

УДК 622.692.23:658.56

Э.Ш. Гайсин, М.Ш. Гайсин (ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Российская Федерация)

ИССЛЕДОВАНИЕ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ЗА РУБЕЖОМ

E. Sh. Gaisin, M.Sh. Gaisin (FSBEI HPE «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russian Federation)

RESEARCH AND REGULATORY AND TECHNICAL SUPPORT OF RELIABILITY OF OIL TANKS ABROAD

Введение

Состояние резервуарных парков для нефти и нефтепродуктов в России характеризуется значительным износом; морально устарели некоторые методологические принципы и положения, заложенные в правилах и методах обеспечения надежности резервуаров при эксплуатации и ремонте. На этом фоне становится необходимой оценка современного подхода к решению данной задачи за рубежом.

Цели и задачи

В статье выполнен обзор существующих за рубежом решений задач обеспечения надежности резервуаров, в том числе описаны научные исследования и нормативно-техническое обеспечение надежности резервуаров.

Выводы

В рассмотренных зарубежных работах и нормативных документах не учитываются влияние и весомость конструктивных элементов резервуаров на уровень надежности РВС в целом.

Существующие методы оценки интенсивности и потока отказов дают различные значения, поэтому следует учесть все методы, связать их между собой и получить единое значение.

Не только в России, но и за рубежом все еще малоизученной остается проблема оценки надежности нефтяных резервуаров на разных стадиях их жизненного цикла.

Background

The state of tank farms for oil and oil products in Russia is characterized by a significant deterioration; some methodological principles and provisions laid in the rules and methods that are to ensure reliability of tanks during operation and repair became obsolete. Against this background, it becomes necessary to assess the current foreign approach to solving this problem.

Aims and Objectives

This paper gives an overview of the existing abroad solutions of tank reliability problems, including the description of research, regulatory and technical support of the tank reliability.

Results

The considered foreign papers and regulations do not take into account the influence of structural elements of steel vertical tanks on the level of reliability of the tank as a whole.

The existing methods of assessing the intensity of failure flow give different values, therefore, it is necessary to consider all methods, link them together, and obtain a single value.

Not only in Russia but also abroad the problem of assessing the reliability of oil tanks at different stages of their life cycle is still studied insufficiently.

Ключевые слова: резервуар, надежность, качество, жизненный цикл, отказ

Key words: tank, reliability, quality, life cycle, failure

Исследования в области обеспечения надежности

Теория надежности как самостоятельная область знаний возникла в 40-50-ых гг. прошлого века и получила широкое распространение в авиации, оборонном производстве и атомной промышленности. В 1950 году ученые в США установили, что поддержание оборудования стоимостью 1 доллар в работоспособном состоянии обо-

дится в 2 доллара за год, согласно данным сайта IT Expert [1]. Обнаруженная информация позволила сделать очевидный вывод, что разработка более надежных элементов систем повысит ее рентабельность. Результаты первых испытаний в теории надежности были записаны в базе данных под названием «Military Standard 217. Reliability Prediction of Electronic Equipment».

С тех пор развитие теории надежности идет в различных направлениях: в математической теории надежности исследуются методы ее оценки и закономерности отказов; в статистической теории надежности производятся сбор, хранение и обработка накопленных сведений об отказах; физическая теория надежности посвящена физическим и химическим процессам, протекающим в объекте.

Вопрос анализа уровня надежности резервуаров и оценки рисков нефтегазового оборудования актуален не только в России [2, 3, 4], но и за рубежом. Тему изучали различные ученые: Клайв Насси (Нидерланды) [5], Кристиана Думитран и Ион Онуту (Румыния) [6] и др. Также вопросам обеспечения надежности резервуаров посвящены правительственные исследования различных стран (например Великобритании [7]).

Работа Клайва Насси [5] посвящена сравнению частот основных видов отказов сосудов хранения, работающих под высоким давлением, подконтрольных регламентам COMAH, выполнен сравнительный анализ данных, используемых в Великобритании (HSE) и Нидерландах.

