

УДК 656.2 + 06

*С. Д. Солодовников, А. В. Борисова, В. В. Козлюк***РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА<sup>1</sup>**

**Аннотация.** В работе представлены цели и задачи обеспечения транспортной безопасности на объектах транспорта. Рассмотрены подходы к оценке рисков совершения актов незаконного вмешательства и реализации угроз транспортной безопасности, в том числе подход оценки допустимого риска на основе определения уровней полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels – SILs), а также методология управления ресурсами, рисками на основе анализа надежности (УПРАН), в основе которой положен метод ALARP. На основе метода ЕТА (анализ дерева событий) представлен и проанализирован событийный сценарий реализации различных видов угроз для условного объекта транспортной инфраструктуры «железнодорожный вокзал». Дана количественная оценка рисков реализации угроз совершения актов незаконного вмешательства на условном объекте транспортной инфраструктуры.

**Ключевые слова:** транспортная безопасность, объект транспортной инфраструктуры, критический элемент, угроза, риск-ориентированный подход, потенциальный нарушитель.

**Для цитирования:** Солодовников, С. Д. Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности на объекте железнодорожного транспорта / С. Д. Солодовников, А. В. Борисова, В. В. Козлюк // Труды ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 56 – 63.

**Введение**

Понятие «безопасность» в современном мире включает минимизацию вероятности возникновения опасности различного происхождения в сферах жизнедеятельности человека. Для объектов железнодорожной инфраструктуры с целью обеспечения бесперебойной работы всех процессов рассматривается комплексная безопасность, где причины нарушений и происшествий относятся к технологическим, человеческим, организационным и природным [1]. Сохранение жизни и здоровья граждан является главной и первостепенной задачей национальной политики любого государства. Принимая во внимание, что причиной происшествий на железнодорожном транспорте, связанных с социальным, экономическим и экологическими ущербами, являются противоправные действия людей (терроризм), задачи транспортной безопасности (ТБ) имеют высший приоритет в осуществлении перевозок грузов и пассажиров. Обеспечение безопасности на транспорте сочетает в себе множество инструментов и методик, позволяющих контролировать вероятность возникновения угрозы. Одним из таких инструментов является риск-ориентированный подход, который помогает выявить наиболее рациональные и экономически обоснованные меры безопасности.

**Основная часть**

Безопасность на железнодорожном транспорте представляет собой состояние защищенности объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств от актов незаконного вмешательства [1]. Для защиты граждан от противоправных действий

нарушителей, государством создана система правовых, экономических, организационных и иных мер в сфере транспортного комплекса, соответствующих угрозам совершения актов незаконного вмешательства, именуемая, как «обеспечение транспортной безопасности». Собственники объектов транспортной инфраструктуры или транспортных средств, то есть, субъекты транспортной инфраструктуры, обязаны соблюдать требования транспортной безопасности, установленных Правительством Российской Федерации [1,2].

Главными целями обеспечения транспортной безопасности являются устойчивое и безопасное функционирование транспортного комплекса, защита интересов личности, общества и государства в данной сфере от АНВ.

Одной из важнейших задач, среди перечисленных, считается выявление для конкретного объекта возможных угроз совершения актов незаконного вмешательства, к которым относят: угрозу захвата, угрозу взрыва, угрозу размещения или попытку размещения на объекте транспортной инфраструктуры и/или транспортных средствах взрывных устройств (взрывчатых веществ), угрозу поражения опасными веществами, угрозу захвата критического элемента объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств, угрозу взрыва критического элемента объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств, угрозу размещения или попытку размещения на критическом элементе объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств взрывных устройств (взрывчатых веществ), угрозу блокирования, угрозу хищения.

Как видно, перечень рассматриваемых угроз достаточно обширный и для разных категорий объектов железнодорожного транспорта может быть выстроен в порядке приоритетности по уровню риска их реализации. Для железнодорожной отрасли определены четыре категории объектов транспортной инфраструктуры, что предусматривает внедрение различных мер по обеспечению безопасности [2].

