

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 625.162:656.2.08(474.5)

Г. А. БУРЕЙКА^{1*}, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС²

Факультет залізничного транспорту, Вільнюський Технічний Університет Гедимінаса, ул. Ж. Басанавічюса 28, LT-03224, Вільнюс, Литва

^{1*}тел. +37 (052)74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt

²тел. +37 (052)74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt

ОЦЕНКА АВАРИЙНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ ЛИТВЫ

Цель. Наиболее наболевшая проблема, с которой сталкиваются специалисты безопасности железнодорожного транспорта, это происшествя на железнодорожных переездах. Цель – исследовать обстоятельства, которые влияют на безопасность движения на переездах, и предложить специалистам по повышению безопасности эффективные инструменты решения проблем на этих опасных местах инфраструктуры железных дорог. **Методика.** В статье представлен метод логической регрессии для оценки аварийности на железнодорожных переездах Литвы. Авторами были исследованы и оценены основные факторы, влияющие на безопасность железнодорожных переездов. Это – интенсивность движения поездов и автомобилей через железнодорожный переезд, видимость приближающегося поезда с обеих сторон переезда, максимальная допустимая скорость движения поездов, число железнодорожных путей (однопутный, двухпутный, многопутный), уровень оборудования сигнализации и автоматики переезда, населённость местности, наличие ограждений и т. д. Были выделены те факторы, которые возможно описать математическими выражениями (числами). **Результаты.** Методом логической регрессии, установлено, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах – это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1000 м), интенсивность движения дорожного транспорта на переездах и неправильное оборудование автомобильных дорог, пересекающих рельсы. На основе результатов исследования, формулируются выводы и рекомендации специалистам безопасности железнодорожного движения о том, какие первостепенные меры по предотвращению несчастных случаев и на каких железнодорожных переездах необходимо принять незамедлительно. **Научная новизна.** Раскрыты тенденции и основные причины происшествий на железнодорожных перекрёстках Литвы за 2004-2011 год. Обоснована необходимость внедрения прогрессивных технических мер для предотвращения инцидентов на железнодорожных перекрёстках. **Практическая значимость.** Около 50% железнодорожных переездов Литвы не соответствуют законодательству по требованиям видимости переездов. Именно этот параметр железнодорожных переездов является одним из решающих факторов риска безопасности движения. В целях устранения влияния на аварийность из-за плохой видимости переезда, предлагается использовать «лежачих» полицейских. Вопрос о ликвидации переездов одного уровня позволит предотвратить инциденты и оптимизировать риски в условиях увеличения объёма перевозок по автомобильным и железным дорогам, роста скорости движения поездов и осуществления важных крупномасштабных автомобильных и железнодорожных проектов.

Ключевые слова: аварийность; факторы риска; железнодорожный переезд; метод логической регрессии; безопасность движения

Введение

Одна из самых острых проблем, с которой

чаще всего сталкиваются специалисты безопасности железнодорожного движения Литвы, это столкновения поездов с автомобилями и гибель

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

людей на железнодорожных переездах. Плотность расположения переездов по длине железной дороги в Литве составляет 4,2 км. Сравнения количества частоты километров железнодорожных переездов с другими 24 странами Европейского Союза и Норвегии, показали, что Литва с частотой расположения железнодорожных переездов 4,17 километров находится на шестом месте (рис. 1). Самая высокая плотность железнодорожных переездов в Норвегии – 1,02, самый низкий в Латвии – 7,38 км [2].

Более 60 % столкновений поездов с сухопутными транспортными средствами, около 20 % наездов на пешеходы со смертельным исходом и около 35 % тяжело раненных составляют происшествия именно в этих проблемных местах железной дороги Литвы [1, 5]. Эти показатели оказывают существенное влияние на общий уровень безопасности железнодорожного движения страны, которые являются одними из худших среди стран Европейского Союза (далее – ЕС). По данным Европейского железнодорожного агентства (далее – ERADIS) в 2008 году по относительному критерию транспортных происшествий на километр пробега поезд, Литва была на 5-ом месте среди 24 стран Европейского Союза и Норвегии [2]. Худшая ситуация в Румынии, лучшая всего – в Норвегии. По этим сравнительным критериям, Литва находится на 8-ом месте (по показателю серьезных травм) и на 3-ем месте (по показателю погибших от травм) между 24 странами Европейского Союза и Норвегии.

В Австралии с 2003 по 2011 год производят наблюдения, исследования и глубокий анализ железнодорожных переездов. Ученые для государственных институций создали модель ALCAM планирования мер и по управлению безопасности движения на этих проблемных местах [13].

