

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии
и техногенной безопасности

**Разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности
резервуарного парка ПВОО**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 4 курса 441 группы

направления 20.03.01 «Техносферная безопасность»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Кужахметовой Айслу Муратовны

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

фамилия

подпись, дата

В.З. Угланова

инициалы,

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Из-за непрерывного роста населения на нашей земле идет стремительное увеличение потребления нефти и нефтепродуктов, то есть увеличение количества добываемой нефти. Это значит, что возрастает и потребность в нефтехранилищах, нефтебазах. Основными сооружениями для хранения нефти и нефтепродуктов являются резервуарные парки.

Резервуарные парки – это один из основных строений складов нефти и нефтепродуктов. Увеличение объемов резервуарных парков непосредственно связано с увеличением объема добычи и переработки нефти.

Повышение объема и номенклатуры хранимых нефтепродуктов единичной вместимости резервуаров характеризует общее состояние резервуарных парков. Следовательно, с этим опасность, а именно пожарная, данных объектов существует и обуславливается тем, что на сравнительно небольших площадях концентрируется провоцирующее количество пожароопасных и взрывоопасных жидкостей, исчисляемое порой сотнями тысяч тонн.

Несмотря на то, что постоянно осуществляется обширный комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности резервуарных парков в них, к сожалению, происходят пожары как в нашей стране, так и за границей. Это свидетельствует о проблеме пожарной защиты данных объектов, которая требует последующего усовершенствования.

Помимо проблемы снижения пожарной опасности резервуарных парков, существует и более актуальна проблема защиты окружающей среды от испарения нефтепродуктов. Меры борьбы с потерей углеводородов от испарений, которые используются в нашей стране, являются далеко не совершенными, они не ликвидируют их, а лишь сокращают потери.

Введение современных методов, исключая или ограничивающих при хранении потери от испарения нефтепродуктов и образование

взрывоопасных концентраций – вот решение проблемы снижения пожарной опасности резервуарных парков и защиты окружающей среды.

Актуальность работы заключается в том, что резервуарные парки представляют собой опасные объекты по пожарам и взрывам, которые нуждаются в постоянном переоборудовании с учетом новых современных средств пожарной защиты.

Объектом исследования был выбран резервуарный парк объекта ПВОО Саратовской области.

Целью данной работы является разработка мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность резервуарного парка ПВОО.

В соответствии с поставленной целью были поставлены следующие задачи:

1. Установить основные опасности исследуемого объекта и причины их возникновения на площадке резервуарного парка.

2. Рассчитать параметры, характеризующие взрывную и пожарную опасности.

3. Предложить (рекомендовать) организационно-технические мероприятия по повышению безопасности объекта и снижению риска возникновения ЧС на ПВОО.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Общая характеристика производства

Назначение объекта: очистка жидких нефтесодержащих шламов, отработанных масел или других нефтесодержащих продуктов, твердых нефтесодержащих отходов, ливневых стоков и технологической воды.

Производительность объекта:

Очистка жидких нефтесодержащих шламов – 50 м³ /ч;

Очистка отработанных масел или других нефтесодержащих продуктов – 10 м³ /ч;

Очистка твердых нефтесодержащих отходов – 10 т/ч;

Очистка ливневых стоков и технологической воды – 8 м³ /ч.

Количество технологических линий:

В производстве задействовано четыре технологические линии

Расчет вероятных зон действия поражающих факторов

Влияние на людей и оборудование опасных факторов пожара и взрыва будет поражающим фактором в случае аварии с выбросом горючей жидкости и последующим ее возгоранием или взрывом паров.

В связи с тем, что на объекте практически все взрывопожароопасное оборудование расположено на открытой площадке, там, где опасные факторы пожара: токсические продукты горения и термического разложения; дым; пониженная концентрация не будут иметь практического проявления, основными поражающими факторами здесь следует отметить:

тепловое излучение / воздействие открытого пламени,

ударная / взрывная волна

Зона действия поражающего фактора «тепловое воздействие открытого пламени» определяется двумя составляющими: масштабом зоны горения и расстоянием до объекта воздействия

Зона действия поражающего фактора «ударная (взрывная) волна» формируется, как правило, массой паров взрывоопасного вещества, участвующей во взрывном процессе, а также, расстоянием от эпицентра (места взрыва) и до объекта воздействия.