HSE (Health and Safety Executive - Комитет по вопросам здравоохранения и безопасности Великобритании) был подвергнут критике за использование частот отказов, выглядящих пессимистично по сравнению со значениями, используемыми в Нидерландах. Данные частоты отказов используются для разработки рекомендаций землепользования, планирования и тестирования в соответствии с директивой Севесо, которая регламентируется в Великобритании правилами COMAH (The Control of Major Accident Hazards Regulations - Положение о контроле уровня опасности при крупных авариях).

Катастрофа, произошедшая в Севесо в 1976 году (на мелком химическом производстве произошел сильнейший выброс 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксина в жилые районы), и другие инциденты привели к тому, что Европейская Комиссия предложила директиву о контроле над опасностью возникновения крупномасштабных промышленных аварий, в результате чего Директива Севесо I была принята в 1982 г. Позднее в 1996 г. в Евросоюзе правила промышленной безопасности были расширены и стали известны как Директивы Севесо II, и уже в июле 2012 г. вышла в свет Директива Севесо III.

В работе Насси сказано, что если критика окажется справедливой, для местных органов власти и компаний могут возникнуть финансовые последствия, размер которых будет зависеть от различных факторов, например от особенностей плана землепользования (LUP - Land Use Plan) или подходов к анализу затрат и выгод (CBA - Cost Benefit Analysis). Поскольку обсуждение таких факторов выходит за рамки статьи [5], рассмотрены лишь некоторые вопросы.

Так, для оценки справедливости критики в статье рассматривается обоснование частоты отказов, используемых в Великобритании (HSE) и Нидерландах в случаях отказов наземных сосудов для хранения (за исключением сферических), работающих под давлением.

В работе показано, что критика HSE не является оправданной для указанных типов сосудов. Данный вывод сделан, в основном, на основе анализа следующих материалов:

а) «Частота и данные о событии (FRED)» (Беттеридж и Гулд, 1999); «Руководство оценки планирования», глава 6K (PCAG) (HSE, 2004), и соответствующие подтверждающие документы, на которые ссылаются во FRED;

б) голландская «фиолетовая» книга (PB99, 1999) и документы, на которые в ней ссылаются.

В статье описаны случаи отказов сосудов, подпадающих под регламенты СОМАН:

а) аварийное разрушение сосуда с мгновенным выпуском всего содержимого;

б) ограниченные отказы сосудов с последующим возникновением отверстий (до 50 мм эквивалентного диаметра) в стенке сосуда с полунепрерывным истечением содержимого.

Такие виды отказов сосудов могут возникнуть по множеству разных причин. Упрощенное представление дерева основных видов отказов показано на рисунке 1 (адаптировано из материалов HSE, приведенных во FRED, а также в Синглтон (1989)).