Принятие решений по предупреждению и локализации нештатных ситуаций, обеспечению безопасности в общем случае является сложной и многофакторной задачей. Это обусловлено, во-первых, высокой неопределенностью, обусловленной неполной априорной информацией об объекте принятия решения (ОПР) и протекающих в нем процессах, а, во-вторых, жесткими ресурсными ограничениями, обусловленными рисками того, что временных, человеческих, информационных или материальных ресурсов, необходимых для обеспечения ТБ, не хватит для выработки и реализации управляющих решений [3,4].

В данном случае рационально использовать риск-ориентированный подход, направленный на сопоставление наиболее вероятных угроз и масштабов последствий их реализации с наиболее подходящими мерами для обеспечения ТБ объекта [3]. Оценка вероятных рисков событий в сфере обеспечения безопасности на транспорте проводится различными методами [3-6].

Наибольший интерес в этом вопросе представляют работы [3,5]. В работе [3] риск-ориентированный подход основан на применении инструментария уровней полноты (гарантированности) безопасности (Safety Integrity Levels – SILs). Определяемые уровни полноты безопасности применяется для формирования состава мероприятий по ТБ. Данный подход основывается на способности выполнять функции безопасности при заданных условиях в течение определенного времени.

В работе [6] приведена методология управления ресурсами, рисками на основе анализа надежности (УРРАН), в основе которой положен метод ALARP — «As low as reasonably practicable», что в переводе «низко, насколько целесообразно». Данная методология предназначена для определения неприемлемого, допустимого и приемлемого риска, связанного с финансовыми затратами на поддержание необходимого уровня безопасности. Методология УРРАН охватывает как объекты инфраструктуры, так и подвижной состав. Однако в работе [6] отсутствует представление подробной структуры и механизмов получения показателей риска.

Следует отметить, что в работах [3,6] приводятся модели оценки рисков на основе качественных методов. Для обеспечения полноты мер безопасности на транспортном объекте необходимо разработать механизм получения количественных показателей уровней рисков.

Решение поставленной задачи рассмотрим на примере с использованием условной схемы здания железнодорожного вокзала, представленной на рисунке 1.



Рис. 1. Условная схема здания железнодорожного вокзала

Предлагаемая методология включает оценку рисков совершения АНВ на объекте транспортной инфраструктуры с использованием методов качественной и количественной оценки. Для проведения качественной оценки рисков в данном случае наиболее применим метод логического построения и анализа дерева событий [8].

Данный метод, является модификацией классического метода ЕТА (Event Tree Analysis), позволяет графически представить общий характер развития возможных негативных ситуаций и происшествий с отражением причинно-следственной взаимосвязи событий в зависимости от специфики и уязвимости объекта оценки риска с учётом влияния имеющихся защитных мер. Классический метод ЕТА и его модификации целесообразно использовать для дальнейшего количественного анализа риска [8].

Применительно к оценке риска совершения противоправного действия в отношении объекта транспортной инфраструктуры - железнодорожному вокзалу, использование данного метода заключается в моделировании ситуаций, связанных с реализацией наиболее вероятных угроз.

Перечень угроз, рассматриваемых в качестве опасных событий и имеющих возможность быть реализованными на объекте определяется экспертным путем, принимая во внимание территориальное расположение объекта оценки, конфигурацию, режимы работы, внешнюю и внутреннюю инфраструктуру.

Для условной схемы здания железнодорожного вокзала, было выявлено 7 наиболее вероятных угроз совершения актов незаконного вмешательства, а именно:

- угроза захвата, включающая возможность захвата объекта транспортной инфраструктуры, установления над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания;

- угроза взрыва, характеризуемая как вероятность разрушения объекта транспортной инфраструктуры не исключая повреждение здоровья/или гибель персонала, пассажиров и других лиц повреждений путем взрыва (обстрела);

- угроза размещения или попытки размещения взрывного устройства, которое может разрушить транспортный объект или нанести серьезные повреждения;

- угроза поражения опасными веществами подразумевает возможность загрязнения объекта транспортной инфраструктуры опасными химическими, радиоактивными или биологическими веществами, угрожающими жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

