

*Харлап Сергей Николаевич, Белорусский государственный университет транспорта (Беларусь, Гомель), кандидат технических наук, доцент, e-mail: hsn2013@tut.by, 246653, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Кирова, 34*  
*Бусько Иван Андреевич, Гомельский центр автоматизированных систем управления Конструкторско-технического центра Белорусской железной дороги (Беларусь, Гомель), e-mail: king\_of\_kings@tut.by, 246050, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Ирининская, 2*

## **ОБЗОР МЕТОДОВ НОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РИСКОВ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

*В статье выполнен обзор методов для нормирования и оценивания рисков, связанных с инновационными системами железнодорожной автоматики и телемеханики. Основное внимание уделяется методам оценки рисков, которые позволяют выявлять потенциальные угрозы и уязвимости в системах управления движением поездов. Сформулированы требования к программному обеспечению для автоматизации процессов нормирования и оценивания рисков, что позволит повысить их точность и эффективность. В результате внедрения данного инструмента ожидается улучшение безопасности железнодорожных систем, снижение вероятности аварийных ситуаций и оптимизация процессов управления.*

*Ключевые слова: железнодорожная автоматика; телемеханика; оценка рисков; нормирование; программное обеспечение.*

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики играют ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности работы железнодорожного транспорта. С учетом внедрения новых технологий, таких как автоматизация и цифровизация, возрастает необходимость в эффективных методах нормирования и оценивания рисков.

Современные системы железнодорожной автоматики становятся все более сложными из-за интеграции различных технологий, таких как IoT, Big Data и искусственный интеллект. Это усложняет процесс оценки рисков, так как необходимо учитывать множество факторов, взаимодействующих между собой.

Безопасность на железнодорожном транспорте – это приоритетная задача. Неправильная оценка рисков может привести к авариям, что подчеркивает необходимость разработки программного обеспечения,

которое позволит эффективно идентифицировать, анализировать и управлять рисками.

Существуют строгие требования со стороны государственных органов и международных стандартов к безопасности железнодорожного транспорта. Программное обеспечение для нормирования и оценивания рисков должно соответствовать этим требованиям.

Внедрение инновационных технологий требует создания новых подходов к оценке рисков. Программное обеспечение должно быть адаптировано для работы с новыми данными и технологиями, такими как, например, машинное обучение, что позволит повысить точность и скорость анализа.

Эффективное управление рисками может существенно снизить затраты на эксплуатацию и обслуживание систем железнодорожной автоматики.

В настоящее время в нормировании и оценивании рисков систем железнодорожной автоматики и телемеханики важную роль играют методы оценки допустимых уровней риска новых систем, для которых отсутствуют ТНПА, такие как GAMAB, MEM и ALARP. Данные методы рекомендованы к применению СТБ IEC 61508-1-2014 и ГОСТ 33433-2015.

GAMAB (*Globalement Au Moins Aussi Bon (Франция)*) – это метод, который используется для оценки и управления рисками, связанными с авариями. Формулируется следующим образом: «Все новые управляемые транспортные системы должны в целом иметь степень риска, по крайней мере, такую же, что и равнозначная существующая система». Он позволяет анализировать вероятности и последствия различных сценариев аварийных ситуаций. Данный метод имеет комплексный подход и позволяет учитывать множество факторов, включая вероятности и последствия. Однако для инновационных систем данный метод трудно применить, так как затруднительно выделить равнозначную существующую систему.

Частным случаем применения этого метода может служить принцип «Доказано практикой», который позволяет подтвердить достигнутый уровень полноты безопасности результатами практической эксплуатации. К проблемным моментам можно отнести, что для подтверждения первого уровня полноты безопасности требуется минимум 100 000 часов работы устройства для конкретной версии каждого устройства. Для остальных УПБ при доверительном интервале в 70 % необходимо продемонстрировать работу системы без опасных отказов в течение времени, указанного в таблице 1.

