

Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности производственных процессов на транспорте.

В.А. Аксенов, А.М. Завьялов, Ю.В. Завьялова, И.Н. Синякина

Human factor in ensuring the safety of production processes in transport.

V.A. Aksenov, A.M. Zavyalov, Y.V. Zavyalova, I.N. Sinyakina

Статья посвящена поиску новых подходов к анализу и оценке влияния человеческого фактора на качество выполнения и обеспечения безопасности производственных процессов на железнодорожном транспорте. Показана возможность использования теории нечетких множеств для проведения многокритериального анализа человеческого фактора на основе экспертных методов.

Человеческий фактор, безопасность движения, производственный травматизм, теория нечетких множеств.

Постановка проблемы. Проводимый ежегодно различными службами железнодорожного транспорта анализ причин происшествий, приведших к нарушению безопасности движения или травмированию человека в результате его профессиональной деятельности, показывает (рис. 1, рис. 2), что первоочередной причиной таких событий является так называемый «человеческий фактор» [1]. Это сложное, многозначное понятие, под которым чаще понимают причину возникновения нежелательных происшествий в результате принятия человеком ошибочных решений в конкретных ситуациях.

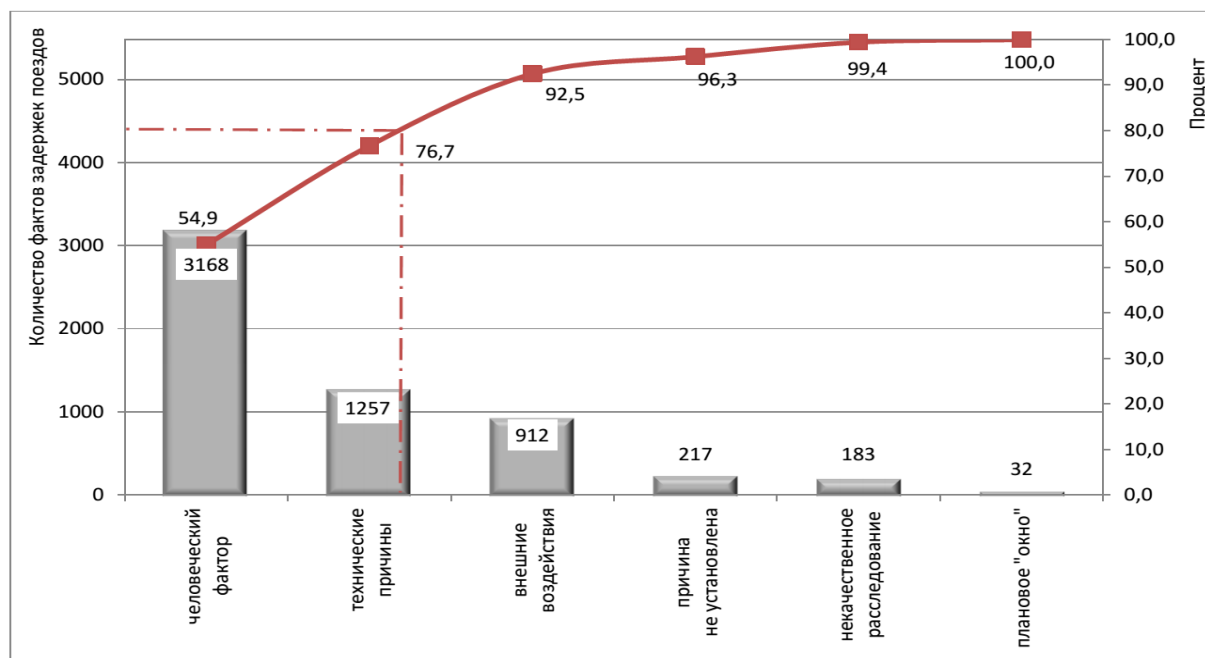


Рис. 1. Основные причины отказов, приведших к задержкам поездов

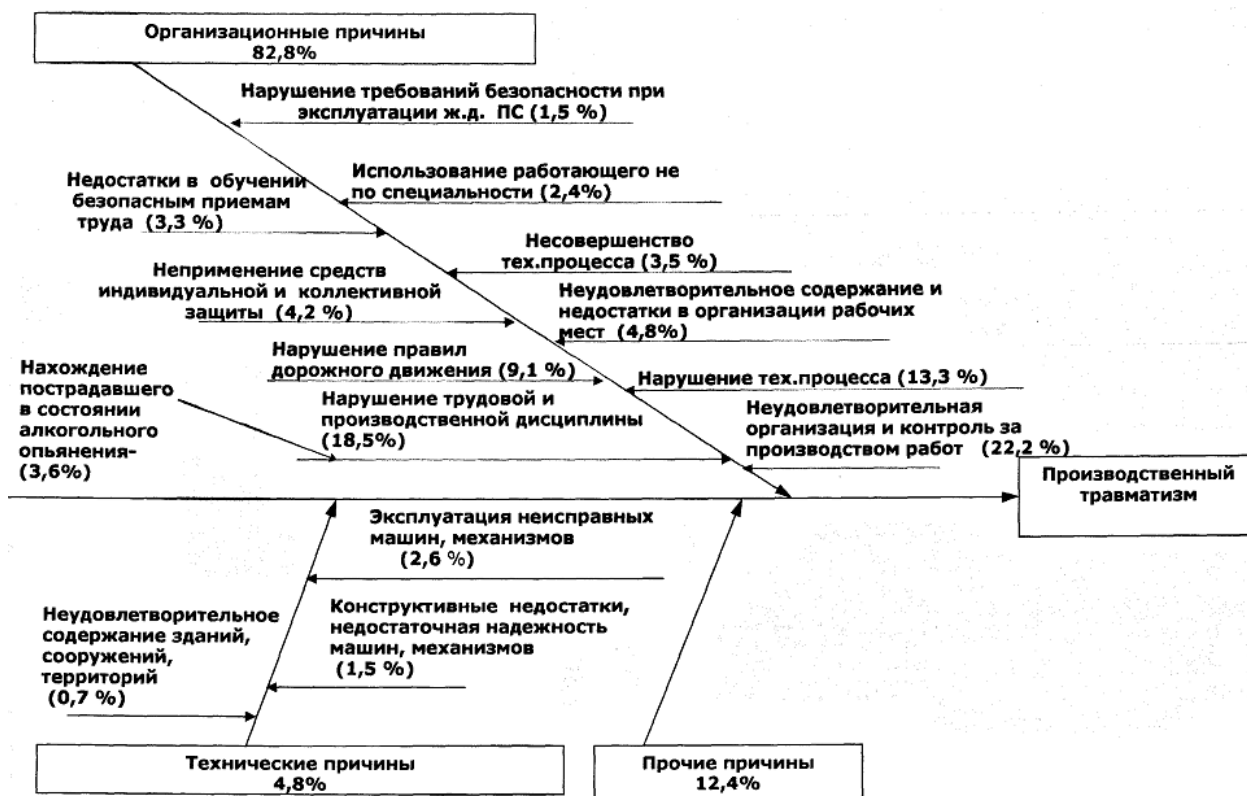


Рис. 2. Причины производственного травматизма

