

Открытие железнодорожного переезда общего пользования на существующих путях в условиях городской застройки

П. Н. Холодов, В. А. Подвербный, Е. В. Филатов✉

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

✉ filatov_ev@irgups.ru

Резюме

При увеличении мощностей производства любого промышленного предприятия возникает необходимость развития примыкающих дорожных сетей. С учетом наличия технических и финансовых возможностей рационально выполнять реконструкцию существующих дорог, например, за счет расширения проезжей части, устройства дорожных развязок и прочих мероприятий. При отсутствии таких возможностей разрабатываются альтернативные мероприятия по улучшению транспортной доступности. Особенностью городской застройки является ограниченность свободных территорий для выполнения транспортных коридоров. Ко многим предприятиям, оказывающим услуги экспорта и импорта товаров, ведут железнодорожные пути. В некоторых местах железнодорожные пути препятствуют устройству подъездных автотранспортных путей частных предприятий. Открытие железнодорожного переезда стало бы хорошим решением, позволяющим сократить издержки предприятия на транспортные расходы. Железнодорожные переезды – это места повышенной опасности и на них периодически по различным причинам происходят аварии, поэтому устройство новых переездов возможно только при строгом соблюдении действующих регламентирующих документов с последующим соблюдением правил всеми участниками дорожного движения. В данной статье на основе анализа нормативной документации раскрываются два основных условия открытия железнодорожных переездов в обстановке городской застройки: техническая возможность и технико-экономическое обоснование. В технико-экономическом обосновании предлагается порядок движения, основанный на сокращении издержек на пробег автомашин, в том числе при движении по автодорогам с «плохим покрытием».

Ключевые слова

железная дорога, автомобильная дорога, железнодорожный переезд, дорожная развязка, транспортная доступность

Для цитирования

Холодов П.Н. Открытие железнодорожного переезда общего пользования на существующих путях в условиях городской застройки / П.Н. Холодов, В.А. Подвербный, Е.В. Филатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – Т. 66 № 2. – С. 77–83. – DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).77-83

Информация о статье

поступила в редакцию: 20.01.2020, поступила после рецензирования: 10.03.2020, принята к публикации: 25.03.2020

Opening a public railway crossing on existing tracks in the conditions of urban development

P. N. Kholodov, V. A. Podverbnyi, E. V. Filatov✉

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

✉ filatov_ev@irgups.ru

Abstract

While increasing the production capacity of any industrial enterprise, there is a need for the development of adjacent road networks. If there are technical and financial possibilities, it is rational to complete the reconstruction of existing roads, for example, by expanding the roadway, constructing road junctions and taking other measures. In the absence of such opportunities, alternative measures are being developed to improve transport accessibility. The peculiarity of urban development is the limited availability of free territories for performing transport corridors. Many businesses that provide services related to the export and import of goods are connected by rail. In some places, railway tracks are an obstacle to the construction of access roads for private enterprises. The construction of a railway crossing would be the best solution to reduce the company's transportation costs. Railway crossings are places of high danger where accidents occur periodically for various reasons. Therefore, the construction of new crossings is possible only in strict compliance with the current regulatory documents and in full compliance with the rules by all road users. In this article, the authors, based on the analysis of regulatory documents, reveal two main conditions for opening railway crossings in relation to urban development conditions. The conditions for opening railway crossings are technical capability and feasibility study. In the feasibility study, the authors propose an order based on reducing the cost of car mileage, as well as when driving on “poorly paved” roads.

Keywords

railway, road, railway crossing, road junction, transport accessibility

For citation

Kholodov P. N., Podverbniy 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, Vol. 66, No. 2, pp. 77–83. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).77-83

Article Info

Received: 20.01.2020, Revised: 10.03.2020, Accepted: 25.03.2020

Введение

В настоящее время города характеризуются густой и плотной застройкой с развитыми автодорожными и железнодорожными транспортными путями.

