

УДК 62-192:504.1(075)

АНАЛИЗ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО АППАРАТА И СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Извеков Ю.А., Грачева Л.А.

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: major076767@mail.ru

Приведен анализ известного научно-методического аппарата и современных подходов к оценке безопасности сложных технических систем. Исследован зарубежный и отечественный опыт. Дана оценка современному состоянию этого вопроса – данное направление исследование достаточно актуально, необходимо и находится в состоянии развития. Авторы предлагают синтезировать достижения механики разрушения, вероятностных методов расчета прочности и долговечности. Для решения поставленных целей авторы ставят основные задачи. В представленной литературе показаны подходы авторов к этой проблеме.

Ключевые слова: сложная техническая система, вероятностная динамика систем, конструкционная безопасность, вероятностный риск-анализ, вероятностная безопасность систем, техногенная безопасность, прочность, долговечность

THE ANALYSIS OF THE SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL DEVICE AND MODERN APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF SAFETY OF DIFFICULT TECHNICAL SYSTEMS

Izvekov Y.A., Gracheva L.A.

Magnitogorsk state technical university of G.I. Nosova, Magnitogorsk, e-mail: major076767@mail.ru

The analysis of the known scientific and methodological apparatus and modern approaches to assessing the safety of complex technical systems. Studied foreign and domestic experience. The estimation of modern condition of this issue – this direction of research is quite important, necessary and is in a state of development. The authors suggest to synthesize the achievements of mechanics of destruction, probabilistic methods of calculation of strength and durability. To achieve the goals the authors have basic tasks. In the presented literature shows authors approaches to this problem.

Keywords: complex technical system, probabilistic dynamics systems, structural reliability, probabilistic risk analysis, probabilistic safety systems, industrial safety, strength, durability

В настоящее время оценка риска и безопасности сложных технических систем (СТС) все более активно внедряется в механизмы государственного управления в целях обеспечения безопасности и устойчивого развития страны [1, 2, 4]. Риск является случайной, многопараметрической величиной и это определяет всю методическую сложность его нормирования. Современное развитие техники и технологий состоит в создании и безопасной эксплуатации СТС. В предыдущих работах [2, 4 – 16] автор показал возможность управлять техногенной безопасностью таких элементов СТС, как металлургические мостовые краны. Почему именно эта группа элементов технологического металлургического оборудования? На самом деле, и мы считаем, что это оправдано, исследования техногенной безопасности металлургических производств в основном посвящены пожарной безопасности и связанными с ней авариями и инцидентами. Вопросы же конструкционной безопасности, также связанной с пожарной безопасностью рассмотрены недостаточно.

В России за последние годы наблюдается некоторое снижение числа чрезвычайных ситуаций [1], но ежегодные прямые ущербы

от них только возрастали – с 65 млрд. руб. в 1998 г. до 100 млрд. руб. в 2003 г. Такие ущербы реализовавшихся чрезвычайных ситуаций ($P = 1$) фактически означают экономические риски и составляют около 0,2% от общемировых экономических рисков. Таким образом, это указывает на необходимость анализа, нормирования и снижения рисков в нашей стране. Исследования и разработки по таким проблемам становятся одними из наиболее сложных, актуальных и перспективных.

Теоретический и научно-методический аппарат оценки риска потенциально опасных элементов СТС продолжает только формироваться [1, 17]. В западных источниках такая оценка называется вероятностным риск-анализом (Probabilistic Risk Assessment – PRA) и вероятностным анализом безопасности (Probabilistic Safety Assessment – PSA). К сожалению, работ, посвященных этой проблеме не так много, к ним можно отнести исследования следующих авторов: M. Cormick, E. Henley, S. Lewin, M. Rubin, R. Shneider, G. Melhem. Основным в этих исследованиях является исследование вероятностной динамики систем, обладающей огромным потенциалом.

В России изучение таких вопросов проводится несколько по-другому – исследуются статистические эффекты на конструкционном и элементном уровнях. При этом, если на фундаментальном уровне сформулированы модели и выработаны некоторые подходы, а прикладные разработки базируются на исследованиях, то в документах, предназначенных для применения в производственных условиях, рекомендации по использованию этих моделей и результатов исследований практически отсутствуют.

Опираясь на труды [17] Н.Н. Афанасьева, В.В. Болотина, А.С. Гусева, А.Ф. Гетмана, А.Б. Злочевского, В.П. Когаева, А.Р. Ржаницына, М.Н. Степнова, В.А. Светлицкого, А. Тимашева и др. были разработаны статистические теории и сформулированы фундаментальные основы вероятностных методов расчетов прочности, долговечности и надежности конструкций.

Работы А.Е. Андрейкива, Г.И. Баренблатта, В.В. Болотина, Р.В. Гольдштейна, В.П. Аарионова, Н.А. Махутова, Е.М. Морозова, В.В. Москвичева, В.В. Панасюка, В.З. Партон, Г.П. Черепанова, D. Broek, D. Dagdale, G. Irvin, A. Griffith, K. Miller, G. Knott, D. Paris, G. Sih и др. позволили ввести в расчеты прочности и долговечности анализ влияния размеров дефектов. Вероятностные аспекты этого влияния исследовались В.В. Болотиным, П.М. Витвицким, А.Ф. Гетманом, А.Б. Злочевским, Г.П. Карзовым, Е.В. Аобановым, В.Ф. Лукьяновым, А. Lidard, T. Bokalrud, A. Karlson и др.

