

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МИНИМИЗАЦИИ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО  
ФАКТОРА В ЧЕЛОВЕКО-МАШИННЫХ СИСТЕМАХ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**Худайберганаов Сакижан Кабилджанович**

*Заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой железной дороги»,  
Ташкентский государственный транспортный университет*

**Каюмов Шохрух Шароф угли**

*PhD, и.о. доцента кафедры «Управление эксплуатационной работой железной  
дороги», Ташкентский государственный транспортный университет*

**Тухтаев Жавохир Фатхиддин угли**

*Магистрант кафедры «Управление эксплуатационной работой железной дороги»,  
Ташкентский государственный транспортный Университет*

**ИНФОРМАЦИЯ О  
СТАТЬЕ**

**АННОТАЦИЯ:**

**ИСТОРИЯ СТАТЬИ:**

*Received: 16.03.2026*

*Revised: 17.03.2026*

*Accepted: 18.03.2026*

**КЛЮЧЕВЫЕ  
СЛОВА:**

*железнодорожный транспорт, безопасность движения, надежность, человеческий фактор, человеческие ошибки, человеко машинная система, моделирование, профиль профессии, анализ надежности человека, оптимизация технологических процессов.*

*В статье рассматривается проблема минимизации влияния человеческого фактора на функционирование человеко машинных систем железнодорожного транспорта. Показано, что надежность и безопасность перевозочного процесса в значительной степени зависят от вероятности безошибочного выполнения профессиональных функций персоналом, тогда как традиционные детерминированные методы анализа недостаточно учитывают вариативность поведения человека и влияние организационных факторов. Проведен анализ современных методов моделирования надежности операторской деятельности, включая методы анализа надежности человека (HRA), деревья отказов и событий (FTA/ETA), марковские модели, имитационное моделирование и методы системной динамики. Обосновано применение комбинированного вероятностно имитационного подхода, позволяющего учитывать динамику состояний человеко машинной системы, вероятностный характер ошибок персонала и влияние условий труда на надежность выполнения операций.*

---

*В работе предложен метод определения профиля профессии работника железнодорожного транспорта, представляющий собой интегральную модель требований к профессиональным, когнитивным, психофизиологическим и эргономическим характеристикам персонала. Разработана процедура формирования профиля профессии, включающая анализ технологических операций, выявление факторов ошибок, нормирование показателей и формирование эталонного профиля. Предложенный подход обеспечивает формализованную связь между требованиями профессии и надежностью функционирования человека машинной системы, а также создает основу для оценки соответствия работника профилю профессии и прогнозирования вероятности ошибочных действий.*

Функционирование железнодорожного транспорта осуществляется в рамках сложной человеко-машинной системы (ЧМС), в которой надежность и безопасность определяются не только техническими характеристиками объектов, но и вероятностью безошибочного выполнения профессиональных функций персоналом. В условиях высокой динамики, неопределенности и ответственности технологических процессов традиционные детерминированные методы анализа оказываются недостаточными, поскольку не позволяют учитывать вариативность поведения человека, влияние организационных факторов и вероятностный характер ошибок [1].

В связи с этим для моделирования процессов минимизации влияния человеческого фактора целесообразно использовать вероятностно-ориентированные и системные методы, позволяющие учитывать взаимодействие технических, организационных и человеческих компонентов ЧМС. Анализ существующих подходов показал, что наибольшей применимостью для задач данного исследования обладают:

вероятностные модели надежности (HRR, HRA) – для оценки вероятности ошибок оператора [2];

деревья отказов и событий (FTA/ETA) – для установления причинно-следственных связей между отказами и ошибками [3];

марковские модели – для описания динамики переходов системы между состояниями [4, 5];

имитационное моделирование – для анализа сложных сценариев и вариантов управления [6, 7];

методы системной динамики – для оценки влияния управленческих и организационных факторов во времени [88].

С учетом выявленных в главе I причин ошибок (нагрузка, усталость, информационная перегрузка, несовершенство интерфейсов и организационные дефициты) наиболее обоснованным является комбинированный вероятностно-имитационный подход, включающий оценку вероятности ошибок персонала с использованием методов анализа надежности человека (Human Reliability Analysis), описание состояний ЧМС и переходов между ними на основе марковских процессов, имитацию технологических сценариев для выявления критических сочетаний факторов, приводящих к нарушениям безопасности.

