

УДК 66.087.7

*Клунная К.В.,  
студент магистратуры  
3 курс, направление 21.04.01 Нефтегазовое дело (программа  
Технологии транспорта и хранения нефти и газа в сложных природно-  
климатических условиях)  
Тюменский индустриальный университет  
Россия, г. Надым*

## **КАТОДНАЯ ЗАЩИТА РЕЗЕРВУАРОВ ОТ КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕФТЯНЫХ СРЕД**

***Аннотация:** Надежная антикоррозионная защита внутренней поверхности резервуаров, предназначенных для хранения горюче-смазочных материалов, продолжает оставаться актуальной задачей как при строительстве новых, так и при капитальном ремонте старых резервуаров. В статье описан метод катодной защиты, который позволяет резко сократить затраты на ремонт и обслуживание данного вида защиты от коррозии внутренней поверхности резервуара, повысить надежность, долговечность и безопасность ее работы. Рассмотрена проблема коррозионного износа оборудования, зоны коррозии, пассивная и активная защита, выбран перспективный путь внедрения протекторной защиты резервуара.*

***Ключевые слова:** коррозия, протектор, анод, катод. ГСМ, резервуары, нефтепродукты, лакокрасочные покрытия, протекторная защита, поверхность.*

***Annotation:** Reliable anti-corrosion protection of the internal surface of tanks intended for storage of crude oil and oilfield media continues to be an urgent task both in the construction of new and major repairs of old tanks. The article*

*describes the method of cathodic protection, which allows you to sharply reduce the cost of repair and maintenance of this type of protection against corrosion of the inner surface of the tank, increase the reliability, durability and safety of its operation. The problem of corrosion wear of equipment, corrosion zones, passive and active protection is considered, and a promising way of implementing reservoir protection is selected.*

**Keywords:** *corrosion, protector, anode, cathode. Fuel, tanks, oil products, paint coatings, tread protection, surface.*

Одной из стран, которые вносят наиболее существенный вклад в нефтедобычу, является Россия [1], в связи с чем существует большая потребность в строительстве современных стальных резервуаров для хранения нефтепродуктов. Тенденция увеличения количества и размеров резервуаров и резервуарных парков приводит к повышению уровня ответственности и опасности этих сооружений [2]. К их конструкциям предъявляются следующие требования: они должны обеспечивать безопасное хранение продукта, быть простыми в изготовлении и монтаже, а также иметь невысокую металлоемкость. Помимо этого, в процессе эксплуатации возникают различные дефекты и повреждения, среди которых наиболее часто проявляется коррозия (порядка 30 % от общего количества повреждений) [3].

В резервуарах возможно два варианта возникновения коррозии. Первый - химическая коррозия в неэлектролитах, т.е. жидких средах, не обладающих свойством электропроводности (система «нефтепродукт + металл»). Здесь причиной развития коррозионных процессов является наличие в составе продукта таких составляющих, как сера, сероуглерод, сероводород, тиолы, тиофены и т.д., способных непосредственно вступать во взаимодействие с металлом [4]. Но в реальных условиях в составе нефтепродуктов обычно содержится свободная или растворенная вода, которая вызывает электрохимическую коррозию, наиболее характерную для резервуаров.

В объеме ГСМ происходит конденсация паров воды, после чего капли проникают к металлическим поверхностям, увлекая за собой продукты окисления компонентов нефтепродуктов, способные растворяться в воде, и нерастворимые малостабильные соединения. Процесс конденсации влаги возникает при изменении температуры стенок резервуара или самого продукта, поэтому практически постоянно между металлом и нефтепродуктом имеется водная пленка, которая запускает механизм электрохимической коррозии. Следует отметить, что еще более интенсивно коррозионные процессы происходят в днище и первом поясе стенки, где находится слой подтоварной воды.

Особенность коррозионного разрушения внутренней поверхности кровли, а также верхней части стенки заключается в контакте с паровоздушной смесью. Интенсивность процессов коррозии в данном случае зависит не только от хранимого материала, но и от влажности и состава воздуха, подсасываемого в резервуар через патрубки в крыше.

При понижении температуры кровли и стенки резервуара на их внутренней поверхности, находящейся в контакте с газовым пространством, происходит выпадение конденсата и его насыщение кислородом. Из-за присутствия воды (электролита) и кислорода (активного деполяризатора) возникает процесс электрохимического разрушения металла.

