**ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКЦИЙ
ВНУТРЕННИХ ПЛАВАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ****HISTORICAL ASPECTS OF INTERNAL FLOATING ROOF
DESIGN DEVELOPMENT****М. Э. Дусалимов**
Marsel E. Dusalimov**И. И. Хасанов**
Ilnur I. Khasanov**Р. А. Фазлетдинов**
Rustem A. Fazletdinov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Наиболее эффективным средством сокращения потерь нефти и нефтепродуктов от испарения являются плавающие покрытия. Плавающие покрытия могут устанавливаться в резервуарах как со стационарными крышами, так и без них.

В работе рассмотрены конструкции внутренних плавающих покрытий — понтонов, сооруженных в нашей стране и за рубежом. Представлены этапы развития конструкций понтонов в зависимости от применяемых материалов и используемых конструкций понтонов на сегодняшний день.

Первый понтон был сооружен И. Виггинсом в 1927 г. в США в виде металлического диска с вертикальным бортом по периметру. В 1946 г. применена конструкция понтона закрытого герметичного исполнения. Понтон представлял собой двойную пустотелую конструкцию в виде поплавка. В 1956-1958 гг. понтоны начали строить и испытывать и в нашей стране. Конструкция понтона представляла собой днище, изготовленное из листовой стали, по периметру которого приварены два замкнутых кольцевых ребра.

В мировой практике в условиях дефицита стального проката в начале 1960-х гг. стали применяться понтоны из полимерных материалов для сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров, но ввиду потери работоспособности и плавучести при эксплуатации применение таких понтонов в настоящее время ограничено.

Широкое распространение получили плавающие покрытия из алюминиевых сплавов поплавкового типа сборно-разборной конструкции. Алюминиевые понтоны показали хорошую эксплуатационную надежность.

В качестве альтернативы предлагаются полноконтактные понтоны из нержавеющей стали.

Floating roofs are the most effective means of reducing the loss of oil and oil products from evaporation. Floating roofs can be installed in tanks both with fixed roofs and without them.

The design of internal floating roofs — pontoons — constructed in our country and abroad is considered. The stages of pontoon design development are presented depending on the materials used and the pontoon constructions used today.

The first pontoon was built by I. Wiggins in 1927 in the USA in the form of a metal disk with a vertical board along the perimeter. In 1946, the pontoon of the closed hermetic design was applied. The pontoon was a double hollow structure in the form of a float. In 1956-1958 the pon-

Key words

резервуар, понтон,
внутреннее плавающее покрытие,
понтон из алюминиевых сплавов,
понтон из полимерных
материалов, стальной понтон,
понтон на поплавках

Ключевые слова

tank, pontoon,
internal floating roof,
aluminum alloy floating roof,
polymer floating roof,
steel floating roof,
floating roof on floats

toons began to be built and tested in our country. The pontoon was in a form of bottom, made of sheet steel, along the perimeter of which two closed circular ribs were welded.

In the world practice, in conditions of steel products deficit in the early 1960s, pontoons made of polymer materials were used to reduce oil products losses from tanks, but due to loss of working efficiency and floatage during operation, the use of such pontoons is currently limited. Aluminum alloys floating roofs of the float type of demountable structure were widely used. Aluminum pontoons showed good operational reliability.

Alternatively, full-contact stainless steel pontoons are currently available.

На сегодняшний день для хранения нефти и нефтепродуктов используются стальные вертикальные резервуары, которые являются важнейшей и неотъемлемой частью нефтяной промышленности. При хранении нефти и нефтепродуктов происходит их высокое испарение, которое приводит к значительным потерям, причем эти потери могут быть как количественными, так и качественными, так как испаряются главным образом наиболее легкие и ценные фракции горючего.

Сокращение потерь нефти и нефтепродуктов от испарения на этапах хранения, переработки, товарного производства — это не только важнейшее направление сбережения энергоресурсов, но и значительный вклад в области охраны окружающей среды и здравоохранения.

