

УДК 656.6

МЕТОДИКА И ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОЦЕНКИ РИСКА ПОТЕРИ ПОПЕРЕЧНОЙ ОСТОЙЧИВОСТИ РЕЧНОГО ПАССАЖИРСКОГО СУДНА

Валяев Александр Владимирович¹, ассистент кафедры систем информационной безопасности, управления и телекоммуникаций

e-mail: wav-dk@mail.ru

Лукина Евгения Александровна¹, кандидат технических наук, доцент

e-mail: evair@yandex.ru

Федосенко Юрий Семенович¹, доктор технических наук, профессор

e-mail: fds1707@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье представлены методика и интерфейс системы мониторинга оценки риска потери поперечной остойчивости речного пассажирского водоизмещающего судна. Описан общий алгоритм функционирования системы, выделены основные модули анализа динамики остойчивости, мониторинга параметров посадки и нагрузки в реальном времени, прогнозирования развития опасных ситуаций. Приведены примеры реализации графического интерфейса системы, обеспечивающего наглядное представление текущего состояния остойчивости судна.

Ключевые слова: речные пассажирские суда, мониторинг остойчивости, оценка риска опрокидывания, безопасность судоходства, поддержка принятия решений, человеко-машинный интерфейс.

METHOD AND INTERFACE OF THE MONITORING SYSTEM FOR ASSESSING THE RISK OF LOSS OF ROLL STABILITY OF A RIVER PASSENGER VESSEL

Valyaev Alexandr Vladimirovich¹, Assistant of the Department of Information Security Systems, Management and Telecommunications

e-mail: wav-dk@mail.ru

Lukina Evgeniya Alexandrovna¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

e-mail: evair@yandex.ru

Fedosenko Yuri Semenovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor

e-mail: fds1707@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article presents the methodology and interface of the monitoring system for assessing the risk of loss of transverse stability of a river passenger displacement vessel. The general algorithm of the system functioning is described, the main modules for analyzing stability dynamics, monitoring landing and load parameters in real time, predicting the development of

dangerous situations and supporting the actions of the crew are highlighted. Examples of the implementation of the graphical interface of the system, which provides a visual representation of the current state of stability of the vessel, are given.

Keywords: river passenger vessels, stability monitoring, rollover risk assessment, navigation safety, decision support, human-machine interface.

Обеспечение безопасности пассажирских перевозок на внутренних водных путях является одной из наиболее значимых и приоритетных задач речного судоходства. Особую опасность представляют аварийные ситуации, связанные с потерей остойчивости пассажирских судов, которые нередко влекут за собой затопление, опрокидывание и человеческие жертвы. Как показывает анализ аварийности [1, 2], основными причинами подобных катастроф являются неблагоприятные внешние воздействия в сочетании с ошибками экипажа в оценке ситуации и выборе управляющих действий.

В этой связи актуальной задачей является разработка эффективных систем объективного мониторинга остойчивости судов и интеллектуальной поддержки принятия экипажем решений в аварийных ситуациях на основе применения современных информационных технологий. Данное направление активно развивается в последние годы как за рубежом, так и в нашей стране. Однако существующие подходы и технические решения ориентированы преимущественно на морские суда и не в полной мере учитывают специфику эксплуатации речного флота. Кроме того, большинство известных систем обеспечивают лишь пассивный контроль отдельных параметров остойчивости и не позволяют давать комплексную оценку рисков возникновения опасных ситуаций с учетом динамики их развития.

Для преодоления указанных авторами разработаны модели, алгоритмы и программные средства мониторинга и поддержки принятия решений при угрозе потери остойчивости речных пассажирских водоизмещающих судов [3]. В основе предложенной системы лежат математические модели построения диаграмм статической остойчивости (ДСО), модель оценки риска опрокидывания судна и прогнозирования состояния остойчивости. Основное внимание в статье уделяется рассмотрению общей методики функционирования разработанной системы и особенностям реализации ее пользовательского интерфейса.

