



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

N1, ТОМ 13 (2007) 51-64

УДК 624.014

(07)-0132-1

ПРОБЛЕМИ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДВУСТІНЧАСТИХ РЕЗЕРВУАРІВ

В.П. Мущанов, І.В. Роменський, Д.І. Роменський

*Донбасська національна академія будівництва і архітектури, вул. Державіна 2,
86123, м. Макіївка, Україна.
E-mail: mvf@dgasa.dn.ua*

Отримана 8 січня 2007; прийнята 15 січня 2007

Анотація. В статті розглянуті основні питання підвищення надійності та екологічної безпеки вертикальних циліндричних резервуарів. Одним із шляхів зниження ризику є застосування резервуарів з подвійною стінкою. Відповідальним вузлом таких резервуарів є вузол сполучення стінок із днищем. На напружено деформований стан таких вузлів впливає ряд факторів. До найбільш істотних факторів належать геометричні параметри, конструктивні рішення, взаємодія з основою, нерівномірність осадків. Впливають також параметри технології виготовлення, зведення й експлуатації резервуара. До особливостей роботи уторного вузла слід віднести вплив різноманітних навантажень: статичних, динамічних, циклічних, що відповідають нормальному й аварійному режиму експлуатації. Розглянуті методи розрахунку уторних вузлів. Запропонована чисельна модель уторного вузла у вигляді об'ємних кінцевих елементів з детальною пошаровою розбивкою стінки й крайків днища. Виконані розрахунки уторного вузла резервуарів з подвійною стінкою. Розглянуто два конструктивних рішення: кожна стінка опирається на власне днище; стінки опираються на єдиний елемент. Навантаження від тиску рідини прийняті відповідно до нормальної експлуатації й аварійної, коли рідина вилітається між стінками. Отримані значення зусиль і проаналізований взаємний вплив стінок і днища.

Ключові слова: резервуар з подвійною стінкою, проблеми проектування, крайовий ефект, уторний вузол, аналітичні та чисельні методи розрахунку.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДВУСТЕНЧАТЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

В.Ф. Мущанов, И.В. Роменский, Д.И. Роменский

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ул. Державина 2,
86123, г. Макеевка, Украина.
E-mail: mvf@dgasa.dn.ua*

Получена 8 января 2007; принята 15 января 2007

Аннотация. В статье рассмотрены основные вопросы повышения надежности и экологической безопасности вертикальных цилиндрических резервуаров. Одним из путей снижения риска является применение резервуаров с двойной стенкой. Ответственным узлом таких резервуаров является узел сопряжения стенок с днищем. На напряженно деформированное состояние таких узлов оказывает влияние ряд факторов. К наиболее существенным факторам относятся геометрические параметры, конструктивные решения, взаимодействие с основанием, неравномерность осадок. Оказывают влияние также параметры технологии изготовления, возведения и эксплуатации резервуара. К особенностям работы уторного узла следует отнести влияние разнообразных нагрузок: статических, динамических, циклических, соответствующих нормальному и аварийному режиму эксплуатации. Рассмотрены методы расчета уторных узлов. Предложена численная модель уторного узла в виде объемных

конечных элементов с детальной послойной разбивкой стенки и крайков днища. Выполнены расчеты уторного узла резервуаров с двойной стенкой. Рассмотрены два варианта конструктивных решений: каждая стенка опирается на собственное днище; стенки опираются на единый лист. Нагрузка от давления жидкости принята соответствующей нормальной эксплуатации и аварийной, когда жидкость выливается между стенками. Получены значения усилий и проанализировано взаимное влияние стенок и днища.

Ключевые слова: резервуар с двойной стенкой, проблемы проектирования, краевой эффект, уторный узел, аналитические и численные методы расчета.

PROBLEMS OF PERFECTING TWO-WALLED TANK DESIGNING

V.F. Mushchanov, I.V. Romensky, D.I. Romensky

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Derzavin str. 2, 86123, Makeyevka, Ukraine.*

E-mail: mvf@dgasa.dn.ua

Received 8 January 2007; accepted 15 January 2007

Abstract. The paper deals with the basic questions of increasing the reliability and ecological safety of vertical cylindrical tanks. One of the ways of decreasing a risk is an application of two-walled tanks. A critical unit of such tanks is the one of linking walls and the bottom. A stress-deformed state of such units is influenced by a number of factors. The most important factors are geometrical parameters, constructive solutions, interaction with the bottom, non-uniformity of settling. Among the peculiarities of a chime unit operation we should mention the influence of different loads, namely, static, dynamic, cyclic ones corresponding to normal and emergency modes of operation. There are considered the methods of designing chime units. A numerical model of a chime unit is given in the form of volumetric final elements with a detailed layer-wise layout of walls and bottom fringes. There are considered two variants of constructive decisions, first, every walls rests on its own bottom; second, walls rest on a single sheet. Liquid pressure load is taken as corresponding to normal and emergency operation when the liquid pours out between the walls. The effort values have been obtained, a cross-effect of the walls and the bottom has been analyzed.

Keywords: two-walled tank, problems of designing, a fringe effect, a chime unit, analytical and numerical methods of design.

Введение

Существующая во всем мире тенденция увеличения числа и размеров резервуарных конструкций приводит к повышению ответственности и опасности этих сооружений [5, 10, 16]. Одним из возможных путей снижения риска аварий, или минимизации их последствий, является применение конструктивных схем, предусматривающих возведение вокруг основного резервуара защитной стенки [4,6-8].

Одной из схем, используемых для повышения надежности, является резервуар из двух концентрических цилиндрических стенок, из которых внутренняя стенка относится к резервуару, содержащему нефтепродукты. Наружная стенка играет роль предохранительной

стенки, способной в случае аварии вместить 100 % продуктов, хранимых во внутреннем резервуаре. Резервуар имеет двойное днище, что позволяет контролировать возможные течи жидкого топлива. Все это свидетельствует о его экологической безопасности [7].

Интерес инвесторов к резервуарам этого типа объясняется двумя причинами: меньшей площадью территорий, необходимой для постройки резервуара, и потребности в меньшем количестве водного раствора пенообразующего средства, необходимого для тушения пожара. Строительство резервуаров всё большей емкости связано и с тем, что Европейский Союз требует от своих стран-членов наличие резерва жидкого топлива, соответствующего девяностодневной потребности страны. Чем больше

емкость резервуара, тем меньше удельный расход стали на 1 м^3 содержаемого жидкого топлива.