Наиболее эффективным способом сокращения потерь от испарения в вертикальных стальных резервуарах нефти и нефтепродуктов является использование внутренних плавающих покрытий — понтонов.

Доля резервуаров с понтонами постоянно увеличивается не только в процессе строительства новых резервуаров с понтонами, но также при реконструкции резервуара со стационарной крышей и последующим оснащением понтоном.

История применения понтонов берет начало в 20-х гг. XX века. Первый понтон был сооружен в США И. Виггинсом в 1927 г. Первый стальной понтон представлял собой листовую конструкцию в форме диска с вертикальным бортом по периметру высотой от 800 до 1000 мм в зависимости от диаметра резервуара, которая имела плоское дно.

Такие понтоны производились фирмами Chicago Bridge and Iron и Graver Tank. Понтон чашеобразной формы изготавливался из стали, из листов толщиной 4,8 мм. Пространство между стенкой резервуара и бортом плавающего покрытия перекрывалось затво-

ром, выполненным из упругого пенополиуретана, который покрыт нейлоном.

С середины сороковых годов XX века в США началось широкое применение резервуаров с плавающими покрытиями. В 1946 г. применена конструкция понтона закрытого герметичного исполнения. Понтон представлял собой двойную пустотелую конструкцию в виде поплавка. Верхняя часть конструкции понтона была выполнена с уклоном к его центру, нижняя же ее часть, наоборот, имела подъем к центру покрытия. Пустотелая конструкция плавающего покрытия с двойными стенками разделялась вертикальными газонепроницаемыми перегородками на большое количество отдельных изолированных камер, которые обеспечивали плавучесть понтона и в том случае, если бы по какой-то причине в 70 % камер была выявлена негерметичность в процессе эксплуатации [1, 2].

В период с 1950–1956 гг. в нашей стране проводились исследования во Всесоюзном научно-исследовательском институте по переработке нефти и газа (ВНИИ НП) процессов испарения и насыщения газового пространства парами, а также зависимости этих процессов от условий хранения, слива и налива нефти и нефтепродуктов. В исследованиях уделено внимание и плавающим защитным покрытиям на поверхности испарения продукта хранения в резервуаре.

В 1956–1958 гг. понтоны начали строить и испытывать и в нашей стране. Конструкция понтона представляла собой днище, изготовленное из листовой стали, по периметру которого приварены два замкнутых кольцевых ребра. Кольцевые ребра необходимы для жесткости конструкции понтона при его движениях при сливо-наливных операциях резервуара, а также обеспечивается необходимый запас плавучести при затоплении его центральной части. Кольцевые ребра соединены между собой радиальными ребрами для повы-

шения жесткости системы и обеспечения совместной работы.

В 1957 г. институтом «Гипроспецпромстрой» был разработан типовой ряд резервуаров, оснащенных щитовой кровлей и стальным понтоном. Понтон содержал настил из стали толщиной 3 мм, по периферии которого приварен борт. К верхней поверхности настила, равномерно по площади понтона, приварены закрытые сверху поплавки длиной 5,8 м и шириной 1,3 м трапециевидного сечения (ящички). Понтон опирался на стойки плавающего типа, размещенные в поплавах для повышения жесткости их крепления.

Настил представлял собой стальное сварное рулонированное полотнище толщиной 3 мм, по периферии которого приварено кольцо жесткости, воспринимающее нагрузки от сил трения уплотнения, образованное двумя концентричными бортами и радиальными перегородками. Борты и перегородки приварены герметичными швами к полотнищу, формируя герметичные отсеки по периферии понтона. Понтон оснащен устройствами для слива продукта с поверхности понтона, плавающими стойками.

Разработана и другая конструкция настила, которая отличалась тем, что отсеки сверху закрыты листом и герметично заварены. В верхний лист вварены патрубки для контроля герметичности отсека при эксплуатации. Для удаления продукта из отсека на днище отсека имеются резьбовые пробки для удаления продукта из отсека.

К 1966 году 15 % от общего количества возведенных резервуаров составляли резервуары с понтонами.

