

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Ставицкого Олега Александровича:
«Исследование и разработка ледостойких анодов для систем катодной защиты от коррозии судов ледового плавания, ледоколов и морских сооружений для нефтегазодобычи на шельфе арктических морей», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение)

Представленная к защите диссертационная работа Ставицкого О.А. выполнена в области материалов анодных узлов катодной электрохимической защиты, эксплуатирующихся в сложных ледовых условиях. Работа в высшей степени актуальна, поскольку созданные в 70-х годах XX века платино-титановые и платино-ниобиевые аноды типа АКК, АКК-М-3, АКК-М-4 могут обеспечить работоспособность системы катодной защиты от коррозии в ледовых условиях на срок лишь до 10-12 лет. В настоящее время требования к арктическим сооружениям значительно возросли, обострилась проблема защиты корпусов ледостойких стационарных нефтегазодобывающих платформ на весь срок службы, составляющий 25 и более лет, где постановка в док невозможна, а проведение ремонтных работ в условиях Арктики крайне затруднительно.

Именно поэтому **целью диссертационной работы** явилась 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.

Достижение поставленной цели потребовало решения целого ряда научно-технических задач, а именно:

1 Обобщение результатов натурных измерений и доковых обследований опытных систем катодной защиты атомных ледоколов «Советский Союз», «Ямал» и опытно-штатной системы катодной защиты атомного ледокола «50 лет Победы», а также разработка требований к созданию новых ледостойких анодов с повышенным сроком службы при ударном и истирающем воздействии льда.

Вх. № <u>1504</u>	Исполнено
<u>21</u> <u>04</u> <u>20</u> <u>17</u>	В ДЕЛО
Основн. <u>6</u> л. № _____	
Прил. _____ л. подп. _____	

2 Выбор материала рабочих электродов ледостойких анодов и исследование скорости растворения при анодной поляризации в морской воде и физико-механических характеристик платино-ниобиевых электродов.

3 Исследование химической стойкости к активному хлору, выделяющемуся при работе платино-ниобиевых анодов в морской воде, резиновых смесей для использования в качестве поверхностного слоя при горячем прессовании эпоксидного стеклопластика и создание высокопрочного хлоростойкого композиционного материала для изоляционных основ ледостойких анодов.

4 Исследование электрокоррозии и пробойного напряжения титана и его сплавов при анодной поляризации в морской воде с целью их использования в качестве конструктивной защиты ледостойких анодов от ударного и истирающего воздействия льда.

5 Разработка новых ледостойких анодов и технологии их изготовления с выпуском нормативно-технической документации и организацией их промышленного производства.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка цитируемой литературы из 120 наименований работ отечественных и зарубежных авторов и 2 приложений, изложенных на 201 странице машинописного текста, содержит 61 рисунок и 41 таблицу.

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором обобщен мировой опыт эксплуатации систем катодной защиты объектов морской техники в ледовых условиях.

Во **второй** главе приведено описание свыше десяти использованных в работе методов экспериментального исследования физико-механических, электрохимических характеристик платино-ниобиевых рабочих электродов анодов, стойкости нового композиционного материала изоляционной основы анода, определения поведения защитного титанового листа в электрическом поле анода. Методы как стандартные лабораторные, так и специальные - на уникальных стендах (изучение электрокоррозии титана в электрическом поле анода, исследование химической стойкости изоляционных материалов, магнетронное напыление платины

на ниобиевую подложку и т.п.). При этом на стенде создавались условия, заведомо более жесткие в сравнении с натурой, что в конечном счете и позволило дать гарантию достижения срока эксплуатации системы в сложных ледовых условиях Арктики не менее 25 лет, то есть решить главную задачу, поставленную автором работы.

В третьей, четвертой и пятой главах представлены убедительные экспериментальные доказательства работоспособности предложенных решений на основании громадного объема экспериментального материала. Следует особо выделить новую технологию послойного магнетронного напыления платины на «холодную» подложку ниобия без образования ненужных интерметаллидов. Суммарный слой задан исходя из требуемого периода работы электрода. Несомненного внимания заслуживает также разработка нового композита на основе стеклопластика, плакированного слоем хлоростойкой резины, в котором совмещены противоречивые требования по механической прочности и устойчивости в хлорированной морской воде.

Ключевым моментом является создание конструктивной защиты изоляционной основы титановым листом. Удалось решить проблему стабильности биполярного электрода, на котором одновременно могут развиваться опасные разрушающие процессы электрокоррозии и наводораживания с образованием хрупких гидридов титана. Предложен и поставлен на натурные испытания на АЛ «50 лет Победы» новый вариант детонационного покрытия из смеси оксидов $Al_2O_3 + 5\%Cr_2O_3$, работающего без пробоя при напряжении источника питания 36В, взамен используемого в настоящее время сложного компенсирующего дренажного устройства.

