

## **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УСТРОЙСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ И АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СОВМЕЩЕННОМ ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ**

**Аннотация.** Железные и автомобильные дороги являются основой наземного транспорта. Основным назначением дорог является удовлетворение потребностей в перевозках как грузов, так и пассажиров. Железные дороги обеспечивают большую часть этого процесса, но автомобильные перевозки имеют преимущество на относительно небольших расстояниях и в тех районах, где отсутствует железнодорожное сообщение.

В пределах раздельных пунктов на железных дорогах и в границах населенных пунктов для автомобильных дорог устанавливаются особые требования, которые не рассматриваются в данной статье.

Железные и автомобильные дороги являются важными объектами линейного проектирования. К основным элементам трассы этих сооружений относятся план, продольный профиль, а также земляное полотно.

В данной статье предлагается производить сравнение требований к проектированию основных элементов новых дорог общего пользования по актуальным на дату публикации статьи нормативным документам, утвержденным Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации: СП 119.13330.2024 «СНиП 32-01-95 железные дороги колеи 1520 мм» и СП 34.133330.2021 «СНиП 2.05.02-85\* Автомобильные дороги».

Совместная работа обоих видов транспорта позволит сократить затраты на строительство, расширить логистические маршруты и их функционал. Проектирование и строительство совмещенных дорог требует особого внимания и представляет собой сложнейшую транспортную систему.

В статье рассмотрен пример положительного опыта реализации скоростной совмещенной автомобильной и железной дорог «Адлер – станция горноклиматического курорта «Альпика-Сервис» (пос. Красная Поляна).

**Ключевые слова:** железные дороги, автомобильные дороги, совместная работа транспорта, проектирование, строительство, транспортная система

**P. N. Kholodov, V. A. Podverbnyi**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF CONSTRUCTING RAIL AND AUTOMOBILE ROADS ON A COMBINED GROUND SURFACE**

**Abstract.** Railways and highways are the backbone of land transport. The main purpose of roads is to meet the transportation needs of both goods and passengers. Railways provide most of this process, but road transport has an advantage over relatively short distances and in areas where there is no rail connection.

Within the boundaries of separate points on railways and within the boundaries of settlements, special requirements are established for highways, which are not considered in this article.

Railways and highways are important objects of linear design. The main elements of the route of these structures include the plan, the longitudinal profile, as well as the roadbed.

In this article, it is proposed to compare the requirements for the design of the main elements of new public roads according to the regulatory documents relevant at the date of publication of the article, approved by the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation: Set of Rules 119.13330.2024 «Building codes and regulations 32-01-95 railways of 1520 mm gauge» and Set of Rules 34.133330.2021 «Building codes and regulations 2.05.02-85\* Automobile roads».

The joint operation of both modes of transport will reduce construction costs, expand logistics routes and their functionality. The design and construction of combined roads requires special attention and represents a complex transport system.

The article considers an example of a positive experience in the implementation of a high-speed combined automobile and railway «Adler – station of the Al'pika-Service mountain climate resort» (Krasnaya Polyana village).

**Keywords:** railways, automobile roads, joint work of transport, design, construction, transport system

### **Введение**

Совместная работа железных и автомобильных дорог играет важную роль в транспортной системе страны, обеспечивая эффективное и взаимовыгодное распределение грузов и пассажиров [1, 2].

Сотрудничество между этими двумя видами транспорта может включать следующие задачи [2, 3]:

1. Интермодальные перевозки (процесс, при котором груз перемещается с использованием нескольких видов транспорта): железнодорожный транспорт может обеспечивать перевозку грузов на длинные расстояния, а автомобильный – выполнять доставку «до подъезда», т. е. от железнодорожной станции до конечного пункта назначения.

2. Логистические центры и терминалы: создание мультимодальных центров может повысить эффективность транспортной системы. Эти центры служат пунктами перегрузки для товаров, где они могут перемещаться с одного вида транспорта на другой.

3. Координация расписания: согласование графиков движения поездов и автомобильных перевозок помогает уменьшить время простоя грузов и обеспечить своевременность доставки.

4. Инвестиции и инфраструктура: улучшение автодорожной и железнодорожной инфраструктур (включая строительство новых узлов и модернизацию существующих путей) может способствовать более эффективной интеграции.

5. Технологические инновации: использование информационных технологий и систем управления транспортом (включая отслеживание грузоперевозок в реальном времени) помогает оптимизировать виды транспортировки и улучшить координацию.

6. Экологические преимущества: такое сотрудничество может способствовать снижению выбросов углекислого газа, поскольку больше грузов может перевозиться на большие расстояния по железной дороге, что является более экологическим способом по сравнению с автомобильным транспортом с двигателями внутреннего сгорания.