Развитие промышленных предприятий требует расширения транспортной логистики и пассажирских перевозок. При рассмотрении одного вида транспорта используются транспортные примыкания и развязки. Нередко при проектировании новых дорог возникают пересечения железных дорог с автомобильными. Такие пересечения могут устраиваться на одном или разных уровнях.

При пересечении железных и автомобильных дорог на разных уровнях пропуск транспорта будет происходить через путепроводы или другие совмещенные искусственные сооружения.

Однако часто случается так, что нет возможности построить пересечение на разных уровнях, тогда рассматривается вариант одноуровневого пересечения дорог.

Пересечения автомобильной дороги с железнодорожными путями на одном уровне называется железнодорожным переездом. Переезды оборудуются устройствами, обеспечивающими безопасные условия пропуска железнодорожных поездов и автотранспортных средств [1]. В статье речь идет о переездах общего пользования, как наиболее распространенных. Такие переезды располагаются на пересечениях железнодорожных путей с автомобильными дорогами общего пользования.

Тормозной путь железнодорожных грузовых составов может достигать несколько километров, поэтому железнодорожные переезды являются объектами повышенной опасности, которые требуют от участников движения и работников железных дорог строгого соблюдения действующих нормативных документов [2]. В некоторых работах [3–5] приведены причины чрезвычайных ситуаций, которые случаются на железнодорожных переездах. Основные причины – нарушение правил эксплуатации и несоблюдение правил дорожного движения водителями автотранспортных средств [6, 7].

Обеспечение безопасности дорожного движения является приоритетным требованием при устройстве железнодорожного переезда. Предложены перспективные направления повышения безопасности в местах устройства железнодорожных переездов [6].

Действующими нормативными документами определена процедура открытия пересечений же-

лезнодорожных путей с автомобильными дорогами в одном уровне [8].

Начать процедуру открытия железнодорожных переездов на железнодорожных путях могут различные заинтересованные организации. Для этого разрабатывается обращение об открытии переезда и направляется владельцу железнодорожных путей. К обращению прилагаются материалы, содержащие технико-экономическое обоснование необходимости открытия железнодорожного переезда со схемами организации дорожного движения транспортных средств.

Открытие переезда зависит от наличия двух основных условий:

- техническая возможность в соответствии с действующими нормами [1, 7–11];
- разработка технико-экономического обоснования.

Техническая возможность открытия переезда

Технические требования по устройству железнодорожных переездов приведены в нормативных документах [1, 9–13]. Ввиду разработки этих нормативных документов разными исполнителями с последующим утверждением в разных министерствах по тексту документов присутствуют различные формулировки и требования норм устройства переездов.

Требования к устройству переездов согласно Условиям эксплуатации железнодорожных переездов [1] зависят, в первую очередь, от категории переездов, которая определяется, помимо прочего, интенсивностью движения транспортных средств (суммарной в двух направлениях) автотранспорта в сутки, а согласно СП 34.13330.2012 [9] – от категории автомобильной дороги, которая определяется в соответствии с расчетной интенсивностью движения приведенных единиц транспорта в сутки. Указанные критерии и объекты категорий несут разную смысловую значимость и требуют одновременного соблюдения.

Разрешается открывать железнодорожные переезды при соблюдении определенных требований.

1. Совокупная интенсивность движения железнодорожного и автомобильного транспорта суммарно в двух направлениях соответственно:

- 1.1. До 16 поездов и до 3 000 единиц автотранспорта.
- 1.2. От 17 до 100 поездов и до 1 000 единиц автотранспорта.

Однако стоит отметить, что нормами допускается открытие переезда при интенсивности движения

железнодорожного и автомобильного транспорта суммарно в двух направлениях соответственно от 101 до 200 поездов и до 200 единиц автотранспорта [1], а в соответствии со строительными нормами и правилами не разрешается устройство пересечения на одном уровне при интенсивности движения более 100 поездов в сутки [9, 10].

