

УДК 629.5:620.197.5

В.С. Игнатович¹, доцент, канд. техн. наук,
А.А. Огородова², аспирант, **А.В. Родькина¹**, аспирант,
В.А. Рязанов³, инженер-технолог, оператор УЗК (неразрушимый контроль)

¹Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, 299053, г. Севастополь

²Морской гидрофизический институт

ул. Капитанская, 2, 299011, г. Севастополь

³Частное предприятие «Онима»

ул. Комсомольская, 74, 299001, г. Севастополь

E-mail: a.v.rodkina@gmail.com

КАТОДНАЯ ЗАЩИТА МОРСКОГО СТАЦИОНАРНОГО СООРУЖЕНИЯ МСП-17

Разработана система катодной защиты для морского стационарного сооружения МСП-17, включая анодные узлы, необходимое оборудование и методику выбора района и способа крепления на конструкции.

Ключевые слова: катодная защита, морское стационарное сооружение, опорное основание, анодный узел, трос-кабель.

Введение. Строительство и эксплуатация морских платформ связаны с огромными капитальными затратами и борьба с коррозией – одно из важных мероприятий по обеспечению их длительной работоспособности. На систему противокоррозионной защиты иногда уходит до 10 % общей стоимости платформы.

Самым эффективным способом защиты опорных сооружений в морской воде является катодная защита наложенным током [1]. Система катодной защиты наложенным током состоит из анодов; электродов сравнения; околоанодных экранов; источников тока; соединительных кабелей и системы позиционирования анодных узлов.

Аноды, изготавливаемые из нерастворимого при анодной поляризации материала, устанавливаются на подводной поверхности корпуса судна или морского сооружения и служат для стекания в морскую воду тока катодной защиты. Аноды являются одним из основных элементов системы защиты [2]. По конструкции аноды подразделяют на стационарные и подвесные. В настоящее время они выполняются для стационарного использования и могут периодически заменяться, но в морских сооружениях предназначенных для добычи нефти и газа нет возможности для такой замены, поскольку конструкция, в отличие от судов, не может извлекаться из морской воды (например, опорные основания нефтедобывающих платформ) [3].

Анализ способов защиты от коррозии таких морских сооружений показывает, что для защиты конструкций, находящихся в зоне постоянного погружения, широко применяется катодная поляризация, осуществляемая как с помощью протекторов, так и с помощью наложенного тока.

Цель работы. Разработать эффективную защиту морских сооружений от коррозии и коррозионно-механических разрушений при помощи подвесных анодных узлов на гибком трос-кабеле. Создание универсальной конструкции анода без околоанодного экрана, повышение эффективности рабочего электрода и упрощение технологии монтажа и демонтажа анодного узла.

Разработка системы катодной защиты с подвесными анодными узлами. Аноды автономных систем катодной защиты выполняют в виде длинных узких полос, заформованных в изоляционную основу обтекаемой формы, при такой которой достигается более равномерное распределение потенциала по протяженным объектам, чем в случае «точечных» анодов. Кроме того, использование таких анодов позволяет отказаться от применения околоанодных экранов, монтаж которых связан со значительными технологическими трудностями. Наконец, системы защиты с протяженными анодами снижают обрастание конструкции на большей площади, чем «точечные» аноды. Протяженный анодный узел может набираться из секций посредством резьбового, винтового или сварного соединения анодных пластин [4].

Для анодов систем катодной защиты опорных оснований морских сооружений могут применяться следующие материалы: сталь, ферросилид, магнетит, графит, сплавы свинца, платина, сплавы платины, платинированный титан, тантал, ниобий и другие. Графит и ферросилид могут использоваться в ряде случаев для подвесных анодов береговых и морских систем защиты, учитывая простоту замены анодов в подвесных системах. По своему поведению аноды из перечисленных материалов можно подразделить на растворимые, малорастворимые и нерастворимые. Важнейшей характеристикой анодного материала является скорость его растворения при анодной поляризации. В зависимости от скорости растворения анодного материала устанавливается оптимальный режим работы анода и рассчитывается его срок службы [5].

