

*Ханипов Азат Рузалимович*

*Магистрант УГНТУ*

*Россия, г. Уфа,*

*Научный руководитель:*

*Шингаркина Ольга Викторовна*

*доцент, к.т.н., УГНТУ*

## **СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ**

*Аннотация:* Резервуарные парки являются одним из основных технологических сооружений нефтеперекачивающих станций магистральных нефте- и продуктопроводов, центральных товарных парков нефтеперерабатывающих заводов, наливных станций, нефтебаз. В соответствии с положениями федерального закона № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» резервуары и резервуарные парки относятся к группе опасных производственных объектов, на которых могут происходить разливы нефтепродуктов, влекущие ущерб здоровью людей и окружающей природной среде, приводящие нередко к человеческим жертвам, а также к значительным материальным и финансовым потерям, нарушению условий жизнедеятельности людей, производственной деятельности предприятий.

Углубление переработки сырья влечет за собой концентрацию нефтепродуктов на единой площадке резервуарных парков, рост их энергооснащенности.

Учитывая, что производительность нефтеперерабатывающих заводов увеличивается с каждым годом, это означает наличие на площадке промышленного предприятия одновременно огромного количества

углеводородного топлива, энергосодержание которого эквивалентно нескольким десяткам мегатонн тротила. Это создает повышенную угрозу возникновения чрезвычайной ситуации.

Перечисленные особенности современной промышленности обуславливают ее высокую потенциальную опасность, масштаб аварийности и последствий аварий.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, резервуарные парки, риск, пирофорные отложения, риск, аварии.

**Annotation:** Tank farms are one of the main technological structures of oil pumping stations of main oil and product pipelines, central commodity parks of oil refineries, filling stations, oil depots. In accordance with the provisions of Federal Law No. 116-FZ "On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities", tanks and tank farms belong to the group of hazardous production facilities where oil spills can occur, causing damage to human health and the environment, often leading to human casualties, as well as to significant material and financial losses, violation of the living conditions of people, production activities of enterprises.

Deepening processing of raw materials entails the concentration of oil products on a single site of tank farms, an increase in their energy supply.

Considering that the productivity of oil refineries is increasing every year, this means that there is a huge amount of hydrocarbon fuel at the site of an industrial enterprise, the energy content of which is equivalent to several tens of megatons of TNT. This creates an increased threat of an emergency.

The listed features of modern industry determine its high potential hazard, the scale of accidents and consequences of accidents.

**Key words:** industrial safety, tank farms, risk, pyrophoric deposits, risk, accidents.

Основную опасность для промышленных территорий объектов нефтехимических производств представляют выброс опасных веществ,

