

УДК 620.197

## **ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОТЕКТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ИЗ ВТОРИЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

***Н.Г. Кац, С.В. Васильев***

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Рассмотрены вопросы применения вторичных алюминиевых сплавов в качестве протекторов. Представлены характеристики сплавов, выбор их типоразмера и свойства в случае применения их для защиты нефтяных резервуаров. Показаны конструкции протекторов, их типоразмеры, особенности применения в тех или иных случаях эксплуатации. Представлены характеристики протекторов, изготавливаемых из вторичных алюминиевых сплавов. Проведены испытания по определению скорости саморастворения протекторных сплавов и определены зависимости потенциалов протекторов от концентрации раствора. Даны рекомендации по определению материального исполнения протекторов, их типоразмеры и область применения в зависимости от способа хранения нефтепродукта.*

**Ключевые слова:** резервуар, протекторная защита, вторичные сплавы.

В нефтяной промышленности используется большое количество стальных вертикальных резервуаров различной вместимости для хранения и обработки нефти и нефтепродуктов. Функционирующий резервуарный парк имеет большую массу – около 5 млн т металла [1]. Срок службы резервуаров зависит от типа хранимого продукта и колеблется от 15 лет для подготовки нефти и бензина до 1 года и менее (отдельные элементы резервуаров) для высокосернистых обводненных нефтей, содержащих углекислый газ.

В последние годы наблюдается явная тенденция к возрастанию обводненности нефти. При хранении нефти в резервуарах вода, содержащая растворимые соли, находится в нижней части резервуара и является электролитической средой. Скорость коррозии углеродистых и низколегированных сталей в пластовых и подтоварных водах, по данным разных авторов, колеблется от 0,1 до 4,0 мм/год.

Известно [2], что наиболее интенсивному коррозионному износу подвергаются днища и нижние пояса резервуаров, работающие в контакте с подтоварной водой. Скорость коррозионного разрушения велика, поэтому в настоящее время без защиты от коррозии резервуары не принимаются в эксплуатацию.

Для борьбы с коррозией применяются различные методы: обработка коррозионной среды, нанесение защитных покрытий и электрохимическая защита [3-5], которая подразделяется на катодную (с использованием станций катодной защиты) и протекторную (с подбором материала протектора более электроотрицательного, чем защищаемая конструкция). Протекторная защита проста, надежна в эксплуатации, не требует дополнительных капитальных вложений и средств

---

*Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств».*

*Сергей Владимирович Васильев, ведущий инженер.*

контроля и автоматики [2, 6].

Протекторная защита заключается в создании гальванической пары «стальное днище и нижние пояса (катод) – протектор (анод)». При электрохимическом взаимодействии происходит разрушение анода, а скорость коррозии катода существенно снижается, и теоретически коррозия может полностью прекратиться.

Материал протектора должен быть более электроотрицательным по отношению к защищаемой поверхности. Для изготовления протекторов могут использоваться магний, цинк, алюминий и их сплавы.

Наиболее эффективными, отвечающими вышеперечисленным требованиям, являются алюминий и магний, причем по величине создаваемой электродвижущей силы предпочтение следует отдать магнию. Вместе с тем магний характеризуется несколько повышенной скоростью растворения по сравнению с алюминием. На поверхности алюминия образуется плотный слой оксидов, снижающий эффективность работы протектора, влияние которого уменьшается с возрастанием минерализации воды.

Следовательно, материал протектора выбирается в зависимости от общей минерализации подтоварной воды. Опыт эксплуатации протекторной защиты [2] свидетельствует, что при минерализации более 40 г/л следует использовать алюминиевые протекторы.

Промышленность выпускает протекторы, изготавливаемые литьем в формы, которые применяются для защиты резервуаров: ПМР-5, ПМР-10, ПМР-20, АП-20, ПОКА-20 и др. Используются как компактные (рис. 1), так и протяженные (рис. 2) протекторы [4, 5, 7].

Выбор конструкции и типоразмера протекторов производится с учетом обеспечения:

- требуемого срока службы;
- оптимальной зоны защитного действия протектора;
- удобства и простоты монтажа, демонтажа и возобновления;
- простоты изготовления на металлургических заводах.

В условиях рыночной экономики большое значение имеет стоимость протекторных сплавов. Вот почему применение в качестве протекторов вторичных алюминиевых сплавов экономически целесообразно. По своим параметрам и характеристикам такие протекторы не уступают промышленным, а их стоимость гораздо ниже [2, 8, 10].

К настоящему времени освоено полупромышленное производство протекторов из вторичного алюминия: компактных ИМС-10 и ИМС-14, протяженных АПП-6 и АПП-9. Структура и свойства материалов, а следовательно, и эксплуатационные характеристики определяются наличием легирующих элементов и присадок.