К анодам предъявляются следующие требования: высокая механическая прочность при сжатии, растяжении, изгибе – не менее 500 МПа; высокая токоотдача при минимально возможных габаритах и номинальном выходном напряжении источника тока 24 В; высокая химическая стойкость к хлору, кислороду и продуктам их взаимодействия в морской воде, а также в щелочной среде до $\text{pH} = 11\text{--}12$, и длительное сохранение прочностных характеристик; исключение опасности анодного растворения защитного металлического листа вследствие электрокоррозии при работе платино-ниобиевого анода; увеличенный срок службы до 30-35 лет. При наличии льда во избежание повреждения аноды, прежде всего, должны обладать высокой конструктивной прочностью.

Стационарные узлы не обеспечивают достаточной защиты конструкций опорного основания, так как отсутствует равномерное распределение тока по горизонтали и вертикали. Эту проблему по горизонтали решает подвеска анодного узла на равноудаленном расстоянии от каждой опоры, по вертикали решение проблемы осуществляется за счет перемещения анодного узла вверх-вниз. Эти перемещения регулируются с поста управления при изменении показателей потенциала относительно установленных на опорах хлорсеребряных электродов сравнения. Поэтому в наших исследованиях рассматривается разработанный на кафедре Океанотехники и кораблестроения Севастопольского национального технического университета подвесной анодный узел (рисунок 1) на основе стандартных платино-ниобиевых анодов [6, 7], изготовленных ЦНИИ КМ «Прометей» по ТУ 5.394-111813-2002 (согласно Патенту РФ № 2064531).

На базе научно-технического разработки теоретических и практических основ защиты сталей от коррозионно-механических разрушений разработана принципиально новая схема катодной защиты подводной части морских сооружений. Она состоит из стандартных источников постоянного тока, разработанного подвесного анодного узла на гибком трос-кабеле со стандартными платиновыми анодами на ниобиевой подложке, разработанных хлорсеребряных электродов сравнения [8] открытого типа с минимальным поляризуемостью (с минимальной внутренней плотностью тока) подвесного типа, что позволяет более точно поддерживать защитный потенциал и регулировать плотность защитного тока. Система относится к оборудованию для судостроительных и гидротехнических отраслей

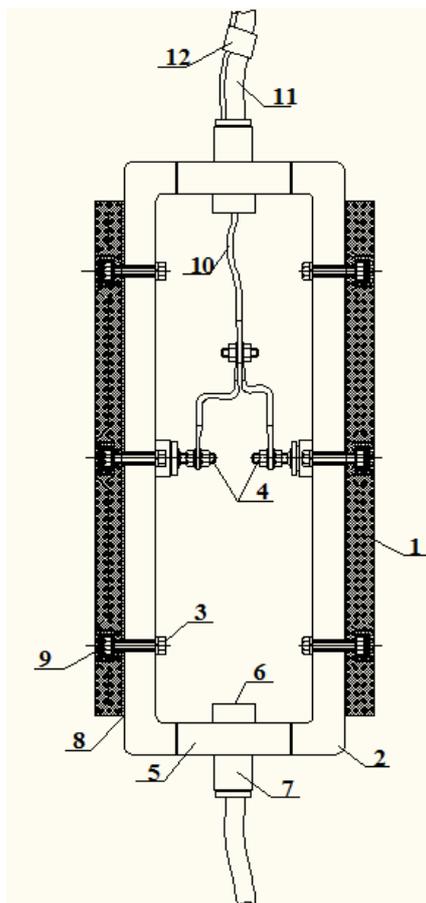


Рисунок 1 – Подвесной анодный узел:

- 1 – анод; 2 – крепительная коробка; 3 – болт крепления анодного узла; 4 – контактная шпилька;
5 – крышка крепительной коробки; 6 – ограничитель; 7 – уплотнительный узел; 8 – резиновая прокладка;
9 – узел уплотнения болта; 10 – силовой кабель; 11 – трос; 12 – зажим крепления кабеля к тросу

промышленности и может быть использовано в системах электрохимической защиты от коррозии и коррозионно-механических разрушений подводной части морских сооружений, а также различных плавсредств, эксплуатируемых в морской воде.

Катодная защита для МСП-17. В настоящей статье рассматривается использование предложенной системы защиты от коррозии на морской стационарной платформе МСП-17 (рисунок 2), предназначенной для добычи углеводородов в Азово-Черноморском бассейне. Платформа состоит из верхнего строения, несущего технологическое оборудование и жилой блок, и металлического опорного основания ферменной конструкции устанавливаемого на грунт при глубине моря до 120 м. Ферменная конструкция состоит из двух вертикальных стоек, связанных между собой раскосами трубчатого сечения.