Целью данной статьи является оценка возможности устройства железных и автомобильных дорог на совмещенном земляном полотне.

### **Устройство дорог на совмещенном земляном полотне**

Устройство автомобильных дорог на совмещенном земляном полотне с железной дорогой – инженерное решение, которое позволяет более эффективно использовать пространство и снизить затраты на строительство и обслуживание основных транспортных направлений [4, 5].

Вот основные моменты, которые необходимо учитывать при реализации такого проекта:

#### *1. Проектирование и планирование*

Анализ потребностей: необходимо провести детальный анализ транспортных потоков, чтобы определить необходимость и целесообразность совмещения трасс [6].

Стандарты безопасности: учитываются нормы и требования по безопасности для обоих видов транспорта, чтобы избежать аварийных ситуаций.

Физическое разделение: обычно предусматривается физическое разделение (барьеры или ограждения), чтобы предотвратить выезд автомобилей на железнодорожные пути [7].

#### *2. Инфраструктура и инженерные решения*

Ширина земляного полотна: совмещенное земляное полотно должно быть достаточно широким, чтобы вместить и железнодорожные пути, и автомобильные дорожные покрытия.

Дренаж и водоотведение: необходимо грамотно спроектировать дренажные системы, чтобы предотвратить накопление воды, что может негативно повлиять как на авто-, так и на железнодорожное полотно.

Основание: основание должно быть усилено, чтобы выдерживать нагрузки от транспортных средств и обеспечивать стабильность железнодорожных путей. Комплексная защита от опасных инженерно-геологических процессов в районе строительства железной и автомобильной дорог на совмещенном земляном полотне может обеспечить значительную экономию строительной стоимости. Нетрудно представить такие сооружения как защитная галерея или подпорная стенка, построенные для совместной защиты железной и автомобильной дорог, которые будут экономичнее, чем сооружения, построенные по отдельности. То же самое замечание относится и к сооружению водопропускных труб.

### *3. Материалы и технологии*

Соппротивление нагрузкам: используются материалы, которые обеспечивают долговечность и устойчивость к нагрузкам от проезжающих автомобилей и поездов.

Шумопоглощающие покрытия: важно для уменьшения шума от движения поездов и автомобилей, особенно при наличии жилых зон вблизи дорог.

### *4. Экологические и социальные аспекты*

Минимизация воздействия: стремление минимизировать воздействие на окружающую среду при строительстве и эксплуатации дорог, особенно в районах распространения многолетнемерзлых грунтов.

Общественные консультации: привлечение общественности к обсуждению проекта для учета мнения жителей прилегающих районов.

### *5. Техническое обслуживание*

Регулярные осмотры: необходимы регулярные проверки и обслуживание как автомобильной, так и железнодорожной инфраструктур для обеспечения безопасности движения.

Ремонтные работы: наличие плана быстрого реагирования на ремонтные ситуации, чтобы минимизировать время простоя и поддерживать транспортные потоки.

## **Основные требования нормативной документации**

Рассмотрим основные требования нормативной документации к проектированию профиля и плана железных и автомобильных дорог [8–12].

### *1. Категории дорог как определяющий фактор для выбора норм проектирования*

Железнодорожные линии в зависимости от характера и объема перевозок на десятый год после ввода железнодорожной линии в эксплуатацию подразделяются на категории: скоростная, пассажирская, особогрузонапряженная, I–IV категории [9].

Категорию автомобильной дороги следует устанавливать в зависимости от функционального класса и расчетной среднесуточной приведенной интенсивности движения. Различают категории IA, IB, IB, II, III, IV, IVA-р, IVБ-р, IVA-п, IVБ-п, VA, VB. Перспективный период при назначении категории дороги принимают равным 20 годам от планируемого года завершения строительства [10].

### *2. Скорости движения транспортных средств и расчетные нагрузки*

Скорость движения подвижного состава по железнодорожным линиям в зависимости от категории и местных условий составляет до 200 км/ч для пассажирских поездов, ускоренных грузовых поездов до 160 км/ч и грузовых поездов до 90 км/ч [9].

Нагрузка на ось от грузового вагона при эксплуатации железнодорожного пути составляет 245 кН для верхнего строения железнодорожного пути.

Основные расчетные скорости движения на автодорогах принимаются от 80 до 150 км/ч в зависимости от категории дороги, а также допускаемые скорости – от 40 до 120 км/ч для пересеченной и горной местности [10].

Нормативная нагрузка АК включает в себя одну двухосную тележку с нагрузкой на ось 10 кН.

