

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«КРЫЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
(ФГУП «Крыловский государственный научный центр»)**

НИЦ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»		
ДОУ	Вх. № <u>1898</u>	в ДЕЛО
	<u>24</u> <u>05</u> 20 <u>14</u> г.	
	Осн. <u>5</u> л.	
	Прил. _____ л.	
	№ _____	
		подп. _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФГУП «Крыловский
государственный научный центр»,
кандидат технических наук



М.П.

 В.Н. Поляков

«___» _____ 2017 г.

**ОТЗЫВ
ведущей организации**

на диссертационную работу Ставицкого Олега Александровича
по теме **«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЛЕДОСТОЙКИХ АНОДОВ ДЛЯ
СИСТЕМ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ СУДОВ ЛЕДОВОГО
ПЛАВАНИЯ, ЛЕДОКОЛОВ И МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ
НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ НА ШЕЛЬФЕ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

Актуальность темы

Происходящее в настоящее время в Российской Федерации активное развитие деятельности по освоению арктических территорий вызывает необходимость создания атомных ледоколов, судов и кораблей ледового класса, стационарных и плавучих нефтегазодобывающих платформ и других морских сооружений, способных длительное время (не менее 25 лет) работать в жестких природно-климатических условиях. Одним из основных факторов, определяющих долговечность, надежность и безопасность этих сооружений, является обеспечение их эффективной и долговременной противокоррозионной защиты.

Как показывает практика, наиболее эффективная защита от коррозии обеспечивается на основе совместного применения лакокрасочных покрытий и электрохимической защиты. Лакокрасочные покрытия, наносимые на подводную часть корпуса судов и других объектов морской техники, как правило, недолговечны при воздействии льда, что требует

существенно более высоких уровней токов систем электрохимической защиты, чем для ледовых условий эксплуатации. В связи с этим во многих случаях для обеспечения надежной противокоррозионной защиты арктических морских сооружений ключевую роль играют системы катодной защиты от коррозии наложенным током, которые должны исправно функционировать на протяжении всего периода эксплуатации защищаемого объекта.

С точки зрения надежности наиболее уязвимым компонентом системы катодной защиты для судов и других морских сооружений, эксплуатирующихся в ледовых условиях, являются аноды, подвергающиеся весьма значительным ударным и истирающим механическим нагрузкам при взаимодействии корпуса сооружения со льдом. Для стационарных сооружений обеспечение высокой надежности анодов приобретает еще более высокое значение вследствие невозможности их замены в ходе эксплуатации сооружения.

Исходя из изложенного, постановка и реализация работы, направленной на создание высоконадежных ледостойких анодов систем катодной защиты от коррозии, является весьма актуальной.

Цель диссертации определена как разработка новых ледостойких анодов для систем катодной защиты от коррозионных и коррозионно-эрозионных разрушений корпусов ледоколов, включая атомные, и ледостойких морских сооружений для нефтегазодобычи на шельфе арктических морей со сроком службы не менее 25 лет.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснование выбора наиболее подходящих материалов и технологий изготовления рабочей части анода, его изоляционного основания и защитного листа базируется на привлечении весьма широкого ряда современных методов исследований, позволяющих выявить тонкую структуру образцов, их химические, электрохимические и физико-механические свойства. Используемые методы исследований включают оптическую металлографию, атомно-эмиссионный спектральный анализ, рентгеноструктурный анализ, рентгенофлуоресцентный анализ, гравиметрический анализ, метод дифракции обратно отраженных электронов (EBSD анализ), гальваностатический способ снятия поляризационных характеристик, склерометрию и др.

Испытания образцов материалов проводились на лабораторных установках, позволяющих достаточно адекватно учитывать действующие факторы при эксплуатации анодов.