Целью статьи является поиск новых подходов к анализу и оценке влияния человеческого фактора на качество выполнения и обеспечения безопасности производственных процессов на железнодорожном транспорте.

Анализ последних исследований и публикаций. В 2011 году был утвержден стандарт ОАО «РЖД» [2] «Человеческие факторы в системе

управления безопасностью движения». Стандарт предлагает использовать две модели, описывающие основные элементы человеческого фактора и взаимосвязи между ними. Обе модели достаточно давно применяются Международной организацией гражданской авиации (ICAO).

1. Модель SHELL [3] (рис. 3).



Рис. 3. Модель SHELL



Рис.4. Модель Дж. Ризона

Центральная часть модели – человек, участвующий во взаимодействии следующих четырех основных типов:

- "человек-машина" ("Liveware-Hardware"): люди и машины, включая оборудование;
- "человек-процедуры" ("Liveware-Software"): люди и такие материалы, как документы, процедуры, инструкции и т.д.;
- "человек-среда" ("Liveware-Environment"): люди и условия окружающей среды, включая внутренние и внешние в отношении рабочего пространства факторы;
- "человек-человек" ("Liveware- Liveware "): отношения между людьми, включая коллег.

Данная модель применяется в целях оптимизации указанных видов взаимодействия. С помощью модели SHELL можно определять области, где имеются проблемы, устанавливать конкретные причины возникающих трудностей, а также определять задачи по сбору соответствующих данных.

2. Модель Дж. Ризона [4] (рис.4).