При нарушении герметичности сосуда, вылившаяся жидкость может остаться в пределах обвалования, либо, если обваловка отсутствует, растечься по поверхности грунта.

В условиях исследуемого объекта все емкости для отвода пролитого нефтепродукта в дренажную емкость имеют обвалование, либо сборную канаву по периметру площадки.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование	Обозначение	Дано
Наименование вещества: Нефть		
Объект разрушения: резервуар		
Объем цистерны, м ³	V _{цист.}	751
Степень заполнения цистерны, %	V _{зап}	80
Вид разрушения: полное разрушение		
Уклон поверхности: ровная поверхность (0-1 %)	K _{укл}	5
Исходная масса вещества, т	M _{вещ.}	519,692
Плотность жидкой фазы вещества, т/м ³	P1	0,865
Мольный объем, м ³ /кМоль	V ₀	22,413

Молярная масса, кг/кМоль	M_m	232
Нижний концентрационный предел распространения пламени, % (об.)	$C_{нкпр}$	1,2
Удельная теплота сгорания, кДж/кг	$Q_{сг}$	43641
Температура окружающей среды, °С	t^0	41
Время с начала аварии, сек.	$T_{ав}$	21600
Коэффициент учитывающий скорость ветра и температуру	N_k	1
Приведенная масса паров ЛВЖ, кДж/кг	Q_0	556.2
Температура вспышки паров, °С	$T_{всп}$	-38
Расстояние от очага пожара, м	$L_{ф}$	30,0
Плотность теплового излучения, кВт/м ²	$E_{ф}$	130
Давление насыщенных паров, кПа	$P_{ф}$	65

Расчет зон аварийного разлива

Площадь разлива всего объема нефтепродукта, м²

Площадь разлива всего объема жидкости, м²:

$$S_p = 5 * (V_{цист} * V_{зап} / 100) = 5 * (490 * 80 / 100) = 3004$$

Радиус окружности разлива, м:

$$R_p = (S_p / 3,14)^{1/2} = (3004 / 3,14)^{1/2} = 30,9$$

Расчет размеров взрывоопасных зон и избыточного давления взрыва ТВС

Интенсивность испарения кг / сек * м²

$$I_p = 10^{-6} * \sqrt{M_m} * P_n = 10^{-6} * \sqrt{232} * 65 = 0,0000996$$

Расчетная продолжительность времени полного испарения ГЖ, сек

$$T_r = M_{\text{вещ}} * 1000 / (I_p * S_p) = 519,7 * 1000 / (0,000996 * 3004) = 143463$$

Масса паров, испарившихся с поверхности разлива, кг.

$$M_p = I_p * M_p * S_p = 0,000996 * 21600 * 3004 = 64626,8$$

Плотность паров ГЖ, кг/ м³

$$P_{\Pi} = M_M / [V_o * (1 + 0,00367 * t^0)] = 232 / [22,413 * (1 + 0,00367 * 41)] = 8,997$$

Приведенная масса паров , кг

$$M_{\text{пр}} = 0,1 * (Q_{\text{сг}} / Q_0) * M_p = 0,1 * (43641 / 4520) * 64626,8 = 62397,7$$

Радиус зоны загазованности, м

$$X_{\text{нкпр}} = 3,2 * (T_{\text{ав}} / 1440)^{1/2} * (P_{\text{н}} / C_{\text{нкпр}})^{0,8} * [M_p / (P_{\Pi} * P_{\text{н}})]^{0,33} = 3,2 * (21600 / 1440)^{1/2} * (65 / 1,2)^{0,8} * [64626,8 / (8,997 * 65)]^{0,33} = 1427,21$$

Радиус зоны тяжелых поражений людей, м

$$R_{\text{тп}} = 3,8 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066 / M_p)^2]^{1/6} = 3,8 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066 / 64626,8)^2]^{1/6} = 111,8$$

Радиус зоны порога поражений людей, м

$$R_{\text{пп}} = 56 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066 / M_p)^2]^{1/6} = 56 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066 / 64626,8)^2]^{1/6} = 1662,6$$

