



## Информация об авторах

Мартыненко Любовь Викторовна – старший преподаватель, кафедра вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Железняк Василий Никитович – к. т. н., заведующий кафедрой вагонов и вагонного хозяйства, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: zheleznyak\_vn@irgups.ru

Лисицынский Кирилл Николаевич – технолог 2 категории, тягово-энергетическая лаборатория Восточно-Сибирской дирекции тяги, e-mail: kirill.lisitsynskiy@gmail.com

## Authors

Lyubov' Viktorovna Martynenko – Asst. Prof., the Subdepartment of Rail Cars and Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, e-mail: liuba.martinenko@yandex.ru

Vasilii Nikitovich Zheleznyak – Ph.D. in Engineering Science, Head of the Subdepartment of Rail Cars and Rolling Stock, Irkutsk State Transport University, e-mail: zheleznyak\_vn@irgups.ru

Kirill Nikolaevich Lisitsynskii – Second-class technologist, the traction and energy laboratory of the East-Siberian traction directorate, e-mail: kirill.lisitsynskiy@gmail.com

## Для цитирования

Мартыненко Л. В. Оценка динамометрических параметров работы подвижного состава, регистрируемых тягово-энергетической лабораторией, на перевальных участках полигона Восточно-Сибирской железной дороги / Л. В. Мартыненко, В. Н. Железняк, К. Н. Лисицынский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 241–250. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).241–250

## For citation

Martynenko L. V., Zheleznyak V. N., Lisitsynskii K. N. Otsenka dinamometricheskikh parametrov raboty podvizhnogo sostava, registriruemykh tyagovo-energeticheskoi laboratorii, na pereval'nykh uchastkakh poligona Vostochno-Sibirskoi zheleznoi dorogi [Assessing the dynamometric parameters of the rolling stock, recorded by the tractor-energy laboratory, in the mountain pass areas of the East Siberian railway polygon sections]. *Sovremennye tekhnologii. Sistennyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 241–250. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).241–250

УДК 656.2

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).250–259

**С. С. Громышова, Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич, О. В. Лобанов**

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

*Дата поступления: 10 мая 2019 г.*

## ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ИХ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ НА РЫНКЕ ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ

**Аннотация.** В современных политических и экономических условиях функционирования транспортное предприятие можно представить как сложный производственно-экономический комплекс, развитие которого происходит по определенным закономерностям. Политика, направленная на обеспечение безопасности перевозочного процесса в сложноструктурированных транспортных системах, является основой производственной деятельности, что необходимо для увеличения степени сохранности грузов, пассажиров и подвижного состава и, как следствие, повышения качества предоставляемых транспортных услуг, минимизации объема непроизводительных расходов транспортных предприятий, направленных на ликвидацию нарушений безопасности движения. С целью детального анализа состояния уровня безопасности целесообразно применять методы математической статистики для прогнозирования величины наступления определенного вида транспортного риска. В представленной авторами статье приводятся основные факторы, воздействующие на степень безопасности объекта исследования. Представлен метод линейного коэффициента корреляции Пирсона для транспортных происшествий, использование которого позволило выявить тесноту корреляционной связи между транспортными показателями, измеренными в количественной шкале, и насколько статистически значима выявленная связь. Полученная модель изменения степени нарушений безопасности не зависит от увеличения объема выделяемых материальных средств, квалификации персонала, доли выделенных инвестиционных средств. Каждое событие приводит к срыву графиков движения поездов, выплате неустоек и компенсаций, ремонту подвижного состава и полотна. С применением правила Парето сделан вывод, что 80 % нарушений уровня безопасности транспортных происшествий в сложноструктурированной транспортной системе «Российские железные дороги» в сфере грузовых перевозок происходит по причине наступления только основных четырех факторов.

**Ключевые слова:** сложноструктурированные транспортные системы, организация бесперебойной работы, нарушений уровня безопасности, транспортные происшествия, критерий корреляции Пирсона, функционирование транспортных предприятий, повышение уровня клиентоориентированности, минимизация рисков, математическая модель, диаграмма Паретто.

**S. S. Gromyschova, N. P. Astashkov, V. A. Olentsevich, O. V. Lobanov**

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation*

*Received: May 10, 2019*



## SAFETY LEVEL ASSESSMENT OF COMPLEXLY STRUCTURED TRANSPORT SYSTEMS WITH THE PURPOSE OF INCREASING THE LEVEL OF THEIR COMPETITIVENESS IN THE MARKET OF TRANSPORT SERVICES

**Abstract.** *In modern political and economic conditions of operation, a transport enterprise can be represented as a complex production and economic system, whose development takes place according to certain regularities. The policy aimed at ensuring the safety of the transportation process in complexly structured transport systems is the basis of production activities, which is necessary to increase the safety of goods, passengers and rolling stock, and as a result, improve the quality of transport services provided, minimize the volume of unproductive expenses of transport enterprises intended to eliminate traffic safety violations. To perform a detailed analysis of the state of the safety level, it is advisable to apply the methods of mathematical statistics to predict the magnitude of a certain type of transport risk. The article gives the main factors affecting the degree of safety of the object of study. The authors present a method of linear Pearson correlation coefficient for traffic accidents, the use of which made it possible to reveal the closeness of the correlation relationship between traffic indicators, measured on a quantitative scale, to what extent the identified relationship is statistically significant. The resulting model of changes in the degree of safety violations does not depend on the increase in the volume of allocated material resources, qualifications and personnel, the proportion of allocated investment funds. Each event leads to disruption of train schedules, payment of penalties and compensation, repair of rolling stock and the rail bed. Applying the Pareto rule, it was concluded that 80% of violations of the safety level of accidents in the complexly structured transport system of "Russian Railways" in the field of freight traffic occur due to the onset of only four main factors.*

