

Möhkəmləndirilən qatın dərinliyi şüalanma rejimindən asılı olaraq, 0,05-0,5mm-ə çata bilər. Bu üsulun texnoloji yeniliyinə baxmayaraq, hazırda bir çox şirkətlər lazer texnologiyalarının tətbiqində əhəmiyyətli uğurlar qazanırlar. Lazer emalı müasir gəmi təmiri istehsalı üçün böyük perspektivlərə malikdir. Praktiki istifadə göstərir ki, səthin möhkəmləndirilməsinin digər üsulları qarşısında lazer emalı yüksək rəqabət qabiliyyəti nümayiş etdirir.

Ədəbiyyat

1. Абильтитов Г.А. и др. Оптимизация технологического СО - лазера замкнутого цикла // Квантовая электроника, 2009, № 1, с. 20-24.
2. Цырлин С.Э. Лазерная закалка деталей машин. М.: Наука, 2004, 248с.
3. Андрияхин В.М. Процессы лазерной сварки и термообработки. М.: Наука, 2008, 176 с.
4. Зверев СВ. Упрочнение стали лазерным излучением // Автомобильная промышленность, 2000, № 6, с 28-30.
5. Фикшис М.М. Лазеры и перспективы их применения в автомобилестроении. М.: НИИАвтомпром, 2009, 165 с.
6. Чеканов Н.Г. Мощный многолучевой СО лазер, возбуждаемый разрядом переменного тока // Квантовая электроника, 2011, №10, с. 22-30.
7. Арзамасцева Э.А., Мульченко Б.Ф. Применение лазеров в промышленности // Технология автомобилестроения, 2000, №5, с. 85 – 89.
8. Гречин А.Н., Хина М.Л. Лазерное упрочнение корпуса дифференциала а/м «Москвич» // Технология автомобилестроения, 2008, №10, с. 3-6.
9. Биргер Е.М. Применение лазерной технологи на АЗЛК // Технология автомобиле- строения, 2010, №5, с. 24-26.
10. Асташкевич Б.М. и др. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. Минск: Высшая школа, 2005, 115 с.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov

УДК 629.56

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СПОСОБЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ РАДИОАКТИВНЫХ ГРУЗОВ

Казимиренко Ю.А.

*Национальный университет кораблестроения
г. Николаев, Украина
E-mail: u.a.kazimirenko@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены перспективные композиционные материалы, способы и технологические направления формирования многослойных конструкций биологической защиты модульного и стационарного типа; разработаны практические рекомендации.

Abstract. Perspective composite materials, methods and technological trends of the formation of modular and stationary type multi-layer constructions of biological protection have been examined; practical recommendations have been developed.

Xülasə. Perspektiv kompozisiya materialları və onlardan konstruksiyaların modul və stasionar tipli bioloji qoruyucu yaradılmasının vasitələri və texnoloji istiqamətləri göstərilmişdir; əməli tövsiyələr işlənmişdir.

Ключевые слова: суда, плавучие сооружения, радиоактивные грузы, конструкции биологической защиты, композиционные материалы

Key words: vessels, floating structures, radioactive cargo, constructions of biological protection, composite materials

Açar sözlər: gəmilər, üzən qurğular, radioaktiv yüklər, bioloji qoruyucu konstruksiyalar, kompozisiya materialları

Постановка проблемы. Развитие атомной энергетики, отраслей химической, машиностроительной и горноперерабатывающей промышленности связано с применением радиоактивных материалов и накоплением на них радиоактивных отходов, требующих дальнейшей переработки или захоронения. В международной практике в качестве средств транспортировки или временного хранения применяются специализированные суда, плавучие хранилища, технические базы [1]. Для снижения ионизирующих излучений от радиоактивных грузов и поддержания необходимого теплового состояния грузовой зоны предусматриваются конструкции биологической защиты (БЗ) модульного и стационарного типов, проектирование и изготовление которых является важной задачей.