- угроза захвата критического элемента обусловлена установлением над ним контроля силой или угрозой применения силы, или путем любой другой формы запугивания. Критическим элементом на представленной на рисунке 1 условной схеме железнодорожного вокзала является электроцитовая;

- угроза взрыва критического элемента обусловлена возможностью разрушения критического элемента объекта транспортной инфраструктуры или нанесения ему повреждения путем взрыва (обстрела), создающего угрозу функционированию объекта транспортной инфраструктуры, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц;

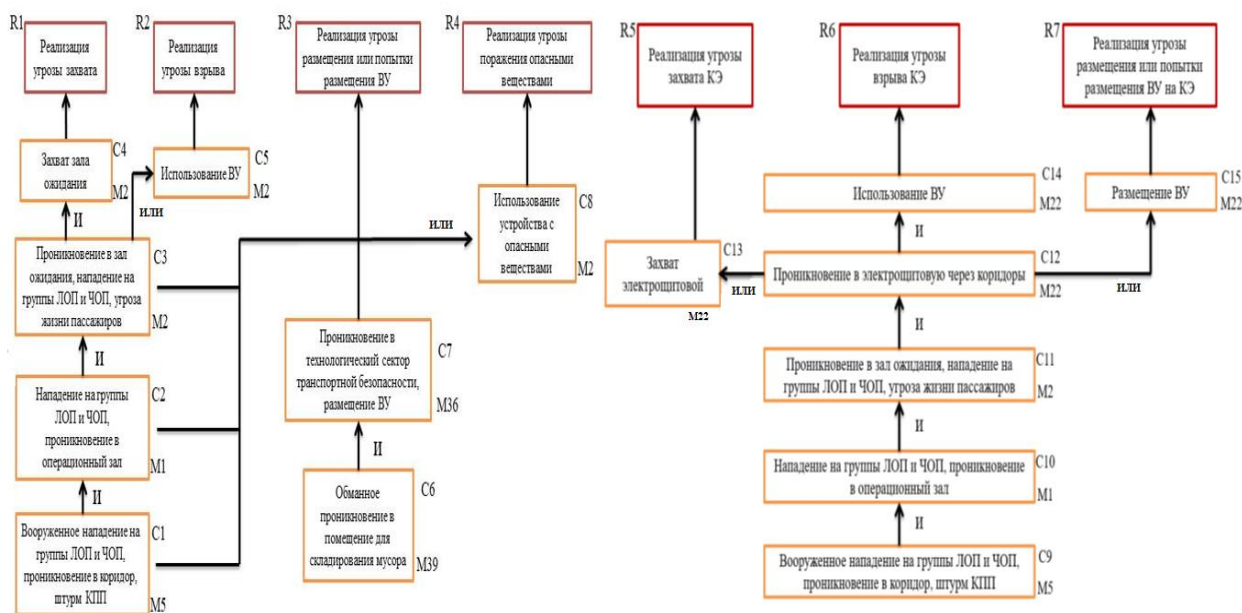
- угроза размещения или попытки размещения взрывного устройства на критическом элементе определяет возможность размещения или совершения действий в целях размещения на критическом элементе объекта транспортной инфраструктуры и/или транспортных средств взрывных устройств (взрывчатых веществ), которые могут разрушить критический элемент объекта транспортной инфраструктуры или нанести ему повреждения, угрожающие безопасному функционированию объекта транспортной инфраструктуры, жизни или здоровью персонала, пассажиров и других лиц.

Далее, на следующем этапе осуществляется обозначение входных данных моделирование вероятных опасных событий, последовательно приводящих к реализации какой-либо из обозначенных угроз.

Графическое представление реализации метода логического построения и анализа дерева событий, связанных с вероятностью совершения АНВ, представлена на рисунке 2.