2. Расчетная интенсивность движения по автомобильной дороге до 2 000 приведенных к легковому автомобилю единиц транспорта в сутки суммарно в обоих направлениях [9].

3. Реализация скоростей движения поездов до 120 км/ч [9, 10].

Нормами допускается открытие переезда на участках со скоростями движения поездов до 140 км/ч [1].

4. Количество главных путей не более двух [1, 9, 10].

5. Отсутствие необходимости (определяется владельцем инфраструктуры или владельцем железнодорожных путей необщего пользования) обслуживания переезда IV категории дежурным работником [1].

6. Отсутствие на пересечении трамвайного или троллейбусного движения [1, 9, 10].

7. Пересечение вне пределов выемок [1, 9, 10].

8. Пересечение вне пределов железнодорожных станций, развязок и обгонных пунктов и путей маневрового движения [9, 11].

9. Обеспечение условий видимости:

9.1. На нерегулируемых переездах водителям транспортных средств, находящихся на удалении не более 50 м от ближнего рельса, поезда, приближающегося к железнодорожному переезду (табл. 1) [1].

Таблица 1. Нормы обеспечения видимости поезда
Table 1. Standards of train visibility assurance

Скорость движения поезда, км/час	Расстояние видимости (не менее), м
141–200	600
121–140	500
81–120	400
41–80	250
26–40	150
25 и менее	100

Нормами данный пункт формулируется по-другому. Водители транспортных средств, находящихся от переезда на расстоянии не менее расстояния видимости для остановки (табл. 2) в зависимости от скорости, установленной для соответствующей категории дороги, должны видеть приближающийся к переезду поезд не менее чем за 400 м [9–11].

9.2. На переездах, оборудованных автоматической переездной сигнализацией (табл. 2) [9, 10].

9.3. Для машиниста приближающегося поезда середины переезда на расстоянии не менее 1 000 м пути [9, 10].

Нормами для железных дорог IV категории и подъездных путей указанное расстояние (1 000 м) допускается уменьшать с учетом максимальной скорости движения поезда на участке и расчетного тормозного пути [10].

Таблица 2. Наименьшее расстояние видимости для остановки

Table 2. The smallest visibility distance for a stop

Расчетная скорость автомобиля, км/ч	Наименьшее расстояние видимости (для остановки), м
150	300
120	250
100	200
80	150
60	85
50	75
40	55
30	45
20	25

10. Пересечение железнодорожных путей автомобильными дорогами должно осуществляться под прямым углом, допускается острый угол не менее 60° [1, 9, 10].

11. Отсутствие стыков рельсов в пределах настила переезда [10].

12. Пересечение с двухпутной железной дорогой в пределах переезда положение головок рельсов соседних путей должно быть на одном уровне. В кривых участках железных дорог положение головок рельсов смежных путей определяют с учетом возвышения наружного рельса [10–13].

13. Соблюдение норм по плану и профилю автомобильного подъезда к переезду [1, 11]:

13.1. На расстоянии не менее 10 м от переезда автодорога в продольном профиле должна иметь горизонтальную площадку либо уклон, обусловленный возвышением наружного рельса в кривом участке пути.

13.2. На расстоянии не менее 20 м перед площадкой, указанной в п. 13.1, продольный уклон подходов автодороги должен составлять не более 50 тысячных.

14. Оборудование переезда устройствами, предназначенными для обеспечения безопасности движения железнодорожного транспорта, транспортных средств и других участников движения [1, 9, 11].

Технико-экономическое обоснование открытия переезда

В настоящее время действует «Методика технико-экономического обоснования выбора типа пересечений автомобильных дорог с железными дорогами» [14]. Этот документ позволяет:

– выбрать и обосновать тип пересечения железной дороги с автомобильной при проектных работах;
 – оценить эффективность инвестиций переустройства переездов при пересечении на разных уровнях с определением срока этого переустройства.