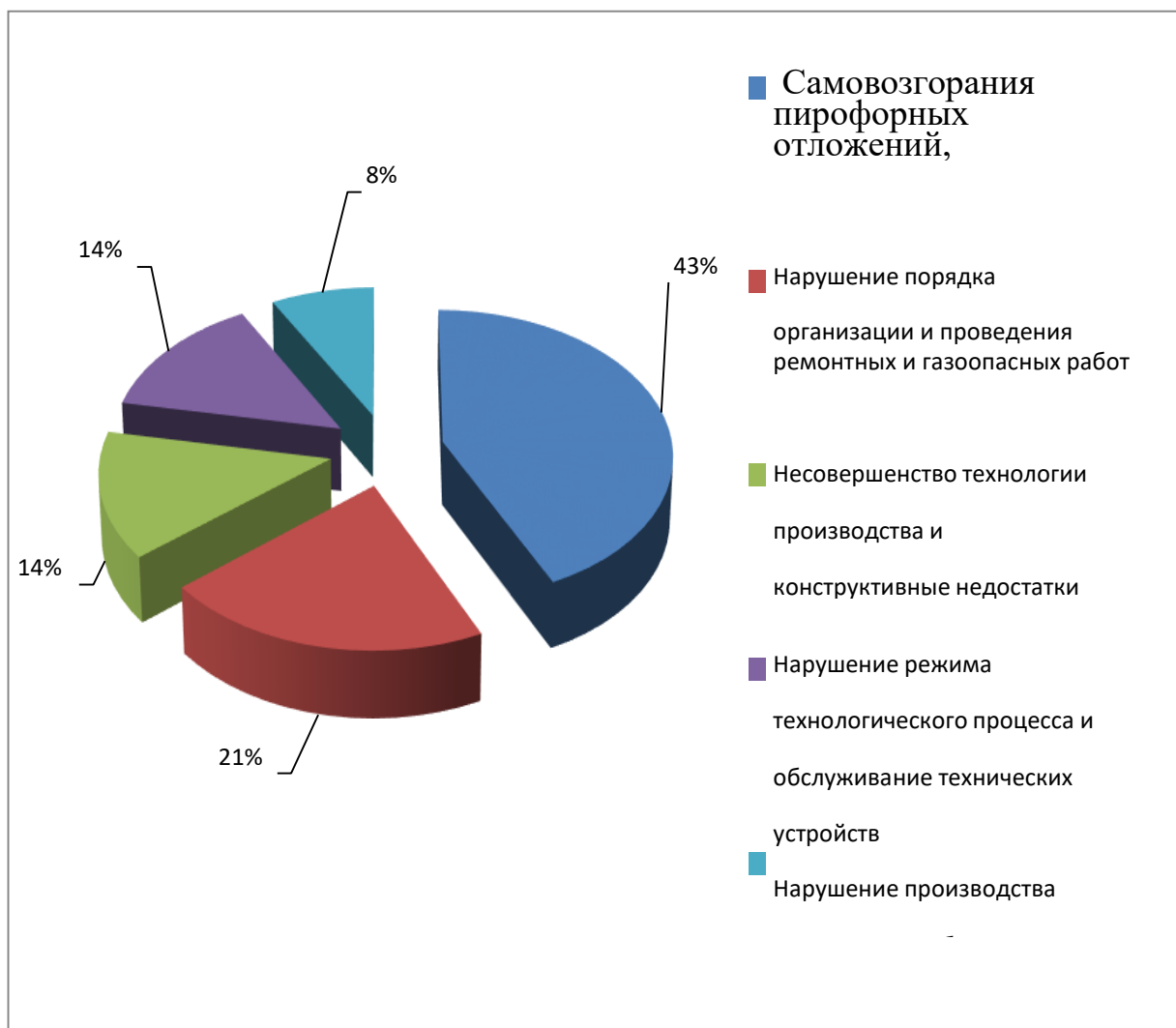
пожары и взрывы. Из общего количества аварий за 2019 г. 21% аварий связан с взрывами, доля которых по сравнению с тем же периодом 2018 г. уменьшилась на 12 %. Увеличилось количество аварий по виду «пожар», доля которых возросла с 28 % до 43 %. Уменьшилось количество аварий, связанных с выбросами опасных веществ, доля которых от общего вида аварий составляет 36 %, что на 3 % меньше, чем за тот же период 2018 г.[1].

Пожары и взрывы на открытых технологических установках возникают в ситуациях, которые характеризуются неконтролируемым выбросом горючих сред в атмосферу, образованием взрывопожароопасного облака ТВС (загазованностью территории) и наличием источника зажигания. Аварии перечисленного типа называют «основными опасностями нефтехимической промышленности».[1]

По статистике Ростехнадзора, до 2019 года наблюдается стабильно высокий уровень аварийности и смертельного травматизма на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической промышленности и объектах нефтепродуктообеспечения. Так в сравнении с 2018 годом за 12 месяцев 2019 года количество аварий увеличилось на 25 процентов, также возросло количество случаев смертельного травматизма (в 2,7 раза). В 2019 году наблюдается снижение числа аварий (18 против 20 за 2018 г.), в том числе погибших (13 против 16 в 2018 г.) [2].

Анализ результатов расследования причин аварий, происшедших в 2019 г., показывает, что наибольшее их количество — 43 % произошло по причине неосторожного обращения с огнем, поджогов и других источников возгорания, самовозгорания пирофорных отложений, 21 % аварий — по причине нарушения порядка организации и проведения ремонтных и газоопасных работ. Несовершенство технологии производства и конструктивные недостатки технических устройств явились причинами 14 % аварий. Так же 14 % аварии произошло по причине нарушения режима технологического процесса и обслуживания технических устройств.

Нарушение производства маневровых работ явились причинами 7 % аварий (рисунок 1).



**Рисунок 1. Причины аварий, происшедших в 2019 г.**

Все более развивающаяся нефтеперерабатывающая промышленность сопровождается ростом количества аварийных ситуаций и негативных последствий, связанных с загрязнением окружающей среды.

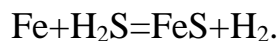
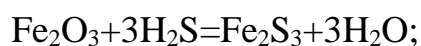
Основными проблемами, которые связаны с обеспечением промышленной безопасности на объектах, занимающихся хранением опасных веществ, являются:

- значительный износ оборудования;
- образование пирофорных соединений;

- отсутствие программ по техническому перевооружению, а также модернизации объектов хранения опасных веществ;
- отсутствие проведения оценки рисков;
- неэффективное проведение работы служб производственного контроля;
- неэффективное проведение работы по обучению персонала.