Многократному поглощению диффузионных потоков излучений от радиоактивных грузов способствуют многослойные конструкции, изготовленные из материалов с разной поглощающей способностью [2]. Модульные конструкции, отделяющие в трюме судна упакованные и неупакованные грузы от персонала и других видов грузов, в большинстве случаев изготавливаются из бетонных плит, облицованных с двух сторон листами плакированной или нержавеющей стали или в виде стальных, соединенных швеллерами панелей, пространство между которыми заполнено свинцовой дробью или засыпкой из цементного или природного гидридосодержащего щебня [3, 4]. Стационарные конструкции БЗ являются неотъемлемой частью плавучих сооружений и представляют собой корпус, изготовленный из плакированной стали, ограждающий грузовую зону от вредного воздействия радиоактивных веществ с остаточным тепловыделением, которые помещаются во вкладные цистерны из нержавеющей стали; пространство между цистернами и корпусом из плакированной стали заполняется бетонной заливкой. Важной задачей проектирования конструкций биологической защиты является выбор материалов, удовлетворяющих требованиям технологичности, с помощью которых можно обеспечить надежную защиту от излучений радиоактивных грузов.

Целью работы является выбор, разработка новых материалов и способов формирования многослойных конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, предназначенных для транспортировки и хранения радиоактивных грузов.

Изложение основного материала.

Преимущества применения бетонов для изготовления конструкций биологической защиты объясняется механизмами гидратации, в процессе которой цемент, связывая часть воды, становится водородосодержащим компонентом [5], но из-за низкого коэффициента теплопроводности ($\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$) не обеспечивает отвод тепла для случаев транспортировки грузов с остаточным тепловыделением. Для повышения прочности и теплопроводности используется стальная облицовка, однако в процессе длительной эксплуатации в условиях γ - и нейтронного излучений нержавеющие и углеродистые стали становятся источниками вторичного излучения, что вследствие структурных изменений приводит к радиационному набуханию, охрупчиванию, ползучести [6]. В связи с этим целесообразно нанести на стальную поверхность дополнительного слоя из теплопроводного материала, способного ослаблять ионизирующие излучения, выдерживать термоциклические нагрузки, предотвращать развитие коррозионных дефектов.

В работе предложен способ изготовления многослойной модульной конструкции биологической защиты [7], где каждый из слоев изготовлен из материалов с разной поглощающей способностью и имеет свое функциональное назначение.

Модуль конструкции представляет собой жестко-закрепленный с помощью швеллеров трехслойный элемент (рис. 1): бетонную плиту толщиной 200 мм, облицованную с одной стороны листовой углеродистой сталью (например, Ст3 ГОСТ 5521-93) толщиной 10 мм, на которую дополнительно наносится слой защитного металлостеклянного покрытия. Стальные панели площадью до 50 м² устанавливаются в монтажное положение кранами и крепятся с помощью электросварки. Приваренные швеллеры остаются в бетоне и обеспечивают соединение со стальной обшивкой. Для этого к облицовочным листам привариваются по ГОСТ 14098-91 «усы» из круглой стали (ГОСТ 2590-71) диаметром 12...16 мм. Соединение бетонных плит между собой осуществляется с помощью анкерных петель или тяжей, проходящих через отверстия в панелях и привариваются к армокаркасу. Панели конструкций устанавливаются на съемные направляющие планки, разделяющие трюм судна в продольном и поперечном направлениях либо с помощью съемных соединительных приспособлений или запорных элементов крепятся к днищевым секциям.