Для реализации каждой угрозы совершения АНВ из представленных на рисунке 2, потенциальному нарушителю необходимо выполнить ряд действий, обозначенных на схеме опасными событиями  $C_i$ . Проникновение в здание вокзала может быть реализовано двумя путями: обманными действиями со стороны нарушителей, либо вооруженным нападением на группы ЛОП и ЧОП (М5). В целях конспирации нарушители могут представиться сотрудниками службы вывоза мусора, что даст возможность проникнуть в помещение для складирования мусора (М39) и оставить взрывное устройство либо в том же помещении, либо в ближайшем помещении под аренду (М36). Вооруженное нападение имеет смысл только при условии штурма группой нарушителей, так как, за пределами вокзала, в операционном зале (М1) и в зале ожидания (М2) находятся группы сотрудников линейных отрядов полиции (ЛОП) и частных охранных предприятий (ЧОП), которые могут пресечь действия нарушителя, если он будет действовать в одиночку. Прорвавшись в здание и преодолев контрольно-пропускной пункт, нарушители штурмом групп линейного отдела полиции (ЛОП) и частного охранного предприятия (ЧОП) могут взять под контроль операционный зал, а затем и зал ожидания. При развитии таких событий, нарушители, в зависимости от цели вторжения, могут взять в заложники пассажиров, использовать взрывное устройство или устройство с опасными

веществами, захватить критический элемент в виде электроштитовой (М22), либо установить взрывное устройство в данном помещении и совершить подрыв электроштитовой.



**Рис. 2. Схема сценариев реализации различных видов угроз:**

$R_i$  – конечное событие (реализация угрозы);  $C_i$  – номер события, приводящего к реализации угрозы;  $M_i$  – место проведения события, приводящего к реализации угрозы; И – логический элемент, расположенный между событиями, означающий, что угроза будет реализована в том случае, если произойдут все предшествующие ей события; ИЛИ – логический элемент, расположенный между событиями, означающий, что событие на его выходе произойдет в том случае, если произойдет хотя бы одно событие на его входе

Таким образом, детально проработав и проанализировав представленный событийный сценарий, на следующем этапе необходимо получить количественные показатели риска реализации угроз. Рискосое событие  $R$  как математический показатель представляет собой дискретное событие, обладающее двойственными свойствами, такими как случайность и ущерб. Определение значимости каждого опасного события  $C_i$  с точки зрения вероятности возникновения  $P_i$  и тяжести последствий  $H_i$ , осуществляется с использованием экспертной методологии. Благодаря методу ранговой корреляции устанавливается весомость каждого события всех ветвей событийного сценария, приводящих к реализации угроз АНВ [9-16].

Определение риска  $R_i$  совершения АНВ в случае реализации каждой из угроз, обозначенных, на рисунке 2, осуществляется по формуле (1):

$$R_i = \sum_{i=7}^n (P_i H_i), \quad (1)$$

где  $R_i$  – величина риска совершения АНВ в случае реализации  $i$ -ой угрозы;

$P_i$  – вероятность возникновения опасного события  $C_i$ ; имеет значения 1 – практически нереализуемое; 2 – маловероятное; 3 – возможно произойдет; 4 – вероятно произойдет; 5 – неизбежное.

$H_i$  – тяжесть последствий при возникновении события  $C_i$ , имеет значения 1 – незначительная, 2 – невысокая; 3 – умеренная; 4 – значительная; 5 – катастрофическая.

Полученная величина  $R_i$  по каждой ветви событийного сценария может изменяться в диапазоне от 7 до 175, относиться к следующим уровням опасности:

1 уровень – при значениях  $7 < R_i < 14$  – очень низкий риск (практически отсутствует);

- 2 уровень – при значениях  $15 < R_i < 28$  – низкий риск;
- 3 уровень – при значениях  $29 < R_i < 63$  – средний риск;
- 4 уровень – при значениях  $64 < R_i < 105$  – высокий риск;
- 5 уровень – при значениях  $106 < R_i < 105$  – очень высокий (недопустимый) риск.

Числовой показатель риска в дальнейшем используется для определения необходимого комплекса дополнительных технических и организационных мер безопасности, а также необходимый для их внедрения временной интервал.

