

УДК 624.014

И. В. РОМЕНСКИЙ, А. Н. МИРОНОВ, Р. В. ПИЛЕЦКИЙ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНОЙ СТЕНКИ СТАЛЬНОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО РЕЗЕРВУАРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО УДАРА ВСЛЕДСТВИЕ КВАЗИМГНОВЕННОГО РАЗРУШЕНИЯ СТЕНКИ ОСНОВНОГО РЕЗЕРВУАРА

Аннотация. Напряжённно-деформированное состояние защитной стенки стального вертикального цилиндрического резервуара при воздействии гидродинамического удара вследствие квазимгновенного разрушения стенки основного резервуара

Ключевые слова: стальной вертикальный цилиндрический резервуар, основная стенка, защитная стенка, напряжённно-деформированное состояние, квазимгновенное разрушение.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Наиболее опасной аварийной ситуацией для стальных вертикальных цилиндрических резервуаров является квазимгновенное разрушение стенки резервуара – потеря целостности корпуса резервуара и вылив в течение короткого промежутка времени (не более 10...15 с) всей хранящейся жидкости в виде волны прорыва [1].

Одним из способов повышения уровня безопасности людей и окружающей среды в случае аварии резервуаров и разливов хранимого продукта является использование резервуаров с защитной стенкой. Резервуары с защитной стенкой рекомендуются при повышенных требованиях к безопасности, например при расположении резервуаров вблизи жилых зон или по берегам водоёмов, а также на производственных площадках, при нехватке места для устройства обвалования или каре вокруг резервуаров [2].

Анализ последних исследований и публикаций в области проектирования резервуаров с защитной стенкой показывает значительное внимание к таким конструктивным решениям. Влияние нагрузок от гидродинамического удара выливающейся жидкости на напряжённно-деформированное состояние защитной стенки изучено недостаточно.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Исследование напряжённно-деформированного состояния защитной стенки на примере стального вертикального цилиндрического резервуара (далее – РВС) ёмкостью 30 000 м³ для хранения нефти при воздействии гидродинамического удара жидкости, вызванного разрушением основной стенки резервуара.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

При выполнении аналитического расчета защитной стенки РВС для хранения нефти были определены её геометрические параметры. Защитная стенка разбита по высоте на 7 поясов. Высота каждого пояса составляет 2,25 метра. Толщина самого нижнего пояса – 24 мм, самого верхнего – 12 мм.

Расстояние между защитной и основной стенками резервуара – 2 м в соответствии с ГОСТ 31385-2016 [2].

На рисунке 1 приведена схема приложения и значения расчетных величин нагрузок на защитную стенку от гидродинамического удара вследствие квазимгновенного разрушения стенки основного резервуара и вытекания хранимого продукта (нефти). Расчётные значения нагрузок определены с учетом требований СТО-СА-03-002-2009 [3].

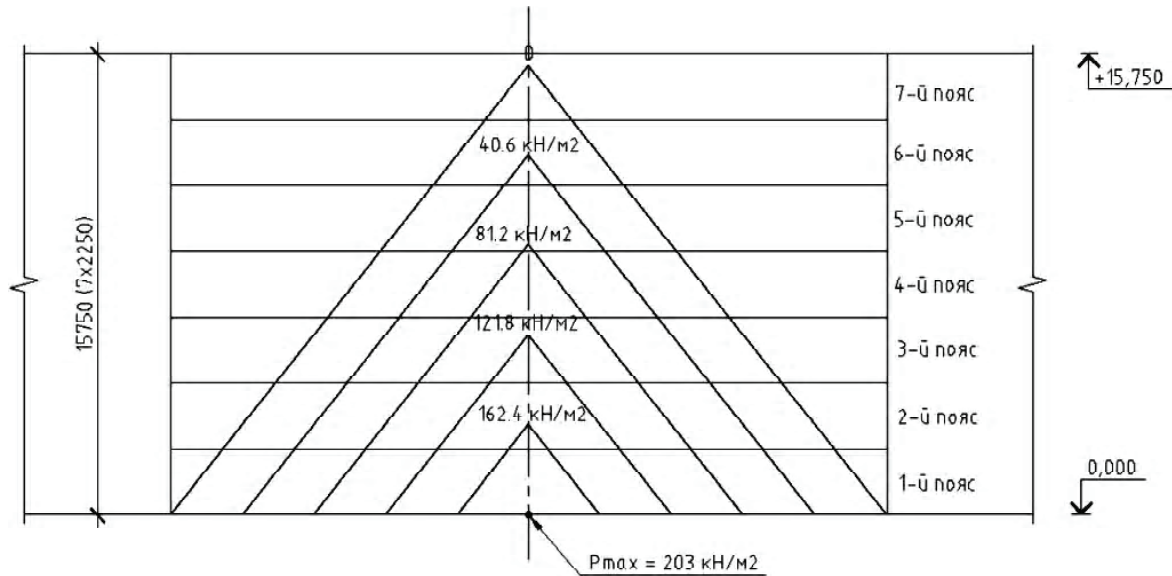


Рисунок 1 – Схема приложения расчетных величин нагрузок от гидродинамического удара.