Металлические конструкции с той или иной степенью интенсивности подвергаются коррозионным процессам. В условиях эксплуатации нефтедобывающих промышленных узлов большую коррозионную нагрузку несут стальные вертикальные резервуары [1]. Это обусловлено условиями их эксплуатации и свойствами агрессивных сред, воздействующих на металл резервуаров. И часто именно устойчивость к коррозионному разрушению является основным фактором, определяющим срок службы вертикальных стальных резервуаров (РВС). В ходе эксплуатации РВС подвергаются коррозионному воздействию как с наружной, так и с внутренней сторон.

Снаружи РВС корродируют под воздействием атмосферной влаги и частиц агрессивных веществ. Внутри резервуаров степень коррозии зависит от частоты заполнения и опустошения их ГСМ, химического состава ГСМ, а также количества подтоварной воды. Результаты коррозионного процесса наиболее отчетливо выражены на внутренней поверхности стен РВС в местах раздела двух сред, например «ГСМ — подтоварная вода», «ГСМ — паровоздушная смесь». На интенсивность коррозионного процесса помимо агрессивной среды оказывают влияние и температура окружающей среды, и антикоррозионная стойкость стали, из которой изготовлен резервуар.

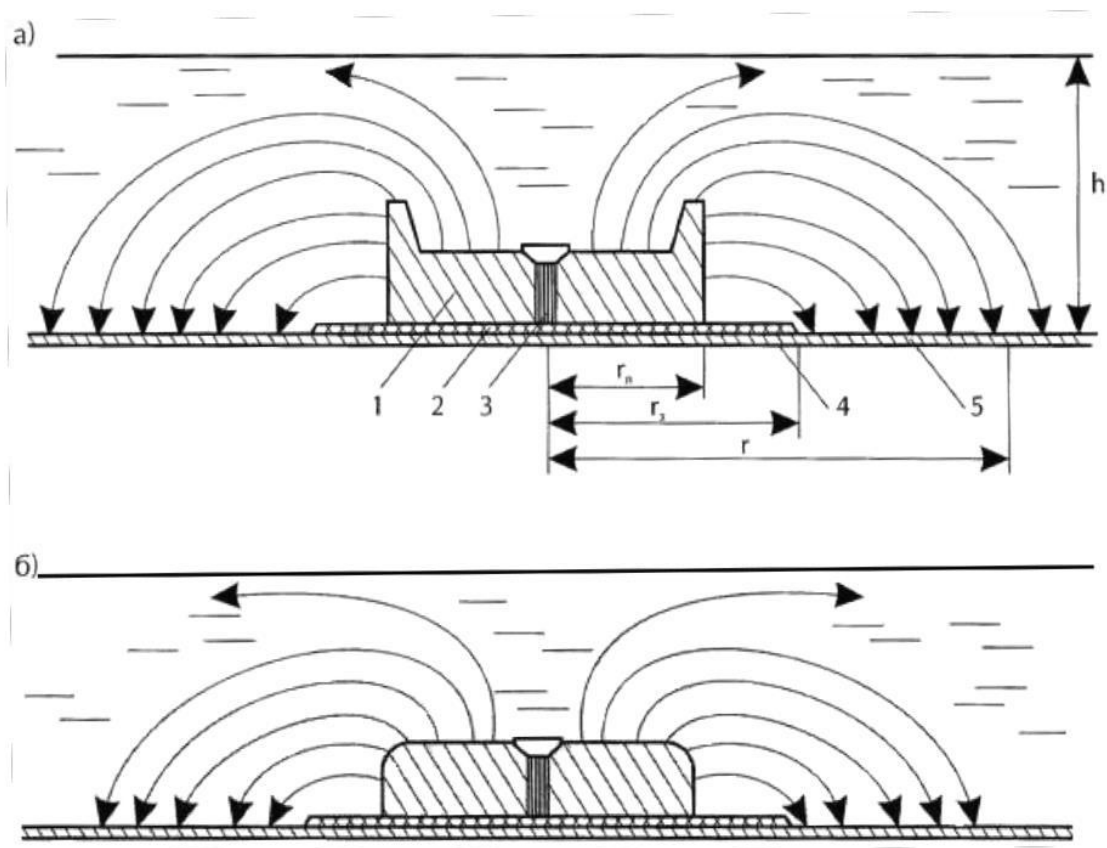
Актуальной задачей является повышение качества защиты в состоянии нормального (безаварийного) функционирования в течение возможно более длительного периода при существенном снижении эксплуатационных расходов. Одним из определяющих факторов решения поставленной задачи является вопрос защиты резервуаров от коррозионного воздействия нефтяных сред.