При отсутствии общепринятой методики технико-экономического обоснования открытия железнодорожного переезда авторами статьи предлагается следующий порядок, основанный на сокращении издержек на пробег автомашин, в том числе при движении по автодорогам с «плохим покрытием». Формулировка «автодорога с плохим покрытием» может иметь различную трактовку в зависимости от рассматриваемого района и предпочтений заказчика.

В предлагаемой методике учитываются такие технические параметры, как протяженность участка дороги и время, затрачиваемое на проезд этого участка. Экономическое обоснование предлагается выполнять через сравнение по сроку окупаемости капитальных затрат на устройство переезда.

В рассматриваемой статье речь идет о промышленных предприятиях, поэтому критерий социальной значимости для населения не учитывается.

Срок окупаемости T_{ϕ} капитальных затрат $K_{пер}$ на устройство железнодорожного переезда за счет экономии в текущих расходах ΔC предлагается определять по формуле

$$T_{\phi} = \frac{K_{пер}}{\Delta C}$$

Нормативный срок окупаемости для общих условий составляет 8 лет, для объектов государственной важности – 12 лет [15]. Этот срок может быть обозначен заказчиком технико-экономического обоснования устройства железнодорожного переезда в техническом задании. За этот срок объекты должны окупиться, иначе устройство переезда будет нецелесообразным.

Капитальные затраты на устройство железнодорожного переезда определяются в зависимости от проработанности решений:

- наличие проектных решений в объеме рабочей документации – составление сметной документации по рассчитанным объемам сопутствующих работ [16];
- наличие укрупненных объемов работ – составление укрупненных стоимостей [17];
- ориентировочные расчеты – могут быть определены в соответствии с методикой технико-экономического обоснования выбора типа пересечений автомобильных дорог с железными дорогами [14].

Для открытия железнодорожного переезда требуется составление схем организации дорожного движения транспортных средств [8]. На этих схемах необходимо обозначить опорные точки примыкания

к существующим автодорогам с «хорошим покрытием» и определить возможные маршруты проезда с установлением расстояний до них от места расположения предприятия заказчика.

Для расчета текущих расходов необходимо знать состав и структуру транспортных средств, подлежащих учету для технико-экономического обоснования устройства переезда.

Требуемую степень детализации устанавливает заказчик в зависимости от наличия исходных данных и значимости тех или иных условий эксплуатации конструкций дорожных одежд с точки зрения их влияния на итоговый результат.

Текущие расходы складываются из общих затрат на пробег, работу и простой автомобиля. Затраты на пробег автомобиля определяют в расчете на 1 км пробега автомобиля как сумму расходов по следующим составляющим: топливо, смазочные и другие эксплуатационные материалы, шины, техническое обслуживание и ремонт подвижного состава [15]. Полученное значение умножается на протяженность участка дороги, в результате получают общие затраты на пробег автомобиля.

Затраты на работу и простой автомобиля определяют в расчете на 1 ч как сумма расходов по следующим составляющим: амортизация (в процентах от стоимости на год), заработная плата водителя и накладные расходы. Полученные значения умножаются на время, необходимое для преодоления участка дороги. В результате получают общие затраты на работу и простой автомобиля.

Расчет затрат

Затраты 1 км пробега автомобиля рассчитывают по формуле:

$$C_{авт-км} = \left(Z_{топ} + Z_{см} + Z_{ш} + Z_{мо} + \frac{A}{T \cdot V} + \frac{ЗП}{V} \right) \times \left(1 + \frac{НР}{100} \right) \cdot K_{рег},$$

где $Z_{топ}$ – затраты на топливо, руб.; $Z_{см}$ – затраты на смазочные материалы, руб.; $Z_{ш}$ – затраты на восстановление износа шин, руб.; A – амортизационные отчисления, руб.; $Z_{мо}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание автомобиля; $ЗП$ – заработная плата водителя, руб.; $НР$ – величина накладных расходов, определяется в процентах от прямых затрат; T – среднегодовое время использования автомобиля, ч; $K_{рег}$ – региональный поправочный коэффициент [15].