В настоящее время отсутствует аналитический метод расчета и апробированная методика проектирования вертикальных цилиндрических резервуаров с двойной стенкой при различных конструктивных решениях уторного узла.

Основной целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния уторного узла вертикального цилиндрического резервуара с двойными стенками и уточнение методики его расчета при различных конструктивных решениях и различных вариантах нагружения.

Основная часть

1. Конструктивные особенности резервуаров.

Наиболее распространенные конструктивные решения [4, 13] производимых в настоящее время резервуаров можно свести к четырем типовым группам конструктивного исполнения (см. рис. 1).

Для резервуаров с двойной стенкой рекомендуется, чтобы высота наружной стенки составляла как минимум $4/5$ высоты внутренней стенки, а расстояние между стенками составляло $2,0-2,5 \text{ м}$ [6].

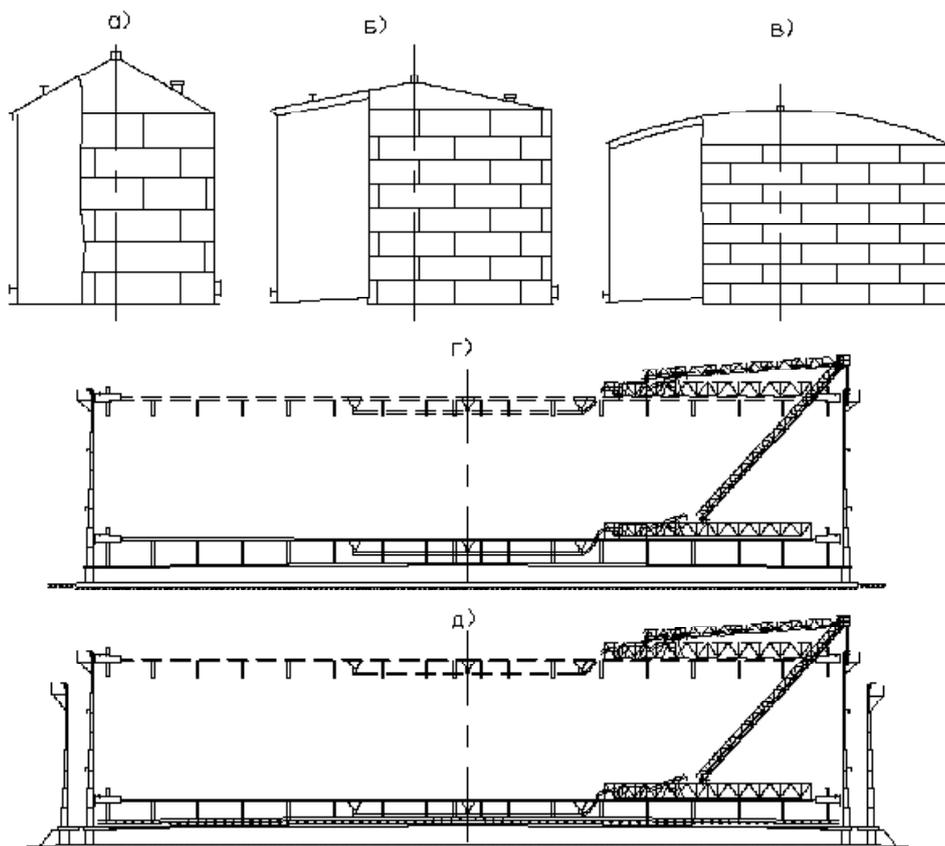


Рис.1. Типовые группы конструктивного исполнения резервуаров:

- а) резервуары с коническими рулонизируемыми крышами объемом от 100 м^3 до 1000 м^3 ;
- б) резервуары с каркасными коническими крышами объемом от 2000 м^3 до 5000 м^3 ;
- в) резервуары со сферическими каркасными крышами объемом от 10000 м^3 до 30000 м^3 ;
- г) резервуары с двудечными плавающими (или стационарными) крышами объемом от 10000 м^3 до 50000 м^3 ;
- д) резервуары с двойной стенкой и с двудечными плавающими (или стационарными) крышами объемом от 10000 м^3 до 150000 м^3 .

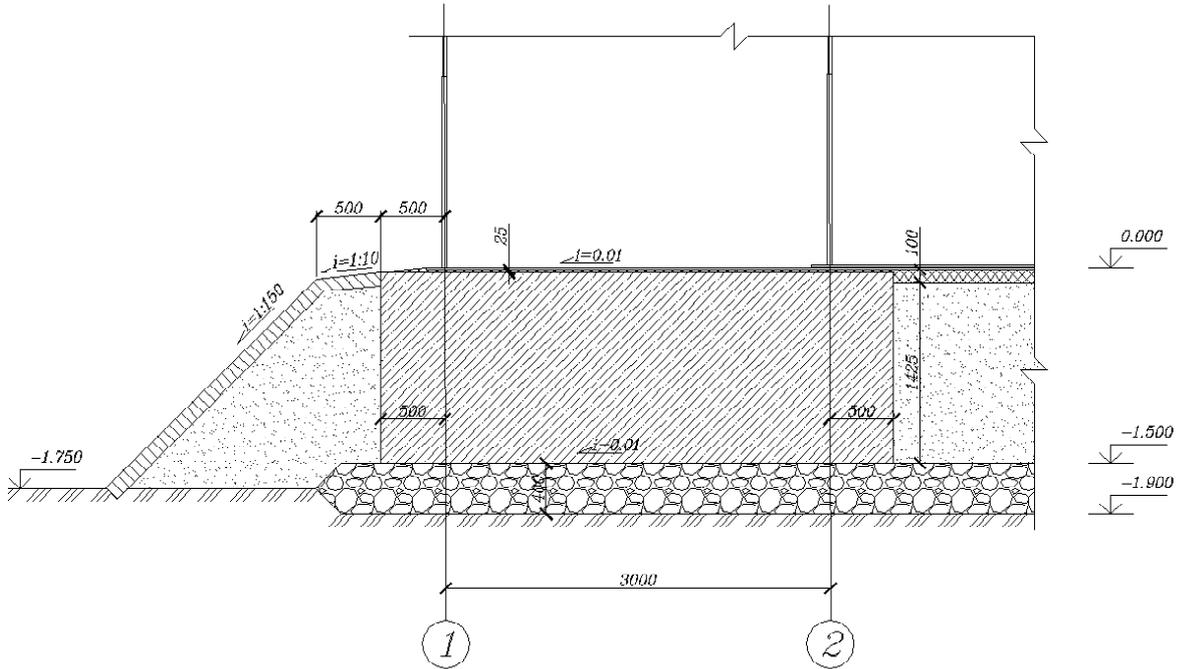


Рис.2. Конструктивное решение дна резервуара на примере резервуара объемом 100 000 м³.