Внутри резервуара выделяют три коррозионные зоны. Первая зона — крыша и верхние пояса корпуса резервуара. Здесь коррозия происходит за счет образования на поверхности металла пленки влаги, которая насыщается кислородом воздуха, углекислым газом и сероводородом. Скорость коррозионного разрушения металла в этой зоне порядка 1-1,5 мм/год. Ко второй зоне относят днище и первый пояс резервуара, где основным коррозионным агентом является подтоварная вода с растворенным в ней кислородом воздуха, а также солями магния, натрия, кальция, и др. Третья зона — область попеременного смачивания стенки резервуара ГСМ подтоварной водой.

Защита днищ резервуаров от коррозии различного рода покрытиями не обеспечивает их сохранности на длительный срок. Электрохимический метод защиты резервуаров с помощью протекторов является наиболее эффективным, простым и экономически целесообразным, к тому же он надежно

предохраняет металлические конструкции от коррозии и прост в эксплуатации.

Протекторная защита является разновидностью катодной защиты. Принцип действия протекторной защиты заключается в создании защитного потенциала на резервуаре при протекании тока в гальванической паре «дно-протектор». К защищаемой конструкции присоединяют более электроотрицательный металл - протектор, который при замыкании цепи становится анодом, растворяясь в среде, тем самым защищает от разрушения основную конструкцию — аппарат, который, в свою очередь, становится катодом. После полного растворения протектора или потере контакта с защищаемой конструкцией, протектор требует замены (рис. 1) [3].



**Рис. 1. Схема протекторной защиты от коррозии дна резервуара: а) протектор только установлен; б) протектор начал разрушаться, защищая основной металл от коррозии. 1 - протектор; 2 - изолирующий экран; 3 - изолированный проводник; 4 - дно резервуара; 5 - электролит.**

Состояние антикоррозионной защиты внешней поверхности наземных резервуаров сотрудники технических служб должны проверять с определенной периодичностью. В ходе проверки выявляют наличие дефектов во внешнем слое защитного покрытия, однородность антикоррозионных покрытий по всей внешней поверхности, степень адгезии защитного покрытия к металлической поверхности резервуара.

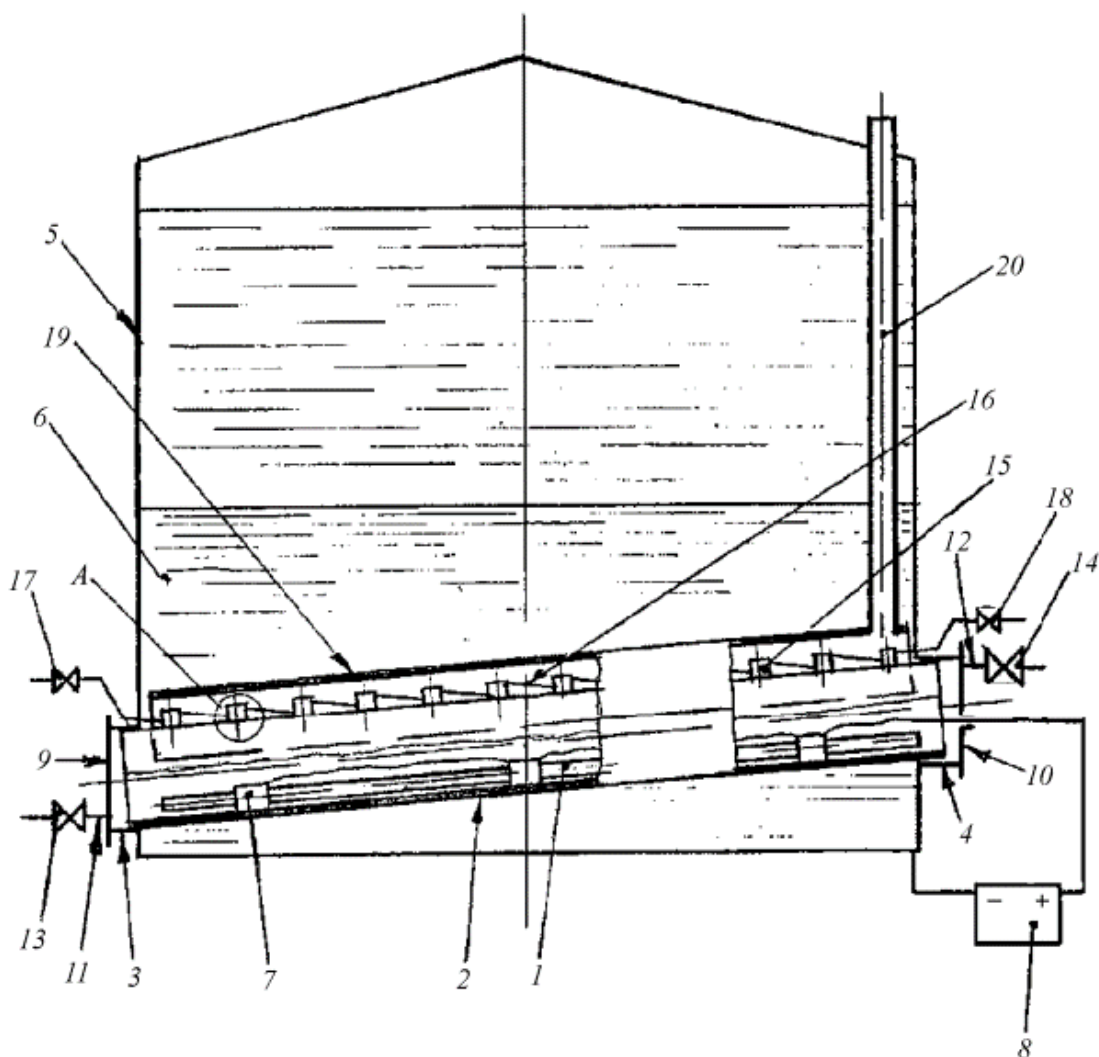
Работы по защите от коррозии внешней поверхности наземных резервуаров нужно проводить, опираясь на рекомендации нормативных документов и используя новейшие достижения науки.

