

Далека Василь Хомич, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, кафедра електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: daleka@ksame.kharkov.ua

Доля Олена Євгенівна, асистент, кафедра управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: dolya.o.e.@ksame.kharkov.ua

УДК 629.565.2

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.48052

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОЗИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

© Ю. А. Казимиренко

Разработаны новые научно-методические принципы алгоритмизации оценки технического состояния, в основу которых положены качественные и количественные показатели изменения структуры и свойств материалов композитных конструкций судов в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных веществ. Для обработки и систематизации данных разработана новая информационно-поисковая система «PROTECTIVE COATINGS DATA»

Ключевые слова: *техническое состояние, композитные конструкции, информационно-поисковая система, повреждаемость материалов, суда*

The new scientific and methodical principles of algorithmization of technical state evaluation were developed; they are based on qualitative and quantitative indicators of changing the structure and material properties of composite constructions of vessels in conditions of ionizing radiation, thermocyclic stress and corrosive influence of chemically active substances. The new information-retrieval system «PROTECTIVE COATINGS DATA» for processing and systematization of data was developed

Keywords: *technical state, composite constructions, information-retrieval system, defectiveness of materials, vessels*

1. Введение

Оценка технического состояния конструкций судов и транспортного оборудования является важной задачей, обеспечивающей безопасную перевозку грузов. В настоящее время повышенные требования международных классификационных обществ к надежности судов обязывают судовладельцев осуществлять техническое обслуживание на высоком уровне с использованием наукоемких технологий. Решение проблемы перевозок радиоактивных грузов водным транспортом требует создания специализированных судов и плавучих сооружений, максимально приспособленных к грузовым операциям. Дополнительную защиту экипажа и изоляцию грузов обеспечивают многослойные конструкции биологической защиты, изготовленные из материалов с разными свойствами. Сложные условия эксплуатации и расширение ассортимента используемых в судостроении материалов вызывают необходимость усовершенствования методов и средств диагностирования, обработки и

прогнозирования результатов, внедрения нового информационного обеспечения.

2. Анализ исследований и публикаций

Современный опыт оценки технического состояния судовых конструкций отражен в работах отечественных и зарубежных авторов [1–4], освещающих вопрос исключительно с позиций коррозионного износа корпуса и решения задач безопасности с применением методов экспертных оценок. При этом не рассматриваются другие факторы повреждаемости судовых конструкций, а применяемые программные продукты не обеспечивают сбор, обработку, хранение и систематизацию данных о структурных и эксплуатационных характеристиках применяемых материалов. На практике для оценки повреждаемости выполняются дорогостоящие натурные эксперименты на специально подготовленных моделях с использованием методов неразрушающего и повреждающего контроля, к которым относятся химический анализ, металлографические исследования, механиче-

ские испытания [5, 6]. Для измерения геометрических параметров используются методы толщинометрии [6], накопленные данные по однотипным судам подлежат статистической обработке с помощью современных версий систем компьютерной алгебры [7, 8]. Полученные результаты используются для разработки конструктивно-технологических мероприятий по устранению дефектов на стадиях проектных работ. Новой тенденцией в развитии систем компьютерной алгебры является появление и развитие средств работы с базами данных (БД), в которые также заносятся графические объекты информации: зависимости распределения износов и напряжений [9], фотографии коррозионной и механической повреждаемости [10].

Композитные конструкции биологической защиты (БЗ) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию ионизирующих излучений (ИИ), могут испытывать температурные нагрузки и непосредственный контакт с химически активными средами [11]. Процесс замены материалов или применение новых требует приобретения новых знаний о возможных дефектах, связанных с изменениями их структуры и свойств. Методы оценки технического состояния конструкций судов должны основываться на принципах доступности обновления и систематизации информации, возможности сопоставления результатов, использовании их при обработке статистическими методами, сведении к минимуму материальных затрат за счет сокращения натурных испытаний.