Достоверность исследования, полученных результатов и выводов обеспечивается применением в процессе работы комплекса современных апробированных методов исследования и аттестованного аналитического оборудования, воспроизводимостью полученных результатов, опытом внедрения в производство разработанных технологий изготовления ледостойких анодов и успешным применением новых ледостойких анодов в системах катодной защиты от коррозии на ряде проектов судов и морских сооружений.

Научная новизна работы заключается в:

- разработке технологии получения платинового покрытия методом магнетронного напыления и нового платино-ниобиевого анодного материала, обладающего меньшим расходом платины рабочего электрода;

- разработке технологии единовременного горячего прессования стеклопластика марки СТЭТ-1 и покрытия из резиновой смеси типа «Пентасил» для изготовления изоляционных основ анодов, обладающих повышенной химической стойкостью к хлору и механической прочностью;

- выборе наиболее подходящего титанового сплава для конструктивной защиты изоляционных основ ледостойких анодов от разрушающего воздействия льда и предупреждения его электрокоррозии при работе анодов, исходя из наибольшего значения потенциала пробоя пассивной пленки при анодной поляризации в морской воде.

Практическая значимость результатов работы заключается в создании новых типов ледостойких анодов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками, что имеет весьма существенное значение для обеспечения надежной противокоррозионной защиты судов ледового плавания и морских сооружений, эксплуатирующихся в арктических условиях. Кроме того, разработанные технологии могут использоваться и при изготовлении анодов общего назначения.

Публикации

Основные научные результаты диссертации изложены автором в шести статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК. По результатам работы получено четыре патента на изобретения.

Оценка содержания диссертации и её завершенности

Содержание работы соответствует специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение). Работа написана достаточно хорошим языком, имеет четкую, логически выверенную структуру. Выносимые на защиту положения являются обоснованными, выводы отвечают и отражают содержание диссертации. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК и представляет собой законченное научное исследование. Следует отметить, что диссертация написана автором самостоятельно. Личный вклад автора диссертации в науку состоит в проведении исследований характеристик новых платино-ниобиевых рабочих электродов, химической стойкости изоляционных основ анодов в условиях выделения активного хлора и способов предотвращения электрокоррозии защитного титанового листа, а также в проведении работы по созданию конструкций новых ледостойких анодов и технологий их изготовления.

Разработанные технологии изготовления и монтажа анодов и соответствующая нормативно-техническая документация позволили организовать промышленный выпуск новых ледостойких анодов и осуществить их поставку на объекты морской техники (МЛСП «Приразломная», атомный ледокол «50 лет Победы» и морские буксиры ледового класса Arc4 проекта 23470), что подтверждается актами внедрения результатов работы, выданными ЦКБ МТ «Рубин» и ЦМКБ «Алмаз».

Разработанные технологии нанесения платинового покрытия анода и получения изоляционной основы используются при изготовлении анодов общего назначения, поставляемых для работы в составе систем типа «Каскад» на кораблях проектов 22350, 18280, 11356 и др.

Автореферат диссертации отражает основное содержание работы.

Вместе с тем по диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1 Не указано значение удельной электропроводимости синтетической морской воды, в которой проводились испытания. Не приводятся также данные о ее температуре, хотя упоминается, что она контролировалась. Данные по электропроводимости среды, в которой проводились испытания образцов анодов, имеют значение для сопоставления с данными по предельному (номинальному) току разработанных анодов (см. табл. 6.1), установленными для удельной электропроводимости морской воды 3 См/м.

2 В формулах (2.6) и (2.7) для относительного и остаточного удлинения образца (стр. 80) использовано одно и то же обозначение (l_p) для разных величин, таким образом, эти формулы выглядят одинаково. Необходимо ввести различающиеся обозначения в указанных формулах. В формуле (2.8) и в пояснении к ней путаница с обозначениями: «К», «к», « K_1 », « k_1 ».