**Keywords:** *complex structured transport systems, organization of uninterrupted work, safety level violation, traffic accidents, Pearson correlation criterion, transport enterprises functioning, increasing customer focus, risk minimization, mathematical model, Pareto diagram.*

### Введение

В современных политических и экономических условиях функционирования транспортное предприятие можно представить как сложный производственно-экономический комплекс, развитие которого происходит по определённым закономерностям. Современный транспортный комплекс, в соответствии с поставленными перед ним производственными целями и задачами, имеет свою организационную структуру и показатели работы, внешние и внутренние связи, наделен основными производственными фондами [1–6]. Конечная цель деятельности – получение максимальной величины дохода и прибыли, при условии минимизации затрат на производства и исключения случаев наступления всех видов рисков.

Транспортное предприятие или входящее в его состав структурное подразделение, деятельность которого связана с выполнением большого объема работ, имеющее разветвленную производственную структуру, многоуровневую систему управления и широкий спектр поставленных перед ним задач, является сложноструктурированной экономической транспортной системой [7–11]. К данной категории предприятий можно отнести холдинг «РЖД» и его дочерние компании.

### Повышение уровня клиентоориентированности

Политика, направленная на обеспечение безопасности перевозочного процесса в сложноструктурированных транспортных системах, является основой производственной деятельности, что необходимо для увеличения степени сохранности грузов, пассажиров и подвижного состава, и как следствие повышения качества предоставляемых транспортных услуг, минимизации объема непродуцируемых расходов транспортных предприя-

тий, направленных на ликвидацию нарушений безопасности движения. В связи с данными факторами, реализация политики безопасности наряду с эффективным развитием данных транспортных систем возможно за счет ужесточения требований к эксплуатируемым основным фондам – максимальной эксплуатационной готовности к работе, надежности и бесперебойности, долговечности функционирования, минимизации стоимости жизненного цикла, экологической и производственной безопасности [11–15]. Высокая конкуренция на современном рынке транспортных услуг требует от существующих транспортных систем огромного объема работы, направленного на поиск новых пользователей услуг, а главное удержание существующей клиентской базы.

В условиях постоянно возрастающей конкуренции на рынке транспортных услуг, с целью обеспечения эффективности функционирования сложноструктурированных транспортных систем является одной из ключевых задач для сохранения имеющейся грузовой клиентской базы и максимальное привлечение новых клиентов к перевозке. С этой целью необходимо применение новых информационных технологий работы отрасли, индивидуальный подход к каждому отдельному клиенту, реализация непрофильных для отрасли и нестандартных условий перевозки, позволяющих удовлетворить запросы клиента, оперативное принятие решений, максимальное упрощение документооборота, создание для клиента оптимальных логистических решений любой степени сложности, т. е. повышение уровня клиентоориентированности.

Вопрос безопасности перевозочной деятельности в сложноструктурированных транспортных системах считается наиболее значимым, а его раз-



решение – актуально важным для всех структурных подразделений, входящих в их состав. Динамика представленных отчетных данных по грузовым перевозкам холдинга «РЖД» за последние годы отражает тот факт, что объемы перевозок по всем видам деятельности возрастают достаточно большими темпами. Такая динамика объемных показателей положительно влияет как на финансовый, так и на экономический показатели перевозочной деятельности сложноструктурированной транспортной системы. Рост объемов перевозок приводит к увеличению количества браков, угрожающих безопасности движения [16]. Следует отметить, что в хозяйстве перевозок холдинга с 2015–2018 гг. произошло 206 транспортных происшествий (табл. 1).

За все анализируемое время прослеживается рост количества грузовых вагонов с обнаруженными в ходе осмотра коммерческими неисправностями в целом по сети отрасли, в 2018 г. по сравнению с 2015 г. прирост составил более 6,1 тыс. вагонов, что составляет более 13,5 %. По состоянию на 01 марта 2019 г. данный показатель уже составляет 12 % (рис. 1).

С целью более детального анализа состояния уровня безопасности сложноструктурированных транспортных систем целесообразно применять методы математической статистики для прогнозирования величины наступления того или иного вида транспортного риска. При проведении

процедуры прогнозирования следует учитывать, что вопрос определения основных причин нарушения безопасности движения, является наиболее значимым, поскольку основная задача анализа состояния уровня безопасности функционирования любой транспортной системы – объективно определить, причину наступления происшествия, выявить способствующие факторы, предложить комплекс мероприятий, направленных на устранение случаев риска или минимизацию затрат на при ликвидации.

Сложноструктурированные транспортные системы имеют большую значимость для оборонного сектора страны и регионов, играют значимую роль в уровне мобильности населения и расстоянии его передвижения. Усиление и расширение транспортной инфраструктуры Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралей играет особое значение для решения задачи противодействия угрозам безопасности страны и стабилизации экономической обстановки, так как именно железнодорожный транспорт выступает крупнейшей отраслью транспорта, основным звеном производственной и социальной инфраструктуры. Среди всех представленных в стране видов транспорта именно железнодорожный обладает существенным превосходством по количеству перевезенных пассажиров и массе перевезенного груза.