Не смотря на развитие методов неразрушающего контроля и информационных технологий для диагностики композиционных материалов и конструкций, в научной литературе последнего десятилетия слабо отражены новые направления в области разработки и развития методов оценки технического состояния в судостроении, существующие алгоритмы привязаны к конкретным проектам. Кроме того, не затрагиваются вопросы оценки технического состояния конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, что, в свою очередь, является важной частью эксплуатационных и сюрвейерских задач, связанных с возникновением страховых случаев при перевозке радиоактивных грузов. Поэтому решением важной научно-технической проблемы повышения надежности специализированных судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных веществ, является развитие методов оценки технического состояния конструкций биологической защиты, основанных на новых разработках в области материаловедения, информационных технологий, системного анализа.

4. Цель и задачи исследований

Цель работы – разработка научно-методических принципов алгоритмизации оценки технического состояния, систематизирующей качественные и количественные показатели изменения структуры и

свойств материалов композитных конструкций в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных сред.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить задачи систематизации данных, выбора критериев повреждаемости материалов и покрытий в условиях ионизирующих излучений, термоциклических нагрузок, коррозионного воздействия химически активных сред; разработки и апробации новых информационных ресурсов; составления алгоритма, описывающего порядок действий эксперта на стадиях проектирования, технологической подготовки и эксплуатации конструкций.

5. Систематизация данных и выбор критериев повреждаемости материалов и покрытий конструкций биологической защиты

5.1. Материалы для изготовления конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений

Панельные конструкции БЗ целесообразно изготавливать из слоев разных материалов: плит радиационно-стойкого бетона (ГОСТ 25192-2012), облицованных листами нержавеющей (ГОСТ 5632-72) или углеродистой (ГОСТ 5521-93) стали [12]. Дополнительная защита от действия ИИ, коррозионного износа создается путем нанесения композиционного слоя с повышенным коэффициентом ослабления излучений. В работах [11, 13, 14] предлагается использовать электродуговые покрытия на основе Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) и Св-АМг5 (ГОСТ 24315-80), наполненные полыми стеклянными микросферами (ПСМ), например, марки МС-А-9 (ТУ 6-48-108-94), порошками натрийсиликатного (ГОСТ 24315-80) и свинцовосодержащего (ГОСТ 9541-75) стекол. Дополнительную защиту также может создавать облицовка из алюмоматричных плиток, полученных методом горячего прессования смесей из порошков алюминия (например, марки ПА-5 ГОСТ 6058-73) или алюминиевой пудры (например, марки АПС-1А, ГОСТ 5494-95) с ПСМ, порошками SiC (ГОСТ 9428-73) или Al₂O₃ (ГОСТ 30558-98).

5.2. Эксплуатационные дефекты, методики исследований и критерии повреждаемости материалов и покрытий

Выявлению эксплуатационных дефектов предшествовали экспериментальные и теоретические исследования, результаты которых представлены в работах [11, 13–15]. Поскольку срок эксплуатации конструкций определяется состоянием структуры и физико-механическими свойствами используемых материалов, при постановке исследований главный приоритет отдается диагностике структурных изменений. Для определения критериев повреждаемости исследованиям подвергались образцы после воздействия потока γ -излучения Co⁶⁰, термоциклических испытаний в диапазонах темпе-

ратур до 300...570 °С, коррозионного воздействия химически активных сред: 20 %-ных водных растворов соляной (HCl), серной (H₂SO₄) и азотной (HNO₃) кислот. Микроструктурные исследования осуществлялись с помощью методов электронной и оптической микроскопии с использованием микроскопа-микроанализатора РЭММА-102-02 и металлографического микроскопа ММР-2Р, качественный фазовый рентгеноструктурный анализ образцов выполнялся на установке ДРОН-3. Полученные результаты подлежали сравнению с микроструктурами и рентгенограммами этих же образцов до испытаний (т.н. эталонных образцов). Цифровые микрофотографии обрабатывались методами стереометрической и компьютерной металлографии. Качественными показателями, характеризующими изменения структуры композиционных материалов и покрытий следует считать: изменения текстуры, появление дополнительных пор, трещин, расслоения, выкрашивания включений, появление новых фаз. Количественными показателями структурных изменений являются: объемная и поверхностная пористость, средний размер пор, микротвердость составляющих фаз, размер зерен и областей когерентного рассеяния (ОКР). Объемная пористость исследовалась с помощью методики гидростатического взвешивания, поверхностная – с помощью оптической металлографии. Определение микротвердости составляющих фаз осуществлялось с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке на индентор 20 г для металлической матрицы и 200 г для стеклянных включений. Микроструктурные исследования образцов из Ст 3 проводились на травленных микрошлифах, травление осуществлялось в 4 % ном спиртовом растворе HNO₃. Определение размеров зерен осуществлялось по ГОСТ 5639-82, размера ОКР – по результатам численной обработки рентгенограмм.