Радиус зоны полных разрушений при взрыве облака ТВС, м

$$R_1 = 3,8 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066 / M_p)^2]^{1/6} = 3,8 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066 / 64626,8)^2]^{1/6} = 111,8$$

Избыточное давление при избытке облака ТВС на расстоянии R₁, кПа

$$dP_1 = P_A * [0,8 * M_{\text{пр}}^{0,33} / R_1 + 3 * M_{\text{пр}}^{0,66} / R_1^2 + 5 * M_{\text{пр}} / R_1^3] = 101 * [0,8 * 62397,7^{0,33} / 111,8 + 3 * 62397,7^{0,66} / 111,8^2 + 5 * 62397,7 / 111,8^3] = 27,9$$

Радиус зоны сильных разрушений при взрыве облака ТВС, м

$$R_2 = 5,6 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066 / M_p)^2]^{1/6} = 5,6 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066 / 64626,8)^2]^{1/6} = 179,1$$

Избыточное давление при избытке облака ТВС на расстоянии R₂, кПа

$$dP_2 = P_A * [0,8 * M_{\text{пр}}^{0,33} / R_2 + 3 * M_{\text{пр}}^{0,66} / R_2^2 + 5 * M_{\text{пр}} / R_2^3] = 101 * [0,8 * 62397,7^{0,33} / 179,1 + 3 * 62397,7^{0,66} / 179,1^2 + 5 * 62397,7 / 179,1^3] = 17,43$$

Радиус зоны средних разрушений при взрыве облака ТВС, м

$$R_3 = 9.6 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066/M_p)^2]^{1/6} = 9.6 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066/64626,8)^2]^{1/6} = 281,1$$

Избыточное давление при избытке облака ТВС на расстоянии R_3 , кПа

$$dP_3 = P_A * [0,8 * M_{пр}^{0,33} / R_3 + 3 * M_{пр}^{0,66} / R_3^2 + 5 * M_{пр} / R_3^3] = 101 * [0,8 * 62397,7^{0,33} / 281,1 + 3 * 62397,7^{0,66} / 281,1^2 + 5 * 62397,7 / 281,1^3] = 11$$

Радиус зоны умеренных разрушений при взрыве облака ТВС, м

$$R_4 = 28 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066/M_p)^2]^{1/6} = 28 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066/64626,8)^2]^{1/6} = 818$$

Избыточное давление при избытке облака ТВС на расстоянии R_2 , кПа

$$dP_4 = P_A * [0,8 * M_{пр}^{0,33} / R_4 + 3 * M_{пр}^{0,66} / R_4^2 + 5 * M_{пр} / R_4^3] = 101 * [0,8 * 62397,7^{0,33} / 818 + 3 * 62397,7^{0,66} / 818^2 + 5 * 62397,7 / 818^3] = 9,4$$

Радиус зоны слабых разрушений при взрыве облака ТВС, м

$$R_5 = 5,6 * (0,45 * M_p)^{0,33} / [1 + (7066/M_p)^2]^{1/6} = 5,6 * (0,45 * 64626,8)^{0,33} / [1 + (7066/64626,8)^2]^{1/6} = 1664$$

Избыточное давление при избытке облака ТВС на расстоянии R_2 , кПа

$$dP_5 = P_A * [0,8 * M_{пр}^{0,33} / R_5 + 3 * M_{пр}^{0,66} / R_5^2 + 5 * M_{пр} / R_5^3] = 101 * [0,8 * 62397,7^{0,33} / 1664 + 3 * 62397,7^{0,66} / 1664^2 + 5 * 62397,7 / 1664^3] = 8,621$$

Расчет плотности теплового излучения от факела

Диаметр факела от пожара, м

$$D_p = (4 * S_p / 3.14)^{0,5} = (4 * 3004 / 3.14)^{0,5} = 61,86$$

Коэффициент облученности между факелом пламени и облучаемым объектом

$$F_{обл} = [(D_p/2)^2 + L_\phi / ((D_p/2)^2 + L_\phi)^{1,5}] * [1 - 0,058 L_n(L_\phi)] = [30,93^2 + 30,0 / (30,93^2 + 30,0)^{1,5}] * [1 - 0,058 L_n(30,0)] = 0,31743$$