Затраты на топливо определяют по формуле:

$$Z_{топ} = Q_n \cdot C_{топ},$$

где $C_{мон}$ – стоимость 1 л горючего, руб.; Q_n – нормативный расход топлива (л/км или м³/км), который определяется в зависимости от типа автомобиля.

Для легковых автомобилей и автобусов

$$Q_n = 0,01 \cdot H_s \cdot k,$$

где H_s – норма расхода топлива на пробег или простой автомобиля (л/100 км или м³/100 км); k – поправочный коэффициент, учитывающий надбавку к расходу топлива в зимний период времени

$$k = \frac{k_{зим} \cdot \left(1 + \frac{N}{100}\right) + (2 - k_{зим})}{12},$$

где $k_{зим}$ – количество зимних месяцев в году; N – размер установленной надбавки, %.

2. Для бортовых грузовых автомобилей, тягачей самосвалов и фургонов

$$Q_n = 0,01 \cdot (H_s + H_{мон} \cdot G \cdot k_1 \cdot k_2) \cdot k,$$

где H_s – базовая норма расхода топлива на пробег или простой автомобиля (л/100 км или м³/100 км); $H_{мон}$ – норма расхода топлива на транспортную работу (л/100 км или м³/100 км); G – грузоподъемность транспортного средства, т; k_1 – коэффициент использования грузоподъемности; k_2 – коэффициент использования пробега автомобиля (с грузом).

Затраты на смазочные материалы

$$Z_{см} = 0,01 \cdot Q_n \cdot (Q_m \cdot C_m + Q_m \cdot C_m + Q_c \cdot C_c + Q_n \cdot C_n),$$

где Q_m – норма расхода моторного масла на 100 л общего расхода топлива, л; C_m – стоимость 1 л моторного масла, руб.; Q_m – норма расхода трансмиссионного масла на 100 л общего расхода топлива, л; C_m – стоимость 1 л трансмиссионного масла, руб.; Q_c – норма расхода специального масла на 100 л общего расхода топлива, л; C_c – стоимость 1 л специального масла, руб.; Q_n – норма расхода пластичных смазок на 100 л общего расхода топлива, кг; C_n – стоимость 1 кг пластичных смазок, руб.

Затраты на восстановление износа шин

$$Z_{ш} = 0,001 \cdot H_{ш} \cdot C_{ш} \cdot K,$$

где $H_{ш}$ – норма на восстановление износа и ремонт шин на 1000 км пробега, доли единиц; $C_{ш}$ – стоимость 1 комплекта покрышки, камеры, ободной ленты, руб.; K – количество ходовых шин на автомобиле, шт.

Амортизационные отчисления

$$A = 1000 \cdot \frac{(H_{AA} \cdot C_A + H_{АП} \cdot C_{П})}{100},$$

где H_{AA} – норма амортизационных отчислений на полное восстановление автомобиля, %; C_A – стоимость автомобиля (тягача), тыс. руб.; $H_{АП}$ – норма амортизационных отчислений на полное восстановление прицепа, %; $C_{П}$ – стоимость прицепа, тыс. руб.

Затраты на техническое обслуживание автомобиля

$$Z_{ТО} = 0,001 \cdot p \cdot \frac{(\gamma_A \cdot C_A + \gamma_{П} \cdot C_{П})}{100},$$

где γ_A и $\gamma_{П}$ – норма затрат на проведение технического обслуживания соответственно автомобиля и прицепа, установленная на 1 000 км пробега, %; p – коэффициент к норме затрат, учитывающий дорожные условия для дорог: I категории – 0,84, II категории – 0,92, III категории – 1,0, IV категории – 1,17, V категории – 1,25; C_A – стоимость автомобиля (тягача), тыс. руб.; $C_{П}$ – стоимость прицепа, тыс. руб.