В большинстве случаев структурные изменения приводят к изменению механических свойств защитного композиционного слоя и стальных листов. Проводимые для стальных пластин с покрытием и без покрытия механические испытания включали определение твердости HV_5 стальной подложки по Виккерсу, предела прочности σ_b , предела текучести σ_T , прочности сцепления $\sigma_{отр}$ покрытий с подложкой. Для алюмоматричных плиток главной прочностной характеристикой является предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$.

6. Разработка и применение информационно-поисковой системы «PROTECTIVE COATINGS DATA» для оценки технического состояния конструкций

Методическое обеспечение оценки технического состояния конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных грузов, включает разработку новой специализиро-

ванной информационно-поисковой системы (ИПС) «PROTECTIVE COATINGS DATA», концептуальная модель которой представлена в работе [15]. Программный продукт разработан на языке SQL (Structured Query Language) и может работать под управлением операционных систем Linux, Windows. Основным элементом ИПС является информационно-поисковый массив документально-фактографического типа, содержащий микрофотографии, фрагменты дифрактограмм и обработанные данные физических экспериментов. Фактографическая часть информационно-поискового массива имеет строчечную запись (рис. 1), включает информацию о технологических режимах, физико-механических, эксплуатационных свойствах и заполняется администратором на стадии проектирования конструкций.

Меню содержит функции просмотра и добавления данных, где информация представлена в виде «сущностей» с названием композиций, «типов сущностей» – графических объектов (например, микроструктур) и «характеристик» – свойств материалов в виде численных значений с обозначениями и размерностью. Информация о материалах до испытаний заносится в блок «Эталоны», в блоках «Облученные материалы и покрытия», «Материалы и покрытия после термоциклических испытаний», «Материалы и покрытия после коррозионных испытаний» находятся сведения об их повреждаемости с указанием условий (например, вид химически активной среды, время, характер предварительной обработки и проч.). Заполнение и редактирование информации осуществляется администратором системы, функция просмотра и быстрого поиска для сравнения данных могут быть предоставлены пользователю.

Диагностика проводится путем сопоставления микроструктур образцов-свидетелей или топографии поверхности конструкций после эксплуатации с микрофотографиями из блока «Эталоны», использование функций поиска также позволяет сопоставить измеренные физико-механические характеристики с исходными данными. По результатам сравнения графических объектов можно, например, оценить вид коррозионного повреждения (равномерная, питтинговая коррозия и проч.), изменение текстуры, появление дополнительных пор, трещин, расслоения, выкрашивания включений и других дефектов. Наложение и обработка цифрового изображения с помощью методов компьютерной металлографии [16], систем анализа и обработки изображений (Adobe Photoshop, Point NET, GIMP) [17] позволит эксперту сделать квалифицированное заключение о структурных изменениях в исследуемых материалах. В качестве примера на рис. 2 представлено наложение графических объектов: микроструктур (а) и фрагментов рентгенограмм (б) электродуговых покрытий на основе Св-08Г2С, наполненных полыми стеклянными микросферами.