В разных странах различные исследования показали, что аварии на железнодорожных переездах главным образом происходят под влиянием человеческого фактора [3, 4, 6-8, 10]. Исследования ученых в США показали, что только 60 % водителей транспортных средств остановились перед дорожным знаком «СТОП» у железнодорожного переезда, а 40 % игнорируют дорожные знаки «СТОП» и пересекают железнодорожные переезды без остановки. Две трети водителей знают, что они должны остановиться около знак «СТОП», но этого не де-

лают. Другое исследование в США показало, что из 60 аварий произошедших на железнодорожных переездах 12 произошло из-за невнимательности водителя (20 %). Кроме того, обнаружили, что 80 % аварий на железнодорожных переездах с гибелью людей произошли, когда водитель погиб и не знал, что делать для того, чтобы избежать столкновения с поездом. В Австралии исследованы 85 аварий с гибелью людей и было обнаружено, что 86 % водителей знали, как правильно пересекать железнодорожные переезды. До 33 % водителей автотранспортных средств в Германии считают, что они не должны останавливаться на железнодорожном переезде, когда красный свет мигает на железнодорожном переезде [7, 8]. Кроме того, в Германии было установлено, что одна треть водителей недовольны долгим временем ожидания на закрытых железнодорожных переездах [12]. Опрошенные водители сказали, что время опускания шлагбаума (закрывания железнодорожного переезда) или мигание красного света (сигнала) должно быть не более 2 минут [9]. Учеными установлено, что долгое ожидание на железнодорожных переездах подталкивает водителей нарушать Правила дорожного движения при пересечении железнодорожных переездов, когда шлагбаум опускается или красный световой сигнал мигает на переезде.

На рис. 1 рассматривается соотношения между уровнями аварийности железно-дорожного транспорта и плотностью железнодорожных переездов в странах ЕС и в Норвегии [2]. По данным рис. 1, видно, что на железных дорогах Стран Балтии – Литвы, Латвии и Эстонии – достаточно редко расположены железнодорожные переезды (плотность от 4,17 до 7,38 км), но общая уровень аварийности железных дорог велика (гораздо выше среднего по ЕС).

На рис. 2 рассматривается соотношения между аварийностью на железнодорожных переездах и плотностью железнодорожных переездов в странах ЕС и в Норвегии [2]. По данным рис. 2, видно, что на железных дорогах Стран Балтии, Болгарии и Румынии достаточно редко расположены железнодорожные переезды (плотность от 3,52 до 7,38 км), но уровень аварийности на железнодорожных переездах очень высокая (например, в Румынии самая высокая аварийности по ЕС, в Литве – третье место).

Анализ диаграмм (рис. 1-2) показывает, что плотность расположения железно-дорожных

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

переездов не является решающим фактором уровня аварийности на железнодорожных переездах и в целом железнодорожного транспорта страны.