Заработная плата водителя

$$ЗП = T_{ч} \cdot K_{тар},$$

где $T_{ч}$ – часовая тарифная ставка водителя, руб.; $K_{тар}$ – коэффициент к тарифной ставке водителя.

Затраты 1 часа работы автомобиля рассчитывают по формуле:

$$C_{авт-ч} = \left[(Z_{мон} + Z_{см} + Z_{ш} + Z_{мо}) \cdot V + \frac{A}{T} + ЗП \right] \times \left(1 + \frac{HP}{100} \right) \cdot K_{рег}.$$

Затраты 1 часа простоя автомобиля с включенным двигателем рассчитывают по формуле:

$$C_{авт-ч(простоя)} = \left(Z_{мон} + Z_{см} + Z_{мо} + \frac{A}{T} + ЗП \right) \times \left(1 + \frac{HP}{100} \right) \cdot K_{рег}.$$

Заключение

В данной статье раскрываются два условия, необходимые для открытия железнодорожного переезда общего пользования на существующих путях в обстановке городской застройки. Используя разработанную авторами методику технико-экономического обоснования с соблюдением технических требований, можно обеспечить выполнение условий по открытию переездов.

В технико-экономическом обосновании устройства железнодорожных переездов содержится большое количество формул и зависимостей от разных переменных, поэтому авторами ведутся работы по автоматизации указанной методики.

Список литературы

1. Условия эксплуатации железнодорожных переездов : утв. приказом Минтранса России № 237 от 31.07.2015. 45 с.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России № 286 от 21.12.2010.
3. Белоногов А.С., Тарасова А.Е. Анализ безопасности на железнодорожных переездах // Наука и образование транспорту. 2015. № 1. С. 115–118.
4. Демьянов В.В., Имарова О.Б., Skorobogatov M.E. Состояние проблемы и методы обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах // Вестник ИрГТУ. 2018. Т. 22, № 4. С. 215–230.
5. Соболев С.А. О безопасности движения на железнодорожных переездах // Вестн. Ростов. гос. ун-та путей сообщ. 2005. № 2. С. 100–105.
6. Колисниченко Е.А. Безопасность на железнодорожных переездах // Транспортная инфраструктура Сибирского региона : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск, 2019. Т.1. С. 419–424.
7. Системы безопасности на железнодорожных переездах : учеб.-метод. пособ. / В.М. Пономарев, В.И. Жуков, А.В. Волков и др. М. : РУТ (МИИТ), 2017. 133 с.
8. О порядке открытия и закрытия пересечений железнодорожных путей автомобильными дорогами (железнодорожных переездов) : утв. приказом Минтранса России № 46 от 26.03.2009.
9. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* : утв. приказом Министерства регионал. развития Рос. Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. № 266. Введ. 2013-07-01.
10. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95: СП 119.13330.2017 : утв. приказом Минстроя России № 1648/пр от 12.12.2017. Введ. 2018-06-13. 41 с.
11. Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями: СП 227.1326000.2014. : утв. приказом Минтранса России № 333 от 02.12.2014. Введ. 2014-12-01.
12. Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования: СП 237.1326000.2015. : утв. приказом Минтранса Рос. Федерации от 06.07.2015. № 208. Введ. 2015-07-01. 58 с.
13. Железнодорожный путь: СП 238.1326000.2015. : утв. приказом Минтранса России от 06.07.2015 № 209. Введ. 2015-07-06.
14. Методика технико-экономического обоснования выбора типа пересечений автомобильных дорог с железными дорогами / Гос. всесоюз. дор. НИИ ; Разраб. Ю.С. Крылов и др. М. : Союздорнии, 1989. 46 с.
15. Методические рекомендации по технико-экономическому сравнению вариантов дорожных одежд ОДМ 218.2.028-2012 : утв. распоряжением Федерал. дорожного агентства Министерства транспорта Рос. Федерации № 791-р от 06.06. 2013. 53 с.
16. Отраслевые единичные расценки на строительные и специальные строительные работы : ОЕРЖ 81-02-28-2001 Ч. 28. Железные дороги. Кн. 2. М., 2011. 220 с.
17. Укрупненные нормативы цены строительства. Сборник № 08. Автомобильные дороги: НЦС 81-02-08-2017 : утв. приказом Минстроя России № 948/пр от 03.07.2017.