### **Заключение**

Дополнительный комплекс мер по обеспечению ТБи экономическая целесообразность их внедрения определяются соответствующим уровнем полноты транспортной безопасности, который, зависит от уровня риска, связанного с угрозами возникновения актов незаконного вмешательства [1]. Предлагаемый подход к оценке рисков реализации угроз АНВ, включающий анализ смоделированного событийного сценария возникновения и развития негативных ситуаций с количественным определением уровня риска по каждой ветви событий, приводящей к реализации угрозы АНВ, позволяет определить наиболее уязвимые места на рассматриваемом условном объекте.

Моделирование процессов, связанных с вероятностью реализации угроз АНВ, помогает определить наиболее уязвимые места в действующей системе мер по обеспечению транспортной безопасности.

### **Библиографический список**

1. Российская Федерация. Законы. О транспортной безопасности: Федер. Закон N 16-ФЗ: принят Государственной Думой 19 января 2007 г.: одобрен Советом Федерации 02 февраля 2007 г. : послед. ред. // Консультант плюс : сайт. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_66069](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_66069) (дата обращения 31.01.2025)
2. **Зайкова, С. Н.** Об актуальных проблемах обеспечения транспортной безопасности (на примере категорирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта) / С. Н. Зайкова // Публично-правовые проблемы транспортного права: Материалы Пятого международного транспортно-правового форума, Москва, 15–16 февраля 2023 года. – Москва: Российский университет транспорта, 2023. – С. 82-86. – EDN BDPFMK.
3. **Плеханов, П. А.** Риск-ориентированный подход к обеспечению транспортной безопасности как части комплексной безопасности железнодорожного транспорта // Известия Петербургского университета путей сообщения. - СПб.: РГУПС, 2019. – Т. 16, вып. 4. – С. 539-551. DOI: 10.20295/1815-588X-2019-4-539-551.
4. **Скороходов, Д. А.** Применение инструментов анализов рисков при создании решающих правил систем поддержки принятия решения / Д. А. Скороходов, И. В. Степанов, С. Н. Турусов, Н. В. Никитин / Морские интеллектуальные технологии. – 2019. – № 3-3(45). – С. 114-120. – EDN USODYP.
5. **Латынцева, С. В.** Применение методов анализа рисков для создания систем поддержки принятия решений по обеспечению безопасности / С. В. Латынцева, И. В. Степанов, С. Н. Турусов // Актуальные проблемы защиты и безопасности : Труды XXII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН, Санкт-Петербург, 01–04 апреля 2019 года. Том 2. – Санкт-Петербург: Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2019. – С. 399-408. – EDN XBZUHF.
6. **Охотников, И. В.** Риск-ориентированный подход к оценке и обеспечению надежности и безопасности функционирования объектов транспортной инфраструктуры / И. В. Охотников, И. В. Сибирко, О. А. Малахов // Технические науки: теория и практика: Материалы IV Международной научной конференции, Казань, 20–23 ноября 2018 года. –

Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство Молодой ученый", 2018. – С. 49-52. – EDN YNCLAL.

7. **Плеханов, П. А.** Обеспечение транспортной безопасности в составе комплексной безопасности железнодорожного транспорта на основе риск-ориентированного подхода / П. А. Плеханов // II Международная конференция "Наука 1520 ВНИИЖТ": Загляни за горизонт": Сборник материалов конференции, Москва, 24–25 августа 2023 года. – Москва: АО "Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта", 2023. – С. 223-228. – EDN HUWRXC

8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска: нац. стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 01 декабря 2011 г. N 680-ст: введен впервые: дата введения 2011-12-01 // Кодекс: электрон. фонд правовой и норматив.-техн. информ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200090083> (дата обращения: 31.01.2025).

9. **Коробова, Н. А.** Экспертный метод оценки рисков / Н. А. Коробова, М. Ю. Полянчикова // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2023. – № 1(272). – С. 20-21. – DOI 10.35211/1990-5297-2023-1-272-20-21. – EDN KFWVXC. ISSN: 1990-5297.