К особенностям конструктивных решений резервуаров с двойной стенкой (см. рис. 2) следует отнести конструктивное решение уторного узла (сопряжения дна резервуара со стенками). В этом месте наблюдается явление краевого эффекта и появление быстро затухающего момента [3, 9, 18].

2. Основные подходы к исследованию напряженно-деформированного состояния уторного узла

2.1. Аналитический метод расчета основан на классическом подходе к определению напряженно-деформированного состояния узла сопряжения стенки и дна [9,11]. Расчетная схема и основная система сопряжения показаны на рис. 3.

Предполагается, что полосы единичной ширины, вырезанные из стенки и дна, работают как балки на упругом основании (по гипотезе Винклера).

Канонические уравнения метода сил при условии неразтяжимости дна имеют вид:

$$\begin{cases} (\delta_{11}^{cm} + \delta_{11}^{\partial n})M_0 + \delta_{12}^{cm}Q_0 + \Delta_{1P}^{cm} + \Delta_{1P}^{\partial n} = 0 \\ \delta_{21}^{cm}M_0 + \delta_{22}^{cm}Q_0 + \Delta_{2P}^{cm} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где $\delta_{11}; \delta_{12} = \delta_{21}; \delta_{22}$ – единичные перемещения; Δ_{1p} и Δ_{2p} – грузовые члены, зависящие от внешних нагрузок, действующих на сопряжение; M_0 – изгибающий момент; Q_0 – поперечная сила.

Максимальный изгибающий момент в днище:

$$M_{\partial n} = \frac{M_0}{2} \left[1 + m_{\partial n} c \left(\varphi^2 - \frac{\gamma_f \gamma_{жс} h}{2m_{\partial n}^2} \xi^2 \right) \right], \quad (2)$$

где h – высота налива; $\gamma_{жс}$ – удельный вес жидкости; $\gamma_f = 1$ – коэффициент надежности по

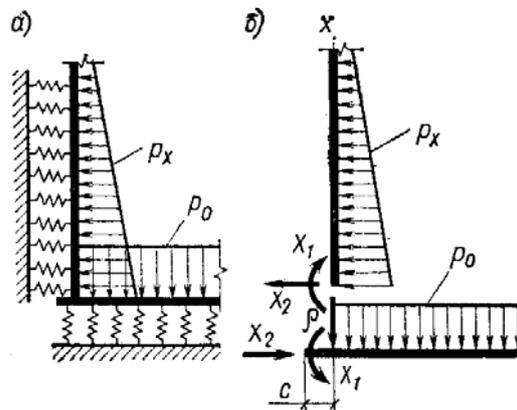


Рис. 3. Узел сопряжения стенки резервуара с дном: а) расчетная схема; б) основная система.

нагрузке для гидростатического давления [2]; $c = 50$ мм – ширина выступа днища за корпус; φ , ξ – функции расчета балок на упругом основании; $m_{он}$ – характеристика днища как балки на упругом основании.

Данный метод расчета хорошо известен для одностенчатых резервуаров и применяется для учета краевого эффекта, возникающего в месте сопряжения стенки и днища. Недостатком данного метода расчета является отсутствие учёта влияния наружной стенки на напряженно деформированное состояние основной стенки.

2.2. Численный метод с использованием МКЭ является наиболее точным методом [6, 14]. Точность полученных результатов зависит от ряда факторов, в том числе и от корректности используемой расчетной схемы (густоты расчетной сетки, типов используемых конечных элементов, учет нелинейных факторов, дополнительных параметров проектирования в виде технологических, конструктивных и других особенностей). Названный метод, как правило, используется в известных универсальных расчетных комплексах, таких как SCAD, LIRA, ANSYS.

2.2.1. Численный расчет с учетом податливости основания.

В работе [6] профессор Зюлко Ежи предлагает учитывать при расчете уторного узла возможные неравномерные осадки основания. Резервуары размещаются, как правило, на слоистых грунтах. Анализ оседания резервуаров показал, что расчеты, прогнозирующие оседание, не следует производить упрощенным методом, принимая усредненное значение упругости основания (основание Винклера). При таком расчетном подходе получаются завышенные значения оседания и, следовательно, завышенные напряжения в стенке и днище резервуара, вызванные деформациями песчаного фундамента.

Для получения заслуживающих доверия значений оседания фундамента и вызванных этими оседаниями напряжений в стальной конструкции днища и стенки резервуара в расчетах следует применять модель слоистого основания и проводить статический анализ с применением соответствующего программного обеспечения.

2.2.2. Учет технологических факторов при выполнении численных исследований.

Наряду с указанными факторами вырисовывается направление, в рамках которого для уторного узла необходимо учитывать и технологические параметры изготовления, в частности, радиусы скругления сварных швов [4, 12, 15, 17]. Традиционным подходом к обеспечению надежности проектируемой конструкции является метод предельных состояний, когда несущая способность уторного узла оценивается по предельным напряжениям, а возможность ограниченного развития пластических деформаций учитывается коэффициентом условий работы, равным $\gamma_c = 1.2$ [1]. Наличие этого единственного коэффициента не может в полной мере отражать особенностей работы уторного узла, испытывающего разнообразные статические, динамические и циклические нагрузки. Исследования показывают, что для резервуаров объемом свыше 10000 м³ предельное состояние уторного узла должно определяться из условия ограниченных пластических деформаций и из условия приспособляемости к циклическим нагрузкам [4]. Приспособляемость уторного узла к циклическим воздействиям зависит от объема резервуара и радиуса скругления сварных швов. Для резервуаров объемом менее 50000 м³ наблюдается стабилизация напряженно-деформированного состояния после 2-3 циклов налива и слива продукта и скругление сварных швов не требуется. Для резервуаров большего объема стабилизация возникает лишь при наличии скругления сварных швов в зоне концентраторов напряжений. В противном случае происходит необратимый циклический процесс перераспределения пластических деформаций в зоне концентраторов напряжений, что существенно уменьшает срок службы таких резервуаров.