Плотность теплового излучения факела на расстоянии L_ϕ , кВт/м²

$$Q_{обл} = E_\phi * F_{обл} = 130 * 0,31743 = 41,266$$

Разработка мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность технологического процесса резервуарного парка

Из приведенного анализа пожарной опасности технологического процесса предприятия хорошо видно, что здесь имеется повышенная пожарная опасность. Это объясняется наличием большого количества нефти и нефтяных паров. Большая пожарная опасность резервуарного парка порождается возможностью образования взрывоопасных концентраций паров нефти из-за больших дыханий резервуаров и испарения вытекающей нефти при переливах резервуаров, утечек через сальники магистральных насосов и т.п.

Из анализа пожарной опасности следует сделать вывод, что технологический процесс резервуарного парка не в полной мере соответствует требованиям пожарной безопасности, в связи с чем для его противопожарной защиты предлагаются следующие технические решения:

- провести расчет защиты от разлива нефти при мгновенном разрушении резервуара;
- дать технико-экономическое обоснование вариантов защитных ограждений для резервуарного парка.

Защита от разлива нефти при мгновенном разрушении резервуара

Таким образом, для повышения безопасности персонала предприятия и сооружений объектов, которые могут оказаться в зоне опасного воздействия гидродинамической волны и сопутствующих ей опасных факторов пожара, необходимо применять специальные инженерные защитные сооружения.

Одно из наиболее эффективных и экономически целесообразных защитных сооружений – защитная стена с отбойным козырьком, способная не только удержать волну прорыва и весь объем разлившейся жидкости при

разрушении резервуара в заданных границах, но и свести к минимуму последствия гидродинамической аварии.

Параметрами, на основании которых осуществляется проектирование ограждающей стены, являются ее высота и динамические нагрузки, возникающие при взаимодействии волны прорыва с ограждающей стеной.

Высоту ограждающей стены определяют по номограмме на основании расчетной схемы. При определении оптимальной высоты стены исходят из особенностей планировочных решений резервуарного парка и необходимости устройства подслоного тушения в пространстве между ограждающей стеной и резервуаром.

Для наиболее неблагоприятного случая гидродинамического истечения конструкция ограждающей стены должна быть рассчитана на нагрузку, равную 150 тоннам на погонный метр.

Критерием эффективности защитного ограждения или системы преград является их способность воспринимать гидродинамические нагрузки волны прорыва (потока жидкости) и удерживать в заданных пределах весь объем вылившегося при разрушении резервуара нефти или нефтепродукта. Одним из эффективных технических решений, способных предотвратить неблагоприятные последствия гидродинамической аварии на резервуаре, является защитная стена, имеющая отбойный козырек, который позволяет значительно уменьшить высоту ограждающей стены.

Результаты многовариантных расчетов позволили определять оптимальную высоту защитной преграды, угол наклона и ширину отбойного козырька, необходимых для 100 % удержания потока гидродинамической волны в заданных границах замкнутого контура обвалования.

Так, для резервуара, наиболее оптимальные параметры защитной стены с отбойным козырьком на расстоянии 15 м от резервуара составят:

- высота рабочей части преграды: 3,34 м;
- длина вылета отбойного козырька: 0,9 м;
- угол наклона козырька: 45°.

Технико-экономическое обоснование земляного обвалования

В качестве базового варианта принимается вариант защиты резервуарного парка с земляным обвалованием.

В качестве проектируемого варианта принимается вариант защиты резервуарного парка с железобетонным обвалованием с отбойным козырьком.

Произведем расчет капитальных затрат по вариантам защиты

Земляное обвалование:

- периметр – 326 м^2 ;
- высота – $1,5 \text{ м}$;
- количество грунта на 1 м/п – 3 м^3 ;
- цена за 1 м^3 – 500 руб. ;
- общая стоимость обвалования – $326 \cdot 1500 = 489000 \text{ руб.}$;
- общая стоимость с учетом строительно-монтажных работ:

$K_1 = 489000 \cdot 1,8 = 880200 \text{ руб.}$ (здесь, $1,8$ – коэффициент, учитывающий стоимость строительно-монтажных работ, накладных расходов, плановых накоплений и транспортно-заготовительных расходов).