Согласно этой модели, все организационные системы несут в себе «зародыши собственной кончины» в виде неких аналогов патогенов, нарушающих нормальные функции систем. Такие организационные «патогены» порождают латентные ошибки или, иначе говоря, скрытые сбои в функционировании системы. Латентные ошибки могут накапливаться со временем и взаимодействовать друг с другом. В конечном счете, это приводит к появлению качественно новых ошибок – уже не скрытых, а явных сбоев (активных ошибок) в работе системы.

Данные модели не позволяют дать количественную оценку влияния человеческого фактора на качество выполнения и обеспечения безопас-

ности производственных процессов на железнодорожном транспорте.

Результаты исследования. Один из подходов для решения такой задачи может основываться на применении теории нечетких множеств. Задача многокритериального выбора в условиях неопределенности формулируется аналогично [5] и решается следующим образом.

Пусть:

$A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_n\}$ – множество из n специалистов какой-либо профессии, например, электромонтеров СЦБ.

$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_m\}$ – множество нечетких экспертных критериев, по которым оцениваются электромонтеры, где

C_1 – физические:

- физические характеристики: рост, вес, возраст, сила и координация движений;

- ограничения органов чувств: зрительный порог, периферическое зрение, очки или контактные линзы, слуховой порог и понимание услышанного.

C_2 – физиологические:

- факторы питания: прием пищи в течение суток, время после последнего приема пищи;

- состояние здоровья: заболевания, профпригодность, способность преодоления стрессов, вредные привычки;

- образ жизни: взаимоотношения с друзьями, смена занятий, привычки в повседневной жизни;

- утомление;

- лекарства: лекарственные препараты по назначению врача, лекарственные препараты без назначения врача.

- C_3 – психологические:
- восприятия;
 - внимание: невнимательность, отвлечение внимания, бдительность, скука, монотонность;
 - обработка информации: умственные способности, принятие решений, забывчивость;
 - рабочая нагрузка: насыщенность, недостаточная нагрузка, определение приоритетов;
 - опыт работы;
 - знание, компетентность.

- C_4 – психосоциальные:
- нервно-психическое давление;
 - конфликты с другими лицами;
 - изменения в образе жизни;
 - семейные проблемы.

Решение задачи заключается в том, чтобы упорядочить элементы множества A по критериям из множества C . Это можно осуществить, используя схему Беллмана-Заде [6], применяемую при принятии решений в нечетких условиях.

Пусть $\mu_{Ci}(A_j) \in [0, 1]$ – число, характеризующее степень оценки электромонтера A_j ($j = 1, 2..n$) по критерию C_i ($i = 1, 2..m$).

Тогда критерий C_i можно представить в виде нечеткого множества \tilde{C}_i , которое задано на универсальном множестве A :

$$\tilde{C}_i = \left\{ \frac{\mu_{Ci}(A_1)}{A_1}, \frac{\mu_{Ci}(A_2)}{A_2}, \dots, \frac{\mu_{Ci}(A_n)}{A_n} \right\}. \quad (1)$$

Поскольку в нашем случае критериев несколько, то базируясь на принципе Беллмана-Заде, наилучшим вариантом будем считать тот, который одновременно лучший по критериям $C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_m$. Поэтому нечеткое множество, которое необходимо для рейтингового анализа, определяется в виде пересечения частных критериев. Кроме того, поскольку критерии имеют различную важность, то для каждого критерия введем коэффициент относительной важности. Нечеткое решение \tilde{D} , с учетом важности критериев находится:

$$\tilde{D} = \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap \dots \cap \tilde{C}_m = \left\{ \frac{\min_{i=1,m} (\mu_{Ci}(A_1))^{r_i}}{A_1}, \frac{\min_{i=1,m} (\mu_{Ci}(A_2))^{r_i}}{A_2}, \dots, \frac{\min_{i=1,m} (\mu_{Ci}(A_n))^{r_i}}{A_n} \right\}. \quad (2)$$

где

$r_1, r_2, r_3, r_4, \dots, r_m$ – коэффициенты относительной важности критериев C , причем $r_1 + r_2 + \dots + r_m = 1$.