2.2.3. Предлагаемый подход к расчету уторного узла.

В данной работе моделирование уторного узла с двумя стенками производится объемными конечными элементами с детальной послойной разбивкой стенок и крайков днища. Такая уточненная модель позволяет получить в дальнейшем аппроксимирующие зависимости толщин стенок и крайков днища резервуаров

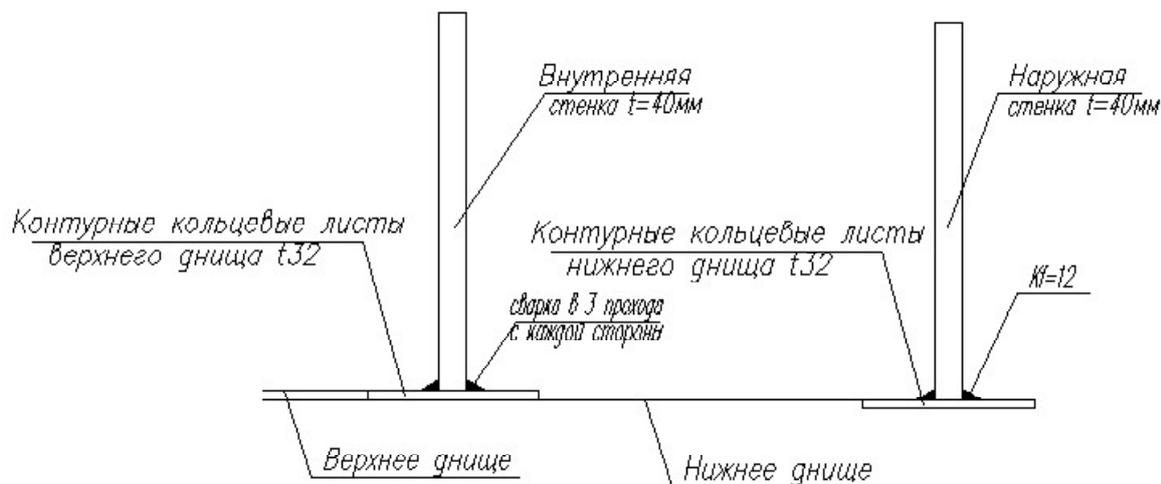


Рис. 4. Каждая стенка опирается на собственное днище.

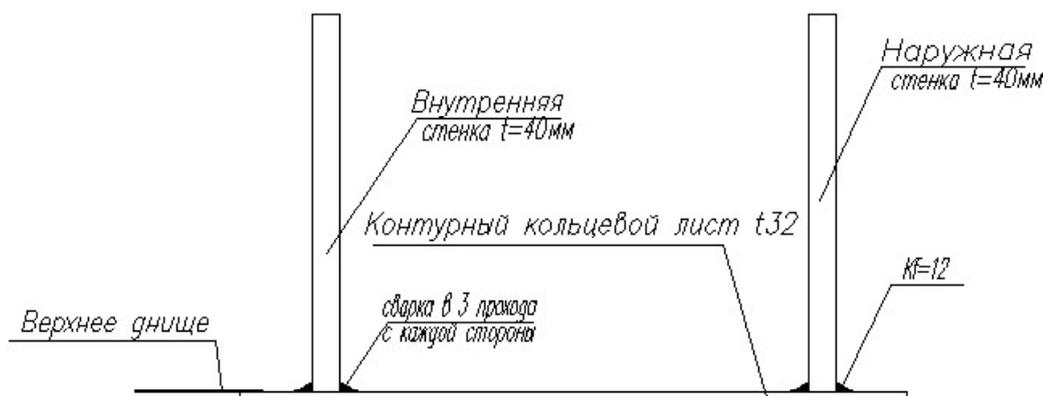


Рис. 5. Стенки опираются на единый лист окраек.

различного объема для создания аналитической методики расчета.

Для проверки методики расчета проведен численный эксперимент с использованием программного комплекса SCAD (версия 7.31).

Рассмотрены два варианта конструктивных решений, нашедших уже к настоящему времени апробацию в практике проектирования:

1) каждая стенка опирается на собственное днище (см. рис.4);

2) стенки опираются на единый лист окраек (см. рис. 5)

Каждое из исследуемых конструктивных решений рассматривается при 2-х вариантах загрузки:

1) полностью заполненный внутренний резервуар, что соответствует режиму нормальной эксплуатации (см. рис.6);

2) произошел вылив жидкости в пространство между стенками, что соответствует аварийному режиму (см. рис.7).

Моделируется участок стенки высотой 2 м, толщиной 40 мм при толщине окрайка 32 мм.

Закрепление узлов расчетной схемы – жесткое. Для днища перемещения ограничены по оси Y и Z, т.е. основание принято жестким. Разрешены перемещения относительно оси X и углы поворота относительно всех осей.

При расчёте рассматривались различные комбинации усилий: [1,2]. Для апробации

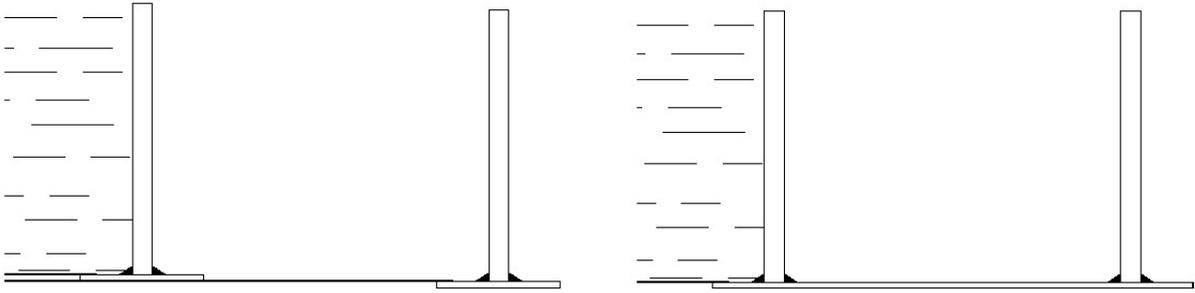


Рис. 6. Полностью заполненный внутренний резервуар.