Еще одним способом применения метода GAMAB для инновационных систем может служить ситуация, если аналогичные

функции до внедрения инновационной системы выполнял человек. Стандарт МЭК 61508 относит человеческие ошибки к систематическим отказам, которые невозможно оценить количественно с достаточной точностью (СТБ IEC 61508-4-2014, п. 3.6.5, примечание 2). В то же время существуют методики оценки вероятности ошибок при совершении действий человеком. Однако при использовании этих методов следует помнить, что эти методы очень зависят от области исследований и не обладают достаточной точностью.

Таблица 1

Необходимая наработка до опасного отказа для подтверждения уровня полноты безопасности

Уровень полноты безопасности	Наработка до опасного отказа	При наличии одного опасного отказа во время эксплуатации
УПБ1	12 лет	24 года
УПБ2	120 лет	240 лет
УПБ3	1200 лет	2400 лет
УПБ4	12000 лет	24000 лет

Полученные авторами результаты позволяют сделать вывод, что применение метода GAMAB при рассмотрении в качестве альтернативной системы человека оправдано только в том случае, если человек выполняет функцию безопасности с низкой частотой запросов (СТБ IEC 61508-4-2014). Метод GAMAB при рассмотрении в качестве альтернативной системы человека в случае, если человек выполняет функцию безопасности с высокой частотой запросов, не дает адекватной оценки уровня полноты безопасности.

MEM (*Minimum Endogenous Mortality*) – метод, направленный на установление минимального приемлемого уровня риска для различных операций и систем. Суть метода заключается в следующем: «Угроза, связанная с новой системой, не должна повышать показатель минимальной эндогенной смертности для индивидуума».

Эндогенная смертность – это риск  $R$ , учитывающий влияние технологических факторов на смертность в группе населения определенного возраста за год. Минимальная эндогенная смертность  $R_m$  – самая низкая величина смертности для возрастной группы от 5 до 15 лет. В развитых странах принятое значение  $R_m = 2 \cdot 10^{-4}$  смертельных исходов/человек в год.

При определении допустимого уровня риска по принципу MEM используют следующее правило: опасность от новой транспортной системы не должна существенно повышать число  $R_m$ .

Следует учитывать, что не любой опасный отказ системы обязательно приведет к смертельному исходу. Часть опасных отказов могут привести к более легким последствиям (травме человека). Кроме того, дополнительно должна сложиться потенциально опасная технологическая ситуация, и отсутствовать возможность парировать последствия этого опасного отказа внешней системой (или человеком в контуре управления).

К проблематике метода можно отнести необходимость получения большого объема статистической информации, которая может быть не всегда доступна, а также возможность метода MEM, упрощать сложные взаимодействия, что может привести к недооценке факторов, влияющих на смертность и выживаемость. Однако, несмотря на эти недостатки метод MEM является основным для количественной оценки допустимого риска новых инновационных систем.

ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) – риск настолько низок, насколько это практически разумно. Допустимый уровень риска в соответствии с принципом ALARP – это такой уровень риска, для которого затраты на его достижение являются экономически эффективными.

Принцип ALARP означает, что эксплуатирующая организация должна предпринимать все практически реализуемые действия для снижения риска. Юридически это означает, что действия по повышению безопасности должны осуществляться до тех пор, пока их стоимость значительно не превышает стоимость снижения риска.

К сильной стороне метода можно отнести то, что он соблюдает баланс затрат и выгод, а именно позволяет находить компромисс между затратами на снижение рисков и уровнем безопасности. Кроме того, он является достаточно гибким, позволяет адаптироваться к различным ситуациям и требованиям.

Проблемой является принцип определения «разумного» уровня снижения рисков, который может быть сложным и субъективным. Метод оценивает жизнь человека только с точки зрения экономической выгоды.

Таким образом, по результатам обзора существующих методов нормирования и оценивания рисков можно сформулировать основные требования к программным средствам автоматизации.