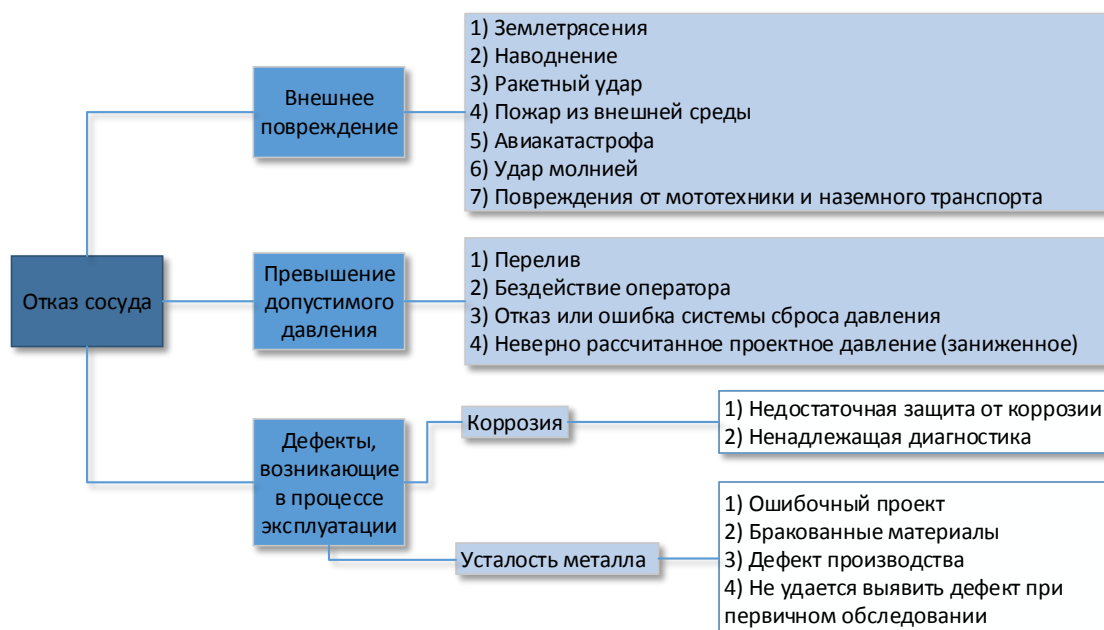


Рисунок 1 - Упрощенное дерево отказов с изображением ситуаций, приводящих к отказам сосудов и утрате их содержимого

Анализ рисунка показывает, что частоты отказов сосудов определяются в зависимости от: внешних событий; избыточного давления; дефектов, возникающих в процессе эксплуатации.

Реальные оценки частот отказов должны быть основаны на подходящих и тщательно изученных видах произошедших отказов; в противном случае, полученные оценки, вероятнее всего, будут неоправданно оптимистичными.

В статье отмечено, что относительная важность различных ветвей дерева отказов будет зависеть от значимости самих последствий в случае отказа: катастрофических или более ограниченных, локальных. Например, ветвь коррозии может быть значимой для сосудов с хлором, но незначительной для хорошо спроектированных и своевременно обслуживаемых сосудов для сжиженного природного газа (кроме случаев, когда сосуд покрыт изоляцией, скрывающей протекающие процессы). Аналогично, значимость внешних факторов (наводнения, землетрясения и т.д.) будет зависеть от местных условий и считаться более весомой лишь в определенных случаях (например отказ патрубка), чем в целом для отказов с катастрофическими последствиями.

Отмечено, что за период в 310 000 резервуаро-лет (единица учёта эксплуатации, соответствует году работы одного резервуара) для сосудов под давлением было зафиксировано 229 отказов. 94 % (216 случаев) представляют собой «сдвиговые деформации» со следующими подвидами:

- усталость металла 24 %;
- коррозия 14 %;
- дефекты, возникающие в начале эксплуатации 29 %;
- неопределенные 28 %;
- другие 5 %.

Из 216 случаев 161 (75 %) был локализован в зоне сварного шва. Из общего числа отказов (229) 140 (61 %) были обнаружены во время обследования (визуального, методом неразрушающего контроля или испытания давлением). Приблизительно 39 % отказов было обнаружено несвоевременно - утечки (33 %) и катастрофические отказы в процессе эксплуатации (6 %). Кроме того, 64 % отказов произошли на сосудах (под давлением) сроком эксплуатации менее 10 лет.

Наибольший риск заключается в необследованном механическом дефекте материала, который проявится во время сдвиговых усилий.

Эти данные, по мнению авторов, подчеркивают важность качественного обслуживания и диагностики (в том числе обследование в процессе проектирования и сооружения).

Таким образом, в статье Клайва Насси [5] указывается на необходимость дифференциации отказов в зависимости от различных факторов, в том числе и от возможных последствий в случае аварии.

В работе Кристианы Думитран и Ион Онуту [6] выполнена оценка экологических рисков и интенсивности отказов различных нефтегазовых объектов, в том числе резервуаров. Научная работа включает в себя критический обзор имеющихся данных с целью выявления и количественной оценки риска, связанного с потенциальной угрозой. Для изучения вопроса о необходимости принятия мер по управлению и снижению рисков был использован риск-менеджмент.

Методология, представленная в этой работе, была разработана на основе нескольких научных исследований по оценке экологических рисков при загрязнении почвы от случайных разливов нефти. В работе указано, что качественная и количественная оценки риска для промышленных объектов сложны и требуют различных данных. По этой причине методика расчета экологического риска для почвы структурирована и представлена в виде различных модулей и этапов.

Оценка риска загрязнения окружающей среды углеводородами из сырой нефти включает в себя пять взаимосвязанных модулей: идентификация опасности, оценка опасности, оценка риска с присуждением «степеней» частоты и тяжести последствий, оценка риска для окружающей среды на основе критериев риска и управление экологическими рисками.