С начала 70-х годов началось оснащение ТЭК страны резервуарами по новым проектам серии 704 со стальными понтонами с открытыми отсеками. Особый интерес вызывали ранее не строившиеся резервуары вместимостью 20 тыс. м³, получившие наибольшее распространение на перекачивающих станциях магистральных нефтепроводов и в сырьевых парках крупных НПЗ [3].

Первые плавающие покрытия изготавливали преимущественно из стали, позже в 1960-е годы осваиваются синтетические материалы и алюминиевые сплавы в производстве понтонов.

Одной из наиболее надежных конструкций понтона является конструкция, настил кото-

рой удерживается на поплавках. Понтоны поплавковой конструкции используются с 1960-х гг. в США и странах Европы, а в настоящее время конструкция алюминиевых понтонов поплавкового типа является традиционной для вертикальных стальных цилиндрических резервуаров. Материалом конструкций такого понтона являются коррозионно-стойкие алюминиевые сплавы. Все детали понтона подаются в резервуар через люк-лаз или монтажный проем. Понтоны из алюминиевых сплавов изготавливаются из листового проката. Плаучесть таких понтонов обеспечивается поплавками круглого сечения. Элементы понтона закрепляются болтовыми соединениями. В качестве уплотнения используется затвор мягкого типа. Достоинствами этой конструкции являются следующие:

- хорошая плавучесть, которая регулируется количеством поплавков;
- хорошая технологичность и скорость сооружения;
- небольшая масса в сравнении со стальными понтонами;
- использование типовых элементов и узлов для резервуаров различной вместимости;
- быстрое восстановление плавучести при возможном потоплении;
- возможность проведения ремонта без огневых работ;
- возможность сборки в другом резервуаре после демонтажа [4].

В Англии был разработан алюминиевый понтон с линейными поплавками «Арпал» (рисунок 1). Жесткость понтона «Арпал» обеспечивается за счет применения жесткого каркаса, а также периферийного кольца жесткости и линейных поплавков. Настил понтона собирается из листовых элементов, изготавливаемых из алюминиевых сплавов, балки жесткости выполняются из прокатного профиля, а поплавки изготавливаются в виде заглушенных по концам пустотелых трубчатых элементов. Коррозионная стойкость элементов понтона зависит от агрессивности среды, находящейся в резервуаре и обеспечивается за счет покрытия поверхности понтона антикоррозионными составами.

Недостатками являются сложность конструкции, трудоемкость изготовления и сооружения, образование паров продукта под понтоном.

1 — поплавки; 2 — поперечные балки; 3 — листы настила; 4 — периферийное кольцо жесткости; 5 — герметизирующий затвор

Рисунок 1. Алюминиевый понтон с линейными поплавками

За рубежом имеют широкое применение алюминиевые понтоны с линейными и периферийными поплавками «Ультрафлоут» (рисунок 2).

Алюминиевый понтон «Ультрафлоут» состоит из листовой мембраны толщиной 0,50 мм, находящейся над поверхностью продукта на расстоянии не менее 150 мм и герметичных труб-поплавков, обеспечивающих плавучесть. По периметру понтона расположен уплотняющий затвор, который может иметь различные конструктивные исполнения в зависимости от фирмы изготовителя.

Основной конструктивной особенностью понтона «Ультрафлоут» является применение алюминиевых трубчатых поплавков с толщиной металла не менее 1,2 мм. Высокая плавучесть понтона достигается большим количеством герметичных трубчатых отсеков и высокой плавучестью самих поплавков за счет значительного сокращения контактирующих с продуктом поверхностей и сварных соединений, к которым предъявляется требование герметичности. Дополнительным фактором непотопляемости является наличие дренажных патрубков на расположенной над продуктом мембране.

Через эти патрубки происходит слив возможных выбросов или переливов продукта через затвор на поверхность мембраны.

1 — поплавок; 2 — балка каркаса; 3 — кольцо жесткости; 4 — листы настила; 5 — герметизирующий затвор

Рисунок 2. Алюминиевый понтон с линейными и периферийными поплавками

Конструкция понтона имеет такие же достоинства и недостатки, что и другие понтоны поплавкового типа.

