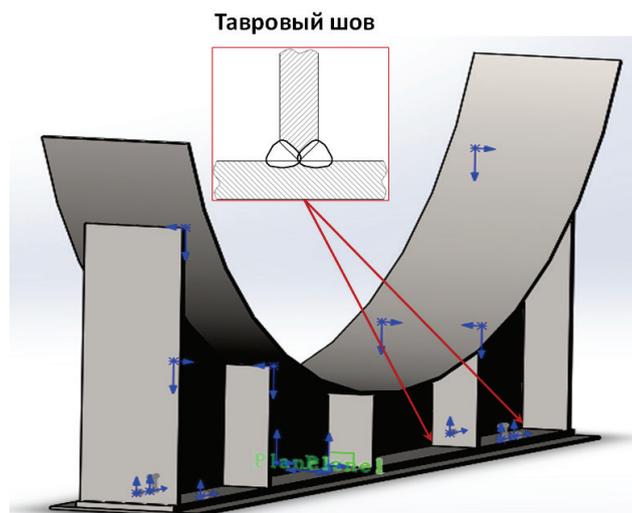
Для данной местности характерны следующие типы грунта: суглинки, супесь, торф. Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов составляет для суглинков — 2,4 м, для супесей — 2,9 м, для торфа — 0,6 м.

Таблица 3

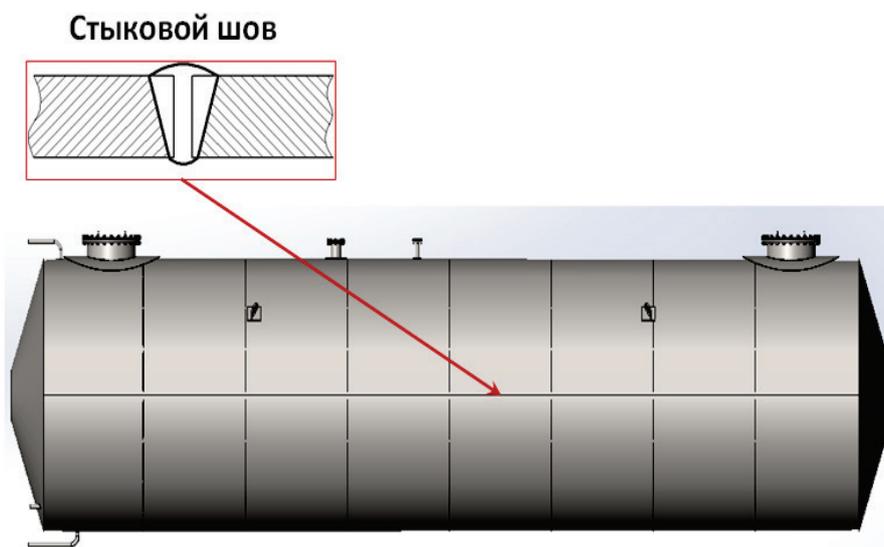
Физико-механические свойства супеси

Свойство	Значение
Модуль упругости, Н/м ²	7 500 000 000
Коэффициент Пуассона	0,4
Массовая плотность, кг/м ³	1 800
Температура, °С	-5

Далее были определены взаимодействия между деталями в сборке. Элементами сборки модели РГС-100 являются сварные швы. Для сварки цилиндрической части применяется стыковой шов, для опор — тавровый сварной шов (рис. 2).



а)



б)

Рис. 2. Сварные швы сборки модели РГС-100:

а) тавровый сварной шов опор; б) стыковой сварной шов цилиндрической части

На первом этапе исследования было принято решение создать пробное исследование на примере опоры модели РГС-100. Для модели опоры была создана сетка. Создание сетки — очень важный этап в анализе конструкций. Сетка сформирована на основе кривизны высокой точности.

Результаты

Частотное исследование осуществляется после проверки построения сетки. Колебания частот при землетрясениях находятся в диапазоне от 2 до 50 Гц. В программе были заданы значения частот близких к 5 Гц (рис. 3).