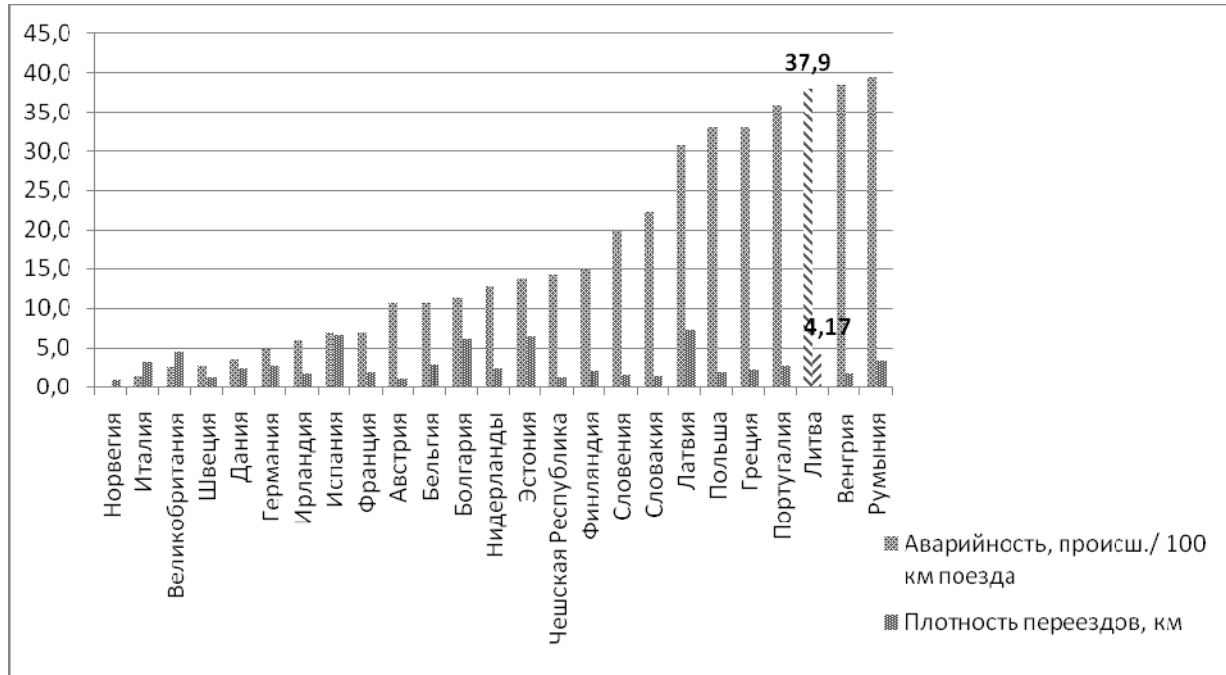


Рис. 1. Аварийность железнодорожного транспорта и плотность железнодорожных переездов в странах Европейского Союза и в Норвегии 2008 году

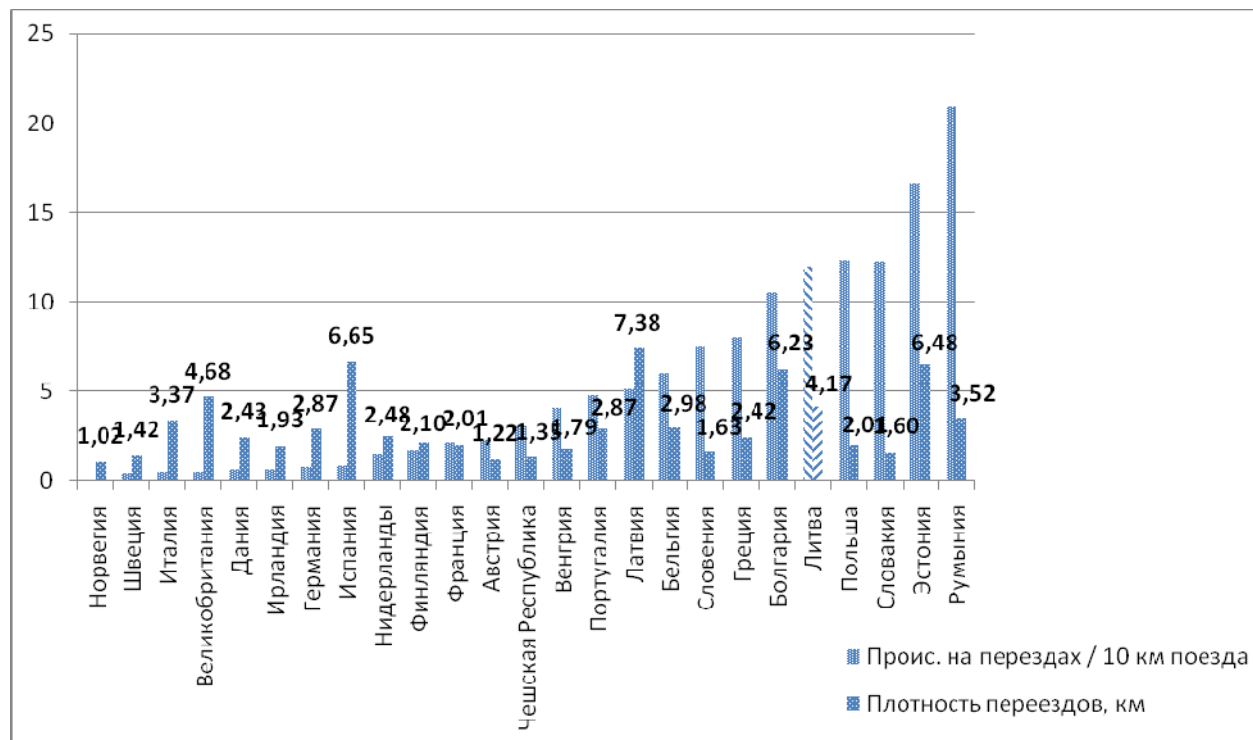


Рис. 2. Аварийность на железнодорожных переездах и плотность железнодорожных переездов в странах Европейского Союза и в Норвегии 2008 году

На рис. 3 показаны данные (числа) об происшествиях на железнодорожных переездах

Литвы в 2004–2011 годах [1].

Как видно из рис. 3, число происшествий на

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

железнодорожных переездах за последние 4 года установилось около 14, число погибших – около 6 и число раненых – около 3.

На рис. 4 показана динамика происшествий на автомобильных дорог Литвы в 2004-2011 годах [11, 12].