ЦНИИПроектстальконструкция разработал конструкцию понтона из алюминиевых сплавов с точечными поплавками (рисунок 3).

Понтон собирается из комплекта элементов, соединяемых болтовыми соединениями. Настил понтона состоит из листов, перекрывающих свободную поверхность хранящихся нефти и нефтепродуктов, опирающихся на балки каркаса из прокатных профилей. Крепление листов настила к каркасу выполняется с использованием профильных реек и прижимных планок. Плавучесть понтона обеспечивается вертикальными поплавками, выполненными в виде кассет, прикрепленных к каркасу и настилу, и вложенного в них набора плавучих элементов. Число поплавков, расположенных в плане по концентрическим окружностям, зависит от размеров понтона. Опорная стойка вставляется в направляющий патрубок, закрепленный в кассете. По периферии выполнено кольцо жесткости, к которому крепится герметизирующий затвор, закрывающий пространство между понтоном и стенкой резервуара (рисунок 4).

1 — вертикальные поплавки; 2 — радиальные балки каркаса; 3 — концентрические балки каркаса; 4 — периферийное кольцо жесткости; 5 — настил; 6 — опорная стойка; 7 — герметизирующий затвор; 8 — стенка резервуара

Рисунок 3. Понтон из алюминиевых сплавов с точечными поплавками

Недостатками являются трудоемкость изготовления и сооружения, сложность конструкции.

Предприятием «Коксохиммонтаж-проект» разработан проект вертикального цилиндрического стального резервуара со стационарной крышей и понтоном с радиальными и кольцевыми отсеками.

Рулонизируемый понтон состоит из однодечного полотнища заводского изготовления и формируемых на монтаже кольцевых и радиальных отсеков, которые обеспечивают необходимый запас плавучести (рисунок 4).

Недостатком является низкая эксплуатационная надежность, подверженность коррозионной изнашиваемости.

1 — радиальные отсеки; 2 — кольцевые отсеки;
3 — радиальные ребра; 4 — кольцевые ребра;
5 — наружный борт; 6 — стенка резервуара

Рисунок 4. Рулонизируемый однодечный понтон с радиальными и кольцевыми отсеками

Также известен щитовой понтон («Коксохиммонтаж-проект») с радиальными и кольцевыми отсеками, который состоит из прямоугольных крупногабаритных коробов промышленного изготовления, соединяемых между собой листовым настилом. Щитовые понтоны применялись для резервуаров объемом 5000 м³ и выше (рисунок 5).

1 — радиальные отсеки; 2 — карты листового настила; 3 — наружный борт; 4 — стенка резервуара

Рисунок 5. Щитовой понтон с крупногабаритными коробами

Достоинствами являются простота изготовления, относительно невысокая собственная масса.

Недостатки — сложность выполнения ремонтных работ, низкая коррозионная стойкость.

Развитие сферы плавающих покрытий в резервуаростроении способствует появлению новых конструктивных типов понтонов, апробации и применению новых материалов, инженерных решений.

Так, в мировой практике в условиях дефицита стального проката в начале 1960-х гг.

стали применяться понтоны из полимерных материалов для сокращения потерь нефтепродуктов из резервуаров. Преимущества таких конструкций:

- относительно малый удельный расход металла;
- возможность монтажа как в строящихся, так и в эксплуатирующихся резервуарах;
- элементы конструкций можно свободно вносить в резервуар через люк-лаз;
- выполнение сварочных работ без сварки.

Недостатком всех видов неметаллических и комбинированных понтонов является впитывание нефти и нефтепродуктов полимерными материалами с последующей потерей работоспособности и плавучести. Поэтому применение таких понтонов в настоящее время ограничено.

В 1960-х гг. в Бельгии и Франции было установлено порядка 280 понтонов, материалом для которых служил пластифицированный поливинилхлорид, а плавучесть таких понтонов обеспечивалась полыми поплавками сферической формы из такого же материала. Для устранения статического электричества на нижней поверхности экрана установлена металлическая сетка. Но вследствие недолговечности таких понтонов их скоро заменили алюминиевые понтоны.