3 На поляризационных характеристиках платиновых покрытий (стр. 102, рис. 3.10) показано, что при плотности анодного тока, равной нулю, потенциал анода относительно хлорсеребряного электрода сравнения (ХСЭС) также равен нулю. Это не соответствует общепринятым данным по стационарному потенциалу платины относительно ХСЭС, который должен составлять около 1,45 В.

4 Приводятся противоречивые данные о режимах нанесения платинового покрытия: на стр. 59 и 116 указано, что процесс распыления платины в магнетронной установке проводится в высоком вакууме, при давлении, соответственно, $(10^{-3}-10^{-6})$ Па и $2,5 \cdot 10^{-3}$ Па, однако на стр. 117 и 118 трижды приводятся сведения, что давление в вакуумной технологической камере магнетронной установки при нанесении платинового покрытия составляло от 6 до 10 Па.

5 В работе неоднократно указывается (стр. 109, 112, 118), что для обеспечения катодной защиты конструкций при практически полном отсутствии покрытия необходима максимальная плотность тока на аноде 5000 А/м^2 , и на стр. 29 говорится о том, что аноды должны быть рассчитаны на это значение максимальной плотности тока. Однако в работе не приводятся обоснований, из каких соображений было выбрано именно это значение, и отсутствует также ссылка на работу, в которой оно бы обосновывалось. Ведь степень катодной защиты конструкции определяется плотностью катодного тока на ней, которая должна обеспечиваться необходимым количеством анодов и источников тока, так что максимальная плотность тока на аноде связана с качеством катодной защиты конструкции лишь опосредованно.

6 Неясно, каким точкам измерения потенциала на титановом листе соответствуют данные по потенциалу, приведенные в таблице 5.1. В таблице речь идет о «двух отдельных пластинах» и «цельной пластине», тогда как на рисунках 5.1а и 5.1б изображен только один титановый лист.

7 Как следует из рисунка 5.1, измерения потенциала титанового листа проводились только по его периметру, что не позволяет достоверно определить границу между катодной и анодной зонами на нем. Для более детального изучения закономерностей распределения потенциала по поверхности защитного титанового листа анода было бы весьма целесообразно привлечь компьютерное моделирование, используя имеющиеся опытные данные по поляризуемости титанового сплава (раздел 3.3), и сопоставить результаты расчетных оценок распределения потенциала с экспериментальными данными в соответствующих точках.

8 В абзаце после таблицы 3.4 на стр. 107 сказано, что «в образце №11 не происходит возникновения поперечных трещин», хотя данные, приведенные в упомянутой таблице, свидетельствуют об обратном.

9 В заголовках таблиц 3.9 (стр. 119) и 4.11 (стр. 148) вместо «Изменение показателя» следовало бы записать «Значение показателя», т.к. указанные в таблице показатели уже представляют собой изменение той или иной величины.

10 В работе содержится довольно значительное количество пунктуационных, орфографических ошибок и опечаток.

Однако отмеченные замечания имеют не принципиальный характер и не ставят под сомнение основные результаты работы.

Выводы

Диссертация Ставицкого Олега Александровича представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение задачи разработки новых типов ледостойких анодов и технологии их изготовления, выпуска нормативно-технической документации на новые аноды и организации их промышленного производства, имеющей существенное значение для развития материаловедения (машиностроения).

Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», (утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор Ставицкий Олег Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Отзыв составлен по результатам личного выступления соискателя и проведенного обсуждения диссертации на заседании сотрудников секции НТС 11.04.2017, протокол № 1/07.

Отзыв составил Сергей Анатольевич Кириллов, и.о. начальника 72 лаборатории 7 НИО ФГУП «Крыловский государственный научный центр», 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, 44, +7 (812) 415-65-32, krylov@krylov.spb.ru.

И.о. начальника 72 лаборатории
ФГУП «Крыловский государственный
научный центр»



С.А. Кириллов

Начальник 7 отделения ФГУП «Крыловский
государственный научный центр»,
доктор технических наук, профессор



А.М. Вишневский