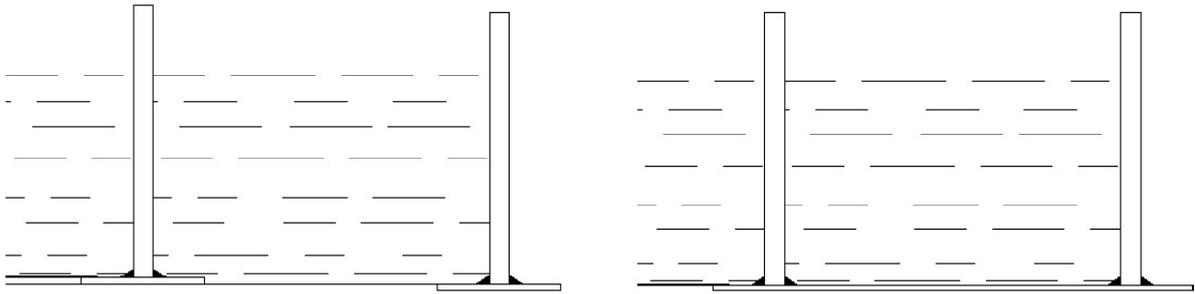
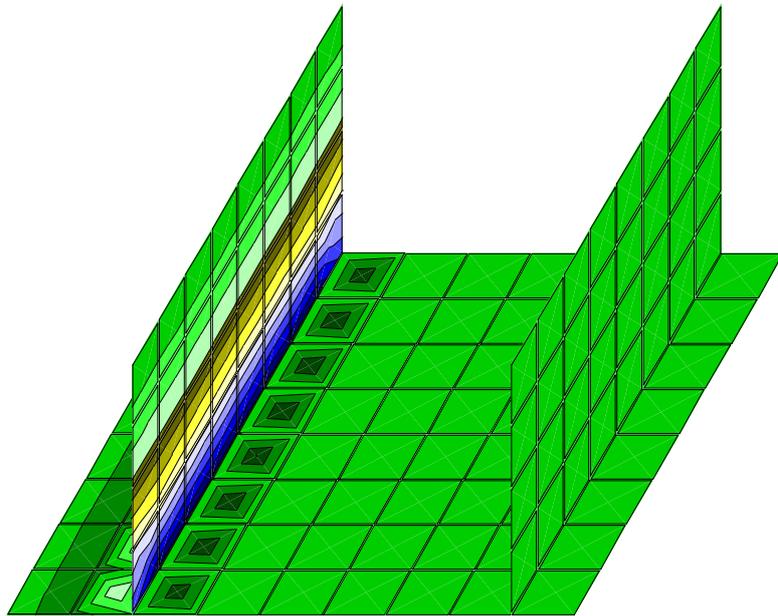
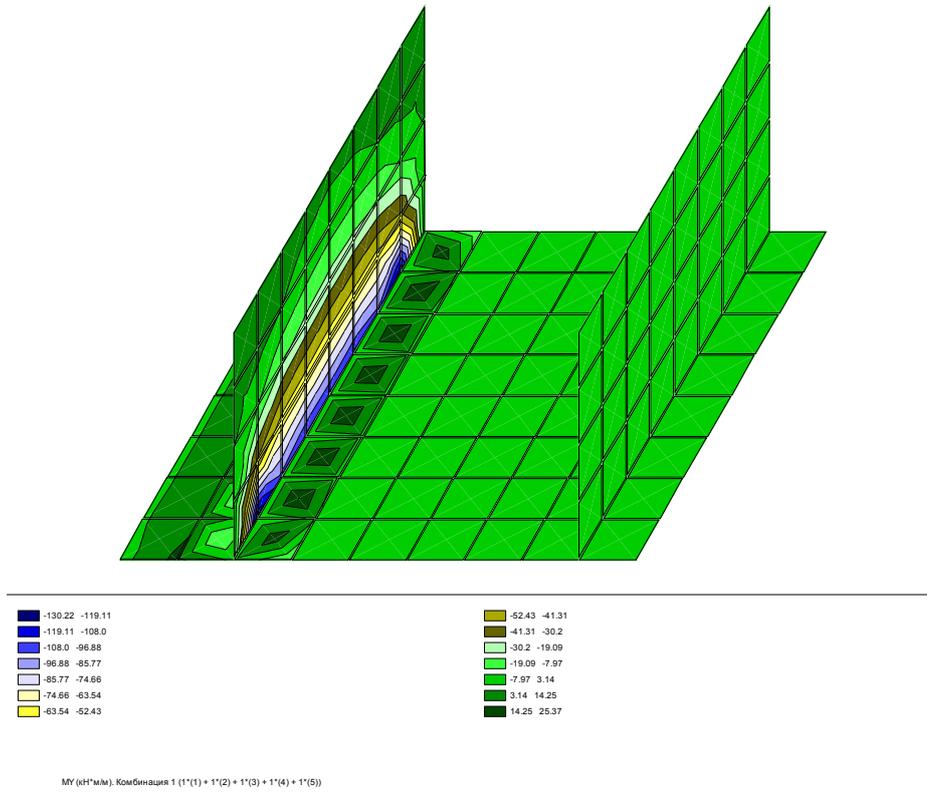
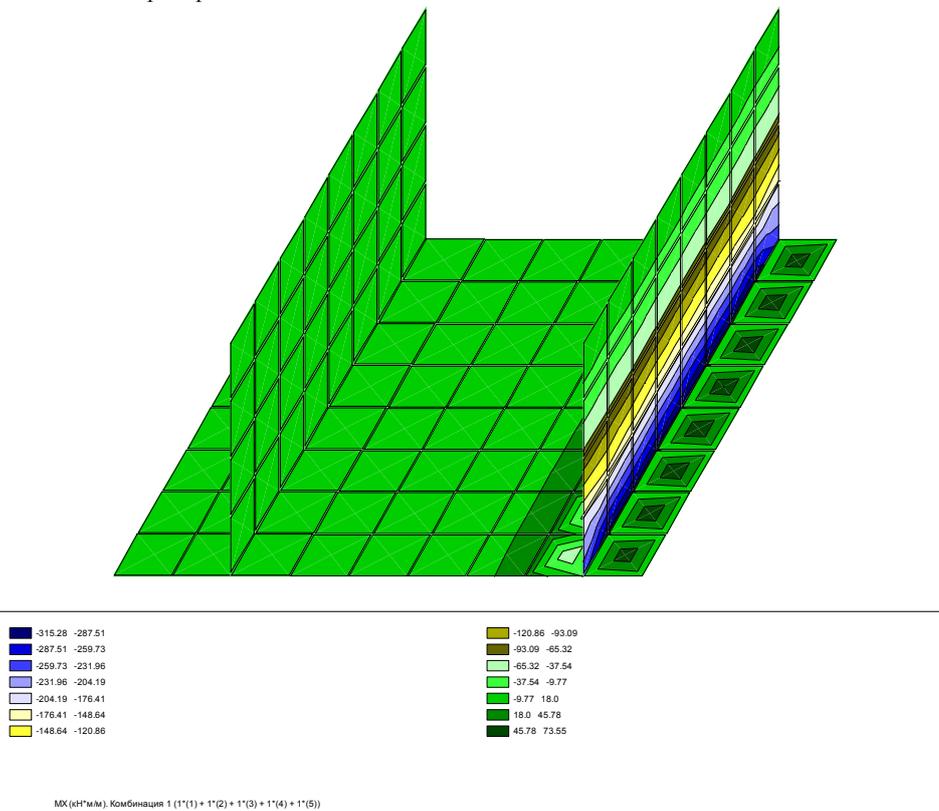