Несмотря на приведенное превосходство и экономическую значимость, значительная протя-

Т а б л и ц а 1

Классификация случаев транспортных происшествий за 2015–2018 гг.

Показатель безопасности	Период			
	2015	2016	2017	2018
Сход подвижного состава при производстве маневровой работы	25	26	28	33
Столкновение подвижного состава при производстве маневровой работы	10	10	11	13
Взрез стрелки	6		2	4
Прием поезда на занятый путь				
Перевод стрелки (под маневровым составом)	3			
Несанкционированное движения подвижного состава, на маршрут отправления (приема)			3	
Проезд запрещающего показания светофоров		2		
Несанкционированное движение подвижного состава	1	1		1
Сход в поезде	1	1		
Прием поезда по неготовому маршруту	1		1	
Наезд подвижного состава на посторонний предмет		1		1
Столкновение подвижного состава с другим подвижным составом на железнодорожной станции		1	1	
Отправление поезда на занятый перегон	1			1
Авария	1			1
Перевод стрелки под подвижным составом		1		
Отправление поезда по неготовому маршруту		1		
Прием поезда на занятый путь		1		
Обрыв автосцепки			1	
Перевод стрелки (под хозяйственным поездом)	1			
Техническая неисправность, приведшая к задержке поезда более чем на час	1			
Развал груза в пути следования		1		
Итого по периодам	51	46	47	62
Всего за анализируемый период	206			

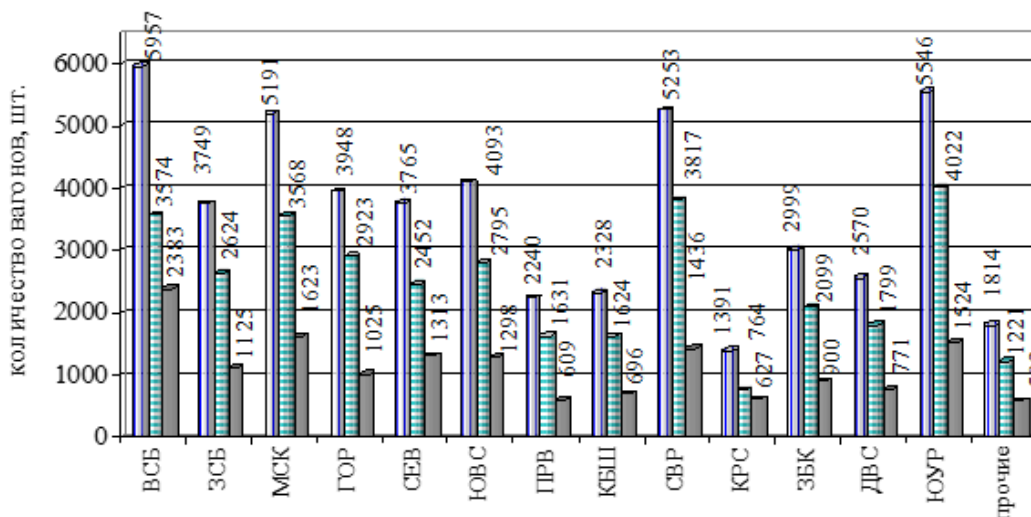


Рис. 1. Динамика вагонов с коммерческими неисправностями по дорогам

женность железнодорожных путей сообщения, многочисленность и географическая разобщенность его структурных подразделений отрицательно сказываются на степени безопасности перевозочного процесса. Более подробное внимание вопросам безопасности отведено в основополагающем документе стратегического планирования – Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. [17].

С целью решения вопросов безопасности и прогнозирования случаев наступления рисков научное обеспечение играет первостепенную роль. В процессе анализа аспектов уровня безопасности транспортных предприятий важную роль играет статистическая обработка данных. Такая обработка производственных показателей работы всех звеньев сложноструктурированной транспортной системы позволяет получить оптимальную ситуационную количественную оценку и в полной мере отражает цифровые значения функционирования, обнажающие суть проблемы, что обеспечивает наиболее эффективные результаты для получения убедительных фактов, так или иначе связанных с

безопасностью самой системы или ее структурных подразделений. Тип анализа аспектов уровня безопасности перевозочного процесса, проводимого на уровне системы полного управления безопасностью, требует базовых основ анализа цифровых статистических данных, а также определения наиболее значимых тенденций и выполнения большого объема статистических расчетов. Для графического представления результатов анализов возможно использовать статистические методы. Представлены основные причины выявления транспортных событий (табл. 2) [16].