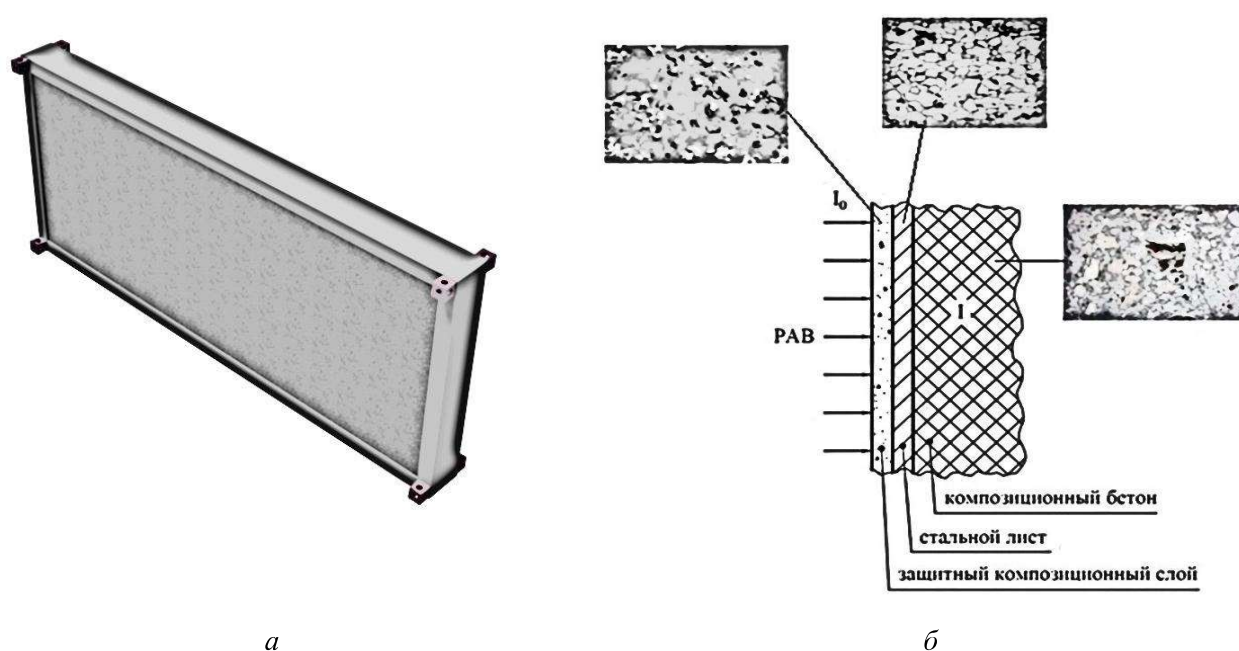


Рис. 1. Модульная конструкция биологической защиты: а – модуль конструкции; б – материалы конструкции

Применение разработанных в работах [8, 9] металлостеклянных материалов и покрытий позволит на 20...50 % повысить защиту от рентгеновского и γ -излучений. Это стекло-алюминиевые материалы, полученные методом горячего прессования смеси порошка или пудры алюминия (марок ПА-4, АПС-1А, ГОСТ 6058-73, ГОСТ 5494-95) с полыми стеклянными микросферами натрийсиликатного состава. В виде плиток размером до 500 мм толщиной 10...50 мм они с помощью клеевой композиции холодного отверждения [10] крепятся к стальной поверхности и образуют прочное ($\sigma_{отр} = 8...9,5$ МПа) трудногорючее соединение. Защитный слой может быть сформирован с помощью электродугового напыления – одного из высокоэффективных методов нанесения защитных покрытий, достоинствами которого являются простота, технологичность, отсутствие ограничений по требованиям, предъявляемым к габаритам и конфигурациям изделий, возможность проведения работ как на закрытом участке, так и на открытых монтажных площадках. Для формирования покрытий толщиной 1...2 мм на стальной поверхности использованы цельнотянутые сварочные проволоки марок Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) и Св-АМг5 (ГОСТ 7871-75), в качестве наполнителей выбраны стеклянные дисперсные частицы: полые стеклянные микросферы натрийсиликатного состава.

ва, а также порошки, полученные механическим измельчением бытовых отходов (хрустальной посуды и рентгеновского оборудования). Подготовка стальной поверхности включает в себя пескоструйную обработку или очистку от ржавчины щетками; перед нанесением клеевого слоя проводится дополнительная обработка преобразователем ржавчины (ГОСТ 30662-99).

Разметка под облицовку плитками осуществляется с использованием трафаретов. С помощью построения причинно-следственной диаграммы Исикавы [11] проанализированы взаимное влияние проектных и технологических факторов на качество конструкций биологической защиты с композиционным слоем из стеклоалюминиевых плиток, что позволит выявить дефекты и исключить причины их возникновения на этапах изготовления.