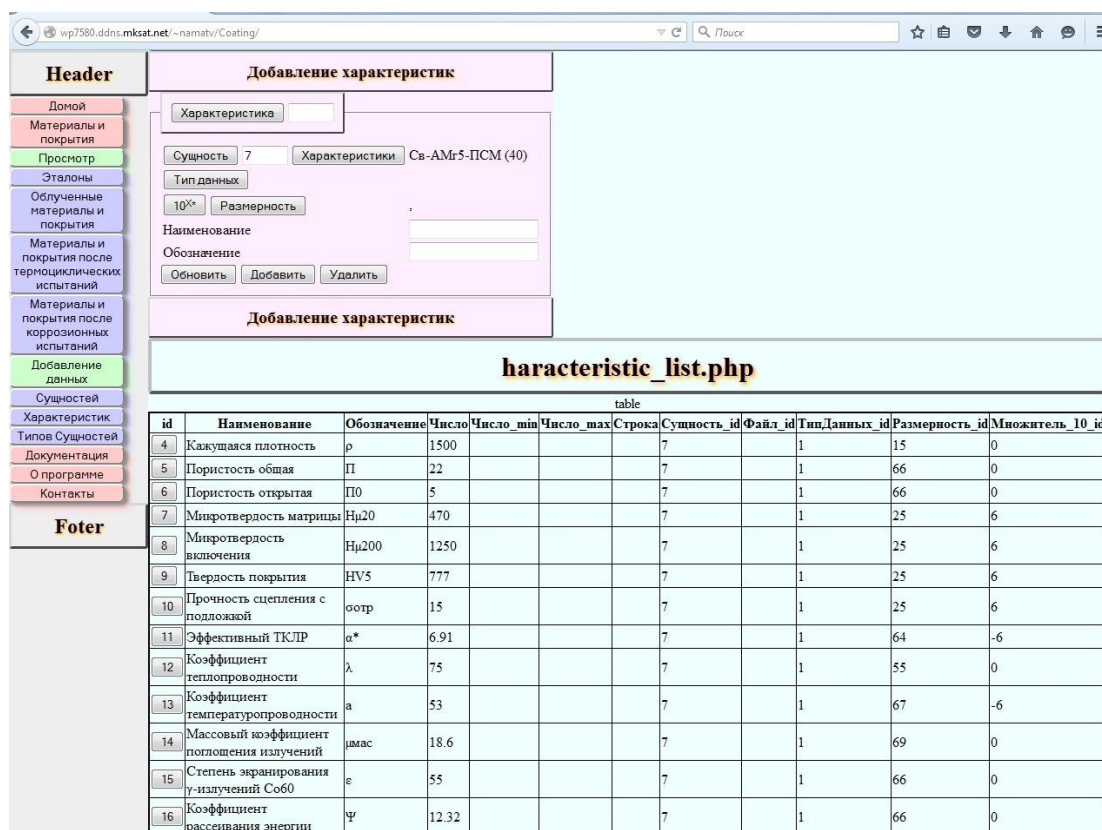
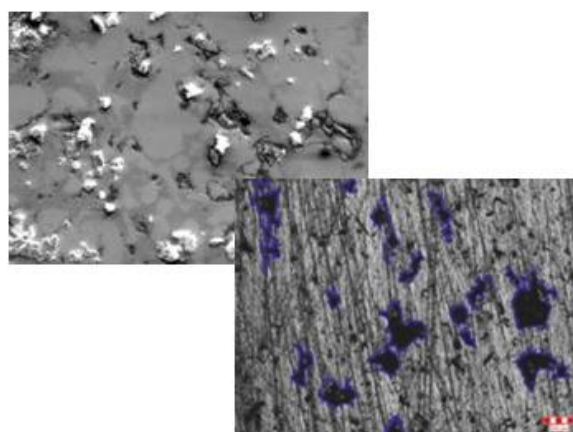


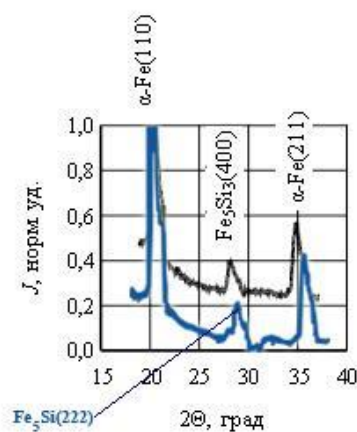
Рис. 1. Интерфейс ввода экспериментальных данных

Цифровая обработка мест повреждений на микрофотографиях (рис. 2, а) позволяет определить размеры пор, что может быть использовано при прогнозировании свойств конструкций. Наложение изображений (рис. 2, б), где разными цветами могут быть выделены фрагменты дифрактограмм эталонно-

го образца и образца после термообработки при температуре 500 °С, позволяет судить об изменении ширины пиков, а следовательно, об изменениях размеров зерен. При обработке полученной информации можно рассчитать размер ОКР и судить о структурных изменениях, вызванных влияниями температур.