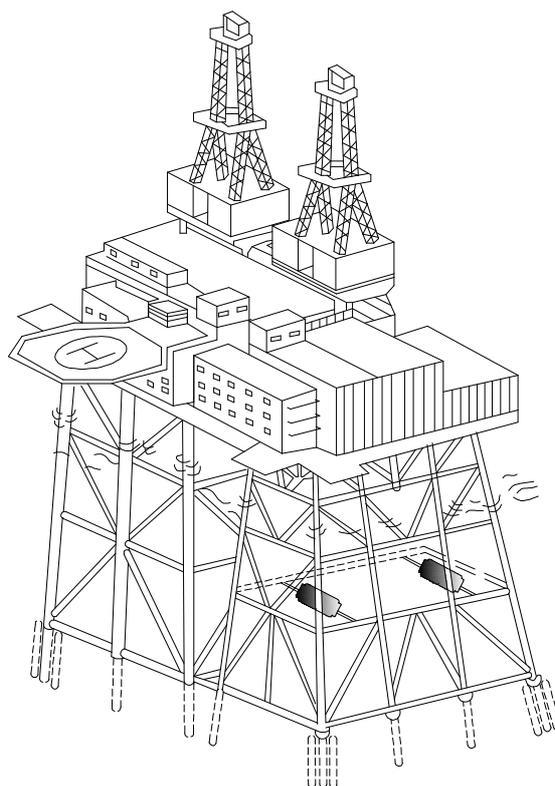


Рисунок 2 – МСП-17 с установленными подвесными анодными узлами

Система защиты содержит блок питания, к которому прикреплен трос-кабель, удерживающий анодный узел, расположенный равноудаленно от элементов конструкции, что способствует лучшему распределению электрического тока и позволяет отказаться от использования околоанодных экранов. Анодный узел представляет собой параллелепипед (внутри полый), из материала, стойкого к выделяющемуся при работе платины к активному хлору. Типовые платино-ниобиевые аноды прикреплены болтовыми соединениями к боковым граням параллелепипеда. Электроды сравнения распределены на элементах опорного основания морского сооружения и соединены с блоком питания для измерения потенциала подводной части морского сооружения. Новая конструкция анодного узла позволяет: значительно сократить расход драгоценного материала – платины; уменьшить затраты на монтажные и демонтажные работы; обеспечить бесперебойную работу анодного узла в процессе эксплуатации.

Выбор лебёдки для системы катодной защиты. Разработаны несколько вариантов исполнения лебедок для работы на море: открытое для постановки лебедки непосредственно на палубу судна; контейнерное, когда лебедка устанавливается в стандартный герметичный морской контейнер и тентовое. На всех лебедках морского исполнения защита электрооборудование выполняется со степенью защиты от воздействия окружающей среды IP 56 [9]. К лебёдке предъявляется требование для подключения устройства, предотвращающее провисание кабеля, при изменении уровня поверхности воды. Лебёдка полностью автоматизирована, работает при повышенной влажности в морских условиях и рассчитана на массу анода.

По итогу приближённых расчётов выбрана лебёдку – ЛГЯ-2 (таблица 1).

Таблиця 1 – Выбор лебёдки для анодного узла системы катодной защиты МСП-17

Наименование	Условное обозначение	Производитель	Страна	Возможность эксплуатации в солёной воде в среде нефти и газа		Диаметр, мм	Вместимость барабана лебёдки, м ³	Тяговое усилие, кН	Скорость выгибания, м/мин	Температура (-t/+t)	Система предотвращения провисания каната
Лебёдка морская геофизическая	ЛГМ 20/1400	Псков ГЕОКАБЕЛЬ	Россия	+	+	1400	1,2	50	40	50/50	-
Лебёдка морская геофизическая	ЛГМ 30/1401	Псков ГЕОКАБЕЛЬ	Россия	+	+	1500	1,2	75	40	50/50	-
Лебёдка морская геофизическая	ЛМГ 10/380	Технология металлов	Россия	+	+	1100	0,9	60	40-110	50/50	-
<i>Лебёдка якорная</i>	<i>ЛГЯ 2</i>	<i>ПромСнаб Комплект</i>	<i>Россия</i>	+	+	<i>800</i>	<i>0,7</i>	<i>60</i>	<i>12</i>	<i>50/50</i>	+
Лебёдка швартовая	АШЛ 80Э	ПромСнаб Комплект	Россия	+	+	700	0,8	80	18	45/50	-
Траповая лебёдка	ЛТЭ 8	ПромСнаб Комплект	Россия	+	+	1100	1	40	24	45/50	-
Судовая лебёдка	ЛЭ - 0,28	ОдессОБ	Украина	+	+	700	0,75	45	12	45/50	+