Для перечисленных модулей требуются следующие данные: технические данные по оборудованию в период эксплуатации, физико-химические свойства загрязняющих веществ; свойства почвы, которые могут повлиять на тяжесть и последствия риска аварии; диаграммы, математические уравнения и матрица оценки интенсивности экологического риска.

В методологии определены этапы, необходимые для расчета пороговых значений оповещения и принятия мер, и указана необходимость дополнительных исследований (геотехнические, почвенные и химические исследования).

Вопросам обеспечения надежной эксплуатации резервуаров также посвящен отчет Комитета по вопросам здравоохранения и безопасности Великобритании HSE [7], название которого в переводе звучит «Интенсивность отказов и данные о событиях по оценке риска (опасности)».

В настоящем документе подробно описаны различные элементы резервуаров и интенсивности их отказов, значения которых предназначены для использования в случаях планирования по землепользованию. Представленные данные могут быть не обязательны к использованию, но в то же время могут служить отправной точкой для отчетов по безопасности. В документе изложена информация об интенсивности отказов и их причинах, в том числе и о человеческом факторе.

Первая часть посвящена интенсивности отказов и факторам, влияющим на изменение их значений. В отчете сказано, что частота отказов может быть характерной (общего типа) и нехарактерной. Нехарактерная интенсивность отказов должна быть обоснована и одобрена специалистами.

Интенсивность отказов для сосудов (танков или резервуаров) разделена на четыре категории: сосуды с температурой и давлением окружающей среды (бывают сосуды большой, малой и средней емкости, неметаллические/пластиковые); сосуды под давлением, а также химические и холодильные.

Большие сосуды емкостью более 450 м³ работают при температуре и давлении окружающей среды. Их отказы чаще всего происходят из-за несплошностей в сварных швах на крыше резервуара. Малые и средние резервуары емкостью менее 450 м³ могут быть изготовлены из стали или пластика. Их отказы происходят из-за утечек через дефекты в корпусе, например из-за внутренней коррозии.

Холодильные сосуды по интенсивности отказов были разделены на 3 категории. К первой относятся сосуды, стенки которых не имеют внешней изоляции и предназначенные для хранения криогенной жидкости или пара; ко второй - сосуды с двойной стенкой для хранения жидкости, но не пара; и к третьей - сосуды для хранения жидкость и пара. Опыты с целью установления интенсивности отказов были проведены с применением аммиака, сжиженного природного газа в сосудах объемом около 15000 м³. Было установлено преимущество двойной стенки, которая помогает уменьшить потери из резервуара.

Интенсивность отказов сосудов под давлением изучалась на сосудах для хлора и сферических резервуарах.

Исследования отказов сосудов под давлением были проведены в 2006 году, но до настоящего момента являются актуальными и рекомендованными к использованию.

В работе представлены данные о сосудах с хлором под давлением. Указанные значения были приняты в качестве общих отказов для сосудов высокого давления.

Рассмотрены и сосуды для СПГ под давлением. Было установлено, что если данные резервуары расположены под землей, то интенсивность их отказов приблизительно равна нулю.

Для сферических сосудов в технической литературе не было найдено доказательств того, что частота их отказов будет существенно отличаться от аналогичных для сосудов высокого давления. Тем не менее, было решено, что опорные ножки сферических сосудов могут создать дополнительный риск отказа для данного типа резервуара. Поэтому для них рекомендуется применять особый подход.

Для химических емкостей и сосудов под давлением значения интенсивности отказов схожи по значениям. Оба типа сосудов будут иметь схожий набор отказов, которые уникальны для данных типов.

Для каждого из сосудов в работе представлены таблицы с данными о масштабах опасностей, параметрах несплошностей и скоростях распространения с комментариями об устранении.

Отказы также возникают из-за несовместимости поставки. Например, в случаях, когда два несовместимых вещества случайно смешиваются во время доставки. Чтобы максимизировать безопасность и надежность, необходимо соблюдать условия эксплуатации, контролировать маркировку, отправку и разгрузку продуктов.

Авторы отмечают, что при определении вероятности отказа элемента следует учитывать влияние внешних опасностей, которые следует принять во внимание. К ним относятся кораблекрушение, наводнение, падение самолета, возгорание и особые погодные условия. Для определения каждой из этих аварий необходимо установить, является ли зона расположения объекта опасной, и насколько часто возможны в этой зоне аварии такого типа.