Концептуальной основой разработанной системы мониторинга является риск-ориентированный подход к анализу остойчивости судна и поддержке действий экипажа в условиях развивающейся аварии, угрожающей опрокидыванием. Суть подхода заключается в непрерывном контроле совокупности параметров, характеризующих текущее состояние остойчивости, выявлении опасных трендов их изменения, оценке рисков возникновения критических ситуаций по результатам моделирования, выработке предупреждающих сигналов тревоги.

Программно-аппаратный комплекс системы строится по модульному принципу и включает:

- сеть бортовых измерителей параметров посадки и остойчивости судна;
- вычислительное ядро;
- блок анализа и прогнозирования и оценки риска возникновения опасных ситуаций;
- интерфейсные средства отображения информации и взаимодействия с оператором.

Функционирование системы осуществляется циклически по следующему алгоритму:

1) сбор данных от датчиков об осадке носом и кормой, углах крена $\theta(t)$ и дифферента $\psi(t)$, уровне затопления отсеков и нагрузке масс в режиме реального времени;

2) передача измерений в расчетный блок, осуществляющем определение координат фактического положения центра тяжести, метацентрической высоты, параметров ДСО в текущем состоянии;

3) вычисление значений критериев оценки риска потери поперечной остойчивости судна – функций интенсивности изменения первого $\alpha(t)$ и второго $\beta(t)$ пороговых значений характеристик поперечной остойчивости судна;

4) прогнозирование развития ситуации на заданных интервалах упреждения на основе экстраполяции;

5) оценка риска потери поперечной остойчивости судна на основе принципа ALARP [4] (рис. 1).