а



б

Рис. 2. Пример наложения графических объектов: а – микроструктур (×120): эталон/образец после коррозионного разрушения в среде HNO₃ (20 %) в течение 840 часов; б – фрагментов рентгенограмм: эталон/образец после термообработки при температуре 500 °С

Таким образом, еще на этапе проектирования судна или плавучего сооружения конструктор владеет всем спектром информации о применяемых материалах и покрытиях, включая технологические рекомендации, и может решать оптимиза-

ционные задачи по выбору наилучших альтернатив под конкретные цели. В рамках системы поиск может быть осуществлен по запросам, включающим конкретные названия композиций и ключевым словам.

7. Составление алгоритма проведения технической диагностики и оценки технического состояния композитных конструкций судов

Алгоритм оценки технического состояния представляет собой набор инструкций, описывающих порядок действий научно-технического работника на этапах проектирования и технологической подготовки композитных конструкций, действий эксперта на этапах эксплуатации судна или плавучего сооружения.

В процессе проектирования производится выбор материалов и покрытий для изготовления конструкций БЗ. На основании имеющихся в ИПС «PROTECTIVE COATINGS DATA» данных о структуре, свойствах и их изменении в определенных условиях эксплуатации составляется заключение, результаты которого в дальнейшем используются для сопоставления данных при выполнении технической экспертизы.

Оценка технического состояния композитных конструкций в процессе технологической подготовки включает строгое соблюдение режимов, указанных в техзадании. При отсутствии сертификатов или несоответствия материалов производится определение механических показателей, а также металлографические или химические исследования образцов в соответствии с ГОСТ 7564-97, ГОСТ 1497-84, ГОСТ 22536.0-87. Полученные результаты заносятся в базу данных. Для прогнозирования и анализа информации можно воспользоваться диаграммой Каору-Исикавы [18], позволяющей определять и предупреждать появление дефектов производственного характера. Диаграмма составляется на стадии проектирования конструкций для обобщения и систематизации информации, полученной в процессе лабораторных исследований и опытного производства. На рис. 3 в качестве примера приведены диаграмма Каору-Исикавы, составленная для случая формирования защитного слоя методом электродугового напыления.

Оценка технического состояния конструкций на этапах эксплуатации основана на методе сравнения с эталонами и включает отбор проб, проведение металлографических исследований с занесением полученной информации в базу данных ИПС «PROTECTIVE COATINGS DATA» с последующим сравнением с характеристиками из блока «Эталоны». В результате наложения графической информации и сопоставления табличных данных рассчитываются статистические параметры и формируется отчет.

Прогнозирование возможности образования дефектов при различных условиях эксплуатации позволит оценить реальный ресурс работы композитных конструкций и разработать технологические мероприятия, направленные на его продление. Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием и усовершенствованием методов неразрушающей дефектоскопии.



Рис. 3. Причинно-следственная диаграмма Каору-Исикавы для случая формирования защитного слоя методом электродугового

8. Выводы

Выбраны качественные и количественные критерии повреждаемости новых материалов и покрытий, применяемых для изготовления конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений, предназначенных для перевозки и хранения радиоактивных грузов.

Разработана и апробировано применение новой информационно-поисковой системы «PROTECTIVE COATINGS DATA», предназначенной для обработки, хранения, систематизации данных о свойствах, структурных характеристиках, появлении и развитии дефектов в материалах и покрытиях в условиях облучения, термоциклического нагружения, коррозионного воздействия химически активных сред.

Предложен алгоритм оценки технического состояния композитных конструкций судов и плавучих сооружений, описывающие порядок действий научно-технического работника (эксперта) на стадиях проектирования, технологической подготовки и эксплуатации конструкций.