Численный метод расчета РВС с защитной стенкой был реализован в ПК «Ли́ра». Для этого была создана расчетная модель РВС с размерами конечных элементов защитной стенки 1,125×1,130 м. На защитную стенку приложены нагрузки от собственного веса металлоконструкций, ветровая нагрузка, нагрузка от гидростатического давления жидкости, аварийная нагрузка (гидродинамическая нагрузка).

В соответствии с СТО-СА-03-002-2009 [3] защитное днище по периметру опирается на кольцевой железобетонный фундамент, являющийся общим фундаментом для опирания основной и защитной стенок. Центральная часть защитного днища опирается на гидрофобный слой. Выполнен расчет деформации основания (осадки) под железобетонным фундаментом и под гидрофобным слоем. Найдены коэффициенты жёсткости основания в двух точках: под основной и защитной стенками резервуара $C_z = 7,127 \text{ МН/м}^3$ и под центральной частью днища $C_z = 2,398 \text{ МН/м}^3$.

После уточнения всех параметров, сбора нагрузок, задания жесткостей элементам конструкции РВС с защитной стенкой был произведен его расчет. Результаты расчёта приведены на рисунке 2, на котором видно, что наибольшие напряжения возникают в верхней половине 1-го пояса защитной стенки (340 МПа) и окрайках днища (453 МПа).

Следует отметить, что для первого пояса защитной стенки резервуара была принята сталь С345, имеющая расчетное сопротивление по пределу текучести 300 МПа, для окрайков днища – сталь С255с расчетным сопротивлением 240 МПа.

ВЫВОДЫ

1. Создана расчётная модель РВС с защитной стенкой в ПК «Ли́ра», с размерами конечных элементов защитной стенки 1,125×1,130 м.
2. Определены значения аварийной (гидродинамической) нагрузки, приложенной к защитной стенке РВС.
3. Произведен расчёт РВС с защитной стенкой в ПК «Ли́ра». Получены результаты напряжений в защитной стенке и окрайках днища. Напряжения от гидродинамического удара в защитной стенке и окрайках днища превышают расчетное сопротивление стали.
4. Направлениями решений данной проблемы являются:

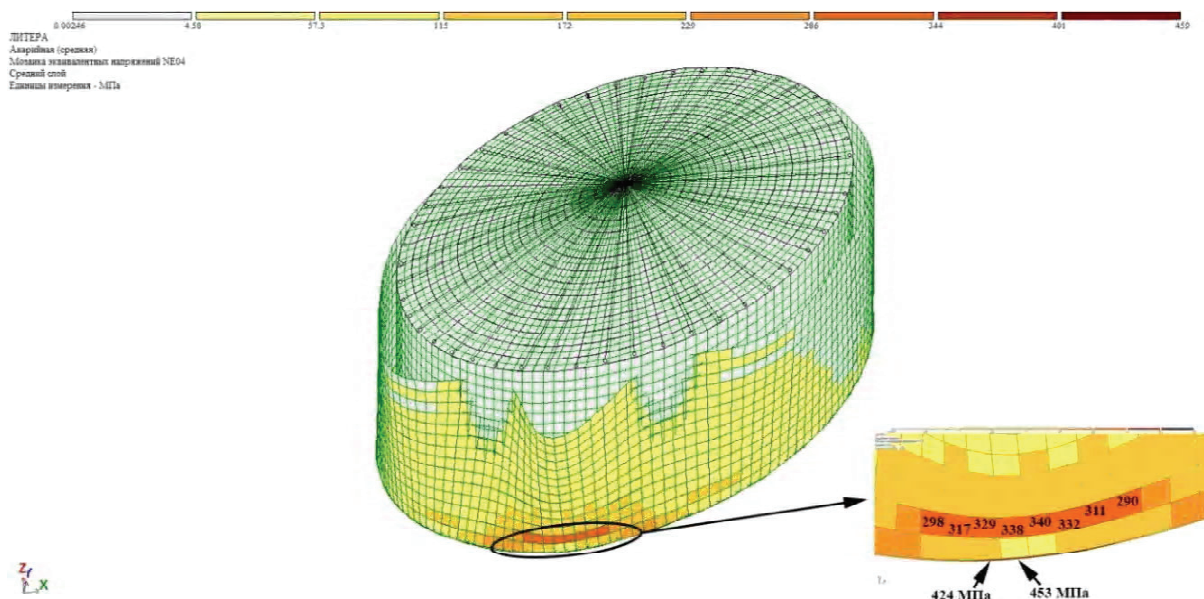


Рисунок 2 – Напряжения в защитной стенке резервуара и окрайках дна.