**Метод линейного коэффициента корреляции Пирсона транспортных происшествий**

При анализе статистических данных используют различные математические методы. Рассмотрим метод линейного коэффициента корреляции Пирсона для транспортных происшествий сложноструктурированной транспортной системы «РЖД» за 2015–2018 гг. Используя критерий корреляции Пирсона, можно узнать уровень возможной тесноты (или силу) корреляционной зависи-

Т а б л и ц а 2

**Причины нарушения уровня безопасности в сложноструктурированных транспортных системах**

Внешние причины	Внутренние причины
<ul style="list-style-type: none"> <li>- природные факторы: землетрясения, ураганы, оползни, стихийные бедствия, наводнения и пр.</li> <li>- технологические факторы: взрывы реакторов АЭС, выбросы радиации, утечка опасных продуктов с вредных производств;</li> <li>- социальные факторы: рост цен на энергоресурсы и другие составляющие транспортной продукции, политика правительства, террористические акты, девальвация и пр.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- неисправность и недостаточное количество объектов инфраструктуры;</li> <li>- техническая неисправность подвижного состава;</li> <li>- ошибки работников, занятых в перевозочном процессе;</li> <li>- отказ технических средств;</li> <li>- нарушение действующих нормативов;</li> <li>- низкая исполнительская дисциплина работников транспорта.</li> </ul>



мости между двумя показателями сложноструктурированной транспортной системы, измеренными согласно количественной шкале, и определить, насколько статистически значима выявленная связь. Расчет коэффициента корреляции Пирсона для оценки показателей сложноструктурированной транспортной системы производится по формуле (1):

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}, \quad (1)$$

где  $x_i$  – значения переменной  $x$ ;  $y_i$  – значения  $i$  переменной  $y$ ;  $X$  – среднее выборочное значение по  $X$ ;  $Y$  – среднее выборочное значение по  $Y$ .

Выборка исходных данных состоит из 12 исследуемых показателей – месяцев ( $n = 12$ ) (табл. 3).

Значения коэффициента корреляции Пирсона интерпретируются согласно собственным абсолютным значениям, при этом наиболее возможные цифровые значения возможного коэффициента корреляции варьируют в пределах от 0 до  $\pm 1$ . При этом, чем больше абсолютное значение  $r_{xy}$ , тем выше теснота связи между двумя величинами. Если  $r_{xy} = 0$ , такая динамика говорит о полном от-

сутствии связи, а зависимость  $r_{xy} = 1$  свидетельствует о наличии функциональной абсолютной связи. В результате проведенного анализа получено значение критерия корреляции Пирсона, которое оказалось больше единицы или меньше  $-1$ , такой факт говорит о том, что в расчетах допущена ошибка. Максимально точную оценку силы корреляционной связи, возможно, получить, если воспользоваться таблицей Чеддока (табл. 4).

По результатам расчета абсолютное значение коэффициента корреляции Пирсона для 2015 г. равно 0,498433, что соответствует наиболее умеренной тесноте связи между месяцем и количеством транспортных происшествий; для 2016 г. – 0,130525, что соответствует слабой тесноте связи между месяцем и количеством транспортных происшествий; для 2017 г. – 0,680025, что соответствует наиболее заметной тесноте связи между месяцем и количеством транспортных происшествий; для 2018 г. – 0,210035, что соответствует слабой тесноте связи между месяцем и количеством транспортных происшествий.

Полученная расчетным путем корреляционная связь является статистически значимой ( $p < 0,01$ ). Проведенный анализ состояния уровня транспортных происшествий сложноструктуриро-

Таблица 3

#### Динамика транспортных происшествий сложноструктурированной транспортной системы «Российские железные дороги»

Месяц	Год происшествия			
	2015	2016	2017	2018
1	4	4	2	2
2	4	7	4	6
3	4	2	1	7
4	2	5	4	7
5	4	0	2	3
6	5	1	5	4
7	3	5	3	6
8	6	4	4	4
9	4	4	4	6
10	4	4	5	4
11	5	3	4	8
12	6	7	9	5

Таблица 4

#### Оценка силы корреляционной связи по таблице Чеддока

Абсолютное значение $r_{xy}$	Теснота (сила) корреляционной связи
менее 0,3	слабая
от 0,3 до 0,5	умеренная
от 0,5 до 0,7	заметная
от 0,7 до 0,9	высокая
более 0,9	весьма высокая





ванной транспортной системы «РЖД» позволил установить следующую математическую закономерность, действующая система обеспечения безопасности движения анализируемой транспортной системы уже не дает положительной динамики изменения степени относительного объема нарушений всех уровней. Полученная модель изменения степени нарушений безопасности не зависит от увеличения объема выделяемых материальных средств на данную технологию, квалификации и сроков обучение персонала, доли выделенных инвестиционных средств. Каждое событие приводит к срыву графиков движения поездов, выплате неустоек и компенсаций, ремонту подвижного состава и полотна.

**Согласованность статистических и теоретических распределений**

Представлена согласованность статистических и теоретических распределений при помощи критерия Пирсона (рис. 2), где отражена статистика по общему количеству отцепленных грузовых вагонов, отцепляемых по объектам сложноструктурированной транспортной системы, с неисправностями различного типа.

Графическая зависимость не отвергает согласованность анализируемых показателей объектов сложноструктурированной транспортной си-

стемы с законом распределения. Для подтверждения утверждения определена согласованность статистических и теоретических распределений при помощи критерия Пирсона. При значительном объеме наблюдений  $n$  закон распределения значения  $U$  приближается к распределению «хи-квадрат» –  $\chi^2$ , который в свою очередь определяется по формуле (2):

$$U = \chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - nP_i)^2}{nP_i}, \quad (2)$$

где  $m_i = n \cdot P_i^*$  – объем элементов в разряде случайной величины.