Литература

- Егоров, Г. В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска [Текст]: монография / Г. В. Егоров. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
- Нестеренко, В. Б. Оценка технического состояния судовых конструкций длительной эксплуатации [Текст] / В. Б. Нестеренко, О. П. Завальнюк // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2012. – № 1 (6). – С. 102–110.
- Тряскин, В. Н. Структура модели данных в автоматизированных системах для оценки технического состояния корпуса судна [Текст] / В. Н. Тряскин, Х. М. Шон // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2012. – № 1. – С. 41–45.
- Петрова, Н. Е. Изменение технического состояния корпуса судна в процессе эксплуатации [Текст] / Н. Е. Петрова // Вестник МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 1. – С. 39–41.
- Бимберек, П. А. Исследования на моделях судовых перекрытий с повышенным уровнем работоспособности при местных нагрузках [Текст] / П. А. Бимберек // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева. – 2011. – № 3 (90). – С. 183–189.

6. Перрен, А. А. Неразрушающий контроль полимерных композитных материалов в судостроении [Текст] / А. А. Перрен, А. М. Баганик // В мире неразрушающего контроля. – 2011. – № 3 (53). – С. 24–26.

7. Лузин, В. П. Информационно-технические основы создания систем управления крупными рисками в страховой компании : Монография [Текст] / В. П. Лузин. – М.: БУКВИЦА, 2000. – 146 с.

8. Клименко, В. П. Современные особенности развития систем компьютерной алгебры [Текст] / В. П. Клименко, А. Л. Ляхов, Д. Н. Гвоздик // Математичні машини і системи. – 2011. – № 2. – С. 3–16.

9. Францев, М. Э. Способ проектного обоснования главных элементов и других характеристик судов из композиционных материалов при помощи анализа баз данных [Текст] / М. Э. Францев // Вестник АГТУ: Сер.: Морская техника и технология. – 2011. – № 3. – С. 37–46.

10. Москаленко, М. А. Основы обеспечения конструктивной безопасности морских судов [Текст]: монография / М. А. Москаленко. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 162 с.

11. Казимиренко, Ю. А. Формирование конструкций плавучих композитных сооружений для перевозки и хранения радиоактивных грузов [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – Т. 6, № 5 (20). – С. 7–9. doi: 10.15587/2312-8372.2014.31884

12. Барышников, М. В. 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.

13. Казимиренко, Ю. А. Закономерности формирования металlostеклянных материалов и покрытий с повышенными рентгенозащитными свойствами [Текст] / Ю. А. Казимиренко // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – Т. 6, № 2 (14). – С. 45–55. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/19497/17165>

14. Казимиренко, Ю. А. Радиационная стойкость металlostеклянных покрытий для плавучих композитных сооружений [Текст] / Ю. А. Казимиренко, В. В. Шлапачка // Судостроение и морская инфраструктура. – 2015. – № 1 (3). – С. 111–121.

15. Проектная оценка технического состояния судовых конструкций с использованием информационно-поисковых систем [Текст] / Ю. А. Казимиренко, Т. А. Фарионова, С. А. Казимиренко, Д. Е. Стрелковский // Вісник НТУ «ХП». Серія : Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – 2014. – № 3 (1046). – С. 60–64.

16. Литовченко, С. В. Автоматизация анализа металлографических структур [Текст] / С. В. Литовченко, Т. В. Малыгина, Л. О. Шпагина, В. О. Шпагина // Вісник Харківського національного університету. – 2011. – № 960. – С. 215–223.

17. Овечкин, М. И. Применимость программных комплексов для работ со снимками к задачам анализа рентгенограмм [Текст] / М. И. Овечкин, А. И. Сердюк // Программные продукты и системы. – 2013. – № 2. – С. 2149–2253.

18. Мазур, И. И. Управление качеством: учебное пособие [Текст] / И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2003. – 339 с.

Referenses

1. Egorov, G. V. (2007). Proektirovanie sudov ograničennyh rajonov plavanija na osnovanii teorii riska. SPb.: Sudostroenie, 384.