Как видно из рис. 4, уровень аварийности автомобильного транспорта Литвы за послед-

ние 5 лет сократилась более чем в 2 раза [11, 14]. Но как видно по в выше упомянутом тексте представленным диаграммам (рис. 1-2), это ни как не повлияло на уровень аварийности на железнодорожных переездах и в целом на аварийность железнодорожном транспорте страны.

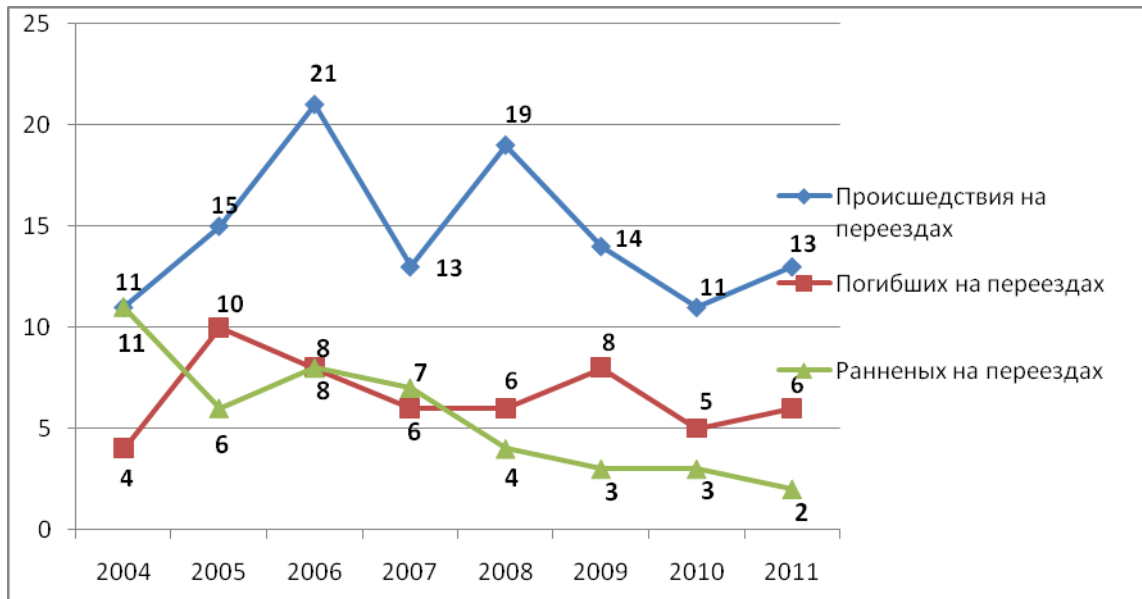


Рис. 3. Динамика происшествий на железнодорожных переездах Литовских железных дорог в 2004-2011 годах