В заключение приводится анализ возможности отказов по причине человеческого фактора. Также описана техника для прогнозирования ошибок человека (THERP), впервые разработанная в 1983 году.

Нормативно-техническое обеспечение надежности РВС за рубежом

На сегодняшний день в Европе и ряде других стран существует своя система норм и требований обеспечения надежности опасных производственных объектов, в том числе резервуаров.

Наглядно пирамида механизмов правового регулирования надежности, безопасности и контроля их исполнения представлена на рисунке 2, по данным доклада Э. Робертса [8].

Направления, документы и ассоциации, входящие в состав пирамиды, более подробно представлены в таблице 1.

Согласно данным доклада [8], в состав актуальных стандартов и руководств безопасности в Евросоюзе входят документы, перечисленные в таблице 2.

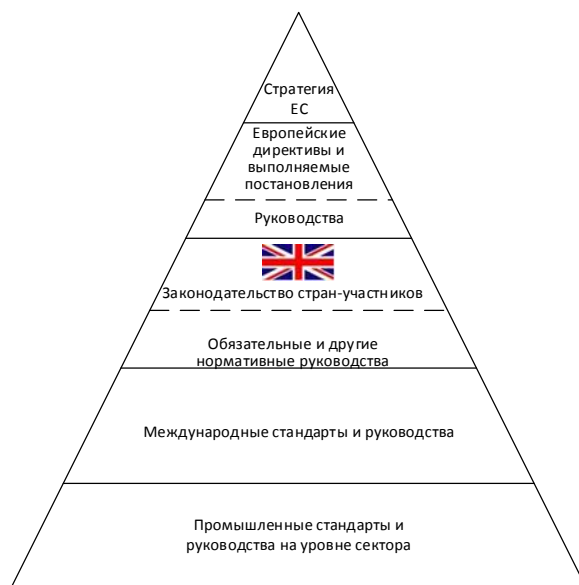


Рисунок 2 - Европейская законодательная и нормативная основа

Таблица 1 - Направления, документы и ассоциации, входящие в состав европейской законодательной и нормативной основы

Стратегия ЕС	<ul style="list-style-type: none"> – общественный подход к предотвращению природных и антропогенных катастроф; – тематическая стратегия ЕС против загрязнения воздуха; – защита водных ресурсов и всестороннее интегрированное управление водными ресурсами.
Европейские директивы и выполняемые постановления	<ul style="list-style-type: none"> – III директива «Севесо» 2012/18/EU; – директива о промышленных выбросах 2010/75/EU; – директива о водных ресурсах 2000/60/EC и дочерние директивы.
Руководства	справочники по наилучшим доступным технологиям (и другие руководства).
Законодательство стран-участников	<ul style="list-style-type: none"> – контроль постановлений об опасности крупномасштабных аварий 2005; – правила оформления решений об окружающей среде (Англия и Уэльс) 2010 (дополненные); – планы управления бассейнами рек.
Обязательные и другие нормативные руководства	<ul style="list-style-type: none"> – стратегия контроля вероятности крупномасштабных аварий, минимальный практически приемлемый уровень риска, руководства; – отраслевое техническое руководство, горизонтальное руководство, заметки регулирующего руководства.
Международные стандарты и руководства	<ul style="list-style-type: none"> – IEC 61511; – документы руководства и стандарты энергетического института (IP 19); – руководства и стандарты Американского института нефти (API).
Промышленные стандарты и руководства на уровне сектора	<ul style="list-style-type: none"> – Ассоциация исследований и информации в строительной отрасли («CIRIA»); – Ассоциация потребителей инженерного оборудования и материалов («EEMUA»); – Группа лидерства по промышленной безопасности («PSLG»); – Форум Соединенного Королевства по химической и перерабатывающей промышленности («CDOIF»); – Ассоциация нефтяной промышленности Соединенного Королевства («UKPIA»).