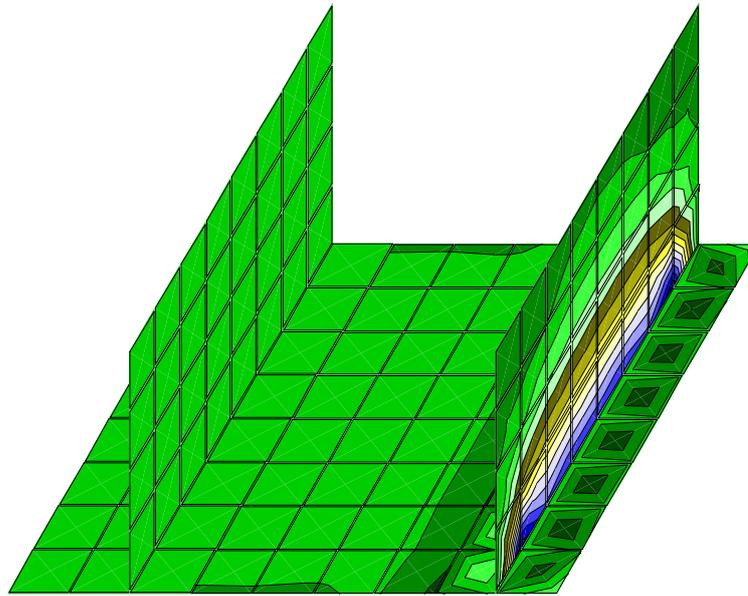
Рис. 7. Вылив жидкости в пространство между стенками.



МХ (кН*м/м). Комбинация 1 (1*(1)+1*(2)+1*(3)+1*(4)+1*(5))

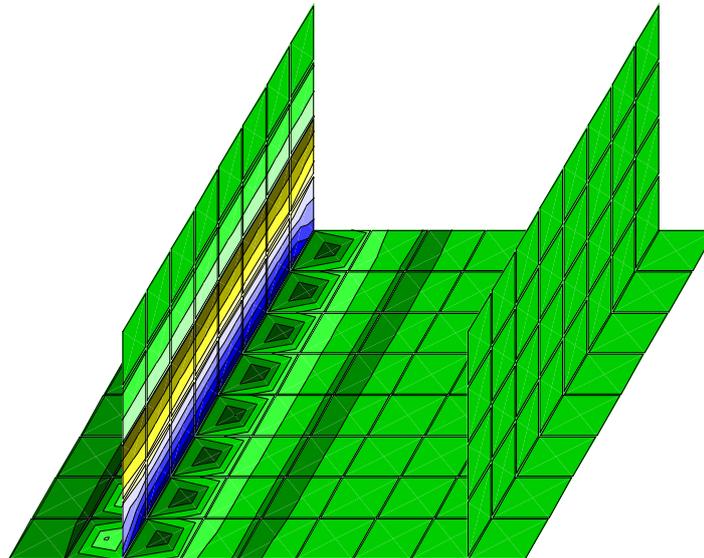
Рис. 8. Поля распределения МХ.

Рис. 9. Поля распределения М_Y.Рис. 10. Поля распределения М_X.



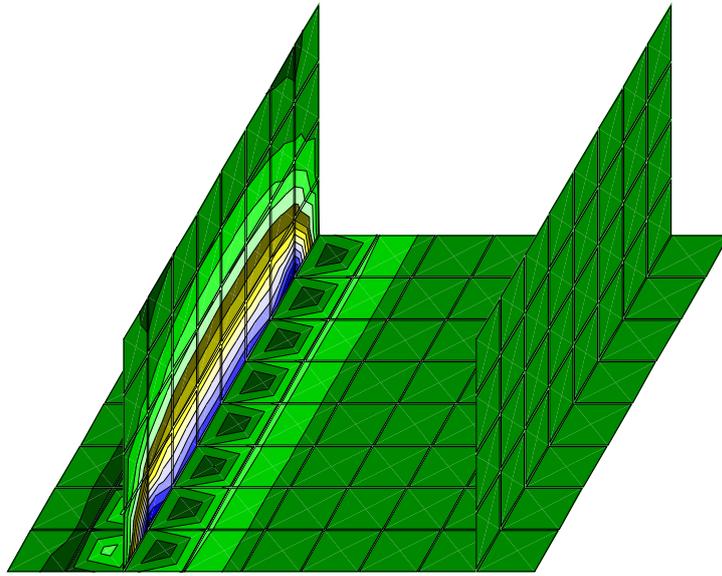
MY (кН*м/м), Комбинация 1 (1*(1) + 1*(2) + 1*(3) + 1*(4) + 1*(5))

Рис. 11. Поля распределения MY.