Класс нагрузки для автомобильных дорог принимается:

- с капитальными дорожными одеждами – 115 кН;
- с облегченными и переходного типа дорожными одеждами – 100 кН.

### *3. Продольный профиль дорог*

При проектировании продольного профиля новых железнодорожных линий руководящий уклон с одиночной тягой в грузовом направлении не должен превышать 9–30 ‰ в зависимости от категории железнодорожной линии [9].

Наибольшая алгебраическая разность уклонов смежных элементов продольного профиля и их наименьшая длина устанавливается в зависимости от категории железнодорожной линии и нормы полезной длины приемо-отправочных путей и составляет от 3 до 20 ‰ и от 200 до 1 100 м соответственно.

Радиусы вертикальных кривых на железнодорожных линиях назначаются от 6 000 до 20 000 м в зависимости от категории.

Наибольшие продольные уклоны автомобильных дорог принимаются от 30 до 100 ‰, наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле – от 600 до 30 000 м, вогнутых – от 200 до 8 000 м в зависимости от расчетной скорости [10].

#### *4. План дорог*

Основное значение радиуса круговых кривых в плане для железнодорожных линий принимается от 1 000 до 2 500 м и допускаемое значение радиуса – от 600 до 1 200 м в зависимости от категории [9].

Наименьшие радиусы кривых в плане на автомобильных дорогах принимаются от 30 до 1 200 м в зависимости от расчетной скорости и типа местности [10].

При проектировании трассы автодорог необходима взаимная увязка элементов плана, продольного и поперечного профилей между собой и с окружающим ландшафтом, с оценкой их влияния на условия движения и зрительное восприятие дороги водителем.

Для автодорог I и II категорий не допускается сочетание продольных уклонов, кривых в плане и продольном профиле с такими значениями, при которых создается впечатление провалов.

Кривые в плане и продольном профиле рекомендуется совмещать. При этом кривые в плане должны быть на 100–150 м длиннее кривых в продольном профиле, а смещение вершин кривых должно быть не более 1/4 длины меньшей из них.

Предельная длина прямой в плане на автомобильных дорогах назначается от 1 500 до 5 000 м в зависимости от категории дороги и типа местности.

#### *5. Земляное полотно*

При проектировании земляного полотна железных дорог необходимо обеспечить его прочность, устойчивость и недопущение деформаций, способных нарушить безопасные условия эксплуатации железной дороги при расчетных нагрузках и воздействиях в течение срока службы. Проектные решения должны обеспечивать максимальное сохранение земель различного целевого назначения и нанесение наименьшего ущерба природной среде [9, 11].

Земляное полотно автомобильных дорог должно быть запроектировано и возведено с учетом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, свойств грунтов, используемых в земляном полотне, условий производства работ по возведению полотна, природных условий района строительства и особенностей инженерно-геологических условий участка строительства, опыта эксплуатации дорог в данном районе, исходя из обеспечения требуемых прочности, устойчивости и стабильности как самого земляного полотна, так и дорожной одежды при наименьших затратах на стадиях строительства и эксплуатации, а также при максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе окружающей природной среде [10, 12].

В работах [13–16] приведена информация о положительном опыте совмещения железных и автомобильных дорог.

Скоростная совмещенная автомобильная и железная дорога «Адлер – станция горноклиматического курорта «Альпика-Сервис» (пос. Красная Поляна), которая явилась основной транспортной артерией Олимпиады-2014. Проектировщики учли особенности природного ландшафта и проложили железную и автомобильную дороги параллельно. Пропускная способность железной дороги – 6 пар поездов в час со скоростью движения до 160 км/ч. Пропускная способность автомобильной дороги – 11 000 авт./сут. со скоростью движения до 100 км/ч [13, 14].

Планируется совмещение высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань с платной автотрассой М7. Федеральная автомобильная дорога М7 – это автомобильная дорога федерального значения Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань – Уфа. Ее протяженность составляет 1 351 км. Руководство ОАО «Скоростные магистрали» считает целесообразным совмещение этих дорог [13, 14].

Приведены основные особенности предварительного изучения территории района предполагаемого строительства [14–16]:

- оценить зону опасных геологических процессов для автомобильной и железной дороги;
- установить уязвимые места влияния техногенного воздействия;

- определить участки типового и индивидуального проектирования автомобильной дороги;
- определить участки групповых решений и индивидуального проектирования железной дороги;
- наметить места размещения системы мониторинга за динамикой развития как природных так и техногенных процессов.

### **Заключение**

Устройство железных и автомобильных дорог на совмещенном земляном полотне позволит оптимизировать затраты и повысить эффективность использования территории, но требует тщательного планирования, проектирования и координации между различными службами и ведомствами.