Распределение  $\chi^2$  зависит от возможного количества степеней свободы распределения (параметра  $r$ ), который представляет собой разности между числом разрядов и количеством имеющих независимых возможных связей различного уровня, наложенных на частоты  $P_i^*$ . Число степеней свободы определяют по формуле (3):

$$r = R - S, \quad (3)$$

где  $R$  – количество разрядов, на которое возможно разделить суммарное число наблюдений;  $S$  – количество наложенных связей.

Средняя величина интервала исследования определяется по формуле (4):

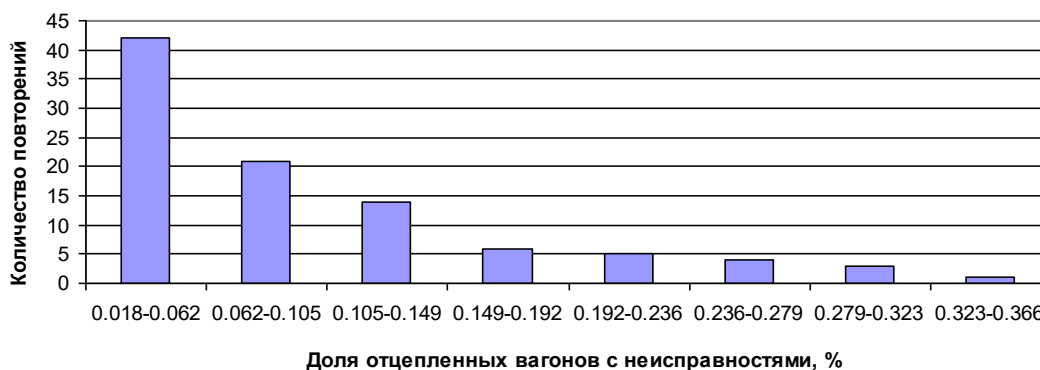
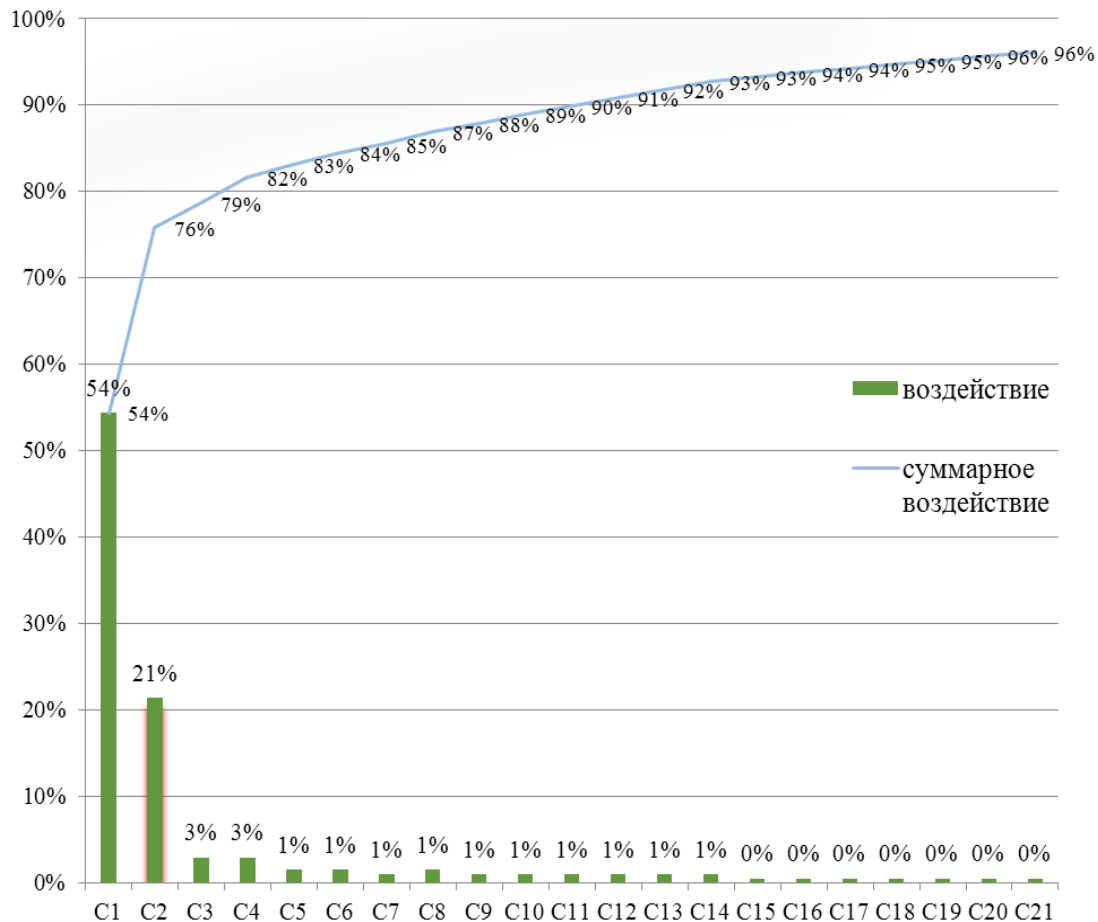


Рис. 2. Количество повторений по отцепляемым вагонам с неисправностями различного типа

Таблица 5

**Интервалы распределения отцепленных грузовых вагонов по станциям, имеющих неисправности различных типов в зависимости от суммарного объема погруженных вагонов**