2. Nesterenko, V. B., Zaval'njuk, O. P. (2012). Ocenka tehničeskogo sostojanija sudovyh konstrukcij dlitel'noj jekspluatcii. Naukovij visnik Hersons'koi derzhavnoi mors'koi akademii, 1 (6), 102–110.

3. Trjaskin, V. N., Shon, H. M. (2012). Struktura modeli dannyh v avtomatizirovannyh sistemah dlja ocenki tehničeskogo sostojanija korpusa sudna. Vestnik AGTU. Ser.: Morskaja tehnika i tehnologija, 1, 41–45.

4. Petrova, N. E. (2009). Izmenenie tehničeskogo sostojanija korpusa sudna v processe jekspluatcii. Vestnik MGTU, 12 (1), 39–41.

5. Bimberekov, P. A. (2011). Issledovanija na modeljah sudovyh perekrytij s povyshennym urovnem rabotosposobnosti pri mestnyh nagruzkah. Trudy Nizhegorodskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. R. E. Alekseeva, 3 (90), 183–189.

6. Perren, A. A., Baganik, A. M. (2011). Nerazrushajushhij kontrol' polimernyh kompozitnyh materialov v sudostroenii. V mire nerazrushajushhego kontrolja, 3 (53), 24–26.

7. Luzin, V. P. (2000). Informacionno-tehničeskije osnovy sozdaniya sistem upravlenija крупными riskami v strahovoj kompanii. Moscow :BUKVICA, 146.

8. Klimenko, V. P., Ljahov, A. L., Gvozdik, D. N. (2011). Sovremennye osobennosti razvitija sistem komp'juternej algebry. Matematichni mashini i sistemi, 2, 3–16.

9. Francev, M. Je. (2011). Sposob proektnogo obosnovanija glavnyh jelementov i drugih harakteristik sudov iz kompozicionnyh materialov pri pomoshhi analiza baz dannyh. Vestnik AGTU: Ser.: Morskaja tehnika i tehnologija, 3, 37–46.

10. Moskalenko, M. A. (2005). Osnovy obespechenija konstruktivnoj bezopasnosti morskikh sudov. Vladivostok: Dal'nauka, 162.

11. Kazymyrenko, Y. A. (2014). The formation of constructions of floating composite structures for transportation and storage of radioactive cargo. Technology audit and production reserves, 6/5 (20), 7–9. doi: 10.15587/2312-8372.2014.31884

12. Baryshnikov, M. V. Hudjakov A. V., Ovsjannikov V. M., Shljachkov V. I. (2010). Perevozka OJaT morskim transportom. Bezopasnost' okruzhajushhej sredy, 1, 98–105.

13. Kazymyrenko, Y. (2013). The regularities of the formation of metal-glass materials and coatings with enhanced X-ray properties. Technology audit and production reserves, 6/2 (14), 45–55. Available at: <http://journals.uran.ua/tarp/article/view/19497/17165>

14. Kazymyrenko, Y. A., Shlapackaja V. V. (2015). Radiacionnaja stojkost' metallostekljannyh pokrytij dlja plavuchih kompozitnyh sooruzhenij. Sudostroenie i morskaja infrastruktura, 1 (3), 111–121.

15. Kazymyrenko, Y. A., Fariyona, T. A., Kazymyrenko, S., A., Strelkovskij, D. E. (2014). Proektnaja ocenka tehničeskogo sostojanija sudovyh konstrukcij s ispol'zovaniem informacionno-poiskovyh sistem. Visnik NTU «HPI». Serija: Strategichne upravlinnja, upravlinnja portfeljami, programami ta proektami, 3 (1046), 60–64.

16. Litovchenko, S. V., Malyhina, T. V., Shpagina, L. O., Shpagina, V. O. (2011). Avtomatizacija analiza metallograficheskikh struktur. Visnik Harkivs'kogo nacional'nogo universitetu, 960, 215–223.

17. Ovechkin, M. I., Serdjuk, A. I. (2013). Primenimost' programmnyh kompleksov dlja rabot so snimkami k zadacham analiza rentgenogramm. Programmnye produkty i sistemi, 2, 2149–2253.