Коэффициенты относительной важности определяются следующим образом. Формируется матрица B , элементы которой удовлетворяют условиям: $b_{xx} = 1$, $b_{xy} = 1 / b_{yx}$ и находятся путем попарного сравнения критериев C_x и C_y . Причем, $b_{xy} = 1$, если C_x и C_y равноважные, $b_{xy} = 3$, если C_x немного важнее C_y , $b_{xy} = 5$, если C_x важнее C_y , b_{xy}

$= 7$, если C_x заметно важнее C_y , $b_{xy} = 9$, если C_x намного важнее C_y . Значения $b_{xy} = 2, 4, 6, 8$ считаются промежуточными.

Рассчитывается величина:

$$z_x = \sqrt[m]{\prod_{y=1}^m b_{xy}}. \quad (3)$$

Затем на основе нормализации полученных чисел определяются коэффициенты важности критериев:

$$r_x = \frac{z_x}{\sum_{x=1}^m z_x}. \quad (4)$$

Выводы. Объективный учет влияния человеческого фактора в эксплуатационной работе и на всех этапах жизненного цикла объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта является актуальной задачей, требующей оперативного решения. Поскольку влияние человека на безопасность производственных процессов очень велика, при этом полностью исключить участие человека в данном случае невозможно, то анализ и оценка влияния человеческого фактора позволит существенным образом снизить как производственный травматизм, так и отказы технических устройств в следствие которых происходят нарушения безопасности движения поездов.

Литература

1. Аксенов В.А., Завьялов А.М. Пути повышения эффективности содержания объектов инфраструктуры железных дорог. Известия Транссиба, Омск, 2013 №2. С.113-117.
2. СТО РЖД 02.039-2011 «Человеческие факторы в системе управления безопасностью движения».
3. «Человеческий фактор. Сборник материалов № 8. Человеческий фактор при управлении воздушным движением». Циркуляр 241АН/145. Международная организация гражданской авиации (ИКАО). Монреаль, Канада 1993.
4. Завьялов А.М. Нечеткое моделирование и управление рисками в хозяйствах инфраструктуры железнодорожного транспорта. Вісник СНУ ім. В. Даля - №5 (176) – Частина 1 – 2012.
5. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир - 1976. - С.172-215.

References

1. Aksenov V.A., Zav'jalov A.M. Puti povysheniya jeffektivnosti soderzhaniya ob#ektov infra-struktury zheleznyh dorog. Izvestija Trans-siba, Omsk, 2013 №2. S.113-117.
2. STO RZhd 02.039-2011 «Chelovecheskie faktory v sisteme upravleniya bezopasnost'ju dvizheniya».
3. «Chelovecheskij faktor. Sbornik materialov № 8. Chelovecheskij faktor pri upravlenii vozdushnym dvizheniem». Cirkuljar 241AN/145. Mezhdunarodnaja organizacija grazhdanskoj aviicii (ICAO). Monreal', Canada 1993.

4. Zav'jalov A.M. Nechetkoe modelirovanie i upravlenie riskami v hozjajstvah infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta. Visnik SNU im. V. Dalja - №5 (176) – Chastina 1 – 2012.

5. Bellman R., Zade L. Prinjatje reshenij v rasplyvchatyh uslovijah. V kn.: Voprosy analiza i procedury prinjatija reshenij. M.: Mir - 1976. - S.172-215.

V.A. Aksenov, A.M. Zavyalov, Y.V. Zavyalova, I.N. Sinyakina. Human factor in ensuring the safety of production processes in transport.

The article about finding new approaches to the analysis and evaluation of human factors on the quality of performance and safety of production processes in railway transport. The possibility of using fuzzy sets theory for multi-criteria analysis of the human factor on the basis of expert methods.

Human factor, traffic safety, occupational injury, the theory of fuzzy sets.

Аксенов Владимир Алексеевич, д.т.н., профессор., заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта МГУПС (МИИТ), г. Москва, Россия, v.aksenov@rgotups.ru

Завьялов Антон Михайлович, к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» Российской открытой академии транспорта МГУПС (МИИТ), г. Москва, Россия, zavant@gmail.com

Синякина Ирина Николаевна, старший преподаватель кафедры «Эксплуатация железных дорог» Российской открытой академии транспорта МГУПС (МИИТ), г. Москва, Россия, sinyakina@mail.ru

Завьялова Юлия Владимировна, ассистент кафедры «Эксплуатация железных дорог» Российской открытой академии транспорта МГУПС (МИИТ), г. Москва, Россия, zavu@yandex.ru

Рецензент: Пономарёв В.М., д.т.н., профессор.

Статья подана