Интервал	m	p*	3λt	e <sup>(-3λt)</sup>	F(t)	p	np	m-np	(m-np) <sup>2</sup>	((m-np) <sup>2</sup> )/np
0,018–0,062	43	0,45	1,86	0,15567	0,28549	0,28549	27,40740	15,59260	243,12914	8,87093
0,062–0,105	20	0,21	3,15	0,04285	0,95715	0,67165	64,47879	-44,47879	1978,36318	30,68238
0,105–0,149	14	0,15	4,47	0,01145	0,98855	0,03140	3,01486	10,98514	120,67326	40,02613
0,149–0,192	7	0,07	5,76	0,00315	0,99685	0,00830	0,79644	6,20356	38,48421	48,32056
0,192–0,236	5	0,05	7,08	0,00084	0,99916	0,00231	0,22170	4,77830	22,83218	102,98848
0,236–0,279	4	0,04	8,37	0,00023	0,99977	0,00061	0,05857	3,94143	15,53491	265,25681
0,279–0,323	2	0,02	9,69	0,00006	0,99994	0,00017	0,01630	1,98370	3,93506	241,37970
0,323–,366	1	0,01	10,98	0,00002	0,99998	0,00004	0,00431	0,99569	0,99141	230,20661
Σ	96	1,00	–	–	–	0,999983	–	–	–	967,73160



**Рис. 3. Диаграмма Парето:** C1 – сход подвижного состава при маневрах; C2 – столкновение подвижного состава при маневрах; C3 – взрез стрелки; C4 – прием поезда на занятый станционный путь; C5 – перевод стрелочного устройства под маневровым составом; C6 – несанкционированное движения подвижного состава, на маршрут отправления (приема); C7 – проезд подвижной единицей или группой запрещающего показания светофора; C8 – несанкционированное движение подвижного состава; C9 – сход в поезде; C10 – прием поезда по неготовому маршруту; C11 – наезд подвижного состава на посторонний предмет; C12 – столкновение подвижного состава с другим подвижным составом на железнодорожной станции; C13 – отправление поезда, любой категории на занятый участок перегона; C14 – авария; C15 – перевод стрелки на железнодорожной станции под подвижным составом; C16 – отправление поезда, любой категории по неготовому маршруту; C17 – прием поезда на занятый путь; C18 – обрыв автосцепки; C19 – перевод стрелочного устройства под хозяйственным поездом; C20 – любой категории техническая неисправность, приведшая к задержке поезда более чем на 1 ч; C21 – развал груза в пути следования

$$M^*(t) = \sum_1^l P_i^* t_i . \quad (4)$$

Интенсивность потока наступления вероятных событий, в размере на единицу возможного ременного интервала по (5):

$$\lambda = \frac{1}{M^*(t)} . \quad (5)$$

Теоретическая вероятность объема интервалов заданной условной величины в общей суммарной их совокупности определяется по формуле (6):

$$P_i = F(t_i) - F(t_{i-1}) , \quad (6)$$

где  $F(t_i)$  – функция распределения.

С целью установления зависимости распределения для максимальной допустимой точности необходимо проверить возможную согласованность статистических данных с функциями (7)–(9):

$$F(t_i) = 1 - e^{-\lambda t} , \quad (7)$$

$$F(t_i) = 1 - (1 + 2 \cdot \lambda \cdot t) \cdot e^{-2\lambda t} , \quad (8)$$

$$F(t_i) = 1 - \frac{1}{2} (9 \cdot \lambda^2 \cdot t^2 + 6 \cdot \lambda \cdot t + 2) \cdot e^{-3\lambda t} , \quad (9)$$

Результаты произведенных расчетов представлены в качестве примера (табл. 5).

Проведенный анализ исследования определил, что более 40 % грузовых вагонов, в которых обнаружены коммерческие неисправности, отцепляется в интервале от 2 до 6 на 10 тыс. погружен-



ных в сложноструктурированной транспортной системе «РЖД» вагонов. Необходимо отметить, что при этом более 20 % грузовых вагонов с теми же неисправностями отцепляется в интервале от 6 до 10 вагонов. Такая зависимость позволяет сделать вывод о правдоподобности гипотезы показательного распределения доли отцепленных грузовых вагонов с коммерческими неисправностями от общего объема погруженных вагонов.

### **Основные факторы, оказывающие влияние на состояние безопасности транспортной системы**

Стабильное увеличение объемов грузооборота сложноструктурированной транспортной системы «РЖД» в последние годы связано, в первую очередь, с его конкурентоспособностью на транспортном рынке, особенно по массовым грузам, за счет применения современных, научных разработок, инновационных технологий, автоматизации систем управления и организации перевозочной деятельности. Максимальная доля объема работ в железнодорожной отрасли приходится на грузовые перевозки, в связи с чем особенно важно повышение его транспортной привлекательности для крупных производителей продукции, что включает в себя постоянный мониторинг уровня безопасности перевозочного процесса, исключения всех возможных случаев наступления рисков, анализ причин наступления рисков всех категорий, получение полной и исчерпывающей информации о движении подвижного состава и текущем местонахождении грузов, что в полной мере способствует защищенному состоянию сложноструктурированной транспортной системы «РЖД».

Рассмотрев основные причины, оказывающие непосредственное влияние на состояния уровня транспортных происшествий на «РЖД» в сфере грузовых перевозок, можно выделить ос-

новные влияющие факторы и произвести построение диаграммы Парето, в которой выделены причины С1–С21 (рис. 3).