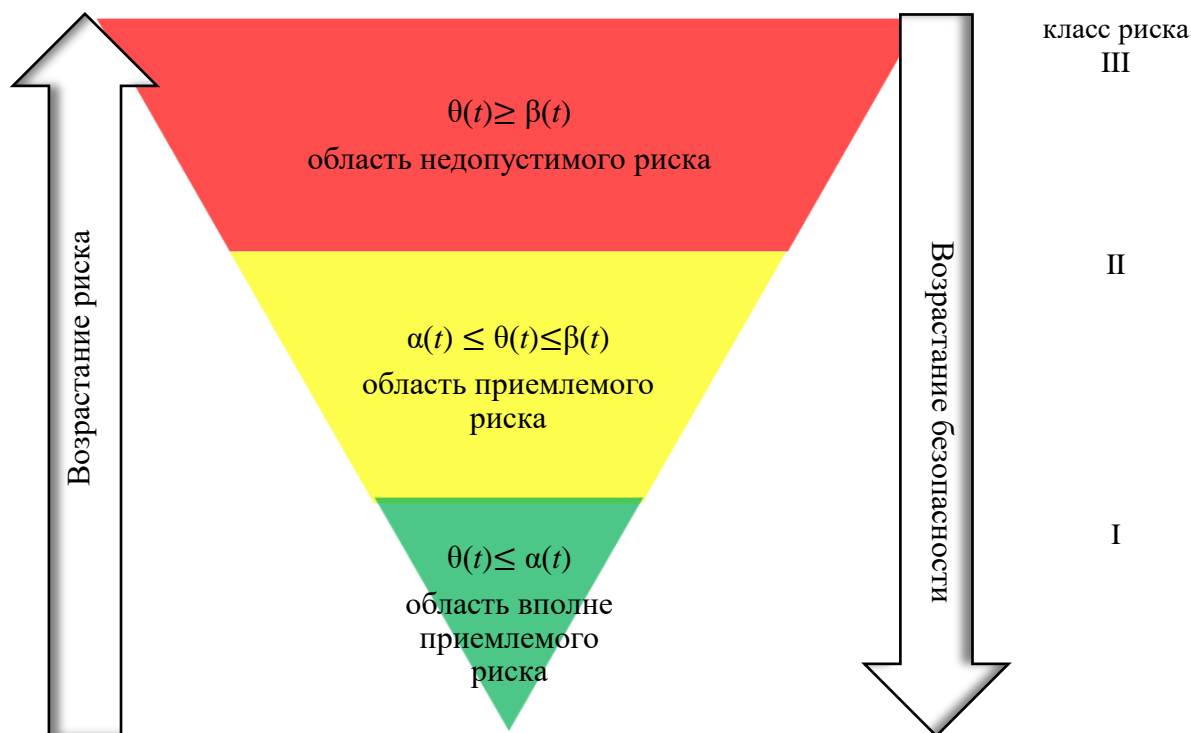


Рисунок 1 – Оценка риска оценки поперечной остойчивости речного водоизмещающего судна на основе принципа ALARP

Риск потери поперечной остойчивости оценивается путем сравнения фактических значений $\theta(t)$ с $\alpha(t)$ и $\beta(t)$, полученными путем расчета ДСО в режиме реального времени [5].

Качество человеко-машинного интерфейса во многом определяет эффективность и удобство практического использования системы мониторинга. Он должен обеспечить наглядное отображение и восприятие наиболее существенной для оценки остойчивости информации, своевременное привлечение внимание к опасным изменениям параметров, простоту и однозначность трактовки выдаваемых сообщений и рекомендаций.

На рис. 2 представлен интерфейс программного обеспечения для СППРК. В целях масштабирования СППРК для каждого проекта судна необходима загрузка информации о корпусе судна (теоретическая поверхность, схема размещения цистерн запасов и балласта с указанием массы и координат центра тяжести, схема расположения отсеков и помещений). По готовности судна к выходу в рейс выполняется сбор данных о его нагрузке с целью определения начальных координат центра тяжести. В процессе эксплуатации судна циклически осуществляется считывание показаний датчиков крена, дифферента, осадки,

уровня жидкости в цистернах, наличия воды и ее уровня в водонепроницаемых отсеках, состояния закрытия люков, иллюминаторов, водонепроницаемых дверей. На дисплее отображается текущее значение крена, дифферента, точек «А» и «В» (пороговых значений характеристик поперечной остойчивости судна), осадки, координат центра тяжести, состояния закрытия отверстий. В центре рисунка расположен график изменения с шагом в 1 секунду значений крена, дифферента, $\alpha(t)$ и $\beta(t)$. Справой стороны рисунка расположен треугольник ALARP (рис. 1), сигнализирующий о классе риска. Зеленый цвет – класс вполне приемлемого риска, желтый – приемлемого, красный – недопустимого. Переход между зонами сопровождается звуковыми сигналами. На протяжении всего процесса эксплуатации в СППРК идет непрерывная регистрация данных о текущем состоянии судна.