References

1. Usloviya ekspluatatsii zheleznodorozhnykh pereezdov. Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 237 ot 31.07.2015 [The operating conditions of railway crossings. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 237 dated 31.07.2015], 45 p.
2. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii. Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 286 ot 21.12.2010 [Rules of technical operation of railways of the Russian Federation. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 286 odated 21.12.2010].
3. Belonogov A.S., Tarasova A.E. Analiz bezopasnosti na zheleznodorozhnykh pereezdakh [Analysis of safety at railway crossings]. Nauka i obrazovanie for transport [Science and education for transport], 2015, No. 1, pp. 115–118.
4. Dem'yanov V.V., Imarova O.B., Skorobogatov M.E. Sostoianie problemy i metody obespecheniya bezopasnosti dvizheniya na zheleznodorozhnykh pereezdakh [State problems and methods of ensuring traffic safety at railway crossings], Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2018, Vol. 22, No. 4, pp. 215–230.
5. Sobolev S.A. O bezopasnosti dvizheniya na zheleznodorozhnykh pereezdakh [About traffic safety at railway crossings] Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya [Bulletin of Rostov State Transport University], 2005, No. 2, pp. 100–105.
6. Kolisnichenko E.A. Bezopasnost' na zheleznodorozhnykh pereezdakh [Safety at railway crossings]. Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: materialy Desyatoi Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 21–24 maya 2019 g. Irkutsk : v 2 t. [Transport infrastructure of the Siberian region: materials of the Tenth international scient. – pract. conf., May 21–24, 2019 Irkutsk : in 2 vols.]. Irkutsk: IrGUPS Publ., 2019. Vol. 1, pp. 419–424.
7. Ponomarev V.M., Zhukov V.I., Volkov A.V., Kochetov A.S., Grishina L.V. Sistemy bezopasnosti na zheleznodorozhnykh pereezdakh: Uchebno-metodicheskoe posobie [Safety systems at railway crossings: a study guide]. Moscow: RUT (MIIT) Publ., 2017, 133 p.
8. O poryadke otkrytiya i zakrytiya peresechenii zheleznodorozhnykh putei avtomobil'nymi dorogami (zheleznodorozhnykh pereezdov). Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 46 ot 26.03.2009 [About the order of opening and closing of cross-sections of railway tracks by highways (railway crossings). Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 46 dated 26.03.2009].
9. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.05.02-85*: SP 34.13330.2012. Vved. 01.07.2013. Utv. prikazom Ministerstva regional'nogo razvitiya R.F, No. 266 ot 30.06.2012 [Motor road. Updated version of SNiP 2.05.02-85*: SP

34.13330.2012. Introd. 01.07.2013. Approved by the Order of the Ministry of regional development of the Russian Federation, No. 266 dated 30.06.2012].

10. Zheleznye dorogi kolei 1520 mm. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 32-01-95: SP 119.13330.2017. Utv. Prikazom Minstroya Rossii No. 1648/pr ot 12.12.2017 [Railways of a 1520-mm gauge. Updated version of SNiP 32-01-95: SP 119.13330.2017. Approved by the Order of the Ministry of Construction of Russia No. 1648/pr dated 12.12.2017], 41 p.