- а) уточнение напряжений в защитной стенке и окрайках с учетом упругопластической стадии работы стали;
- б) увеличение толщины окрайков и защитной стенки РВС;
- в) обустройство защитной стенки РВС кольцами жёсткости для восприятия последствий гидродинамического удара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швырков, С. А. Актуальные вопросы нормирования требований пожарной безопасности к защитной стенке нефтяных резервуаров типа «стакан в стакане» [Электронный ресурс] / С. А. Швырков, С. А. Горячев, А. С. Швырков // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 3(67). – С. 1–8. – Режим доступа : <http://agrs-2006.narod.ru/ttb/2016-3/32-03-16.ttb.pdf>.
2. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 31385-2008 ; введ. 2017-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 96 с. – (Межгосударственный стандарт).
3. СТО-СА-03-002-2009. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов [Текст] : Серия 03. Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. – Введен впервые / Колл. авт. – 1-е изд. – Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности (Ассоциация Ростехэкспертиза). – Москва [б. и.], 2009. – 216 с.

Получено 25.05.2018

І. В. РОМЕНСЬКИЙ, А. М. МИРОНОВ, Р. В. ПЛЕЦЬКИЙ
 НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗАХИСНОЇ СТІНКИ СТАЛЕВОГО
 ВЕРТИКАЛЬНОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕЗЕРВУАРА ПІД ДІЄЮ
 ГІДРОДИНАМІЧНОГО УДАРУ ВНАСЛІДОК КВАЗІМИТТЄВОГО
 РУЙНУВАННЯ СТІНКИ ОСНОВНОГО РЕЗЕРВУАРА
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті наведені результати напружено-деформованого стану захисної стінки сталевих вертикальних резервуарів внаслідок квазімиттєвого руйнування стінки основного резервуара для зберігання нафти.

Ключові слова: сталевий вертикальний циліндричний резервуар, захисна стінка, напружено-деформований стан, квазімиттєве руйнування.

IGOR ROMENSKY, ANDREI MIRONOV, ROMAN PILETSKYI
THE STRESS-STRAIN STATE OF THE PROTECTIVE WALL OF A STEEL
VERTICAL CYLINDRICAL TANK UNDER THE INFLUENCE OF A
HYDRODYNAMIC IMPACT OF A QUASI-INSTANTANEOUS DESTRUCTION OF
THE MAIN RESERVOIR WALL

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article deals with the results of the stress-strain state of the protective wall of a steel vertical cylindrical tank as a result of quasi-instantaneous destruction of the wall of the main reservoir for oil storage.

Key words: steel vertical cylindrical reservoir, protective wall, stress-strain state, quasi-instantaneous fracture.

Роменский Игорь Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: совершенствование методов расчета и проектирования пространственных металлических конструкций.

Миронов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнутосварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций в том числе трубобетонных конструкций.

Пилецкий Роман Викторович – магистрант кафедры металлические конструкции и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение безопасности зданий и сооружений при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Роменський Ігор Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій та споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вдосконалення методів розрахунку і проектування просторових металевих конструкцій.

Міронов Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій та споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: втомлена міцність металевих конструкцій, концентрація напружень у вузлах ферм із застосуванням широкополочкових двотаврів та гнутозварених замкнених профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій у тому числі трубобетонних конструкцій.

Пілецький Роман Вікторович – магістрант кафедри металевих конструкцій та споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення безпеки будівель і споруд при виникненні надзвичайних ситуацій.

Romensky Igor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the methods of calculation and design of spatial metal structures.

Mironov Andrei – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fatigue strength of metal structures, concentration of stresses in the nodes of trusses with the use of wide-band I-bars and crimp and weld-fabricated closed profiles, stress-strain state of steel reinforced concrete structures including pipe-concrete structures.

Piletskyi Roman – Master's degree student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the safety of buildings and structures in the event of emergencies.