Данный подход позволяет формализовать человеческий фактор в виде вероятностных параметров, учитывать влияние условий труда, нагрузки и уровня подготовки, моделировать развитие нештатных ситуаций во времени, оценивать эффект управленческих и технических мероприятий до их внедрения [8, 9].

Эффективная минимизация влияния человеческого фактора невозможна без формализованного описания требований к профессиональной деятельности работников, непосредственно участвующих в обеспечении безопасности движения. Для этого в работе вводится понятие профиля профессии – интегральной модели, отражающей совокупность профессиональных, психофизиологических, когнитивных и поведенческих характеристик, необходимых для надежного выполнения технологических функций в составе человеко-машинной системы (ЧМС).

Профиль профессии предназначен для выявления критических компетенций и факторов риска, сопоставления требований работы и возможностей работника, прогнозирования вероятности ошибочных действий, индивидуализации обучения и допуска к операциям.

Профиль формируется как вектор показателей:

$$P = \{K, C, P, F, E, R\}$$

Где  $K$  – профессиональные знания и навыки;

$C$  – когнитивные способности (внимание, память, скорость реакции);

$P$  – психофизиологические параметры (устойчивость к утомлению, стрессоустойчивость);

$F$  – функциональная нагрузка и сложность операций;

$E$  – эргономические условия и интерфейсы;

$R$  – уровень ответственности и риск последствий ошибок.

Метод определения профиля профессии включает следующие этапы:

Анализируются технологические операции, решения и взаимодействия (например,

для дежурного по станции, машиниста, составителя поездов). Выделяются критические действия, влияющие на безопасность.

На основе анализа инцидентов, FTA/ETA и HRA выделяются факторы, повышающие вероятность ошибок: перегрузка, дефицит времени, неоднозначность инструкций, сложность интерфейсов, организационные разрывы.

Для каждого компонента профиля задаются метрики и шкалы (балльные, интервальные, вероятностные). Например:

- скорость реакции (мс),
- устойчивость внимания (баллы теста),
- индекс утомления,
- сложность операции (0–1),
- уровень риска последствий (категории).

Показатели приводятся к единому диапазону (0–1).

$$I_{prof} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_i$$

где  $p_i$  – нормированные показатели;

$w_i$  – их значимость.

Профиль проверяется по историческим данным (сравнение с фактическими инцидентами), корректируются веса и пороги допустимости.

В результате формируется эталонный профиль профессии, допустимые пороги по критическим показателям, карта рисков ошибок для конкретных операций, рекомендации по обучению, ротации и условиям труда.

Разработанный метод обеспечивает формализованную связь между требованиями профессии и надежностью ЧМС, создавая основу для оценки соответствия работника профилю профессии.

### **Список литературы**

1. Hollnagel E. Human Reliability Analysis: Context and Control. London: Academic Press, 2016.
2. Bell J., Holroyd J. Review of Human Reliability Assessment Methods // Health and Safety Executive. 2009.
3. Ericson C. Hazard Analysis Techniques for System Safety. Hoboken: Wiley, 2015.
4. Ross S.M. Introduction to Probability Models. 11th ed. Amsterdam: Elsevier, 2014.
5. Kulkarni V. Modeling and Analysis of Stochastic Systems. Boca Raton: CRC Press, 2016.
6. Banks J. et al. Discrete–Event System Simulation. 5th ed. Boston: Pearson, 2010.
7. Law A.M. Simulation Modeling and Analysis. 5th ed. New York: McGraw–Hill,

2014.

8. Stermann J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling. Boston: McGraw–Hill, 2000.

9. Rasmussen J. Risk Management in a Dynamic Society // Safety Science. 1997. Vol. 27(2–3). P. 183–213.

**Сведения об авторах:**

Худайбергенов Сакижан Кабилджанович – заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой железной дороги», к.т.н., профессор, [s.xudayberganov61@mail.ru](mailto:s.xudayberganov61@mail.ru), тел. +998 93 591 72 73

Каюмов Шохрух Шароф угли – и.о. доцента кафедры «Управление эксплуатационной работой железной дороги», PhD, [k.shohrukh@mail.ru](mailto:k.shohrukh@mail.ru), тел. +998 90 979 86 70

Тухтаев Жавохир Фатхиддин угли – магистрант 2 курса кафедры «Управление эксплуатационной работой железной дороги», [tjavohir0516@gmail.com](mailto:tjavohir0516@gmail.com), тел. +998 90 955 79 95