Во Франции изготавливались понтоны из хлористого поливинила в виде сплошной пленки, которая поддерживалась большим количеством полых ячеек небольших размеров, приваренных к внутренней ее стороне.

За рубежом синтетические понтоны изготавливались из панелей жесткого пенопласта толщиной 51 мм, которые облицовывались с обеих сторон стеклотекстолитом на основе эпоксидных или полиэфирных смол, или из панелей из пенопласта толщиной 38 мм, которые облицовывались с обеих сторон тонким листовым прокатом из алюминия. Это понтоны контактного типа (беспоплавковые). Панели закреплялись или болтовыми соединениями, или зажимными полосками с зубчатыми выступами, которые прокалывали верхнюю и нижнюю поверхности стыкуемых панелей. Примером таких понтонов служит понтон «Coverflote» фирмы LARCO, который представляет собой плавающее покрытие из вспененного жесткого самозатухающего полиуретана, пригодного для работы в контакте

с жидкостями, имеющими большое содержание ароматических углеводородов.

В 1980-х гг., на этапе развития химии полимеров и технологии получения вспененных пластмасс, для понтонов начали использовать новый материал — пенополиуретан (ППУ). В 1985 г. был разработан сборно-монолитный понтон для стальных вертикальных резервуаров объемами 200–10000 м³ с использованием ППУ. В такой конструкции понтона полностью отсутствовали металлические детали.

Понтон содержал периферийное кольцо, которое обеспечивает прочность и жесткость в местах закрепления уплотнения, центральную часть, несущее кольцо с эластичным вкладышем, которое формирует борт понтона и позволяет закрепить уплотнение. Во избежание впитывания пенополиуретаном хранимой продукции его поверхность покрывалась полиуретановым латексом, а затем саженаполненным латексом для того, чтобы придать поверхности понтона токопроводящие свойства. Так как ППУ имеет недостаточную прочность в крайнем нижнем положении, понтон опирался на неподвижную опору из прокатного профиля на отметке 1,8 м от днища, которая служила одновременно настилом для сборки понтона в резервуаре. Перемещение персонала по понтону, находящемуся на опоре, допускалось только по специальным трапам.

Еще одна конструкция понтона из синтетических материалов изготавливалась из стеклотекстолитовых панелей на полиэфирных смолах. Здесь также использовались болтовое крепление и мягкий затвор.

Понтон «Нейфлекс» состоит из периферийного кольца, собираемого из криволинейных стеклотекстолитовых сегментов, настила из прямоугольных панелей, опирающихся на сетку поплавков из жестких, химически инертных пенопластовых элементов, полностью заключенных в стеклотекстолитовую оболочку. Мягкий затвор, скрепленный с периферийным кольцом, постоянно находится в плотном контакте с корпусом резервуара. Смола, которую применяют для изготовления понтона для эксплуатации в обычных условиях, представляет собой низковязкую тиксотропную саженаполненную полиэфирную смолу, электропроводящую после отверждения. При изготовлении понтонов, предназначенных для резервуаров под хранение продуктов, содержащих 80 % ароматических компо-

нентов, применяются эпоксидные смолы. Поверхность понтона заземляется на корпус резервуара, с которым соединяется при помощи кабеля.

Известны конструкции понтонов, которые сочетают в себе лучшие качества синтетических материалов и алюминиевых сплавов. Комбинированный понтон беспоплавкового типа с применением алюминиевых сплавов и синтетических материалов представлен на рисунке 6.

Понтон собирался из отдельных панелей, представляющих собой металлическую оболочку, заполняемую несгораемым синтетическим веществом. Металл снаружи защищен пластмассовым покрытием от коррозии. Панели снабжены сверху выступающими кромками для соединения при монтаже на болтах. Было смонтировано несколько десятков понтонов этой конструкции диаметрами до 45 м. Фирма-изготовитель давала гарантию плавучести на срок 10 лет.