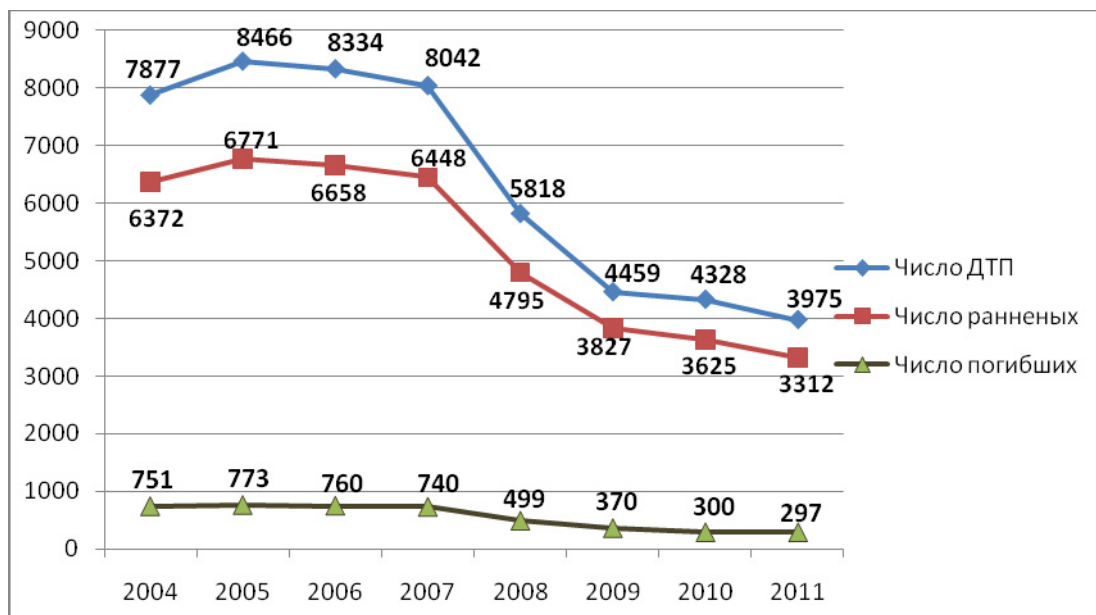


Рис. 4. Динамика происшествий на автомобильных дорогах Литвы в 2004-2011 годах

2. Исследование железнодорожных переездов Литвы

В настоящее время АО «Литовские железные дороги» (далее – LG) владеет 523 железнодорожными переездами, в том числе 93 переездами на подъездных путях. Установлено, что 384 железнодорожных переездов регулируются и 139 переездов не регулируются. Также определено, что 48 переездов являются охраняемыми и 475 не охраняемыми. Из 48 охраняемых переездов 19 охраняют дежурные переездов и 29 переездов контролируются диспетчерами движения поездов.

Установлено, что 75 % LG железнодорожных переездов оборудованы сигнализацией. Например, все (100 %) железнодорожные переезды в Норвегии автоматизированы, а в Ирландии – только 20 % железнодорожных переездов

имеют сигнализацию.

С 2004 по 2011 год на железнодорожных переездах Литвы произошли 103 несчастных случаев (21 % всех железнодорожных происшествий). В этих авариях погибло 52 человека (19 % всех смертей), и тяжело ранено – 46 человек (36 % всех травм) в результате несчастных случаев на железной дороге [1].

Авторы статьи провели исследование (наблюдение) за 43 железнодорожными переездами Литвы и полученные результаты предъявили в таблице 1.

Как видно по данным табл. 2, самая острая проблема – это недостаточная видимость железнодорожных переездов (30 %), ограниченная видимость дорожных знаков (15 %) и повреждены или несохранившиеся дорожные знаки (13 %).

Таблица 1

Недостатки (проблемы) железнодорожных переездов Литвы, обнаруженные во время исследования 43 переездов

Описание	Число установленных недостатков
1. Неполная комплектация (набор) предупредительных дорожных знаков «Приближение к железнодорожному переезду»	18
2. Ограниченная видимость дорожных знаков, менее чем 100 м	21
3. Ограниченная видимость (видимость поезда водителям и видимость переезда машинистам), менее чем 1000 м	41
4. Дефекты покрытия автомобильной дороги перед переездом	14
5. Повреждены или несохранившиеся дорожные знаки	19
6. Предупредительные дорожные знаки установлены на не правильном расстоянии или не по требованиям Правила дорожного движения	13
7. Установлены неправильные дорожные знаки	16
Всего:	142

Таблица 2

Классификация железнодорожных переездов в Литве по интенсивности движения транспортных средств

Интенсивность движения поездов в обе стороны, число поездов/сутки	Интенсивность движения автотранспорта в обе стороны, число транс. сред./сутки				
	до 250	251-700	701-3000	3001-7000	7000 и более
16 (включая все поезда на станции и на подъездных путях)	IV	IV	IV	III	II
17-50	IV	IV	III	II	I
51-100	IV	III	II	I	I
Более чем 100	III	II	II	I	I

Как показывают исследования зарубежных ученых, хороший эффект по снижению аварийности на железнодорожных переездах дают «лежащие полицейские» (бамперы скорости) перед переездами [11, 14].

3. Метод логической регрессии для оценки риска безопасности движения на железнодорожных переездах

Авторами статьи были исследованы факторы, влияющие на безопасность железнодорожных переездов: интенсивность движения поездов и автомобилей через железнодорожный переезд, видимость приближающегося поезда с обеих сторон переезда, максимальная допустимая скорость движения поездов, число железнодорожных путей (однопутный, двухпутный, трёхпутный и т. д.), уровень оборудования сигнализации и автоматики переезда, населённость местности, наличие ограждений и т. д. Определены те факторы, которые возможно описать математическими выражениями (числами).

На основе статистических данных с 2006 по 2011 год, методом логической регрессии, опираясь на ранее выявленные решающие факторы безопасности при пересечении железнодорожных путей, определяются наиболее проблематические железнодорожные переезды, на которых с небольшой вероятностью могут произойти железнодорожные происшествия.

Логическая регрессия выражается следующей формулой:

$$\log\left(\frac{P}{1-P}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \dots; \quad (1)$$

где α_i – коэффициент регрессии; x_i – численное значение фактора, влияющего на безопасность движения на железнодорожных переездах.

Например, если видимость железнодорожного переезда 600 м, то значение этого фактора видимости будет равна $600/1000=0,6$.

Одним из решающих факторов также является категория железнодорожного переезда. Классификация железнодорожных переездов в Литве по потокам автомобильного и железнодорожного транспорта представлена в табл. 2.