Выбор трос-кабеля для системы катодной защиты. Рассмотрены кабели предназначенные для спуска и подъема геофизических приборов и аппаратов, питания их электроэнергией, осуществления информационной связи с регистрирующей аппаратурой, применяемых в условиях агрессивных сред (морская вода).

По итогу приближённых расчётов выбран глубоководный коаксиальный кабель марки КГП 1-190 (таблица 2).

Коаксиальный кабель – электрический кабель, состоящий из расположенных соосно центрального проводника и экрана и служащий для передачи высокочастотных сигналов.

Основную номенклатуру этой группы составляют грузонесущие бронированные кабели.

На рисунке 3 приведены конструкции двух вариантов глубоководных коаксиальных кабелей, один из которых выполнен с двухповивной броней из стальной проволоки, а другой имеет армированную оболочку.

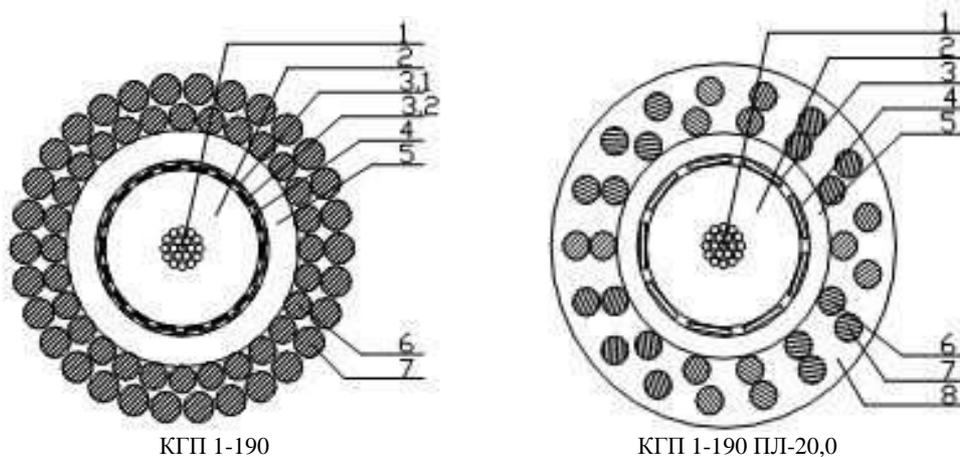


Рисунок 3 – Конструкции глубоководных коаксиальных кабелей:

1 – токопроводящая жила; 2 – изоляция; 3 – экран; 4 – обмотка; 5 – изоляция экрана; 6 – первый повив брони; 7 – второй повив брони; 8 – защитная оболочка

Таблица 2 – Выбор трос-кабеля для анодного узла системы катодной защиты МСП-17

Наименование	Условное обозначение	Производитель	Страна	Разрывное усилие, кН	Возможность эксплуатации в солёной воде	в среде нефти и газа	Не разрушается при воздействии активного хлора	Температура (-t/+t)	Расчётная масса кабеля, кг/км
<i>Глубоководный коаксильный кабель</i>	<i>КГП 1-190</i>	<i>Псков ГЕОКАБЕЛЬ</i>	<i>Россия</i>	<i>50</i>	<i>+</i>	<i>+</i>	<i>+</i>	<i>50/50</i>	<i>402</i>
Глубоководный коаксильный кабель	ЭГН	Псков ГЕОКАБЕЛЬ	Россия	65	+	+	+	50/50	450
Грузонесущий геофизический кабель	КГ 3x0,75-60-130	Андэст	Россия	30	+	+	-	40/50	290
Грузонесущий геофизический кабель	КГ 3x0,75-60-180	Андэст	Россия	115	-	+	-	40/50	504
Кабель гибкий грузонесущий	KRUG-10-13	НИКИ	Россия	60	+	+	-	50/70	450
Кабель-трос грузонесущий	КГР-7-1,2М	PRO кабель	Украина	70	+	+	+	50/50	467
Кабель силовой герметизированный	КРНГ -100	PRO кабель	Украина	40	+	+	-	50/50	342

Экономический сравнительный анализ показывает, что при начальных вложениях защита при помощи алюминиевого анода (протекторная защита) дороже на 25–30 %, чем катодная наложенным током. При этом следует учесть, что трудоёмкость установки алюминиевых анодов (61 шт.), значительно выше в сравнении с установкой анодных узлов катодной защиты (16 шт.). При этом срок службы анодного узла 30 – 35 лет, а алюминиевого анода 5 – 7 лет.