На основе анализа известных путей решения проблемы оценки риска и безопасности СТС предлагаем синтезировать достижения механики разрушения, вероятностных методов расчета прочности и долговечности. Изучение этой проблемы набирает обороты. Основные результаты связаны с работами В.В. Болотина, А.Ф. Бермана, А.Ф. Гетмана, Н.А. Махутова, О.Ф. Чернявского, А.М. Лепихина.

Для решения поставленной проблемы нужно решить массу задач, основные из которых [1, 5, 12 – 16]:

Предварительный анализ опасностей и выделение потенциальных зон разрушений. На этом этапе с использованием численных методов анализа НДС конструкций определяются наиболее нагруженные зоны, определяются локальные области конструкции, в которых возможны сочетания высоких напряжений, пониженных характеристик материала и больших размеров дефектов.

Анализ предельных состояний конструкций. Необходимо принимать во внимание возможные корреляции механизмов разрушений.

Формулировка критериальных соотношений предельных состояний. Осуществляется выбор силовых, деформационных или энергетических критериев разрушения.

Построение вероятностных моделей предельных состояний по выделенным критериям разрушения. Здесь будем использовать методы теории надежности и вероятностной механики разрушения.

Введение в модели новых полученных коэффициентов, учитывающих влияние человеческого фактора, внесение поправок в технические регламенты оборудования при современном состоянии их обслуживания.

Список литературы

1. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Анализ риска и проблем безопасности. В 4-х ч. // Ч.1. Основы анализа и регулирования безопасности: Научн. руковод. К.В. Фролов. – М.: МГФ «Знание», 2006. – 640 с: ил.
2. Бархоткин В. В., Извеков Ю. А., Минакаев С. Р. Обзор аварий на крановом оборудовании металлургических производств. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – М.: РАЕ, 2013. – № 10-1. С. 9-11.
3. Бирюков М. П. Динамика и прогнозирующий расчет механических систем. // «Высшая школа». – Минск, 1980. – 189 с: ил.
4. Извеков Ю.А. Анализ техногенной безопасности кранового хозяйства России. // Современные наукоемкие технологии. – Москва, РАЕ, 2012. – № 12. С. 18-19.
5. Извеков Ю.А., Кобелькова Е. В., Лосева Н. А. Анализ динамики и вопросы оптимизации металлургических мостовых кранов. // Фундаментальные исследования. – Москва, РАЕ, 2013. – № 6-2. С. 263-266.
6. Извеков Ю.А. Риск-анализ оборудования металлургических производств. Подход, концепция, анализ. Монография. – Saarbrücken, Deutschland. LAP Lambert, 2013. – 56 с.
7. Извеков Ю.А. Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – Магнитогорск, МГТУ, 2012. № 70, Т. 1. С. 6-8.
8. Извеков Ю.А., Кобелькова Е. В., Лосева Н. А. Аналитическая оценка пластической деформации несущих конструкций металлургических мостовых кранов. – Магнитогорск, МГТУ, 2013. № 71, Т. 1. С. 48-51.
9. Извеков Ю.А. Математическое моделирование оценки упругопластической деформации несущих конструкций механических систем. // Современные тенденции в образовании и науке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2013: в 26 частях. Часть 15: М-во обр. и науки. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013. С. 57-58.
10. Извеков Ю.А. Прогнозирование надежности несущих конструкций кранов металлургических производств. Вопросы. Гипотезы. Ответы: Наука XXI века: Коллективная монография. – Краснодар, 2013. Книга 6, часть 3, глава 9. С. 189-211.
11. Извеков Ю.А., Кузина Т.Г. Оценка упругопластической деформации на основе метода преобразования вероятностей. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-10810 (дата обращения 14.05.2014).
12. Izvekov Y.A., Dubrovsky V.V., Hamutskikh E.Y. Mathematical Modeling and Calculation of Accuracy and Durability of Mechanical Systems' Elements. // World Applied Sciences Journal 30 (1): pp. 32-34, 2014
13. Крылова Е.А., Извеков Ю.А. О подходе к оценке техногенной безопасности металлургического производства // Успехи современного естествознания. Москва, РАЕ, 2012. – № 6. С. 32-33.
14. Извеков Ю.А. Вероятностный синтез сложной механической системы. // Молодой ученый. – 2014. – № 4. – С. 179-182.
15. Извеков Ю.А., Бирюков Д.А. Прогнозирование долговечности механических систем корреляционным методом // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 3. – С. 57-59.
16. Izvekov Y.A., Kobelkova E.V., Loseva N.A. Numerical calculation of durability and reliability using correlation method. Life Science Journal, 2014. № 11(8s), pp. 272-274.
17. Лепихин А.М. Риск-анализ конструкций потенциально опасных объектов на основе вероятностных моделей механики разрушения. // Дис. ... д-ра техн. наук. – Красноярск: РАН, Сибирское отделение, институт вычислительного моделирования. – 341 с.: ил.