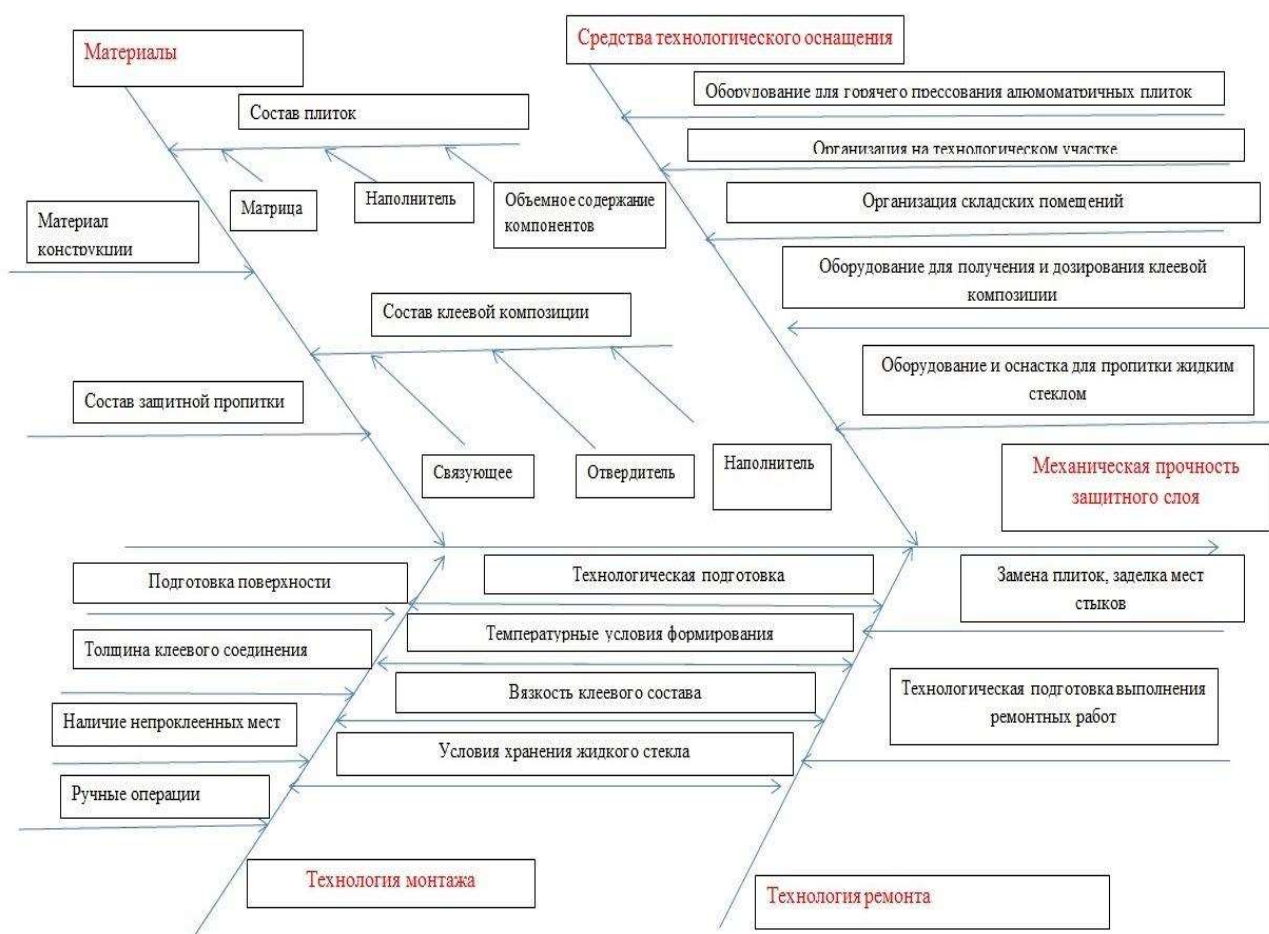


Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма Исикавы для случая облицовки поверхности алумоматричными плитками

Разработанные металлостеклянные электродуговые покрытия также следует наносить на внутреннюю поверхность стальных вкладных цистерн для жидких радиоактивных отходов, которые вместе с корпусом из плакированной стали и бетонной заливкой представляют собой стационарные конструкции биологической защиты на плавучих сооружениях. Нанесение на внутреннюю поверхность крышки из углеродистой стали (ГОСТ 5521-93) защитного слоя в виде стеклоалюминиевых плиток толщиной 500 мм позволит по результатам оценки коэффициента теплоотдачи [13] снизить температуру с внешней поверхности на 60...80 К. Экспериментальные исследования облученных металлостеклянных электродуговых покры-

тий в 20% водных растворах HCl , H_2SO_4 , HNO_3 показали целесообразность их нанесения на поверхность цистерн, изготовленных из ст3.

Установлены *коррозионные дефекты* (рис. 3) – дефекты структуры, вызванные воздействием на материалы конструкций химически активных сред, таких как жидкие радиоактивных отходы (ЖРО), растворы для дезактивации. Собранная информация сопровождается фотографическими объектами микроструктур, микрофотографиями наполнителей, фрагментами рентгенограмм.