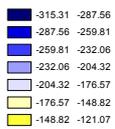
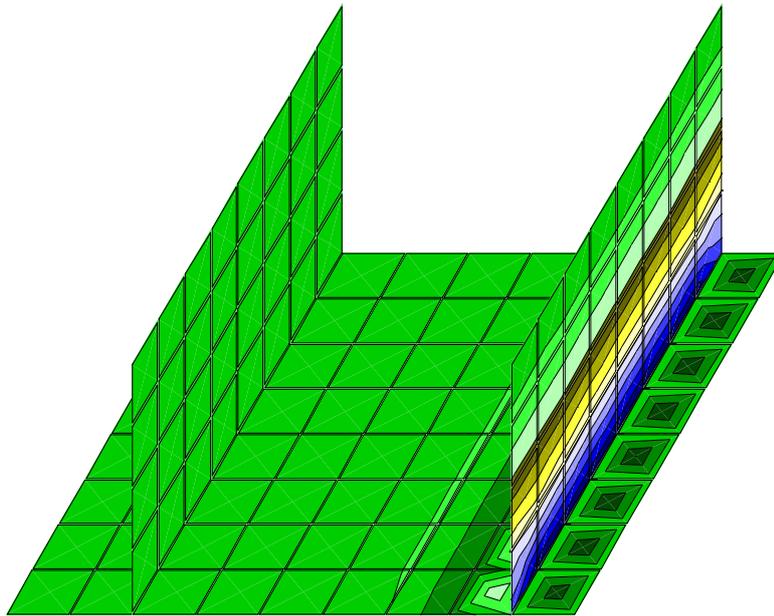
MX (кН*м/м), Комбинация 1 (1*(1) + 1*(2) + 1*(3) + 1*(4) + 1*(5))

Рис. 12. Поля распределения MX.



МУ (кН*м/м). Комбинация 1 (1*(1) + 1*(2) + 1*(3) + 1*(4) + 1*(5))

Рис. 13. Поля распределения МУ.



МХ (кН*м/м). Комбинация 1 (1*(1) + 1*(2) + 1*(3) + 1*(4) + 1*(5))

Рис. 14. Поля распределения МХ.

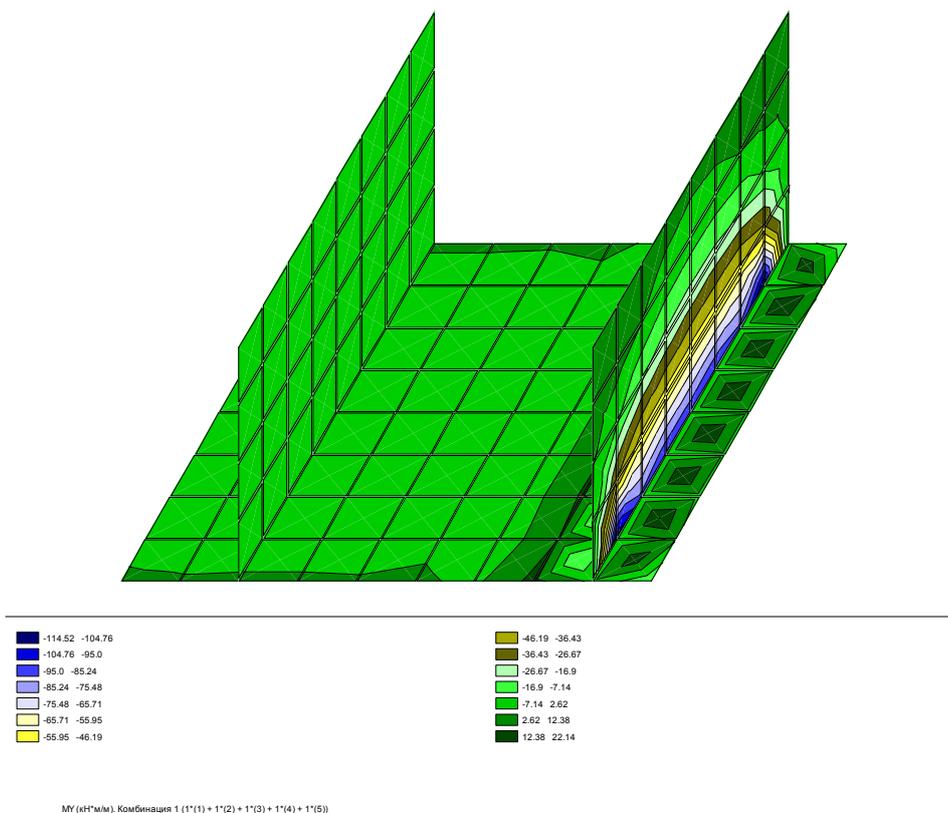


Рис. 15. Поля распределения M_y.

Таблица 1. Расчетные значения изгибающих моментов в уторном узле.

Нагрузка на внутреннюю стенку (нормальный режим)		Нагрузка на наружную стенку (аварийный режим)	
Раздельное днище	Единый лист окраек	Раздельное днище	Единый лист окраек
M _x = 358,62 кНм/м	M _x = 360,97 кНм/м	M' _x = 315,28 кНм/м	M' _x = 315,31 кНм/м
M _y = 130,22 кНм/м	M _y = 130,97 кНм/м	M' _y = 114,67 кНм/м	M' _y = 114,52 кНм/м
$\frac{M_x}{M_y} * 100\% = 275,4\%$	$\frac{M_x}{M_y} * 100\% = 275,7\%$	$\frac{M'_x}{M'_y} * 100\% = 274,9\%$	$\frac{M'_x}{M'_y} * 100\% = 275,33\%$

предложенной модели в расчетах приняты наиболее значимые нагрузки:

- давление жидкости с объемным весом $g = 10 \text{ кН/м}^3$,
- вес наружной и внутренней стенок.

3. Результаты численных исследований.

В результате расчета получены поля распределения усилий в районе уторного узла при двух вариантах конструктивных решений, представленных на фрагментах расчетных схем (см. рис. 8-15):

Таблица 2. Сопоставление результатов расчета.

Раздельное днище	Единый лист окраек
$\frac{Mx}{M'x} * 100\% = \frac{358,62}{315,28} = 113,7\%$	$\frac{Mx}{M'x} * 100\% = \frac{360,97}{315,31} = 114,5\%$
$\frac{My}{M'y} * 100\% = \frac{130,22}{114,67} = 113,56\%$	$\frac{My}{M'y} * 100\% = \frac{130,97}{114,52} = 114,35\%$

- для 1-го варианта (каждая стенка опирается на собственное днище):

- а) налит полный резервуар (см. рис.8 и 9);
- б) нефть вылилась за внутреннюю стенку (см. рис.10 и 11).

- для 2-го варианта (стенки установлены на единый лист окраек):

- а) налит полный резервуар (см. рис.12 и 13)
- б) нефть вылилась за внутреннюю стенку (см. рис.14 и 15).

Максимальные значения усилий для рассмотренных расчетных схем уторного узла с различными вариантами конструктивных решений и загружений приведены в таблице 1, а сравнение этих результатов - в таблице 2.