Зона защитного действия протекторов определяется материалом протекторов, минерализацией и уровнем подтоварной воды, наличием и свойствами защитного покрытия.

Защитное покрытие может быть сплошным или местным из полимерных материалов на различной основе. Технология нанесения защитного покрытия, способ подготовки поверхности, а также количество слоев и состав наносимого материала определяются в каждом конкретном случае. Наиболее часто подготовка поверхности заключается в зачистке до металлического блеска с обработкой преобразователями ржавчины. Покрытие обычно наносится в 2-3 слоя с предварительным отгрунтовыванием.

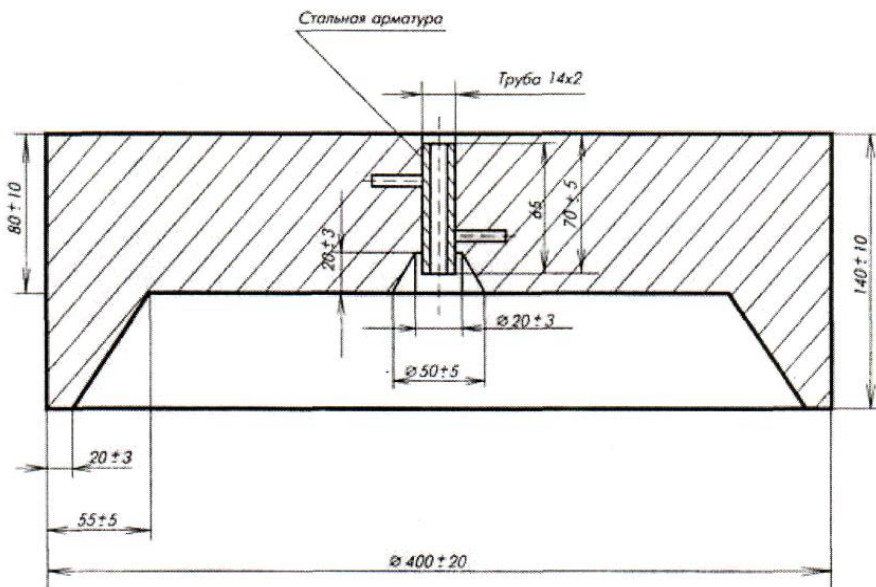


Рис. 1. Протектор марки ПМР

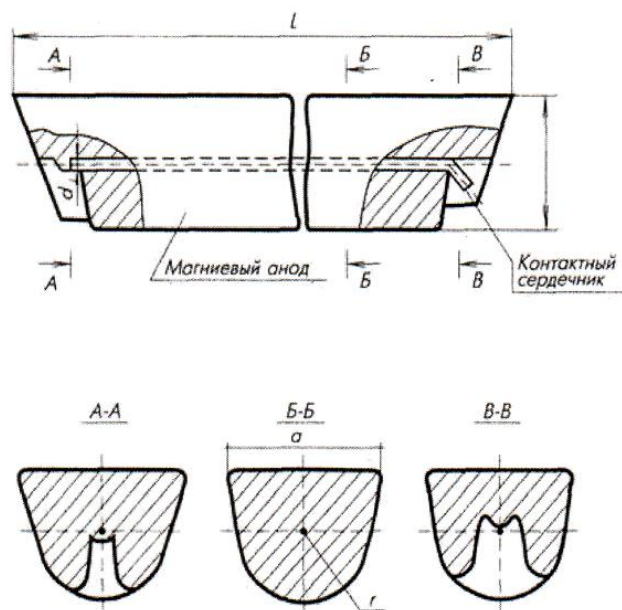


Рис. 2. Протектор марки ПМ

Проведены исследования свойств вторичных алюминиевых сплавов с целью определения их электрохимических и коррозионных характеристик, возможности их использования для изготовления протекторов. Материал протекторов по своим химическим составам приближается к маркам АМг, АВ, АК-8, Al-Cu-Si. Химический состав исследуемых образцов представлен в таблице [13].

Пластовые воды по своему химическому составу разнообразны и могут

иметь различное содержание отдельных компонентов [2, 5, 8, 10]. Для проведения исследований был выбран модельный раствор, состав которого наиболее близок к химическому составу подтоварных вод: 98,6 % – NaCl; 0,28 % – ион  $Ca^{2+}$ ; 0,012 % – ион  $Mg^{2+}$ ; 0,524 % – ион  $SO_4^{2-}$ . Зависимость весовых показателей саморастворения от минерализации воды представлена на рис. 3.