Эффективная интеграция железнодорожного и автомобильного транспорта способствует развитию экономики, снижению транспортных издержек и улучшению обслуживания клиентов, что делает транспортную систему более устойчивой и приспособленной к современным вызовам.

С технической точки зрения при одновременном соблюдении норм проектирования, что подтверждается сопоставительным анализом, проведенным в статье, возможно устройство железных и автомобильных дорог на совмещенном земляном полотне.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Нечипорук М.В., Анисимов В.А. Методика принятия проектных решений по изменению облика и мощности мультимодального транспортного узла // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2023. № 4 (80). С. 78–87.
2. Лутфулин М.Д., Файзрахманова Е.В. Повышение эффективности перевозок грузов посредством взаимодействия железнодорожного и автомобильного видов транспорта // Modern Science. 2022. № 5-1. С. 52–55.
3. Нестерова Н.С., Анисимов В.А. Принятие решений по этапному изменению облика и мощности мультимодальной транспортной сети // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 4 (72). С. 59–67.
4. Король Р.Г., Акельев А.С. Проектирование динамической имитационной модели мультимодальной транспортно-логистической системы Дальнего Востока // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2023. № 4 (37). С. 43–50.
5. Холодов П.Н., Подвербный В.А. Автодублиеры как необходимость при реконструкции и эксплуатации Байкало-Амурской магистрали // Молодая наука Сибири. 2023. № 3 (21). С. 72–82.
6. Холодов П.Н., Подвербный В.А., Филатов Е.В. Открытие железнодорожного переезда общего пользования на существующих путях в условиях городской застройки // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. № 2 (66). С. 77–83.
7. Устройство пересечений в разных уровнях существующих железной и автомобильной дорог без остановки движения поездов / П.Н. Курочка, А.А. Ревякин, И.Б. Сон и др. // Транспортное строительство. 2015. № 4. С. 14–17.
8. Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс в локал. сети.
9. СП 119.13330.2024 Железные дороги колеи 1520 мм (с изменением № 1 от 27.12.2024): утв. приказом Минстроя РФ № 432/пр от 01.07.2024 г. Введ. : 2024–08–02. М. : Минстрой России, 2024. 228 с.
10. СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги : утв. приказом Минстроя РФ № 53/пр от 09.02.2021 г. Введ. : 2021–08–10. М. : Минстрой России, 2021. 96 с.
11. СП 32-104-98 Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм : одобрен Письмом Минземстроя РФ № 13-498 от 08.09.1998 г. Введ. : 1999–01–01. М. : Госстрой России, 1999. 160 с.

12. ГОСТ 32960-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. Введ. : 2015–07–01. М. : Стандартинформ, 2019. 8 с.
13. Салан А.И., Безродный К.П., Соловьев А.Н. Основные проектные положения совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер – Красная Поляна // Метро и тоннели. 2009. № 2. С. 14–15.
14. Дыдышко П.И., Кузахметова Э.К. Проектирование высокоскоростных совмещённых автомобильных и железных дорог // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 3 (70). С. 152–159.
15. Кузахметова Э.К., Дыдышко П.И. Особенности проектирования высокоскоростных совмещенных автомобильных и железных дорог // Транспортные системы: тенденции развития: сборник трудов международной научно-практической конференции. Москва, 2016. С. 97–99.
16. Жуков А.И., Рощин А.И., Пасынский А.А. Линейные сооружения пассажирского транспорта. М. : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2020. 96 с.