Таблица 2 - Стандарты и руководства обеспечения надежности и безопасности опасных производственных объектов в Евросоюзе

Обязательное руководство ЕС	Документы Директивы о промышленных выбросах (IEC) и Справочника по наилучшим доступным технологиям (BREF): – справочник по наилучшим доступным технологиям переработки (пересматривается) [9].
Рекомендованное руководство ЕС	Документы BREF и контроля мер предотвращения загрязнений (IPPC): – выбросы при хранении [10]; – экономика и кроссмедиа [11].
Руководство стран-участников	Стратегия контроля опасности возникновения крупномасштабных аварий на производстве (СОМАН); Руководство по оценке отчетов по безопасности (руководство для контролирующих органов) [12]; Руководство Агентства по охране окружающей среды по газификации, Сектор сжижения и переработки газов [13]; Руководство по анализу затрат и эффективности Агентства по охране окружающей среды для оценки риска для окружающей среды [14].
Международные стандарты и руководство	IEC 61511 «Функциональная безопасность - Системы управления безопасностью для сектора перерабатывающей промышленности» (о проектировании и управлении требованиями по инструментам систем безопасности) [15]; Институт энергетики «Модель кодекса Безопасной практики 15: Секторальный кодекс классификации для установок, работающих с воспламеняющимися жидкостями» [16]; Институт энергетики «Модель кодекса Безопасной практики 19: Предотвращение пожаров на установках по хранению и переработке нефти» [17]; Институт энергетики «Руководство по оценке риска и концептуальной проектировке третичных систем локализации для хранилищ нефти, нефтепродуктов и другого горючего» [18]; ANSI/API RP 754 «Показатели эффективности безопасности производства для перерабатывающей и нефтехимической промышленности» [19].
Промышленные стандарты и руководства на уровне секторов	CIRIA 164 «Системы хранения химикатов - руководство передовой практики» (пересматривается); EEMUA 217 «Безопасная и эффективная эксплуатация топливных резервуаров»; EEMUA 159 «Руководство пользователя по проверке, техобслуживанию и ремонту стальных наземных вертикальных цилиндрических топливных резервуаров»; Отчет PSLG «Стандарты безопасности и защиты окружающей среды для хранилищ топлива» [20].

Выводы

Таким образом, в рассмотренных зарубежных работах и нормативных документах не учитываются влияние и весомость конструктивных элементов резервуаров на уровень надежности РВС в целом. Существующие методы оценки интенсивности и потока отказов дают различные значения, поэтому следует учесть все методы, связать их между собой и получить единое значение.

Не только в России, но и за рубежом все еще малоизученной остается проблема оценки надежности нефтяных резервуаров на разных стадиях их жизненного цикла. Для дальнейшего исследования проблемы необходимо разработать модели и методы обеспечения надежности резервуаров на разных стадиях их жизненного цикла.