В ходе предварительных работ на внешней поверхности резервуаров ручным или механизированным способами удаляются поврежденный защитный слой и следы коррозии. Ржавчина с металлической поверхности удаляется механическим способом. При этом используются механические шкурки № 25, 16 и 12 и металлические щетки, или химическим способом с применением при этом моющего средства, состоящего из 35 % фосфорной кислоты, 20 % этилового спирта, 5 % бутилового спирта, 1 % гидрохинона и 39 % воды. Моющий состав наносят на корродированную поверхность на 3...5 мин, затем состав вместе с продуктами коррозии смывают горячей водой и поверхность протирают насухо. Механической очистке и обезжириванию подвергается вся внешняя поверхность резервуаров. Обработанную поверхность тщательно протирают и просушивают. Данный моющий состав используется более 50 лет и доказал свою эффективность. Можно использовать и другой состав, содержащий (% мае.): ортофосфорную кислоту 33.0...35.0; этиловый спирт 7,5...8.5; бутиловый спирт 0.7...1.0; гидрохинон 0.09...0.11; воду жесткостью не более 4 мг-экв/л - в остальной части.

На обработанную поверхность резервуаров ровным слоем наносят грунт, используя пневматический распылитель с учетом необходимости исключения образования подтеков. Эти действия направлены на защиту металла от коррозии и сцепляемость лакокрасочных покрытий с металлом.

После завершения вышеуказанных работ на внешнюю поверхность наземных резервуаров наносят лакокрасочные покрытия светлых тонов, обладающие теплоотражающим эффектом и антикоррозионными свойствами. В результате окрашенная поверхность должна иметь одинаковую толщину покрытия.

Защита днища резервуара от коррозии имеет важное значение. В результате сквозных коррозионных разрушений днищ резервуаров появляется необходимость их замены уже после 5...6 лет эксплуатации при том, что диаметр днища, например для РВС-20000, составляет почти 50 м. От почвенной коррозии днища резервуаров защищают гидроизоляционным слоем, а также применяют электрохимическую защиту, представленную разновидностями: катодной и протекторной [7]. Рассмотрим один из вариантов устройства катодной защиты для борьбы с коррозией внутренней поверхности резервуара [4].



**Рис. 2. Резервуар и устройство для катодной защиты от коррозии его внутренней поверхности**

Устройство для катодной защиты от коррозии внутренней поверхности резервуара состоит (рисунок) из анода 1, размещенного в замкнутом полом цилиндрической формы диэлектрическом экране 2, установленном под углом не менее  $3^\circ$  к горизонту обоими открытыми концами в полостях люков 3 и 4 в нижней части резервуара 5, занимаемой водной фазой 6 содержимого. Сопряжение концов диэлектрического экрана 2 и люков 3, 4 герметично уплотнено. Анод выполнен в виде единого токопроводника с равномерно размещенными на нем контактными соединениями 7, подключенными каждый из них к положительному полюсу источника 8 защитного тока, отрицательный полюс которого подсоединен к резервуару 5. В крышках 9 и 10