Высчитав по формуле (1) методом логической регрессии, оказалось, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1000 м), ин-

тенсивность движения транспорта на переездах (категория переездов по табл. 2) и неправильное оборудование автомобильных дорог, пересекающих рельсы.

На основе результатов исследования формулируются выводы и рекомендации специалистам безопасности железнодорожного движения, какие первоочередные меры по предотвращению несчастных случаев и на каких железнодорожных переездах необходимо принять незамедлительно.

Выводы и рекомендации

1. Показатели Литовских железных дорог, связанные с безопасностью движения на железнодорожных переездах, являются одними из худших среди стран ЕС и Норвегии. Этот относительный показатель Литвы в два раза выше, чем средний стран ЕС и Норвегии.
2. С 2004 по 2011 год на железнодорожных переездах Литвы несчастных случаев произошло 103 (это 21 % всех несчастных случаев на железной дороге).
3. Многочисленные исследования, проведённые в разных странах, показывают, что уровень безопасности движения на железнодорожных переездах является неудовлетворительным. Существуют две основные меры для улучшения положения: устранение переездов одного уровня и применение более строгих мер по обеспечению безопасности дорожного движения на действующих железнодорожных переездах.
4. Вопрос о ликвидации переездов одного уровня становится все более и более актуальным в связи с ростом объёма перевозок по автомобильным и железным дорогам, рост скорости движения поездов и для осуществления важных крупномасштабных автомобильных и железнодорожных проектов. Вопрос об установке переездов разных уровней становятся неизбежными.
5. Несоблюдение Правил дорожного движения является основной причиной железнодорожной аварии во всех странах мира (не исключение и в Литве). Необходимо сосредоточить все усилия на меры, которые будут стимулировать водителей строго соблюдать Правила дорожного движения, особенно на местах железнодорожных переездов.

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

6. Результаты исследования логической регрессии показывают, что самые острые проблемы на железнодорожных переездах это максимальная допустимая скорость поездов, плохая видимость переезда (менее 1 000 м), интенсивность движения транспорта на переездах (категория переездов) и неправильное оборудование автомобильных дорог у переездов.
7. Около 50 % железнодорожных переездов Литвы не соответствуют законодательству требования видимости переездов. Именно этот параметр железнодорожных переездов является одним из решающих факторов риска безопасности движения.
8. В целях устранения влияния на аварийность из-за плохой видимости переезда, предлагается использовать «лежачих» полицейских. Опыт других стран показал, что скорость транспортных средств перед железнодорожным переездом резко снижается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Analysis of traffic safety in level crossings managed „Lithuanian Railways“. – Vilnius : Plc. State Railway Inspectorate under the Ministry of Transport and Communications, 2010, 13 p.
2. ERADIS-European Railway Agency Database of Interoperability and Safety [Electronic resource] Available at: http://pdb.era.europa.eu/safety_docs/csi/default.aspx. – Title from the screen.
3. Evans, E. Fatal accidents at railway level crossings in Great Britain 1946-2009 / E. Evans // Accident Analysis and Prevention. – 2011. – Vol. 43. – № 5. – P. 1837–1845.
4. Fakhfakh, N. Video-Based Object Detection System for Improving Safety at Level Crossings / N. Fakhfakh, L. Khoudour, E. M. El-Koursi, J. Jacot, A. A. Dufaux // The Open Transportation Journal, 2011. – Vol. 5. – P. 45–59.
5. Gailiene, I. The main problems concerning safety, maintenance and reconstruction of level crossings in Lithuanian railway lines / I. Gailiene, M. Gedaminskas, I. Podagelis. // “Environmental Engineering”. Selected paper (19–20 May 2011) : proc. of the 8th Int. Conf. – Vilnius : Vilnius Gediminas Technical University. – 2011, P. 1077–1081.
6. Koppel, O. Traffic Safety Management at Single-Level Road / O. Koppel // Railway Crossings: Estonian Experience : the 27th International Baltic Road Conference. Available at: http://www.mnt.ee/bra/conference27/html/index_c2.htm. – Title from the screen.
7. Rakotonairy, A. Use of ITS improve level crossings safety / A. Rakotonairy, D. Soole, G. Larue // The 11th Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 38–51.
8. Savage, I. Does public education improve rail-highway crossing safety? / I. Savage // Accident Analysis and Prevention. – 2006. – Vol. 38. – № 2. – P. 310–316.
9. Seise, A. The effect of speed bumps on driving speeds at road-railway level crossings / A. Seise, V-P. Kallberg, A. Silla. The 11th Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 8–17.
10. Silla, A. The development of railway safety in Finland / A. Silla, V-P Kallberg // Accident Analysis and Prevention. – 2012. – Vol 45. – P. 737–744.
11. Statistics of valid traffic accidents in Lithuania, 2006-2011. Vilnius : Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications, 2012. – 26 p.
12. Tey, L.S. Measuring driver responses at railway level crossings / L. S Tey, L. Ferreira, A. Wallace // Accident Analysis and Prevention. – 2011. – Vol. 43, P. 2134–2141.
13. Spicer, Terry. Using Legislation as a Means of Improving Shared Responsibility at Railway Level Crossings / Terry Spicer // The Status of Level Crossing Safety Management Countermeasures : 11th World Level Crossing Symposium. – Tokyo, 2010. – P. 1–13.
14. The statistics of recorded traffic accidents in Lithuania, 2007-2010. Vilnius : Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transportation, 2011. – 12 p.