Заключение

1. В настоящее время для резервуаров с двойной стенкой не существует разработанной и апробированной на практике комплексной аналитической методики расчета уторного узла, учитывающей ряд расчетных и технологических параметров проектирования.
2. Для разработки указанной методики расчета, базирующейся на результатах численных исследований, предложена расчетная модель уторного узла, реализованная в виде метода конечных элементов с использованием программного комплекса SCAD (версия 7.31).
3. В рамках реализации 1-го этапа исследований произведен численный расчет и проанализированы результаты в изменении напряженно-деформированного состояния для различных конструктивных решений уторного узла в предположении неподатливого основания. Полученные результаты позволяют сделать вывод о незначительном влиянии

различий сравниваемых конструктивных решений уторного узла на изменения в его напряженно-деформированном состоянии (до 13...15%).

4. Дальнейшая реализация представленной методики в ходе полного факторного численного эксперимента позволит разработать комплексную аналитическую методику расчета и проектирования уторного узла, включающую в себя систему взаимосвязанных коэффициентов, позволяющих учесть в рамках методики предельных состояний всю совокупность значимых расчетных и технологических параметров проектирования.

Литература

1. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуары вертикальные стальные для хранения нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3 кПа. — Киев: Госкомнефтегаз, 1994. — 98 с.
2. ДБН В.1.-2:2006 Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования/ Минстрой Украины. — Киев, 2006. — 60с.
3. Горохов Е.В., Муцанов В.Ф., Роменский И.В., Кулик А.А., Цылухин А.Г. Некоторые особенности расчета и проектирования вертикальных цилиндрических резервуаров. — Ростов н/Д: Ростовский государственный строительный университет. — 2004. — С.46
4. Дидковский О. В. -ООО Самарский филиал "КХМ - Проект" (Россия, г. Самара) "Проектирование резервуаров в соответствии с ПБ-03-381-00 - типовые проекты, новые конструкции, проблемные вопросы" // <http://www.rmkr.ru/konf2002/index.php>
5. Егоров Е.А. Исследования и методы расчетной оценки прочности, устойчивости и остаточного ресурса стальных резервуаров, находящихся в эксплуатации. — Днепропетровск: Навчальна книга, 2002. — 95с.
6. Зюлко Ежи, Супернак Ева. Резервуары с двойной стенкой - почему они используются?: Научная конференция "Металлические конструкции:

- взгляд в прошлое и будущее”. — Киев, 18-22 октября 2004г.
7. Землянский А.А. Повышение эксплуатационной надежности нефтеналивных резервуаров // Монтажные и специальные работы в строительстве. — 2004. — №9. — С. 4-7
 8. Землянский А.А. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения. — Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2005. — 324с.
 9. Лессиг Е.Н., Лилеев А.Ф., Соколов А.Г. Листовые металлические конструкции. — М.: Стройиздат, 1970. — 488с.
 10. Мельников Н.П. Металлические конструкции: Современное состояние и перспективы развития. — М.: Стройиздат, 1983. — 541с.
 11. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Веденников и др.; Под общ. ред. Е.И. Беленя. — М.: Стройиздат, 1986. — 560с.
 12. Муцанов В.Ф., Кулик А.А., Москаленко В.И. Учет дефектов и несовершенств ВЦР на стадиях расчета и проектирования Новые решения конструкций, технологии сооружения, диагностики и ремонта стальных резервуаров. Тезисы докладов на коллоквиуме Рабочей группы I «Резервуары и силосы» Международной ассоциации по оболочкам и пространственным конструкциям (IASS): Болгария, Варна, 1-5 июня 2006 г. — К.: Сталь, 2006. — С. 42-43.
 13. Сафарян М.К. Металлические резервуары и газгольдеры. — М.: Недра, 1987. -200с.
 14. M.C.M. Bakker, T. Pekoz The finite element method for thin-walled members-basic principles // Thin-Walled Structures 41(2003). p. 179-189
 15. L.A. Goboy, E.M. Sosa Localized support settlements of thin-walled storage tanks // Thin-Walled Structures (2003). p. 941-955
 16. Kamyab H. Displacement and stresses in oil storage tanks caused by differential settlement. - London. — 1987. — 256 p.
 17. Martin Pircher, Russell Bridge The influence of circumferential weld-induced imperfections on the buckling of silos and tanks // Journal of Constructional Steel Research 57(2001). p.569-580
 18. J.C. Virella, L.A. Goboy, L.E. Suarez Influence of the roof on the natural periods of empty steel tanks // Engineering Structures 25(2003). p. 877-887

Муцанов Володимир Пилипович працює завідувачем кафедри «Теоретична і прикладна механіка», проректором з наукової роботи Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів» та міжнародної асоціації «Просторові конструкції», аудитор системи сертифікації УкрСЕПРО. Наукові інтереси: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Роменський Ігор Вікторович є доцентом кафедри «Металеві конструкції» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Член Української асоціації з металевих конструкцій. Наукові інтереси: удосконалення методів розрахунку та проектування просторових металевих конструкцій.

Роменський Денис Ігорович є магістрантом кафедри «Теоретична і прикладна механіка» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Муцанов Владимир Филипович работает заведующим кафедрой «Теоретическая и прикладная механика», проректор по научной работе Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член международной организации «Институт гражданских инженеров» и международной организации «Пространственные конструкции», аудитор системы сертификации УкрСЕПРО. Научные интересы: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Роменский Игорь Викторович является доцентом кафедры «Металлические конструкции» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Член Украинской ассоциации по металлическим конструкциям. Научные интересы: совершенствование методов расчета и проектирования пространственных металлических конструкций.

Роменский Денис Игоревич является магистрантом кафедры «Теоретическая и прикладная механика» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Mushchanov Volodymyr Pylypovych is Head of Theoretical and Applied Mechanics Department, a deputy rector in science of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of the International Organization “Institution of Civil Engineers” and a member of the International Association of Spatial Structures, an auditor of the UkrSEPRO certification scheme. His research interests include the reliability theory, design, designing and engineering diagnostics of spatial metal structures.

Romensky Igor Viktorovych is an Associated Professor of Metal Structure Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. He is a member of the Ukrainian Association of Metal Construction. His research interests include perfecting the methods of design and designing of spatial metal structures.

Romensky Denys Igorovych is a student of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. His research interests include design, designing, and engineering diagnostics of spatial metal structures.