На предварительном этапе необходимо выполнить формализацию критериев выбора наиболее эффективного метода, для чего необходимо решить следующие задачи:

- исследовать текущие подходы к нормированию и оценке рисков в области железнодорожной автоматики, выявить недостатки и ограничения существующих методов;

- разработать набор необходимых критериев и показателей, позволяющих осуществлять выбор метода для проведения оценки рисков инновационных систем;

- выполнить нормализацию основных факторов, таких как частота (вероятность) возникновения риска, потенциальные последствия, затраты на предотвращение и устранение последствий, критерии допустимости риска.

На следующем этапе необходимо создать модель нормирования рисков, для чего необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическую модель, описывающую процесс нормирования рисков для различных инновационных технологий в железнодорожной автоматике;

- определить взаимосвязи между различными факторами риска и их влияние на общую безопасность системы;

- выполнить анализ неопределенностей и их влияния на результаты анализа риска;

- выполнить анализ чувствительности модели к изменениям исходных данных, в результате которого необходимо установить данные, которые должны обладать наиболее высокой точностью.

На завершающем этапе выполняется разработка программного обеспечения, для чего необходимо решить следующие задачи:

- разработать интерфейс для пользователей, позволяющий вводить исходные данные о системе и получать результаты оценки рисков;

- реализовать алгоритмы для автоматического расчета показателей риска на основе введенных данных;

- провести тестирование разработанного ПО на реальных данных для проверки его эффективности и точности;

- сравнить результаты оценки рисков с результатами, полученными с помощью существующих методов оценки рисков;

- подготовить рекомендации для специалистов по использованию разработанного ПО в процессе проектирования и внедрения инновационных систем;

- рассмотреть вопросы интеграции ПО в существующие процессы управления рисками на железнодорожном транспорте.

Ожидаемыми результатами внедрения ПО будут являться:

- разработка эффективного инструмента для оценки и нормирования рисков, который позволит повысить уровень безопасности инновационных систем железнодорожной автоматики и телемеханики;

– упрощение процесса принятия решений при внедрении новых технологий за счет объективной оценки связанных с ними рисков.

1. Берсенёв, А. С. Развитие цифровых технологий в области железнодорожной автоматики //Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 1. – С. 4-6.

2. Дзюба, Ю. В. Теоретические основы цифровой трансформации в хозяйствах инфраструктуры //Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 4. – С. 11-12.

3. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. ГОСТ 33433-2015. Введ. с 01.09.2016. М. : Стандартинформ : Изд-во стандартов, 2016. 34 с.

4. Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем, относящихся к безопасности. Часть 1. Общие требования. СТБ ИЕС 61508-1-2014. Введ. с 01.06.2015. Мн. : Госстандарт, 2015. 53 с.

5. Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем, относящихся к безопасности. Часть 4. Термины и определения и сокращения. СТБ ИЕС 61508-4-2014. Введ. с 01.06.2015. Мн. : Госстандарт, 2015. 25 с.

*Kharlap Siarhei, Belarusian State University of Transport (Belarus, Gomel),*

*Ph.D. in Technical Science, A.P.,*

*e-mail: hsn2013@tut.by, 246653, Republic of Belarus, Gomel, Kirova str., 34*

*Busko Ivan, Gomel Center for Automated Systems management of the Design and Technical Center Belarusian Railway (Belarus, Gomel),*

*e-mail: king\_of\_kings@tut.by, 246050, Republic of Belarus, Gomel, Irininskaya str., 2*

## **REVIEW OF METHODS OF NORMALIZATION AND RISK ASSESSMENT OF INNOVATIVE RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS SYSTEMS**

*The article reviews methods for normalization and assessment of risks associated with innovative railway automation and telemchanics systems. The main attention is paid to risk assessment methods that allow to identify potential threats and vulnerabilities in train traffic control systems. Requirements for software to automate the processes of risk normalization and assessment are formulated, which will improve their accuracy and efficiency. As a result of the implementation of this tool, it is expected to improve the safety of railway systems, reduce the probability of accidents and optimize the control processes.*

*Keywords: railway automation; telemchanics; risk assessment; normalization; software.*