Г. А. БУРЕЙКА^{1*}, Л. Г. ЛЮДВИНАВИЧЮС²

Факультет залізничного транспорту, Вільнюський Технічний Університет Гедімінаса, вул. Ж. Басанавічюса 28, LT-03224, Вільнюс, Литва

^{1*}тел. +37 (052) 74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt

²тел. +37 (052) 74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavicius@vgtu.lt

ОЦІНКА АВАРІЙНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДАХ ЛИТВИ

Мета. Найбільш наболіла проблема, з якою стикаються фахівці безпеки залізничного транспорту, це події на залізничних переїздах. Мета – дослідити обставини, які впливають на безпеку руху на переїздах, і фахівцям з підвищення безпеки запропонувати ефективні інструменти вирішення проблем на цих небезпечних місцях інфраструктури залізних дорожніх. **Методика.** У статті представлений метод логічної регресії для оцінки аварійності на залізничних переїздах Литви. Авторами були досліджені і оцінені основні фактори, що впливають на безпеку залізничних переїздів. Це – інтенсивність руху поїздів і автомобілів через залізничний переїзд, видимість поїзда, що наближається з обох боків переїзду, максимальна допустима швидкість руху поїздів, число залізничних колій (однокільна, двокільна, багатокільний), рівень обладнання сигналізації та автоматики переїзду, населеність місцевості, наявність огорожень і т. д. Були виділені ті фактори, які можливо описати математичними виразами (числами). **Результати.** Методом логічної регресії, встановлена, що найгостріші проблеми на залізничних переїздах це максимальна допустима швидкість поїздів, погана видимість переїзду (менше 1000 м), інтенсивність руху дорожнього транспорту на переїздах і неправильне обладнання автомобільних доріг, що перетинають колію. На основі результатів дослідження, формулюються висновки і рекомендації фахівцям безпеки залізничного руху, які першорядні заходи по запобіганню нещасних випадків і на яких залізничних переїздах необхідно прийняти негайно. **Наукова новизна.** Розкриті тенденції та основні причини подій на залізничних перехрестях Литви за 2004-2011 роки. Обґрунтована необхідність впровадження прогресивних технічних заходів для запобігання інцидентів на залізничних перехрестях. **Практична значимість.** Близько 50% залізничних переїздів Литви не відповідають законодавству вимоги видимості переїздів. Саме цей параметр залізничних переїздів є одним з вирішальних факторів ризику безпеки руху. З метою усунення впливу на аварійність через погану видимість переїзду, пропонується використовувати «лежачих» поліцейських. Питання про ліквідацію переїздів одного рівня стає все більш і більш актуальним у зв'язку із зростанням обсягу перевезень по автомобільним дорогам і залізницях, із зростанням швидкості руху поїздів і для здійснення важливих великомасштабних автомобільних і залізничних проектів.

Ключові слова: аварійність; фактори ризику; залізничний переїзд; метод логічної регресії; безпека руху

G. A. BUREIKA^{1*}, L. G. LIUDVINAVICHIOUS²

Department of Railway Transport, Vilnius Gediminas Technical University, J. Basanavichus St. 28, LT-03224, Vilnius, Lithuania