В конечном счете, удалось создать новые материалы для катодной электрохимической защиты, не имеющие аналогов в мире, работоспособные не менее 25 лет в сложнейших ледовых условиях, как на ледоколах, так и стационарных объектах. В главе 6 и в приложениях представлены итоги практической реализации результатов диссертационной работы с доведением до уровня промышленного внедрения на целом ряде объектов морской техники.

По тексту диссертации имеется ряд замечаний:

1. В качестве материала подложки рабочего анода использован ниобий. Выбор металла при этом не обоснован. С чем связано отсутствие данных по ближайшим соседям ниобия – танталу, цирконию, гафнию?
2. В ледовых условиях на корпусе защищаемого объекта и на титановом листе анодного узла развита коррозия из-за гетерогенности поверхности вследствие различий в степени механической ледовой нагрузки. Учитывалась ли в работе защита от такого вида коррозии?
3. На с.114-115 описан метод подготовки ниобия перед нанесением платины. Осталось неясным, почему травление велось в крепкой горячей серной кислоте с последующим отмыванием от элементарной серы. Почему нельзя использовать другие процессы, от каких веществ велось отмывание и не приводит ли хранение очищенных ниобиевых заготовок к образованию воздушно-образованного оксидного слоя?
4. На с.147 имеется неточность в описании химизма процессов хлорирования воды. При разложении хлорноватистой кислоты обычно образуется активный атомарный кислород по внутримолекулярному механизму окисления-восстановления, а не хлор.
5. В тексте диссертации содержатся многочисленные повторы от первой главы до итогового заключения.

В целом необходимо отметить, что диссертантом проделана большая, сложная, интересная работа с высочайшим уровнем научной новизны и конкретным практическим выходом. Все научные положения, выводы и рекомендации диссертации не вызывают сомнений, их достоверность подтверждена:

- использованием в процессе работы современных апробированных методов исследования и аттестованного аналитического оборудования, воспроизводимостью полученных результатов;
- опытом внедрения результатов диссертационной работы в производство при изготовлении ледостойких анодов;

- успешном применении новых ледостойких анодов в системах катодной защиты от коррозии объектов судостроения и нефтедобывающей промышленности.

По результатам диссертации предложены и внедрены в производство:

1 Ледостойкие платино-ниобиевые аноды типов АКЛ-М, АКЛ-2М, АКЛ-2МУ и АКЛ-3МУ для систем катодной защиты от коррозии ледоколов, включая атомные, судов ледового плавания и ледостойких нефтегазодобывающих морских сооружений.

2 Технология изготовления ледостойких анодов, включая:

- технологию магнетронного напыления платины на ниобиевую подложку;
- технологию горячего прессования изоляционных основ.

3 Необходимая нормативно-техническая документация на изготовление и монтаж ледостойких анодов (Технические условия, сборочные чертежи, монтажные и технологические инструкции и т.д.).

4 Осуществлено внедрение ледостойких анодов в составе систем катодной защиты МЛСП «Приразломная», атомного ледокола «50 лет Победы» и морских буксиров ледового класса Arc4 проекта 23470, в составе проектной документации патрульного судна усиленного ледового класса Arc 7 проекта 23550 и докового комплекса проекта 21490 и др.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- скорость растворения платинового покрытия, нанесенного на подложку из ниобия методом магнетронного напыления при анодной поляризации в морской воде в 3-4 раза ниже, чем у поликристаллической платины;
- новый платино-ниобиевый анодный материал и технология получения текстурированного платинового покрытия методом магнетронного напыления;
- новый высокопрочный химически стойкий композиционный материал для изоляционных основ ледостойких анодов, имеющий наибольшую химическую стойкость в активном хлоре;
- способ изготовления изоляционных основ с хлоростойким покрытием путем их единовременного горячего прессования;

- потенциал пробоя пассивной пленки на титане и его сплавах при анодной поляризации в морской воде зависит от их химического состава и чистоты. Установлена предельная величина потенциала пробоя титана марки ВТ1-0 8-10В, что позволило использовать его для конструктивной защиты изоляционных основ анодов от разрушающего воздействия льда и предупреждения его электрокоррозии при работе анодов.

Автореферат и имеющиеся публикации отвечают заявленной теме диссертации и в достаточной мере отражают ее содержание. **Диссертация О.А. Ставицкого** полностью соответствует критериям, установленным ВАК (Положение 842, п. 9) о порядке присуждения ученых степеней, **является научно-квалификационной работой**, в которой решен ряд научных задач разработки и применения ледостойких анодов систем катодной защиты, что позволяет классифицировать эту диссертационную работу как научное достижение в сфере материаловедения, т.к. в ней содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний в области материалов электрохимической защиты от коррозии, а соискатель **Ставицкий Олег Александрович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

Заведующий кафедрой химии,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»,
190121 Санкт-Петербург, ул. Лощманская, д.3.
Тел. +7-812-9326953,
Mail: vtrui2008@mail.ru


17.04.2017

Трусов Валерий Иванович

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет» (СПбГМТУ)

Подпись Трусов В.И. заверяю.

Зач. Начальник отдела кадров Е.И. Бреславел

20 2 г.

6