Литература

1. IT Expert. FTA. Дерево отказов как метод структурного анализа. Режим доступа: <http://www.itexpert.ru/rus/ITEMS/77-30>.
2. Шаммазов А.М., Бахтизин Р.Н., Мастобаев Б.Н., Мовсумзаде Э.М., Владимиров А.И., Карнаухов Н.Н., Цхадая Н.Д., Лapidус А.Л. История нефтегазового дела России. М.: Химия, 2001. 316 с.
3. Бахтизин Р.Н., Верещагин А.С., Фурман А.Б. Битва за нефть: Россия в мировой борьбе за «черное золото» (конец XIX - середина XX вв.). Уфа: Монография, 2003. 120 с.
4. Исмаков Р.А., Смородов Е.А., Деев В.Г. Оптимизация сроков проведения ремонта подземного оборудования // Нефтяное хозяйство. 2001. Т. 2. С. 96-99.
5. Clive Nussey. Failure Frequencies for Major Failures of High Pressure Storage Vessels at COMAH Sites: A Comparison of Data Used by HSE and the Netherlands. Режим доступа: <http://www.hse.gov.uk/comah/highpressure.pdf>.
6. Dumitran C., Onutu I. Environmental Risk Analysis for Crude Oil Soil Pollution // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. 2010. No. 5. С. 83-92.
7. Failure Rate and Event Data for Use within Risk Assessments. UK: HSE, 2012. 96 p.
8. Робертс Э. Законодательная и нормативная основа ЕС, стандарты безопасности и передовые промышленные практики. Режим доступа: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/TEIA/Odesa_Sept_2013/Pres_by_Andy_RUS.pdf.
9. Бюро комплексного контроля и предотвращения загрязнений. Официальный сайт. The European IPPC Bureau. Режим доступа: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
10. Integrated Pollution Prevention and Control. Emissions from Storage. Режим доступа: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/esb_bref_0706.pdf.
11. Integrated Pollution Prevention and Control. Economics and Cross-Media Effects. Режим доступа: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm_bref_0706.pdf.
12. The Safety Report Assessment Manual. Sections 8 to 15. Режим доступа: <http://www.hse.gov.uk/comah/sram/s8-15.pdf>.
13. Environment Agency. Guidance for the Gasification, Liquefaction and Refining Sector. Режим доступа: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/2014032808462>.
14. Environment Agency. H1 Annex K - Cost Benefit Analysis. Режим доступа: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/298243/gho0410bsiq-e-e.pdf.
15. IEC 61511-SER. Functional Safety - Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector. Режим доступа: <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/mysearchajax?Openform&key=61511&sorting=&start=1&nglet=1>.
16. Energy Institute. Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids. Part 15 of the IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry. Режим доступа: http://www.energypublishing.org/_data/assets/file/0010/26488/Pages-from-MCoSP-Part-15-Area-classification.pdf.
17. Model Code of Safe Practice Part 19: Fire Precautions at Petroleum Refineries and Bulk Storage Installations. Режим доступа: <http://www.energypublishing.org/publication/ei-technical-publications/process-safety/design/model-code-of-safe-practice-part-19-fire-precautions-at-petroleum-refineries-and-bulk-storage-installations2>.
18. Guidance on Risk Assessment and Conceptual Design of Tertiary Containment Systems for Bulk Storage of Petroleum, Petroleum Products, or other Fuels. Режим доступа: <http://www.energypublishing.org/publication/ei-technical-publications/environment/guidance-on-risk-assessment-and-conceptual-design-of-tertiary-containment-systems-for-bulk-storage-of-petroleum,-petroleum-products,-or-other-fuels>.

References

1. IT Expert. FTA. *Derevo otkazov kak metod strukturalnogo analiza* [Tree of Failures as a Method of Structural Analysis]. Available at: <http://www.itexpert.ru/rus/ITEMS/77-30>.
2. Shammazov A.M., Bakhtizin R.N., Mastobaev B.N., Movsumzade E.M., Vladimirov A.I., Karnaukhov N.N., Tskhadaya N.D., Lapidus A.L. *Istoriya neftegazovogo dela Rossii* [History of Oil And Gas Business in Russia]. Moscow, Khimiya, 2001. 316 p. (in Russ.).
3. Bakhtizin R.N., Vereshchagin A.S., Furman A.B. *Bitva za neft'. Rossiya v mirovoi bor'be za «chernoe zoloto» (konets XIX - seredina XX vv.)* [Russia in the Global Struggle for «Black Gold» (the End of the Twentieth Century - the Middle of the Twentieth Century.)]. Ufa: OOO «Izdatel'stvo nauchno-tekhnicheskoi literatury «Monografiya», 2003. 112 p. (in Russ.).
4. Ismakov R.A., Smorodov E.A., Deev V.G. *Optimizatsiya srokov provedeniya remonta podzemnogo oborudovaniya* [Optimization of the Time for Repair of the Underground Equipment]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2001, T. 2, pp. 96-99. (in Russ.).
5. Clive Nussey. *Failure Frequencies for Major Failures of High Pressure Storage Vessels at COMAH Sites: A Comparison of Data Used by HSE and the Netherlands*. Available at: <http://www.hse.gov.uk/comah/highpressure.pdf>.
6. Dumitran C., Onutu I. Environmental Risk Analysis for Crude Oil Soil Pollution. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2010, No. 5, pp. 83-92.
7. *Failure Rate and Event Data for Use within Risk Assessments*. UK, HSE, 2012. 96 p.
8. Roberts E. *Zakonodatel'naya i normativnaya osnova ES, standarty bezopasnosti i peredovye promyshlennye praktiki* [EU Legislative and Regulatory Basis, Security Standards and Advanced Industry Practices]. Available at: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2013/TEIA/Odesa_Sept_2013/Pres_by_Andy_RUS.pdf. (in Russ.).
9. *Byuro kompleksnogo kontrolya i predotvrashcheniya zagryaznenii. Ofitsial'nyi sait. The European IPPC Bureau* [Bureau for Integrated Pollution Prevention and Control. Official site]. Available at: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference>.
10. *Integrated Pollution Prevention and Control. Emissions from Storage*. Available at: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/esb_bref_0706.pdf.
11. *Integrated Pollution Prevention and Control. Economics and Cross-Media Effects*. Available at: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ecm_bref_0706.pdf.
12. *The Safety Report Assessment Manual. Sections 8 to 15*. Available at: <http://www.hse.gov.uk/comah/sram/s8-15.pdf>.
13. *Environment Agency. Guidance for the Gasification, Liquefaction and Refining Sector*. Available at: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/2014032808462>.
14. *Environment Agency. H1 Annex K - Cost Benefit Analysis*. Available at: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/298243/gho0410bsiq-e-e.pdf.
15. *IEC 61511-SER. Functional Safety - Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector*. Available at: <http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/mysearchajax?Openform&key=61511&sorting=&start=1&nglet=1>.
16. *Energy Institute. Area Classification Code for Installations Handling Flammable Fluids. Part 15 of the IP Model Code of Safe Practice in the Petroleum Industry*. Available at: http://www.energypublishing.org/_data/assets/file/0010/26488/Pages-from-MCoSP-Part-15-Area-classification.pdf.
17. *Model Code of Safe Practice Part 19: Fire Precautions at Petroleum Refineries and Bulk Storage Installations*. Available at: <http://www.energypublishing.org/publication/ei-technical-publications/process-safety/design/model-code-of-safe-practice-part-19-fire-precautions-at-petroleum-refineries-and-bulk-storage-installations2>.