люков 3, 4 установлены патрубки 11 и 12 с запорными кранами 13, 14, сообщающие с наружным пространством замкнутую единую герметичную полость, состоящую из полостей люков 3, 4 и полости диэлектрического экрана 2, причем верхнюю ее часть через патрубок 11, нижнюю – через патрубок 12. В верхней образующей диэлектрического экрана 2 выполнен ряд конических отверстий, в направляющих 15 в которых установлены управляемые полые поплавковые клапаны, сообщенные полостями между собой гибкой транзитной магистралью 16, подключенной к полостям поплавковых клапанов в верхней их части со стороны, обращенной вверх по уклону диэлектрического экрана 2, и в нижней части – с противоположной стороны. Концы гибкой транзитной магистрали 16 выведены за стенки резервуара 5 и заканчиваются запорными кранами 17 и 18. Параллельно диэлектрическому экрану 2 над поплавковыми клапанами установлен защитный экран 19 в виде сектора полого цилиндра с углом  $120...160^\circ$ , эквидистантного диэлектрическому экрану 2. Из полости защитного экрана 19, в верхней ее части, выведена за пределы резервуара 5 вытяжная труба 20.

Устройство для катодной защиты от коррозии внутренней поверхности резервуара работает следующим образом.

При включении источника 8 защитный ток через равномерно размещенные контактные соединения 7 поступает на анод 1, равномерно распределяясь по нему, и через открытые отверстия и зазор между направляющей 15 и поплавковым клапаном и водную фазу 6 втекает в резервуар 5 по всей его внутренней поверхности, контактирующей с водной фазой 6, осуществляя катодную защиту ее от коррозионного действия водной фазы 6. Продукты разложения анода 1 скапливаются вокруг него, плотно обволакивают его слоем со всех сторон и тем самым создают дополнительное сопротивление растеканию защитного тока в водной фазе 6, снижая эффективность работы катодной защиты [6].

Таким образом, применение описанного устройства катодной защиты позволит резко сократить затраты на выполнение работ по защите от коррозии внутренней поверхности резервуара, повысить надежность, долговечность и безопасность его работы.

#### **Список литературы:**

1. Абрамов Д.А. Способы защиты резервуаров от коррозии/ Д.А. Абрамов – Текст: непосредственный// Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» 10-21 апр. 2017 г. – Комсомольск-на-Амуре, 2017. – С. 6-8.
2. Альаяни А.М. Разработка композиционных покрытий для внутренней и наружной защиты резервуаров для сбора и хранения нефтепродуктов, месторождений Республики Йемена / А.М. Альаяни. - Москва, 2012. - 120 с.
3. Глазов Н.П. Защита стальных резервуаров от внутренней коррозии/ Н.П. Глазов, В.К. Уткин: труды ЦНИИТЭнефтехим. - Москва: ЦНИИТЭнефтехим, 1973. - С. 3-6.
4. Данилевская Л.П. Параметры протекторной защиты стали в подтоварных водах/ Л.П. Данилевская, Е.Я. Люблинский, А.А. Хоникевич// РНТС «Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности»: труды ВНИИОЭНГ. – Москва, 1981. - С. 7.
5. Красиков Д.В. Повышение ресурса стальных вертикальных резервуаров на основе использования лакокрасочных покрытий и ингибиторов / Д.В. Красиков - Уфа, 2005. - 139 с.
6. Нефтяная отрасль России: итоги 2019г. и перспективы на 2020г. Часть 1: Сценарии добычи и доходов бюджета. – Текст: электронный. – URL: <http://www.vygon.consulting.ru> (дата обращения: 30.03.2020).
7. Рыбакова Л.Ю. Факторы, влияющие на несущую способность элементов металлических конструкций, подверженных коррозионному

износу/ Л.Ю. Рыбакова, Е.А. Адякова// Перспективы развития научных исследований в 21 веке: сборник материалов 12-й международной науч.-практ. Конф. - Махачкала: ООО «Апробация», 2016. - С. 20-23.

8. Рыбакова Л.Ю. Зависимость показателей коррозионной стойкости от разных критериев/ Л.Ю. Рыбакова, Е.А. Адякова// Студенческая наука. Исследования в области архитектуры, строительства и охраны окружающей среды: Тезисы докладов 36-й Всероссийской студенческой научно-технической конференции. - Самара: АСИ СамГТУ, 2017. - С.395-396.

9. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов / П.И. Тугунов, В.Ф. Новосёлов, А.А. Коршак, А.М. Шаммазов - Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2012. - 658 с.

10. Уткин Б.К. Протекторная защита стальных резервуаров от коррозии, вызываемой подтоварной водой/ Б.К. Уткин: труды ОНТИ ВНИИСТА. – Москва, 1958. - С. 3-29.