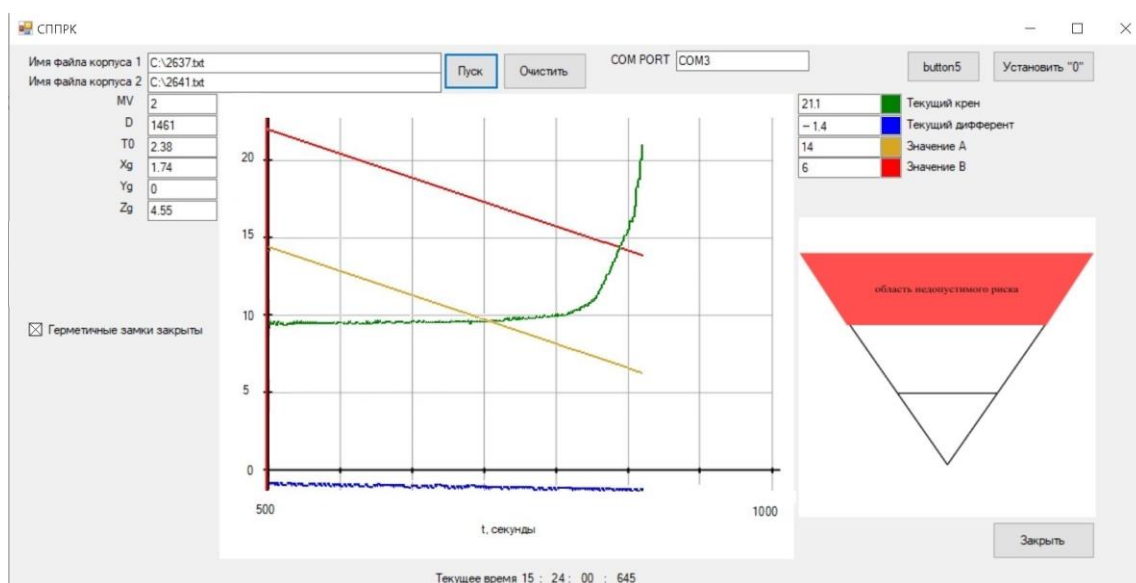


Рисунок 2 – Примеры экранных форм интерфейса системы мониторинга

В программе предусмотрена возможность выгрузки текстового файла с данными, что имеет значение для последующего расследования в случае инцидентов, связанных с потерей судном поперечной остойчивости. Пример текстового файла представлен на рис. 3.

Время	Крен	Дифферент	Значение А	Значение В
15:18:46:259	12,7	12,7	17	23
15:18:47:33	9,4	12,7	17	23
15:18:47:785	9,4	12,7	17	23
15:18:48:541	12,7	9,4	17	23
15:18:49:968	12,7	9,4	17	23
15:18:50:950	12,7	9,4	17	23
15:18:51:962	12,7	9,4	17	23
15:18:52:972	12,6	9,4	17	23
15:18:53:988	12,8	9,4	17	23
15:18:54:987	12,6	9,4	17	23
15:18:55:994	12,8	9,4	17	23

Рисунок 3 – Пример фрагмента архивного файла СППРК

Предложенная методика риск-ориентированного мониторинга и архитектура бортового программно-аппаратного комплекса создают основу для построения систем поддержки принятия решений при угрозе потери поперечной остойчивости. Дружественный человеко-

машинный интерфейс обеспечивает оперативное доведение значимой информации до вахтенного начальника и минимизирует вероятность ошибок в восприятии и интерпретации показателей состояния корпуса судна.

Направлением дальнейшего развития работы является учет влияния внешних гидрометеофакторов (ветра, волнения, течений) на динамику затопления, интеграция системы с комплексом навигационного оборудования судна.

Список литературы:

1. Анализ и состояние аварийности / Госморречнадзор. – URL: <https://rostransnadzor.gov.ru/rostransnadzor/podrazdeleniya/sea/deyatelnostpodrazdeleniya/81> (дата обращения: 07.05.2024).
2. Егоров, Г.В. Исследование надежности и риска эксплуатации отечественных речных пассажирских судов / Егоров Г.В., Егоров А.Г. // Вестник Одесского национального морского университета. 2013. № (1)37. С. 5 – 32.
3. Valyaev, A.V. Model and algorithms for a decision support system on the application of rescue intends in case of a beyond design-basis rapid accident of a river passenger vessel / A.V. Valyaev, E.A. Lukina, Y.S. Fedosenko // Journal of Physics: Conference Series 2131 (2021) 032032. DOI:10.1088/1742-6596/2131/3/032032.
4. ГОСТ Р МЭК 61511-3-2011 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 3. Руководство по определению требуемых уровней полноты безопасности / Профессиональные справочные системы "Кодекс". — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094220> (дата обращения: 31.04.2024).
5. Валяев, А.В. Оценка рисков гибели речного пассажирского водоизмещающего судна для системы поддержки принятия решений при угрозе затопления / Валяев А.В., Лукина Е.А., Федосенко Ю.С. // Информационные системы и технологии – 2023: [Электронный ресурс]: Программа и аннотации докладов XXIX Международной научно-технической конференции – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2023. – С. 63.