Определим эксплуатационные расходы.

$$C_i = C_{ам} + C_{тр},$$

где $C_{ам}$ – амортизационные отчисления: $C_{ам} = K_i \cdot N_{амi} / 100$ (здесь: $N_{амi}$ – норма амортизационных отчислений для соответствующего варианта защитной преграды: $N_{ам1} = 10\%$);

$C_{тр}$ – затраты на текущий ремонт и обслуживание: $C_{тр} = K_i \cdot N_{три} / 100$ (здесь: $N_{три}$ – норма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание для соответствующего варианта защитной преграды: $N_{три1} = 3\%$);

Тогда:

$$C_{ам1} = 880200 \cdot 10 / 100 = 88020 \text{ руб/год};$$

$$C_{три1} = 880200 \cdot 3 / 100 = 26406 \text{ руб/год};$$

Эксплуатационные расходы на содержание и ремонт защитных ограждений составят:

$$C_1 = 88020 + 26406 = 114426 \text{ руб/год};$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе был произведен анализ пожарной опасности технологического процесса резервуарного парка. Из анализа следует, что резервуарный парк имеет повышенную пожарную опасность.

Установлены основные опасности исследуемого объекта и причины их возникновения на площадке резервуарного парка.

Рассчитаны параметры, характеризующие взрывную и пожарную опасности.

Предложены организационно-технические мероприятия по повышению безопасности объекта и снижению риска возникновения ЧС на ПВОО.

Дано технико-экономическое обоснование вариантов защитных ограждений для резервуарного парка

Решение проблемы снижения пожарной опасности резервуарных парков и защиты окружающей среды возможно при своевременном внедрении современных методов, исключающих или ограничивающих при хранении потери от испарения нефтепродуктов и образование взрывоопасных концентраций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волков, О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами / О. М. Волков. М.: Недра, 2004. 360 с.
2. СНиП 2.11.03-93 Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. М. Госстрой России, 1993. 6 с.
3. Маковичук, К.И. Способы и методы обеспечения безопасности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов / К. И. Маковичук, И. Р. Киреев, З. А. Закирова, Р. А. Шайбаков // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. № 4. С. 194-201.
4. Коршак, А.А. Нефтебазы и АЗС. Учебное пособие по направлению «Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа» / А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. Уфа, 2006. 64 с.
5. Ханухов, Х.М. Техническое диагностирование и анализ безопасности эксплуатации резервуаров вертикальных стальных для нефти и нефтепродуктов. Электронный научный журнал / Х. М. Ханухов, Р. А. Шайбаков, Н. Х. Абдрахманов, А. Г. Марков // Нефтегазовое дело. 2013. № 4. С. 243-257.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. М.: Изд-во стандартов, 1991. 18 с.
7. ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. М.: Изд-во стандартов, 2012. 8 с.
8. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. М.: Изд-во стандартов, 2002. 35 с.
9. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А. Я. Корольченко. Справочник. М.: «Наука», 2000. 713 с.
10. Подавалов, Ю.А. Экология нефтегазового производства / Ю. А., Подавалов. Инфра-Инженерия. Москва. 2010. 416 с.

11. Воробьев, Ю.Л. «Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. М. Ин-октава, 2005. 480 с.
12. Лавриненко, И.В. Оценка пожарных рисков / И. В. Лавриненко, С. А. Донцов, Е. Ю. Нарусова, Д. Ю. Глинчиков, А. М. Королева // 2015. С. 238-243.
13. Литвинов, В.А. Совершенствование методов тушения пожаров на предприятиях нефтепереработки / В.А. Литвинов // Нефтяное хозяйство. М. Просвещение. 2016. № 9(1). С. 42-43.
14. Постановление Законодательного Собрания Краснодарского края от 29 июня 2016 г. N 2534-П «О мерах по обеспечению безопасности опасных производственных объектов, предотвращению аварийных ситуаций, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов, ликвидации их последствий и накопленного экологического ущерба».
15. Буцынская, Т.А. Метод оценки эффективности системы пожарной безопасности промышленного предприятия / Т. А. Буцынская, М. В. Землянухин // Пожаровзрывобезопасность. 2006. Т. 15. № 4. С. 58-61.
16. Пименов, А.А. О подходах и классификации отходов нефтегазовой отрасли и побочных продуктов нефтепереработки / А. А. Пименов, Д. Е. Быков, А. В. Васильев // Вестник Самарского государственного университета. Серия: технические науки. Самара. 2014. № 4. С. 183-190.
17. Петров, А.П. Аналитическая оценка образования горючей концентрации в резервуарах с нефтью и нефтепродуктами /А. П. Петров. // Технологии техносферной безопасности. 2009. № 3. С.9-18.
18. Нормы по проектированию и эксплуатации ЖБР и РВС с устройством купольной крыши и понтона из алюминиевых сплавов. М.: ОАО «АК«Транснефть», 2003.
19. Ситник, В.Г. Способы защиты от аварии на резервуарах с нефтепродуктами / В.Г. Ситник, Е.В. Складорова, В.Н. Лисица, В.Ф. Шарков. Нефтегазовое дело. Москва. 2014. 98 с.