Рис. 3\*. Зависимость весового коэффициента скорости саморастворения образцов от минерализации раствора:

1 – образцы, приближенные к марке АВ; 2 – образец, приближенный к марке АК-8; 3 – образцы на основе сплава Al–Cu–Si; 05-09,12 – образцы, приближенные к марке АМг

#### Химический состав вторичных алюминиевых сплавов

№ образца	Содержание основных элементов, % (основ. Al)								Примечание
	Cu	Si	Mg	Mn	Ti	Fe	Zn	Be	
2	0,80	0,60	1,52	0,26	0,02	0,40	–	–	Марка АВ
3	0,75	0,62	0,32	0,15	0,02	0,41	–	–	
5	2,30	0,71	0,75	0,33	0,03	0,69	–	–	Марка АК-8
1	0,84	0,63	1,90	0,74	-	0,50	0,20	–	Марка Al-Cu-Si
8	1,05	2,50	0,10	0,15	0,02	-,58	–	–	
11	1,18	2,54	0,12	0,10	0,02	0,52	–	–	
05	–	–	4,00	0,09	–	0,45	–	0,0002	Марка АМг
06	–	–	4,15	0,09	–	0,47	–	0,0002	
07	–	–	3,80	0,09	–	0,49	–	0,0002	
08	–	–	3,90	0,09	–	0,60	–	0,0002	
09	–	–	3,95	0,09	–	0,42	–	0,0002	
12	–	–	3,9	0,19	–	0,45	–	0,0002	

\* Результаты получены при участии М.В. Бестужевского.

Из представленных данных (см. рис. 3) видно, что самую низкую скорость саморастворения показали образцы, химический состав которых близок к АВ и АМг, что объясняется низким содержанием в них меди и железа и высоким содержанием магния.

На рис. 4 представлены данные о величине стационарного электродного потенциала материалов протекторов в зависимости от концентрации раствора. Из представленных данных видно, что наиболее отрицательным потенциалом обладают образцы, состав которых приближается к сплаву АМг. Образцы, состав которых приближается к сплаву АВ и АК-8, а также сплав на основе Al-Cu-Si, потенциалы которых находятся в интервале от  $-0,38$  до  $-0,52$  В, не смогут обеспечить необходимую степень защиты конструкции от коррозии.

На долговечность протекторных сплавов существенное влияние оказывают включения по границам зерен [2, 11-13], это хорошо просматривается по рис. 5. Чем равномернее распределены эти включения по границам зерен, тем однороднее структура металла, поэтому в образцы вводили модификаторы, такие как медь, железо и т. д.

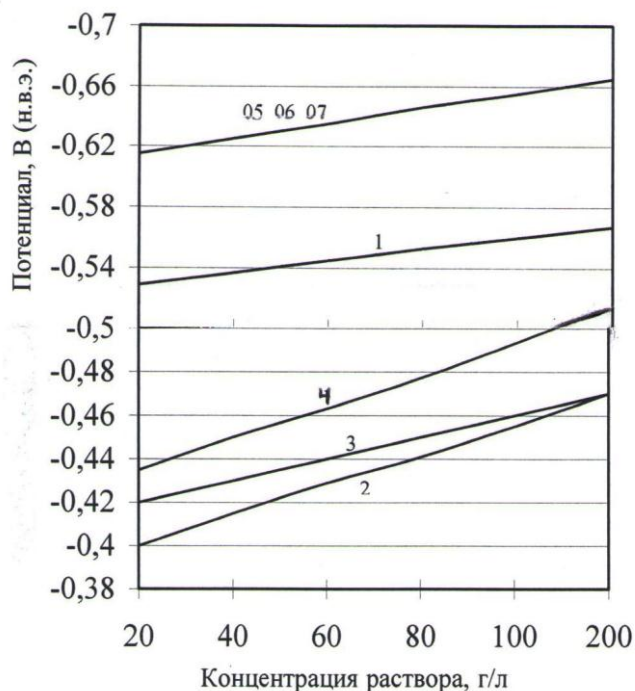


Рис. 4\*. Зависимость потенциалов образцов от минерализации раствора:

- 1 – образцы, приближенные к марке АВ; 2 – образец, приближенный к марке АК-8; 3 – образцы на основе сплава Al-Cu-Si;
- 4 – образцы, приближенные к марке АМг

По разработкам авторов [2, 8, 10] была осуществлена протекторная защита более 40 резервуаров различной вместимости (от 1000 до 20000 м<sup>3</sup>) для хранения и обработки нефти на Новокуйбышевском НПЗ, на НГДУ «Бузулукнефть», «Бугурусланнефть», «Сорочинскнефть», «Южоренбургнефть», входящих в состав АО «Оренбургнефтегаз», в НГДУ «Арланнефть», «Туймазанефть» и «Уфанефть» АО «Башнефть». Большая работа по внедрению протекторной защиты проводи-

лась на нефтегазодобывающих предприятиях Тюменской области.