Повышенная опасность обслуживания емкостного оборудования в условиях наличия на их стенках пирофорных отложений требует использования комплекса мер, обеспечивающих, с одной стороны, предотвращение их самопроизвольного возгорания, а с другой - недопущение ситуаций, когда при возгорании пирофорных отложений мог бы произойти взрыв и пожар.

Пирофорные отложения - вещества, способные при взаимодействии с кислородом воздуха самовозгораться. Основная причина их взаимодействия с кислородом воздуха и окисления - наличие в их составе сульфидов железа, которые образуются в результате реакции железа и оксидов с сероводородом и элементарной серой. Основная часть пирофорных отложений образуется на внутренней поверхности резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Основные реакции образования сульфидов в пирофорных отложениях:



Для предотвращения образования пирофорных отложений необходимо исключить взаимодействие сероводорода с железом и оксидами железа на внутренней поверхности резервуаров. Для этого можно использовать покрытия, устойчивые к воздействию нефти и нефтепродуктов [3].

Известен способ предотвращения образования пирофорных отложений из сероводородсодержащих нефтепродуктов (Патент на изобретение RU 2253698C1, МПК C23F 15/00, C01G 49/12, 2005 г.), заключающийся в

заполнении свободного пространства резервуаров, содержащих нефть и нефтепродукты, газообразным азотом с избыточным давлением 50-500 мм вод. ст. и содержанием свободного кислорода не более 5 об. %. Недостатком этого способа является его дороговизна за счет необходимости установки оборудования для поддержания давления газообразного азота в паровоздушном пространстве резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов.

Существует способы обработки пиррофорных отложений различными веществами для их дезактивации либо окисления: использование ингибитора ИНФХ-1 (SU 825102, 30.04.1981), трилона Б (SU 1404462, 23.06.1988), водного раствора гидролизованного привитого сополимера акрилонитрила и бутадиенстирольного каучука (SU 1404463, 23.06.1988) для снижения скорости реакции окисления, использование в качестве дезактиватора культуры тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* (патент на изобретение ЕА 201500894А1, МПК С01G 49/12, В01D 53/84, С12N 1/20, С12R 1/01, 2016 г.) и другие.

Недостатками этих способов является дороговизна (использование дорогих реагентов), сложность доставки реагентов. Также они предусматривают обработку уже образовавшихся отложений и не предназначены для защиты от их образования. Такие способы остаются пожароопасными, т.к. требуют опорожнения резервуаров перед их обработкой, что не исключает возможности самовозгорания пиррофорных отложений.

Полиуретановое покрытие является устойчивым к воздействию нефти и нефтепродуктов, однако не является надежной защитой от воздействия сероводорода, содержащегося в нефти и нефтепродуктах.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является получение масло-бензостойкого покрытия с защитными свойствами от

образования пиррофорных отложений и снижение скорости коррозии металлической поверхности.

Новым в рецептуре состава является сочетание полиуретановой смолы с диоксидом титана, мас.ч.: полиуретановая смола 100; диоксид титана 1,0-1,5; отвердитель – 26, растворитель Р-4 20. Добавление диоксида титана, являющегося катализатором окисления сернистых соединений, позволяет снизить количество сероводорода, который взаимодействует с железом в стенке резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов [5]/

Техническую сущность и преимущества предлагаемого состава иллюстрируют следующие примеры:

1. В 100 мас.ч. полиуретановой смолы при постоянном перемешивании вводят 20 мас.ч. растворителя Р-4, 26 мас.ч. отвердителя. В качестве материала образцов для всех видов испытаний использовали образцы из малоуглеродистой стали типа Ст3 размерами 100×40×4 мм. Подготовка включала в себя очистку поверхности растворителем (Растворитель универсальный №1) и последующую ручную чистку абразивной шкуркой с последовательным применением шкурок Р60, Р100, Р120. Нанесение состава на стальные образцы производили при помощи кисти. Получаемые покрытия сушили в естественных условиях при относительной влажности воздуха 55-60% в течение 10 дней. Толщина покрытия во всех случаях составляла 100-130 мкм. Оценку адгезии проводили в соответствии ГОСТ 32702.2-2014. Стойкость покрытия к статическому воздействию жидкости (прямогонный бензин) оценивали по ГОСТ 9.403-80 (метод А) по визуальному состоянию внешнего вида и изменению адгезии покрытий. Коррозионную стойкость покрытия оценивали по ГОСТ Р 9.905-2007.

2. В 100 мас.ч. полиуретановой смолы при постоянном перемешивании вводят последовательно 1 мас.ч. диоксида титана, 20 мас.ч. растворителя Р-4, 26 мас.ч. отвердителя. Проведение испытаний проводилось аналогично с примером 1.