1 — плавучие панели; 2 — болтовое соединение; 3 — герметизирующий затвор; 4 — стенка резервуара

Рисунок 6. Понтон из синтетических материалов

Достоинствами являются хорошая плавучесть, небольшая масса по сравнению с алюминиевыми и стальными понтонами.

Недостатками являются короткий срок службы синтетических материалов в агрессивной среде, низкая ремонтопригодность.

В Великобритании в 1993 г. предложена конструкция покрытия для резервуаров больших размеров, которое изготавливается из легких пластмассовых панелей, армированных стекловолокном, и может иметь круглую или прямоугольную форму.

Предложенная конструкция понтона выполнялась в виде расположенных одна над

другой частей из эластичного материала, соединенных по периметру между собой посредством опорного кольцевого элемента положительной плавучести.

Разработаны и производятся плавающие покрытия из армированных вспененных полимеров, понтоны из других синтетических материалов.

Синтетические понтоны признают практически непотопляемыми. Но для резервуаров больших объемов требуется повышенная жесткость синтетических понтонов, что достигается при использовании понтонов из вспененных полимеров. Во время их эксплуатации были случаи зависания и заклинивания, отслаивания облицовочного покрытия пластмассовых панелей, поэтому актуальными являются исследования, направленные на повышение устойчивости, плавучести, непотопляемости, жесткости, прочности армированных сетками плавающих покрытий из полимерных материалов [5].

Недостатками всех видов понтонов, изготовленных с применением неметаллических комбинированных материалов, являются необходимость тщательной дегазации резервуара перед ремонтом, впитывание нефти и нефтепродуктов полимерными материалами, что способствует потере прочностных свойств, плавучести и работоспособности понтона в целом.

В настоящее время в конструкциях резервуаров используют в большинстве случаев алюминиевые сплавы, которые обладают хорошим сочетанием механических, химических и технологических свойств. Алюминиевые листовые заготовки и профили обычно применяются для изготовления понтонов в сочетании с крепежными деталями из оцинкованной или нержавеющей стали.

Алюминиевые понтоны показали хорошую эксплуатационную надежность. Однако есть недостатки со стороны коррозионной стойкости алюминиевых понтонов, т. к. они подвержены воздействию щелочной среды [4, 6].

Широкое распространение в наши дни получили плавающие покрытия из алюминиевых сплавов поплавкового типа. Понтон поплавкового типа имеет сборно-разборную конструкцию, на болтовых соединениях или заклепках, что позволяет производить монтаж, демонтаж полный или частичный при ремонтных работах внутри резервуара, используя люк-лаз.

Несущими элементами сборно-разборной конструкции являются периферийное кольцо, формирующее периметр понтона, и силовые балки (профили). На стыках силовых профилей устанавливаются опорные стойки высотой 1800–2000 мм, предназначенные для обслуживания подпонтонного пространства. Стойки могут быть смонтированы непосредственно на понтоне или закреплены к днищу резервуара, в этом случае под понтоном предусматриваются места и закладные детали в местах соприкосновения понтона со стойками.

Элементом покрытия, опирающимся на несущую конструкцию, является листовой ленточный алюминиевый настил. Для обслуживания надпонтонного пространства в настиле предусматривают люки (противовакуумные клапаны) и устройства слива жидкости, образовавшейся в результате конденсата.

К нижним полкам несущих элементов монтируются при помощи хомутов цилиндрические поплавки под кольцом по периметру понтона и под силовыми профилями, обеспечивая плавучесть понтона.

Главным недостатком понтона на поплавках является наличие газового пространства между поверхностью продукта и мембраной. В этом пространстве неизбежно происходит постоянное испарение нефтяных паров с поверхности продукта, устранить которое можно или повышением давления до 0,2–0,4 бар или путем ликвидации этого пространства, т. е. путем обеспечения контакта мембраны с продуктом.

В качестве альтернативы на сегодняшний день предлагаются полноконтактные понтоны из нержавеющей стали.