18. Mazur, I. I., Shapiro, V. D. (2003). Upravlenie kachestvom: uchebnoe posobie. Moscow: Vysshaja shkola, 339.

*Рекомендовано до публікації д-р тех. наук, професор Кошкін К. В.
Дата надходження рукопису 24.07.2015*

Казмирченко Юлия Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра материаловедения и технологии металлов, Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова, пр. Героев Сталинграда, 9, г. Николаев, Украина, 54025
E-mail: u.a.kazmirenko@gmail.com; uakazi@mksat.net

УДК 621.3:622:519.24

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.47991

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА ПРИ АНАЛИЗЕ ТЯЖЕЛЫХ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

© Б. Б. Кобылянский

В статье выделены и проанализированы различные подходы к оценке стоимости жизни человека, определены факторы, влияющие на оценку стоимости жизни человека при анализе тяжелых техногенных аварий в угольных шахтах. Автором на основании данных Макеевского научно-исследовательского института о смертельном травматизме, был проведен численный анализ, определения «стоимости жизни» на предприятиях угольной промышленности Украины

Ключевые слова: стоимость жизни человека, анализ тяжелых техногенных аварий, угольная промышленность

The various approaches to assessing the valuation of human life are identified and analyzed, the factors affecting the valuation of human life in the analysis of serious technological accidents in coal mines are defined. The author on the basis of Makeyevka Research Institute of fatal injuries was conducted numerical analysis of valuation of "human life" in the coal industry of Ukraine

Keywords: valuation of human life, analysis of severe technogenic accidents, coal industry

1. Введение

На сегодняшний день и в отечественных, и в зарубежных исследованиях существуют различные и многоаспектные подходы определения стоимости жизни человека.

Всеобщая декларация прав человека трактует одну из правовых основ денежной оценки жизни человека как право человека на жизнь с точки зрения самого человека, подвергаемого риску гибели. Современные экономические преобразования, усиление роли накопления материальных ценностей привели к необходимости денежной оценки человеческой жизни. Все выше обозначенное обуславливает необходимость минимизации рисков и повышение безопасности человека как на производстве, так и во всех других сферах жизнедеятельности, что, в свою очередь, требует значительного выделения средств на нейтрализацию опасных факторов [1–3].

2. Постановка проблемы и анализ литературных данных

Начало исследований по определению стоимости жизни человека было положено в США в 30-х годах XX столетия в рамках оценивания последствий дорожно-транспортных происшествий [4–6].

Долгое время в зарубежной и отечественной литературе поднималась проблема определения стоимости жизни человека, при этом в основу оценки разными исследователями брались различные показатели и факторы [7–12]. Оценка техногенного риска на предприятиях повышенной опасности может быть произведена с помощью различных факторов. Для предприятий угольной промышленности к таким факторам можно отнести размер финансовых потерь,

обусловленных ущербом от аварий различного уровня тяжести. Сам экономический ущерб будет оцениваться как прямыми потерями от порчи основных производственных фондов, так и затратами на ликвидацию аварии и её последствий, потерями от недополученной прибыли.

Существенным фактором является и определение размера компенсационных выплат при травматизме и гибели работников на производстве вследствие аварий и катастроф различного рода в соответствии с законодательством Украины.

Таким образом, установление стоимости жизни в денежном выражении требует разрешения следующих задач [4]:

– разработка законодательства по вопросам жизни и здоровья граждан, охраны труда, социальной защиты работников опасных профессий (военных, сотрудников правоохранительных органов, спасателей, врачей, судей, и др.);

– обоснование и проведении мероприятий по защите населения от аварий и катастроф техногенного и природного характера, от возможных террористических актов;

– планировании работы различных аварийных служб (скорой медицинской помощи, пожарной охраны, формирований спасателей и др.), а также правоохранительных органов, органов здравоохранения, страховых компаний и др.;

– установлении сумм страховых взносов и выплат в случае страхования жизни и здоровья;

– финансировании и проведении мероприятий по охране труда;

– анализе безопасности, включающем расчет риска, для объектов энергетики, промышленных и