3. В 100 мас.ч. полиуретановой смолы при постоянном перемешивании вводят последовательно 1,3 мас.ч. диоксида титана, 26 мас.ч. отвердителя. Проведение испытаний проводилось аналогично с примером 1.

4. В 100 мас.ч. полиуретановой смолы при постоянном перемешивании вводят последовательно 1,5 мас.ч. диоксида титана, 20 мас.ч. растворителя Р-4, 26 мас.ч. отвердителя. Проведение испытаний проводилось аналогично с примером 1.

5. В 100 мас.ч. полиуретановой смолы при постоянном перемешивании вводят последовательно 1,7 мас.ч. диоксида титана, 20 мас.ч. растворителя Р-4, 26 мас.ч. отвердителя. Проведение испытаний проводилось аналогично с примером 1.

В табл. 1 дана рецептура предлагаемого состава. В табл. 2 представлены данные по физико-механическим и защитным свойствам.

**Таблица 1.**

**Рецептура предлагаемого состава**

Наименование компонента	Содержание в композициях, масс. ч.			
	1 Известная	Предлагаемая по примеру		
		2	3	4
Полиуретановые смолы «АРМОРА» ДТМ 113	100	10 0	10 0	10 0
Диоксид титана	-	1	1,3	1,5
Отвердитель	26	26	26	26
Растворитель Р-4	20	20	20	20

**Таблица 2.**

**Данные по физико-механическим и защитным свойствам**

Свойство	Композиция			
	1 Известная	Предлагаемая по примеру		
		2	3	4



Адгезия, баллы	1	1	1	1
Стойкость покрытия к статическому воздействию прямогонного бензина при температуре (20±2)°С через 30 суток. Визуально	Без изм.	Без изм.	Без изм.	Без изм.
Стойкость покрытия к воздействию сероводорода при концентрации 1000 мг/м <sup>3</sup> при температуре (20±2)°С через 30 суток. Визуально	Следы коррозии	Без изм.	Без изм.	Без изм.
Стойкость коррозии покрытия к воздействию сероводорода при концентрации 1000 мг/м <sup>3</sup> при температуре (20±2)°С через 30 суток, мм/год	0,084	-	-	-

Изменение содержания диоксида титана приводит к изменению свойств получаемого покрытия. Увеличение стойкости покрытия и снижение скорости коррозии при воздействии сероводорода осуществляется за счет каталитического воздействия диоксида титана. Снижение скорости коррозии говорит об отсутствии возникновения пирофорных отложений, так как наблюдается снижение образования продуктов коррозии [4].

В целях предотвращения образования пирофорных отложений на стенках резервуаров предлагается использовать защитный состав от образования пирофорных отложений, образованных соединениями сероводорода с железом. Изобретение относится к защитным составам на основе полиуретана, позволяющим защитить от образования пирофорных отложений металлические поверхности, и может быть использовано в нефтегазовой отрасли.

Полиуретановое покрытие является устойчивым к воздействию нефти и нефтепродуктов, однако не является надежной защитой от воздействия сероводорода, содержащегося в нефти и нефтепродуктах.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является получение масло-бензостойкого покрытия с защитными свойствами от образования пиррофорных отложений и снижение скорости коррозии металлической поверхности.

Изменение содержания диоксида титана приводит к изменению свойств получаемого покрытия. Увеличение стойкости покрытия и снижение скорости коррозии при воздействии сероводорода осуществляется за счет каталитического воздействия диоксида титана. Снижение скорости коррозии говорит об отсутствии возникновения пиррофорных отложений, так как наблюдается снижение образования продуктов коррозии.

#### **Список использованной литературы:**

- 1 Худошин, А.А. Ремонт по фактическому состоянию - возможность ресурсосбережения / А.А. Худошин // Сборник докладов V Международной научной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» – Донецк; ДонНТУ, 2016. – 45 с.
- 2 Томазова, О.В. Формирование системы технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию нефтяного оборудования / О.В. Томазова // Вопросы экономики и права: науч. информ. журнал / ООО Экономические науки. – Москва ; Роспечать, 2015. – № 48. – С. 55–59.
- 3 Багров, А.И. Техногенные системы и теория риска. [Текст] / А.И. Багров, И.К. Мурзатов. - Рязань: РГУ имени С.А. Есенина. -2015. -205 с.
- 4 Защитный состав от образования пиррофорных отложений, образованных соединениями сероводорода с железом [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/RU2737908C1>

5 Кукин, П.П. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие / П.П. Кукин, Н.Л. Лапин. – 1-е изд., стереотип. – М.: Мир, 2017. – 398 с.