## REFERENCES

1. Nechiporuk M.V., Anisimov V.A. Metodika prinyatiya proektnykh reshenii po izmeneniyu oblika i moshchnosti mul'timodal'nogo transportnogo uzla [[Methodology of making design decisions to change the appearance and capacity of a multimodal transport hub]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2023, no 4 (80), pp. 78–87.
2. Lutfulin M.D., Faizrahmanova E.V. Povyshenie effektivnosti perevozok грузов posredstvom vzaimodeistviya zheleznodorozhnogo i avtomobil'nogo vidov transporta [Improving the efficiency of cargo transportation through the interaction of railway and automobile modes of transport]. *Modern Science*, 2022, no 5-1, pp. 52–55.
3. Nesterova N.S., Anisimov V.A. Prinyatie reshenii po etapnomu izmeneniyu oblika i moshchnosti mul'timodal'noi transportnoi seti [Decision-making to gradually change the appearance and capacity of the multimodal transport network]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2021, no 4 (72), pp. 59–67.
4. Korol' R.G., Akel'ev A.S. Proektirovanie dinamicheskoi imitatsionnoi modeli mul'timodal'noi transportno-logisticheskoi sistemy Dal'nego Vostoka [Designing a dynamic simulation model of a multimodal transport and logistics system of the Far East]. *Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona* [Transport of the Asia-Pacific region], 2023, no 4 (37), pp. 43–50.
5. Kholodov P.N., Podverbnyi V.A. Avtodubleriy kak neobkhodimost' pri rekonstruktsii i ekspluatatsii Baikalo-Amurskoi magistrali [Auto roads railway stand-ins as a necessity during reconstruction and operation of the Baikal-Amur mainline]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young science of Siberia], 2023, no 3 (21), pp. 72–82.
6. Kholodov P.N., Podverbnyi V.A., Filatov E.V. Otkrytie zheleznodorozhnogo pereezda obshchego pol'zovaniya na sushchestvuyushchikh putyakh v usloviyakh gorodskoi zastroiki [Opening a public railway crossing on existing tracks in the conditions of urban development]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2020, no 2 (66), pp. 77–83.
7. Kurochka P.N., Revyakin A.A., Son I.B., Kopylov A.B. Ustroistvo peresechenii v raznykh urovnyakh sushchestvuyushchikh zheleznoi i avtomobil'noi dorog bez ostanovki dvizheniya poezdov [The arrangement of intersections at different levels of existing railways and highways without stopping train traffic]. *Transportnoe stroitel'stvo* [Transport construction], 2015, no 4, pp. 14–17.
8. Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 27.11.2021 g. № 3363-r «Ob utverzhdenii Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda s prognozom na period do 2035 goda» [Decree of the Government of the Russian Federation No 3363-r dated November 27, 2021 «On the approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035»].

9. SP 119.13330.2024 Zheleznye dorogi kolei 1520 mm (s izmeneniem no 1 ot 27.12.2024) [Set of Rules 119.13330.2024 Railway with 1520 mm track (with amendment No 1 dated December 27, 2024)]. Moscow: Minstroy Rossii Publ., 2024. 228 p.
10. SP 34.13330.2021 Avtomobil'nye dorogi [Set of Rules 34.13330.2021 Automobile roads]. Moscow: Minstroy Rossii Publ., 2021. 96 p.
11. SP 32-104-98 Proektirovanie zemlyanogo polotna zheleznykh dorog kolei 1520 mm [Set of rules 32-104-98 Design of earthwork for rail ways with 1520 mm track]. Moscow: Gosstroy Rossii Publ., 1999. 160 p.
12. GOST 32960-2014 Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Normativnye nagruzki, raschetnye skhemy nagruzheniya [State Standard 32960-2014 Automobile roads of general use. Traffic load models, application of the load models]. Moscow: Standartinform Publ., 2019. 8 p.
13. Salan A.I., Bezrodnyi K.P., Solov'ev A.N. Osnovnye proektnye polozeniya sovmeshchennoi (avtomobil'noi i zheleznoi) dorogi Adler – Krasnaya Polyana [The main design provisions of the combined (automobile and railway) Adler – Krasnaya Polyana railway]. *Metro i tonneli* [Metro and tunnels], 2009, no 2, pp. 14–15.
14. Dydyshko P.I., Kuzakhmetova E.K. Proektirovanie vysokoskorostnykh sovmeshchennykh avtomobil'nykh i zheleznykh dorog [Design of high-speed combined roads and railways]. *Mir transporta* [World of transport], 2017, Vol. 15, no 3 (70), pp. 152–159.
15. Kuzakhmetova E.K., Dydyshko P.I. Osobennosti proektirovaniya vysokoskorostnykh sovmeshchennykh avtomobil'nykh i zheleznykh dorog [Design features of high-speed combined roads and railways]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transportnye sistemy: tendentsii razvitiya»* [Proceedings of the international scientific and practical conference «Transport systems: development trends»]. Moscow, 2016, pp. 97–99.
16. Zhukov A.I., Roshchin A.I., Pasynskii A.A. Lineinye sooruzheniya passazhirskogo transporta [Linear structures of passenger transport]. Moscow: MADI Publ., 2020. 96 p.

#### **Информация об авторах**

*Холодов Пётр Николаевич* – к. т. н., доцент, доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: petruha\_yy@mail.ru.

*Подвербный Вячеслав Анатольевич* – д. т. н., доцент, профессор кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: vpodverbnyi@mail.ru.

#### **Information about the authors**

*Petr Nikolaevich Kholodov* – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: petruha\_yy@mail.ru.

*Vyacheslav Anatol'evich Podverbnyi* – Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Professor of the Department of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: vpodverbnyi@mail.ru.