Применяя правило Парето по данной диаграмме можно сделать вывод, что 80 % нарушений уровня безопасности транспортных происшествий в сложноструктурированной транспортной системы «РЖД» в сфере грузовых перевозок происходит по причине наступления только основных четырех факторов: сход подвижных единиц при производстве маневровой работы, столкновение подвижного состава при производстве различных категорий станционной работы, взрез стрелочных переводов, прием поездов всех категорий на занятый железнодорожный путь.

### **Заключение**

Произведенные исследования показали, что все объекты сложноструктурированной транспортной системы «РЖД» имеют не только внешние, но и внутренние связи. С целью организации бесперебойного течения перевозочного процесса данные объекты вступают между собой в сложные технические, технологические, финансовые и экономические взаимоотношения. Производства четкой и бесперебойной их работы возможно достичь путем исключения наступления возможных случаев возникновения рисков. Для достижения поставленной цели и решения многофункциональных задач возможно обеспечение тесного взаимодействия всех объектов между собой выполнением требований регламентирующих документов, соблюдением норм и нормативов функционирования, разработкой системы клиентоориентированности. С целью выявления наиболее зависимых от наступления случаев риска звеньев сложноструктурированной системы необходим детальный анализ деятельности каждого из них в отдельности.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Дурнев, Р. А. Комплексная оценка уровня транспортной безопасности: порядок проведения / Р. А. Дурнев, С. В. Колеганов // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 2. – С. 38–42.
2. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А., Каргапольцев С.К. Автоматизированная система размещения и крепления груза на открытом подвижном составе железнодорожного транспорта // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т.21. №4(123). С.157-165.
3. Дурнев, Р. А. Комплексная оценка уровня транспортной безопасности: постановка задачи и замысел решения / Р. А. Дурнев, С. В. Колеганов // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 9. – С. 9–13.
4. Дурнев, Р. А. Комплексная оценка уровня транспортной безопасности: предпосылки и допущения / Р. А. Дурнев, С. В. Колеганов // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 12. – С. 35–40.
5. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А. Повышение безопасности работы железнодорожной транспортной системы на основе автоматизации технологии размещения и крепления груза в вагоне. Известия Транссиба. 2013. № 1 (13). С. 110-116.
6. Гозбенко В.Е., Иванков А.Н., Колесник М.Н., Пашкова А.С. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков депонированная рукопись. № 330-В2008 17.04.2008
7. Gozbenko V.E., Kargapol'tsev S.K., Minaev N.V., Karlina A.I. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in mathcad. International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 23. С. 11132-11136.
8. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузовладельцев. Иркутск, 2011.





9. Ульянов, В. А. Концепция развития перспективных направлений повышения технологической безопасности на железнодорожном транспорте / В. А. Ульянов // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 8. – С. 28–31.
10. Шайдуллин, Ш. Н. Безопасность движения / Ш. Н. Шайдуллин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 2. – С. 11–13.
11. Оленевич В.А. Математическая формализация величины сдвига груза при воздействии внешних сил для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации вагонного парка // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 1 (33) С. 87–90.
12. Красковский, А. Е. Методология доказательства безопасности движения поездов [электронный ресурс] / А. Е. Красковский, С. А. Вырков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25067679&> (08.02.2018).
13. Рудановский, В. М. Методика определения причинно-следственных связей нарушений безопасности движения / В. М. Рудановский // Вестник ВНИИЖТ. – 2014. – № 3. – С. 17–24.
14. Рудановский, В. М. Системные причины нарушений безопасности движения // Безопасность и охрана труда на железнодорожном транспорте. – 2016. – №1. – С. 18–24.
15. Красковский, А. Е. Основные подходы и методы доказательства безопасности движения / А. Е. Красковский, С. А. Вырков // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 3. – С. 62–66.
16. Официальный сайт ОАО «РЖД»: <http://rzd.ru>
17. Стратегия развития Холдинга «РЖД» на период до 2030 года, – М: ОАО «РЖД», 20.12.2013.