20. Кожанова, Г.А. Нефтяные загрязнения, их биологическая активности и проблемы ликвидации / Г. А. Кожанова, Т. В. Васильева, И. С. Бобренкова, Т. В. Гудзенко // Микробиология. 1994. Т. 56. № 2. С. 68-69.
21. Якшибаев, И.Н. Идентификация опасностей на вертикальных стальных резервуарах / И. Н. Якшинбаев, И. Э. Лукьянова // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2015. № 1. С. 108-112.
22. Гайсин, Э.Ш. Современные методы оценки надежности резервуаров для нефти и нефтепродуктов / Э. Ш. Гайсин, М. Ш. Гайсин // Нефтегазовое дело. Санкт-Петербург. 2016. Т. 14. № 1. С. 92-99.
23. Нерубенко, А.С. О пожарной опасности аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / А. С. Нерубенко, М. А. Галишев, В. А. Ловчинков // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 3 (67). С. 95-100.
24. Кондрашова, О.Г. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров / О. Г. Кондрашова, М. Н. Назарова // Нефтегазовое дело. 2004. С. 103-106.
25. Швырков, С.А. Анализ статистических данных разрушений резервуаров / С. А. Швырков, А. Н. Шныков, В. Л. Семиков // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1996. № 5. С. 39-50.
26. Толкова, Т.С. Методы экологического мониторинга нефтяных загрязнений / Т. С. Толкова, М. Г. Куликова // Современные наукоемкие технологии. 2014. №5. С. 90-91.
27. Кармадонов, А.С. Эксплуатация и диагностика вертикальных резервуаров / А. С. Кармадонов, Э. М. Кичалюк, А. А. Золотухин, И. С. Поснов // ТехНадзор. 2015. № 11(108). С. 602-603.
28. Кантемиров, И.Ф. Метод оценки ресурса безопасной эксплуатации резервуаров с учетом коррозионно - механического и температурного воздействий / И. Ф. Кантемиров // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2010. № 4. С. 101-105.
29. Швырков, С.А. Особенности разработки сценариев возникновения и развития пожара (аварии) при разрушении резервуара / С. А. Швырков, С. А.

Горячев, В. В. Воробьев, А. П. Петров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. Воронеж. 2012. № 3. С. 54-57.

30. Смыков, В.В. О проблеме утилизации нефтесодержащих отходов / В. В., Смыков, Ю. В. Смыков, А. И. Ториков // Нефтяное хозяйство. Москва. 2005. № 3. С. 29-33.

31. Кобзарь, И.Г. Защита литосферы / И. Г. Кобзарь, В. В. Козлова. Процессы и аппараты защиты окружающей среды, Ч.1. Ульяновск: УлГТУ. 2007. 68 с.

32. Рахматуллин, Ш.И. Расчет текущих и минимально допустимых уровней взливов нефти в резервуарах при одновременной откачке их нефти / Ш. И. Рахматуллин, Г. Х. Садуева, В. Г. Карамышев // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2004. № 63. С. 159-165.

33. Швырков, С.А. Методика прогнозирования площадей разливов нефти и нефтепродуктов при разрушениях вертикальных стальных резервуаров / С. А. Швырков, С. В. Батманов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2008. № 1. С. 117-124.