В процессе дезактивации разрушенный слой покрытия может быть удален и при ремонтно-восстановительных работах нанесен снова. Дополнительным способом защиты поверхности металlostеклянных электродуговых покрытий может быть пропитка жидким стеклом, которое заполняет поры в поверхностно слое и тем самым блокирует проникание агрессивных сред.

Полученные результаты представляют собой научно-практический интерес для внедрения на судостроительных предприятиях, могут быть использованы при проектировании (модернизации) судов и плавучих сооружений под перевозку радиоактивных грузов.



Рис. 3. Коррозионные дефекты композиционного защитного слоя конструкций биологической защиты

Заключение: Разработаны практические рекомендации по формированию модульных и стационарных конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений с использованием новых металlostеклянных электродуговых покрытий и стеклоалюминиевых горячепрессованных плиток, что дает возможность повысить защиту от ионизирующих излучений, химически активных сред, снизить температуру на 60...80 К с наиболее разогретых поверхностей, заменив при этом дорогостоящие нержавеющие и плакированные стали на более углеродистую сталь (например, Ст3).

Литература

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска [Текст] / Г.В. Егоров. СПб. : Судостроение, 2007, 384 с.
2. Андрианов А. Ю. Соединение разнородных компонентов конструкционного материала контейнера для радиоактивных отходов [Текст] / А.Ю. Андрианов, А.В. Кулик, Д.А. Орлянский // Вісник Донецького національного університету. 2010, вип. 2 с. 262–268.
3. Перевозка ОЯТ морским транспортом [Текст] / М. В. Барышников, А. В. Худяков, В. М. Овсянников, В. И. Шлячков // Безопасность окружающей среды. 2010, № 1, с. 98–105.
4. Патент на полезную модель 66841 Российская Федерация, МПК⁷ G21F7. Модуль биологической защиты [Текст] / Степанов Е.М., Гавриш Г.П., Герасимов В.Е.; заявитель и патентовладелец Федеральное государственное унитарное предприятие Санкт-Петербургский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ». № 2005101770; заявл. 13.04.2007, опубл. 28.12.2007, Бюл. № 12.
5. Ю.И. Орловский, А.П. Пронин, Н.Н. Жук [и др.] Радиационно-защитные свойства полимерсерного бетона [Текст] / // Изв. Вузов. Строительство. 2004, № 9, с. 21–26.
6. Воеводин В.Н. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов [Текст] / В. Н. Воеводин, И. М. Неклюдов. Київ: Наукова Думка, 2006, 378 с.
7. Патент на винахід №111654 Україна МПК B63B3/00. Спосіб захисту конструкцій суден і плавучих споруд від дії іонізуючих випромінювань / Ю. О. Казимиренко. № a2014 09822; заявник і патентовласник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова; Заявл. 10.02.2015; Опубл. 25.05.2016, Бюл. №10.
8. Kazimirenko Y. A. Radiation resistance of metal-glass coatings for floating composite structures / Y. A. Kazimirenko, V. V. Schlapatskaya // Shipbuilding & marine infrastructure. 2015, №1(3). P. 111–121.
9. Казимиренко Ю. А. Закономерности формирования металлостеклянных материалов и покрытий с повышенными рентгенозащитными свойствами [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства. Харьков: «Технологический центр». – 2013, № 6/2(14). с. 45–55.
10. Казимиренко Ю. О. Формування клейового з'єднання для виготовлення багатошарових конструкцій суден [Текст] / Ю. О. Казимиренко // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (Warsaw, Poland). 2016, № 3(7), Vol. 2. p. 20–24.
11. Д. Д. Зыков, В.В.Матвеев, К. А. Нечаев [и др.] Повышение качества продукции посредством использования причинно-следственной диаграммы в комплексе с информационной системой управления полупроводниковым производством // Доклады ТУСУРа. 2013, № 4 (30), с. 172–176.
12. Казимиренко Ю.О. Корозійний захист сталевих цистерн для зберігання рідких радіоактивних речовин на плавучих спорудах / Ю. О. Казимиренко [Текст] // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe (Warsaw, Poland). 2016, №7 (11). Vol. 2. p. 16–21.
13. Казимиренко Ю.А. Решение задач теплообмена при перевозке и хранении радиоактивных грузов на плавучих сооружениях [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy: Baki: Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası 2016, №2, с. 20–26.

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. A.T.Məmmədov