## REFERENS

1. Durnev R. A., Koleganov S. V. Kompleksnaya otsenka urovnya transportnoi bezopasnosti: poryadok provedeniya [Comprehensive assessment of the level of transport safety: the order of carrying out]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Life safety]*, 2015. No. 2. Pp. 38–42.
2. Gozbenko V.E., Olentsevich V.A., Kargapol'tsev S.K. Avtomatizirovannaya sistema razmeshcheniya i krepleniya gruzha na otkrytom podvizhnom sostave zheleznodorozhnogo transporta [Automated system for placing and securing cargo in open rolling stock of railway transport]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of Irkutsk State Technical University]*, 2017. Vol.21. No.4(123). Pp.157-165.
3. Durnev R. A., Koleganov S. V. Kompleksnaya otsenka urovnya transportnoi bezopasnosti: postanovka zadachi i zamysel resheniya [Comprehensive assessment of the level of transport safety: statement of the problem and intention of the solution] *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Life safety]*, 2014. No. 9. Pp. 9–13.
4. Durnev R. A., Koleganov S. V. Kompleksnaya otsenka urovnya transportnoi bezopasnosti: predposylki i dopushcheniya [Comprehensive assessment of the level of transport safety: prerequisites and assumptions]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Life safety]*, 2014. No. 12. Pp. 35–40.
5. Gozbenko V.E., Olentsevich V.A. Povyshenie bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoi transportnoi sistemy na osnove avtomatizatsii tekhnologii razmeshcheniya i krepleniya gruzha v vagone [Improving the safety of the railway transport system based on the automation of the technology of placing and securing cargo in the car]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2013. No. 1 (13). Pp. 110-116.
6. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov. Deponirovannaya rukopis' [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of the passenger and freight traffic. Deposited manuscript]. No. 330-V2008 17.04.2008
7. Gozbenko V.E., Kargapol'tsev S.K., Minaev N.V., Karlina A.I. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in MathCAD. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016. Vol. 11. No. 23. Pp. 11132-11136.
8. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovanie transportno-ekspeditzionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improving freight forwarding services for cargo owners]. Irkutsk, 2011.
9. Ul'yanov V. A. Kontseptsiya razvitiya perspektivnykh napravlenii povysheniya tekhnologicheskoi bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte [improving freight forwarding services for cargo owners]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [Life safety]*, 2015. No. 8. Pp. 28–31.
10. Shaidullin Sh. N. Bezopasnost' dvizheniya [Traffic Safety]. *Zheleznodorozhnyi transport [Railway Transport]*, 2016, No. 2. Pp. 11–13.
11. Olentsevich V.A. Matematicheskaya formalizatsiya velichiny sdviga gruzha pri vozdeistvii vneshnikh sil dlya obespecheniya nadezhnoi i bezopasnoi ekspluatatsii vagonnogo parka [Mathematical formalization of the magnitude of the shift of the load under the influence of external forces to ensure reliable and safe operation of the car fleet]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2012. No. 1 (33). Pp. 87–90.
12. Kraskovskii A. E., Vyrkov S. A. Metodologiya dokazatel'stva bezopasnosti dvizheniya poezdov [Elektronnyi resurs] [Methodology of proof of the safety of train traffic]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya [Vestnik RGUPS]*, 2015. No. 4. Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25067679&> (08.02.2018).
13. Rudanovskii V. M. Metodika opredeleniya prichinno-sledstvennykh svyazei narushenii bezopasnosti dvizheniya [Methodology for determining the cause-effect relationships of traffic safety violations]. *Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute]*, 2014. No. 3. Pp. 17–24.
14. Rudanovskii V. M. Sistemnye prichiny narushenii bezopasnosti dvizheniya [System causes of traffic safety violations]. *Bezopasnost' i okhrana truda na zheleznodorozhnom transporte [Safety and labor protection in railway transport]*, 2016. No.1. Pp. 18–24.
15. Kraskovskii A. E., Vyrkov S. A. Osnovnye podkhody i metody dokazatel'stva bezopasnosti dvizheniya [Basic approaches and methods for proving traffic safety]. *Zheleznodorozhnyi transport [Railway Transport]*, 2016. No. 3. Pp. 62–66.
16. Ofitsial'nyi sait OAO «RZhD» [Official site of Russian Railways]: <http://rzd.ru>
18. Strategiya razvitiya Kholdinga «RZhD» na period do 2030 goda [Development strategy of the Russian Railways Group for the period until 2030]. Moscow: OAO «RZhD» Publ., 20.12.2013.

**Информация об авторах**

*Громышова Светлана Сергеевна* – аспирант кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ghromyshova7997@mail.ru

*Асташков Николай Павлович* – к. т. н., доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: astashkov\_np@irgups.ru

*Оленцевич Виктория Александровна* – к. т. н., доцент, доцент кафедры управления эксплуатационной работой, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: olencevich\_va@irgups.ru

*Лобанов Олег Викторович* – инженер кафедры электроэнергетики транспорта, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: xeman6965@gmail.com

**Для цитирования**

Громышова С. С. Оценка уровня безопасности сложноструктурированных транспортных систем с целью повышения уровня их конкурентоспособности на рынке транспортных услуг / С. С. Громышова, Н. П. Асташков, В. А. Оленцевич, О. В. Лобанов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 250–259. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).250–259

**Authors**

*Svetlana Sergeevna Gromyshova* – Ph.D. student at the Subdepartment of Management of Operational Work, Irkutsk State Transport University, e-mail: ghromyshova7997@mail.ru

*Nikolai Pavlovich Astashkov* – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Management of Operational Work, Irkutsk State Transport University, e-mail: astashkov\_np@irgups.ru

*Viktoriya Alexandrovna Olentsevich* – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof., Assoc. Prof. at the Subdepartment of Operational Management, Irkutsk State Transport University, e-mail: olencevich\_va@irgups.ru

*Oleg Viktorovich Lobanov* – Engineer of the Subdepartment of Electric Power Engineering of Transport, Irkutsk State Transport University, e-mail: xeman6965@gmail.com

**For citation**

Gromyshova S. S., Astashkov N. P., Olentsevich V. A., Lobanov O. V. Otsenka urovnya bezopasnosti slozhnostrukturovannykh transportnykh sistem s tsel'yu povysheniya urovnya ikh konkurentosposobnosti na rynke transportnykh uslug [Safety level assessment of complexly structured transport systems with the purpose of increasing the level of their competitiveness in the market of transport services]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 62, No. 2. Pp. 250–259. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).250–259