11. Peresecheniya zheleznodorozhnykh liniy s liniyami transporta i inzhenernymi setyami: SP 227.1326000.2014. Vved. 12.01.2014. Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 333 ot 02.12.2014 [Intersections of railway lines with transport lines and engineering networks: SP 227.1326000.2014. Introd. 12.01.2014. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 333 dated 02.12.2014].

12. Infrastruktura zheleznodorozhnogo transporta. Obshhie trebovaniya: SP 237.1326000. 2015. Vved. 01.07.2015. Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 208 ot 06.07.2015 [Rail transport infrastructure. General requirements: SP 237.1326000.2015. Introd. 01.07.2015. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 208 dated 06.07.2015], 58 p.

13. Zheleznodorozhnyi put': SP 238.1326000.2015. Vved. 06.07.2015. Utv. Prikazom Mintransa Rossii No. 209 ot 06.07.2015 [Railway track: SP 238.1326000.2015. Introd. 06.07.2015. Approved by the Order of the Ministry of Transport of Russia No. 209 dated 06.07.2015].

14. Krylov Y.S. Metodika tekhniko-ekonomicheskogo obosnovaniya vybora tipa peresechenii avtomobil'nykh dorog s zheleznyimi dorogami [Methodology of technical and economic justification of the choice of the type of cross-sections of highways with Railways]. Moscow: Soyuzdornii Publ., 1989, 46 p.

15. Metodicheskie rekomendatsii po tekhniko-ekonomicheskomu sravneniyu variantov dorozhnykh odezhd: ODM 218.2.028-2012. Prinyat i vveden v deistvie Rasporyazheniem Federal'nogo dorozhnogo agentstva Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii No. 791-r ot 06.06. 2013 [Guidelines for technical and economic comparison of roadway paving options: ODM 218.2.028-2012. Adopted and put into effect by the Order of the Federal Road Agency of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 791-r dated 06.06. 2013], 53 p.

16. Otrasleyve edinichnye rastsenki na stroitel'nye i spetsial'nye stroitel'nye raboty: OERZh 81-02-28-2001 Chast' 28. Zheleznye dorogi. Kniga 2 [Industry unit prices for construction and special construction works: OER 81-02-28-2001 Part 28. Railways. Book 2]. Moscow, 2011, 220 p.

17. Ukpupennyye normativy tseny stroitel'stva. Sbornik No. 08. Avtomobil'nye dorogi: NDS 81-02-08-2017. Utv. Prikazom Minstroya Rossii No. 948/pr ot 03.07.2017 [Enlarged construction price standards. Collection No. 08. Roads: VAT 81-02-08-2017. Approved by the Order of the Ministry of Construction of Russia No. 948/pr dated 03.07.2017].

Информация об авторах

Холодов Петр Николаевич - к. т. н., доцент кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: petruha_yu@mail.ru

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

Филатов Евгений Валерьевич - к. т. н., декан факультета строительства железных дорог, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: filatov_ev@irgups.ru

Information about the authors

Pyotr N. Kholodov – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. of the Subdepartment of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: petruha_yu@mail.ru

Vyacheslav A. Podverbnyi – Doctor in Engineering Science, Professor of the Subdepartment of Construction of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: vpodverbnyi@mail.ru

Evgenii V. Filatov – Ph.D. in Engineering Science, Dean of the Department of Railway Construction, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: filatov_ev@irgups.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2020.2(66).83-92

УДК 621.331:625.1

Экономическая целесообразность системы многоканального мониторинга силовых маслонаполненных трансформаторов тяговых подстанций

Е. Ю. Пузина^{1,2}, А. Г. Туйгунова³, И. А. Худонов¹ ✉

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

³ Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Красноярск, Российская Федерация

✉ hudonogovi@mail.ru

Резюме

Система мониторинга служит для непрерывного контроля всех ключевых параметров трансформатора, диагностики его состояния, формирования заключений о состоянии и прогнозов его работы. Система мониторинга должна быть удобной в использовании, работать как автоматическое и интерактивное средство, обеспечивающее выявление