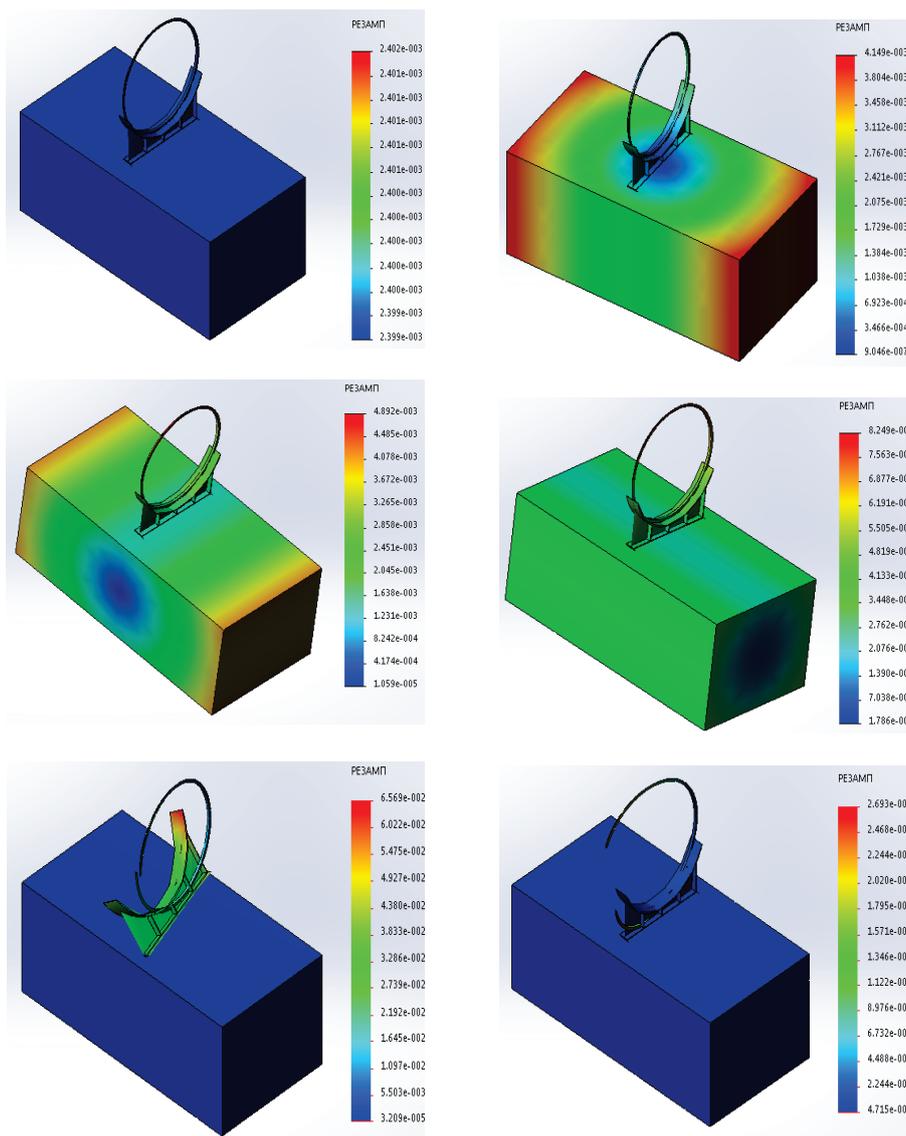


Рис. 3. Деформация опоры РГС-100 при частотном исследовании

Выводы

Наибольшей деформации при выполнении частотного анализа опоры горизонтального стального резервуара подверглось кольцо жесткости. Результат 5 показал расхождение сварного шва кольца жесткости. Опора конструкции РГС-100 потеряла равновесие, однако сохранила целостность конструкции (результат 5 и 6). Кроме того, даже незначительные вибрации способны ослаблять крепежные соединения, используемые в конструктивных элементах опоры.

Интенсивная добыча углеводородов приводит к возникновению новых проблем. Помимо всех известных последствий воздействия нефтегазового комплекса на природную среду, сегодня мы можем наблюдать землетрясения в районах, где это явление раньше считалось почти невозможным. И здесь возникает ряд вопросов. А сможет ли выдержать та или иная конструкция нагрузку, не предусмотренную проектной документацией? И нужно ли вести мониторинг сейсмической ак-

тивности на подобного рода территориях? Следует отметить, что подход к обеспечению безопасности объектов нефтегазодобывающих производств должен иметь комплексный характер, равнозначно рассматриваться с точки зрения экологии, строительства, промышленной безопасности, поскольку только многогранный взгляд на проблему позволит найти ее правильное, рациональное решение [3, 4].

Библиографический список

1. Данные о землетрясениях, зарегистрированных Федеральным исследовательским центром «Единая геофизическая служба Российской академии наук» с 1995 по 2017 год [Электронный ресурс] // ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук». – Режим доступа: <http://www.cemegsras.ru/new/wf/>.
2. Адушкин В. В., Турунтаев С. Б. Техногенная сейсмичность — индуцированная и триггерная. – М.: ИДГ РАН, 2015. – 364 с.
3. Солодовников А. В., Махнёва А. Н. К некоторым вопросам безопасности при осуществлении деятельности нефтегазодобывающих производств // Нефть и газ Западной Сибири: междунар. науч.-техн. конф. – 2017. – С. 302–304.
4. Солодовников А. В., Махнёва А. Н. Причинно-следственный анализ аварий и несчастных случаев на объектах нефтегазодобычи // Технологии нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 54–58.

Сведения об авторах

Солодовников Александр Владимирович, к. т. н., доцент кафедры промышленной безопасности и охраны труда, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, e-mail: bashexpert@gmail.com

Махнёва Арина Николаевна, аспирант Тюменского научного центра СО РАН, ассистент кафедры техносферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: arina_makhneva@mail.ru

Information about the authors

Alexander V. Solodovnikov, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Industrial and Occupational Safety and Health, Ufa State Petroleum Technological University, e-mail: bashexpert@gmail.com

Arina N. Makhneva, Postgraduate, Tyumen Scientific Centre SB RAS, Assistant at the Department of Technosphere Safety, Industrial University of Tyumen, e-mail: arina_makhneva@mail.ru