19. ANSI / API RP ANSI / API RP-754. Process Safety Performance Indicators for the Refining & Petrochemical Industries. Режим доступа: [http://www.csb.gov/UserFiles/file/Keim%20\(API\)%20-%20PowerPoint%20-%20printed.pdf](http://www.csb.gov/UserFiles/file/Keim%20(API)%20-%20PowerPoint%20-%20printed.pdf).

20. Safety and Environmental Standards for Fuel Storage Sites. Process Safety Leadership Group. Final Report. Режим доступа: <http://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/fuel-storage-sites.pdf>

petroleum-refineries-and-bulk-storage-installations2.

18. *Guidance on Risk Assessment and Conceptual Design of Tertiary Containment Systems for Bulk Storage of Petroleum, Petroleum Products, or other Fuels*. Available at: <http://www.energypublishing.org/publication/ei-technical-publications/environment/guidance-on-risk-assessment-and-conceptual-design-of-tertiary-containment-systems-for-bulk-storage-of-petroleum,-petroleum-products,-or-other-fuels>.

19. ANSI/API RP ANSI/API RP-754. *Process Safety Performance Indicators for the Refining & Petrochemical Industries*. Available at: [http://www.csb.gov/UserFiles/file/Keim%20\(API\)%20-%20PowerPoint%20-%20printed.pdf](http://www.csb.gov/UserFiles/file/Keim%20(API)%20-%20PowerPoint%20-%20printed.pdf).

20. *Safety and Environmental Standards for Fuel Storage Sites. Process Safety Leadership Group. Final Report*. Available at: <http://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/fuel-storage-sites.pdf>.

Авторы

• Гайсин Эмиль Шамилович
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»
Преподаватель кафедры «Транспорт и хранение
нефти и газа»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
тел. (347) 243-19-75
e-mail: gaysin.emil@mail.ru

• Гайсин Марсель Шамилович
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет»
Студент группы БМТ-12-03 факультета
трубопроводного транспорта
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
тел. (347) 243-19-75

The Authors

• Gaisin Emil Sh.
FSBEI HPE «Ufa State Petroleum Technological
University»
Lecturer of Transport and Storage of Oil and Gas
Chair
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
tel: (347) 243-19-75
e-mail: gaysin.emil@mail.ru

• Gaisin Marsel Sh.
FSBEI HPE «Ufa State Petroleum Technological
University»
Student of BMT-12-03 Group, Pipeline Transport
Faculty
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
tel: (347) 243-19-75