При защите от коррозии товарных резервуаров, подтоварная вода в которых имеет незначительную минерализацию, а водяная подушка не превышает 0,5 м, можно рекомендовать к использованию магниевые протекторы ПМР-20. Для защиты днища буферных и водяных резервуаров с подтоварной водой высокой минерализации и уровнем от 3 до 9 м следует применять алюминиевые протекторы АП-20 или протекторы из вторичных алюминиевых сплавов ИМС-10 и ИМС-14. Количество протекторов на днище зависит от вместимости резервуара и степени минерализации воды. Для защиты стенок рекомендуется использовать стержневые протекторы, которые располагаются в несколько ярусов по образующим. Промышленность такие протекторы из чистого алюминия не выпускает, поэтому можно рекомендовать в качестве материала вторичные алюминиевые сплавы.

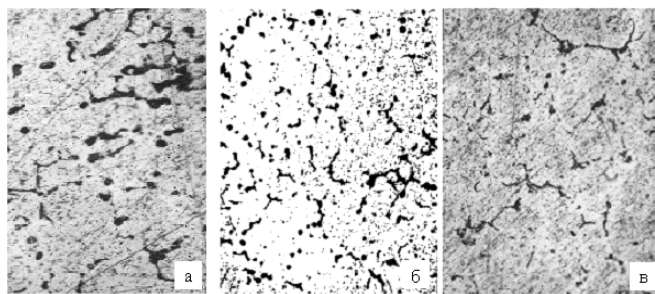


Рис. 5. Микроструктура образцов (x500):  
а – образец № 05; б – образец № 06; в – образец № 09

Для повышения надежности и долговечности протекторной защиты с одновременной экономией протекторных материалов следует дополнительно использовать защитные покрытия.

При необходимости между протектором и поверхностью резервуара могут устанавливаться дополнительные прокладки из пленочных диэлектрических материалов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обеспечение качества при строительстве и ремонте вертикальных стальных цилиндрических резервуаров // Безопасность труда в промышленности. – 1996. – № 9. – С. 39-42.
2. Бестужевский М.В. Влияние химического состава вторичных алюминиевых сплавов на эффективность их работы в качестве протекторов // Научно-технический вестник Роснефть. – 2009. – № 1. – С. 53-55.
3. Зиневич А.М., Глазков В.И., Котик В.Г. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. – М.: Недра, 1975. – 288 с.
4. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: Учеб. пособие. – 2-е изд., стереотип. Перепеч. изд. 1976. – М.: Альянс, 2006. – 472 с.
5. Кац Н.Г., Стариков В.П., Парфенова С.Н. Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии: Учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 2011. – 436 с.
6. Юхневич Р. Техника борьбы с коррозией: пер. с польск. Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1980. – 224 с.
7. Инструкция по протекторной защите резервуаров РВС от коррозии. Уфа-Бугульма // РД 39-0147585-93. – 1993. – 38 с.
8. Васильев С.В., Кац Н.Г., Парфенова С.Н., Живаева В.В., Доровских И.В. Общая характеристика и свойства подтоварных вод // ВНИИОЭНГ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2011. – № 12. – С. 41-42.

9. Каспарьянц К.С. Проектирование обустройства нефтяных месторождений. – Самара: СамВен, 1990. – 412 с.
10. Бестужевский М.В., Стариков В.П., Кац Н.Г., Лесухин С.П., Живаева В.В., Доровских И.В. Исследование влияния химического состава вторичных алюминиевых сплавов на эффективность их работы в качестве протекторов // ВНИИОЭНГ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 5. – С. 24-27.
11. Гуляев А.П. Металловедение: Учеб. пособие / 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
12. Сокол И.Я., Ульянин Е.А., Фельдгандлер Э.Г. Структура и коррозия металлов и сплавов. Атлас: Справочник. – М.: Металлургия, 1989. – 400 с.
13. Руководство для подготовки инспекторов по визуальному и измерительному контролю качества окрасочных работ. – Екатеринбург: Оригами, 2009. – 202 с.

*Статья поступила в редакцию 2 октября 2014 г.*

## **OPERATION EXPERIENCE OF PROTECTORS FOR OIL RESERVOIRS MADE OF RECYCLED ALUMINUM ALLOYS**

***N. G. Kats, S.B. Vasil'ev***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The paper deals with the issues of using recycled aluminum alloys as protectors. The paper gives the characteristics of alloys, selection criteria for dimension-types and properties in case of using them for oil reservoirs protection. The paper shows the protector designs, dimension-types and special features of using them in various operation conditions. Characteristics of protectors made of recycled aluminum alloys are represented. Testing is performed in order to determine the self-digestion velocity of protector alloys and relationships between protector potential and solution concentration are defined. Recommendations for defining the material design of protectors are given, as well as their dimension-types and application area depending on the oil-product storage conditions.*

**Keywords:** *reservoir, cathodic protection, secondary raw alloys.*

---

*Nikolay G. Kats (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.  
Sergey B. Vasil'ev, Leading Engineer.*