Выводы. Разработана система катодной защиты для МСП-17 с использованием подвесных анодных узлов на гибком трос-кабеле, погружаемых при помощи лебедки. Выбран трос-кабель – КГП 1-190, устойчивый к активному хлору, и лебедка – ЛГЯ 2, стойкая к воздействию агрессивной морской среды. Применение подвесных анодных узлов позволяет сократить суммарный уровень затрат на защиту от коррозии морских стационарных платформ.

Предложенная система может быть использована на любых морских стационарных платформах при дополнительном расчете защитного тока, необходимого количества анодных узлов и учете конкретных условий эксплуатации.

Библиографический список использованной литературы

1. Карпенко Г.В. Коррозионное растрескивание углеродистых сталей / Г.В. Карпенко, И.И. Василенко. — Киев: Техника, 1971. — 198 с.
2. Карпенко Г.В. Прочность стали в коррозионной среде / Г.В. Карпенко. — Москва-Киев: Машгиз, 1963. — 188 с.
3. Рачев Х. Справочник по коррозии / Х. Рачев, С. Стефанова. — М.: Мир, 1982. — 520 с.
4. Кравцов В.В. Химическое сопротивление материалов и современные проблемы защиты от коррозии: учеб. пособие / В.В. Кравцов. — Уфа: УГНТУ, 2004. — 231 с.
5. Ожиганов Ю.Г. Проблема коррозионно-механических разрушений и опасность катастроф морских сооружений при этих разрушениях / Ю.Г. Ожиганов, А.А. Огородова, А.В. Родькина // Системы контроля окружающей среды. — Севастополь, 2011. — Вып. 15. — С. 288–295.
6. Подвесной анодный узел для системы катодной защиты опорных колонн морских сооружений от коррозионно-механических разрушений / Ю.Г. Ожиганов, А.В. Родькина, А.А. Огородова,

О.И. Калинина // Системы контроля окружающей среды. — Севастополь, 2011. — Вып. 17. — С. 275–278.

7. Новая система электрохимической катодной защиты судов от коррозии / Ю.Л. Кузьмин, В.Н. Троценко, Т.Е. Медяник, Г.В. Тарандо, Л.Д. Ротц, Н.Н. Купцова // Судостроение. — 2003. — № 6. — С. 35–37.

8. Пат. 93240 Украина, МПК7 G01N 27/30, H01M 4/34. Способ изготовления пористого хлорсеребряного электрода сравнения / Ожиганов Ю.Г., Ожиганов О.Ю., Лебедь Е.К., Иванова О.А.; заявитель и патентообладатель СевНТУ. — № a200813288; заяв. 17.11.08; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2.

9. Классы защиты IP электротехнических изделий и оборудования [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные (29 289 bytes). — Воронеж, 2014. — Режим доступа: <http://www.eandc.ru/news/detail.php?ID=20950>. Monday, 17 February 2014 14:07:02

Поступила в редакцию 16.01.2014 г.

Ігнатович В.С., Огородова О.А., Родькіна А.В., Рязанов В.А. Катодний захист морського стаціонарного спорудження МСС- 17

Розроблена система катодного захисту для морського стаціонарного спорудження МСС- 17, включаючи анодні вузли, необхідне обладнання та методику вибору району й способу кріплення на конструкції.

Ключові слова: катодний захист, морське стаціонарне спорудження, опорна основа, анодний вузол, трос-кабель.

Ignatovich V.S., Ogorodova A.A., Rodkina A.V., Ryazanov V.A. Cathodic protection of fixed offshore structure FOP-17

Cathodic protection system is designed for fixed offshore structure FOP-17, including the anode assemblies, necessary equipment and technique of choosing the area and attachment method for construction.

Keywords: cathodic protection, fixed offshore structure, fixed offshore platform, anode assembly, conducting rope.