Проведенный анализ понтонов показывает, что развитие внутренних плавающих покрытий происходило в зависимости от применяемых материалов, начиная с традиционной стали, заканчивая пенополиуретаном, стеклопластиком и алюминиевыми сплавами. Градация понтонов на типы включает первые стальные чашеобразные понтоны и появившиеся позднее понтоны более сложной конструкции из сэндвич-панелей, однодечные, двудечные и понтоны поплавкового типа.

Вывод

Многообразие применяемых материалов, конструктивных типов плавающих понтонов позволяет детально подходить к выбору понтона в зависимости от продукта хранения, условий эксплуатации, объема резервуара и других факторов.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянова И.Э. Выборы рациональных параметров из вспененных полимеров для стальных вертикальных резервуаров: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 1999. 220 с.
2. Лукьянова И.Э. Теоретические основы совершенствования методов расчета стальных вертикальных резервуаров с понтонами: дис. ... д-ра техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2010. 322 с.
3. Гадельшин Р.З., Лукьянова И.Э. Повышение надежности плавающих покрытий резервуаров. Уфа: УГНТУ, 1999. 239 с.
4. Коршак А.А. 50 вопросов и ответов о том, как сократить выбросы паров бензина из резервуаров в атмосферу. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. 88 с.
5. Муртазин М.Р. Экспериментально-теоретическое исследование новой конструкции плавающего покрытия вертикальных резервуаров: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2006. 159 с.
6. Рябинин В.П. Повышение остойчивости понтонов вертикальных стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2009. 240 с.

REFERENCES

1. Luk'yanova I.E. *Ybory ratsional'nykh parametrov iz vspenennykh polimerov dlya stal'nykh vertikal'nykh rezervuarov: dis. kand. tekhn. nauk* [Selection of Rational

Parameters from Foamed Polymers for Steel Vertical Tanks: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU, 1999. 220 p. [in Russian].

2. Luk'yanova I.E. *Teoreticheskie osnovy sovershenstvovaniya metodov rascheta stal'nykh vertikal'nykh rezervuarov s pontonami: dis. d-ra tekhn. nauk* [Theoretical Bases of Improvement of Methods of Calculation of Steel Vertical Tanks with Pontoons: Doctor Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU, 2010. 322 p. [in Russian].

3. Gadel'shin R.Z., Luk'yanova I.E. *Povyshenie nadezhnosti plavayushchikh pokrytii rezervuarov* [Improving the Reliability of Floating Tank Coatings]. Ufa, UGNTU Publ., 1999. 239 p. [in Russian].

4. Korshak A.A. *50 voprosov i otvetov o tom, kak sokratit' vybrosy parov benzina iz rezervuarov v atmosferu* [50 Questions and Answers on How to Reduce Emissions of Gasoline Vapor from Tanks into the Atmosphere]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 2008. 88 p. [in Russian].

5. Murtazin M.R. *Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie novoi konstruktсии plavayushchego pokrytiya vertikal'nykh rezervuarov: dis. kand. tekhn. nauk*. [Experimental and Theoretical Study of the New Design of the Floating Coating Vertical Tanks: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Saratov, 2006. 159 p. [in Russian].

6. Ryabinin V.P. *Povyshenie ostoichivosti pontonov vertikal'nykh stal'nykh rezervuarov dlya nefi i nefteproduktov: dis. kand. tekhn. nauk*. [Increase of Pontoon Stability of Vertical Steel Tanks for Oil and Oil Products: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU, 2009. 240 p. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
ABOUT THE AUTHORS

Дусалимов Марсель Эдуардович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сооружение и ремонт ГНП и ГНХ», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Marsel E. Dusalimov, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Construction and Repair of Oil and Gas Pipelines and Storages Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: marsst@list.ru

Хасанов Ильнур Ильдарович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ilnur I. Khasanov, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Transportation and Storage of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Фазлетдинов Рустем Айратович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспорт и хранение нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Rustem A. Fazletdinov, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Transportation and Storage of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: raf4you@rambler.ru