^{1*}tel. +37 (052) 74 48 05; e-mail gintautas.bureika@vgtu.lt

²tel. +37 (052) 74 48 03; e-mail lionginas.liudvinavichius@vgtu.lt

ASSESSMENT OF ACCIDENT RATE AT LITHUANIAN RAILWAYS LEVEL CROSSINGS

Purpose. The most pressing problem facing the rail traffic safety experts is an accident rate at the railway level crossings. The purpose is to investigate the circumstances, which affect traffic safety at the level crossings, and to offer effective tools for experts to improve the safety the problems of these dangerous spaces of railway infrastructure. **Methodology.** This paper observes the logistic regression as a method to estimate the accident rate at level crossings in Lithuania. The authors have studied and evaluated the key factors affecting the safety of railway crossings. These factors are the intensity of trains and road transport means through the railway level crossing, the visibility of the approaching train from both sides of the traffic, the maximum permissible speed of the trains, the number of tracks (single track, double track, and multi-track), the level of installed alarm and automatic equipment, a density of population in this area, etc. Finally, only the factors, which might be described by mathematical expressions (numbers), were identified. **Findings.** By using logistic regression method, it was found that the most determinant factors at level crossings are the maximum speed of trains, poor visibility crossing (less than 1,000 m), intensity of the road traffic at crossings, and inappropriate implementation of roads crossing the rails. Based on the study results, the conclusions and recommendations were formulated which primary measures to prevent accidents at level crossing and on what level crossing should be taken urgently. **Originality.** Revealed trends and major causes of accidents at railway crossings of Lithuania for 2004-2011 year. The necessity of implementation of progressive technical measures for the prevention accidents on railway level crossing is proved. **Practical value.** About 50% of Lithuanian railway crossings do not meet the requirements of the level crossing legislation. This parameter is one of the key risk factors for traffic safety at level crossings. In order to eliminate the effect on accident due to poor visibility of moving train, it is proposed to use the "speed bumps". Question of the elimination of one

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НА ТРАНСПОРТІ

level crossing is becoming more and more important due to the increased volume of traffic on the roads and railways, growing the speed of trains and the implementation of important large-scale road and rail projects.

Keywords: risk factors; railway crossing; logistic regression method; traffic safety

REFERENCES

1. Analysis of traffic safety in level crossings managed „Lithuanian Railways“. Vilnius, Plc. State Railway Inspectorate under the Ministry of Transport and Communications Publ., 2010. 13 p.
2. ERADIS-European Railway Agency Database of Interoperability and Safety. Available at: http://pdb.era.europa.eu/safety_docs/csi/default.aspx (Accessed 17 February 2012).
3. Evans E. Fatal accidents at railway level crossings in Great Britain 1946-2009. *Accident Analysis and Prevention*, 2011, vol. 43, no. 5, pp. 1837-1845.
4. Fakhfakh N., Khoudour L., El-Koursi E.M., Jacot J., Dufaux A.A. Video-Based Object Detection System for Improving Safety at Level Crossings. *The Open Transportation Journal*, 2011, vol. 5, pp. 45 -59.
5. Gailiene I., Gedaminskas M., Podagelis I. The main problems concerning safety, maintenance and reconstruction of level crossings in Lithuanian railway lines. Proc. 8th Int. Conf. “Environmental Engineering”: Selected paper. Vilnius, 2011, issue 3, pp. 1077-1081.
6. Koppel O. Traffic Safety Management at Single-Level Road. Proc. 27th Int. Baltic Road Conf. “Railway Crossings: Estonian Experience” Available at: http://www.mnt.ee/bra/conference27/html/index_c2.htm. (Accessed 17 February 2012).
7. Rakotonairy A., Soole D., Larue G. Use of ITS improve level crossings safety. Proc. 11th Level Crossing Symp. Tokyo, 2010, pp. 38-51.
8. Savage I. Does public education improve rail-highway crossing safety? *Accident Analysis and Prevention*, 2006, vol. 38, no. 2, pp. 310-316.
9. Seise A., Kallberg V-P., Silla A. The effect of speed bumps on driving speeds at road-railway level crossings. Proc. 11th Level Crossing Symp. Tokyo, 2010, pp. 8-17.
10. Silla A.; Kallberg V-P. The development of railway safety in Finland. *Accident Analysis and Prevention*, 2012, vol. 45, pp. 737- 744.
11. Statistics of valid traffic accidents in Lithuania, 2006-2011. Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transport and Communications Publ., Vilnius, 2012, 26 p.
12. Tey L.S., Ferreira L., Wallace A. Measuring driver responses at railway level crossings. *Accident Analysis and Prevention*, 2011, vol. 43, pp. 2134-2141.
13. Terry Spicer. Using Legislation as a Means of Improving Shared Responsibility at Railway Level Crossings. Proc. 11th World Level Crossing Symposium “The Status of Level Crossing Safety Management Countermeasures”. Tokyo, 2010, pp.1-3.
14. The statistics of recorded traffic accidents in Lithuania in 2007-2010 years. Lithuanian Road Administration under the Ministry of Transportation Publ., Vilnius, 2011, 12 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Л. П. Лингайтисом (Литва); к.т.н., доц. К. В. Гончаровым (Украина)

Поступила в редколлегию 01.11.2012

Принята к печати 22.02.2013