10. **Храмова, Е. В.** Применение экспертного метода для оценки риска аварий на энергогенерирующих объектах / Е. В. Храмова, А. В. Демин // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы: Материалы III Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 05–06 декабря 2019 года / Ответственный редактор Э. И. Забнева. – Новокузнецк: ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство "Зебра"), 2019. – С. 68-70. – EDN YWGDWL.

11. **Веревкина, О. И.** Развитие научных основ управления рисками для обеспечения надежности в производственно-технологических процессах на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 500-505. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-500-501. – EDN JTYVIL.

12. **Веревкина, О. И.** Теоретические основы организационно-технологической надежности и управление техническими рисками на инфраструктурных объектах / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 5. – С. 494-499. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-494-495. – EDN VWJBTU.

13. **Васин, С. А.** Совершенствование методики оценки РИСКОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И надежности для управления качеством на ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ / С. А. Васин, О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2023. – Т. 21, № 3. – С. 144-154. – DOI 10.18503/1995-2732-2023-21-3-144-154. – EDN TFUSHV.

14. **Веревкина, О. И.** Влияние человеческого фактора на проблемы повышения безопасности движения / О. И. Веревкина, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4. – С. 16-21. – EDN YMAPKP.

15. **Яицков, И. А.** Обеспечения безопасности движения поездов и надёжности перевозочного процесса в вагонном хозяйстве / И. А. Яицков, Е. Н. Шведова // Транспорт: наука, образование, производство: труды международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–15 апреля 2016 года / Ростовский государственный университет путей сообщения; Председатель организационного комитета конференции А.Н. Гуда. Том 2. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2016. – С. 221-228. – EDN YKHTQN.

16. Анализ повышения транспортной безопасности и влияния на окружающую среду при реконструкции Байкало-Амурской железнодорожной магистрали / Д. С. Алтынов,

Л. В. Дергачева, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2023. – № 4. – С. 198-216. – EDN NQHVMV.

*S. D. Solodovnikov, A. V. Borisova, V. V. Kozlyuk*

## **A RISK-BASED APPROACH TO ENSURING TRANSPORT SAFETY AT A RAILWAY FACILITY**

**Abstract.** The paper presents the goals and objectives of ensuring transport safety at transport facilities. Approaches to assessing the risks of committing acts of illegal interference and the implementation of threats to transport security are considered, including the approach of assessing acceptable risk based on determining the levels of completeness (guarantee) of safety (SILs), as well as the methodology of resource management, risks based on reliability analysis (URAN), based on the ALARP method.. Based on the ETA method (event tree analysis), an event scenario for the implementation of various types of threats for a conditional railway station transport infrastructure facility is presented and analyzed. A quantitative assessment of the risks of the implementation of threats to commit acts of unlawful interference at a conditional transport infrastructure facility is given.

**Keywords:** transport security, transport infrastructure facility, critical element, threat, risk-based approach, potential violator.

**For citation:** Solodovnikov, S. D. Approach to Ensuring Transport Safety at a Railway Facility / S. D. Solodovnikov, A. V. Borisova, V. V. Kozlyuk // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2025. – № 1. – P. 56 – 63.

### **Сведения об авторах**

**Солодовников Степан Дмитриевич**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
студент,  
e-mail: stpnsolodovnikov@gmail.com

**Борисова Анастасия Викторовна**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
доцент,  
e-mail: nastja004@bk.ru

**Козлюк Виталий Викторович**

Ростовский государственный университет  
путей сообщения (РГУПС),  
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,  
доцент,  
e-mail: kvv\_555@mail.ru

### **Information about the authors**

**Solodovnikov Stepan Dmitrievich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Life Safety»,  
Student,  
e-mail: stpnsolodovnikov@gmail.com

**Borisova Anastasia Viktorovna**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Life Safety»,  
Associate Professor,  
e-mail: nastja004@bk.ru

**Kozlyuk Vitaly Viktorovich**

Rostov State Transport University (RSTU),  
Chair «Life Safety»,  
Associate Professor,  
e-mail: kvv\_555@mail.ru