



Ю. О. Полтавская¹, А. В. Димов², М. М. Поляков²

¹ Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Российская Федерация

² Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 03 сентября 2019 г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВАРИАЦИЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Аннотация. Продолжительность движения является одним из наиболее важных параметров, используемых для оценки эффективности работы транспортных систем. Ее изменение связано с несколькими факторами, включая характеристики самого транспортного средства; организацию дорожного движения и системы управления движением; дорожно-транспортные происшествия и погодные условия. Таким образом, время, затрачиваемое пассажиром для достижения пункта назначения, будет неодинаковым для аналогичных поездок в разные периоды. Это подчеркивает необходимость моделирования надежности транспортной системы на основе функции полезности, которая включает в себя оценку временных и стоимостных затрат. Отмечается, что надежность является важным качественным показателем функционирования транспортной системы, так как ее снижение приводит к снижению конкурентоспособности общественного транспорта по сравнению с индивидуальным. В статье рассмотрены основные модели, позволяющие оценить надежность функционирования транспортной системы: модель средней дисперсии и модель планирования, которые являются эффективным инструментом для оценки уровня надежности транспортной системы и предлагаемых решений для ее повышения. Апробация модели может быть проведена на транспортных и маршрутных сетях города различного масштаба. Предлагается определять продолжительность движения как статистическое распределение с определенной вероятностью и регулярностью. Таким образом, надежность транспортной системы может быть определена как мера дисперсии (или разброса) распределения продолжительности движения, а процесс моделирования требует сбора достоверных данных с установленным объемом выборки.

Ключевые слова: надежность; транспортная система; продолжительность движения; вариация продолжительности движения; модель средней дисперсии; модель планирования.

Yu. O. Poltavskaya¹, A. V. Dimov², M. M. Polyakov²

¹ Angarsk State Technical University, Angarsk, the Russian Federation

² Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

Received: September 17, 2019

MODELING FUNCTIONING RELIABILITY OF THE TRANSPORT SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT TRAFFIC DURATION VARIATIONS

Abstract. Traffic duration is one of the most important parameters used to assess the performance of transport systems. Its change is due to several factors, including the characteristics of the vehicle itself; traffic organization and traffic management systems; traffic accidents and weather conditions. Thus, the time taken by the passenger to reach the destination will be different for similar trips in different periods. This highlights the need to model the reliability of a transport system based on a utility function that includes an estimate of time and cost. It is noted that reliability is an important qualitative indicator of the functioning of the transport system, as its decline leads to a decrease in the competitiveness of public transport compared to individual. The article deals with the basic models that allow assessing the reliability of the transport system: the model of average dispersion and planning model, which are an effective tool for assessing the level of reliability of the transport system and the proposed solutions to improve it. Testing of the model can be carried out on transport and route networks of the city of different scales. It is proposed to determine the duration of the movement as a statistical distribution with a certain probability and regularity. Thus, the reliability of a transport system can be defined as a measure of the dispersion (or spread) of a traffic duration distribution, and the modeling process requires the collection of reliable data with a set sample size.

Keywords: reliability, transport system, traffic duration, variation in traffic duration, average dispersion model, planning model.

Введение

Перевозка пассажиров – это сложный процесс, включающий комплекс элементов, которые способствуют выполнению основной функции транспортной системы: перемещение грузов и пассажиров из пункта отправления в пункт назначения безопасным и эффективным способом.

В настоящее время решения, связанные с улучшением функционирования транспортной системы, оцениваются на основе анализа временных и финансовых затрат [1–4]. Их минимизация от пункта отправления до пункта назначения является наиболее важным аспектом, как в пассажирских, так и грузовых перевозках. Однако список



показателей эффективности функционирования транспортной системы может быть обширным в зависимости от целей проводимого анализа. К наиболее часто оцениваемым показателям относятся доступность, надежность, стоимость, безопасность, гибкость (рис. 1) [5].



Рис. 1. Оценка значимости показателей транспортной системы (по методу экспертных оценок)

Наиболее весомым показателем эффективности работы транспортной системы, как отмечено в исследованиях [5], является надежность.

Надежность транспортной системы

Надежность транспортной системы используется в качестве одного из критериев принятия инвестиционных решений в области транспортной политики по реализации проектов, направленных на поддержание мобильности населения.

Кроме того, оценка надежности транспортной системы относится к оптимизации технического обслуживания объектов городской инфраструктуры. С точки зрения пассажира – надежность транспортной системы воспринимается как возникновение задержки в пути следования. В результате возможными критериями эффективности могут быть: эксплуатационные расходы, доступность транспортной инфраструктуры, продолжительность движения [6–8].

Надежность системы пассажирских перевозок зависит как от ее конфигурации, так и от способа управления ею на этапе проектирования и в процессе функционирования.

Процесс моделирования работы транспортной системы сводится к анализу различных проблем, связанных с возможной ненадежностью подвижного состава (интенсивность отказов, оптимизация задач технического обслуживания), дорожной инфраструктуры (возникновение дорожно-транспортных происшествий); а также к учету влияния человеческого фактора в принятии решений в ходе диспетчерского управления процессом [9]. Все эти проблемы могут повлиять на производительность

процесса транспортировки. В результате под надежностью транспортной системы понимается «ее способность функционировать в соответствии с планом имеющегося горизонта планирования». Данный термин используется для выражения вероятности того, что транспортная система полностью удовлетворит потребность пассажиров в транспортных услугах без событий, возникающих в результате отказов ее элементов (рис. 2).



Рис. 2. Соотношение элементов транспортной системы и надежности

В идеальной ситуации подвижной состав вовремя прибывает на остановочный пункт, убывает от него и движется по маршруту, согласно составленному расписанию. Однако, ввиду случайных событий: погодных условий, изменений загрузки улично-дорожной сети, человеческого фактора возникают отклонения в продолжительности движения [10, 11]. Существуют вариации (распределение отклонений) времени прибытия транспортного средства (ТС) на остановочный пункт и вариации продолжительности движения ТС по маршруту.

Изменения времени отправления ТС от остановочного пункта определяют отклонения от расписания движения. Кроме того, временная изменчивость поездки (рис. 3) может возникать по маршруту из-за цепочки случайных событий.

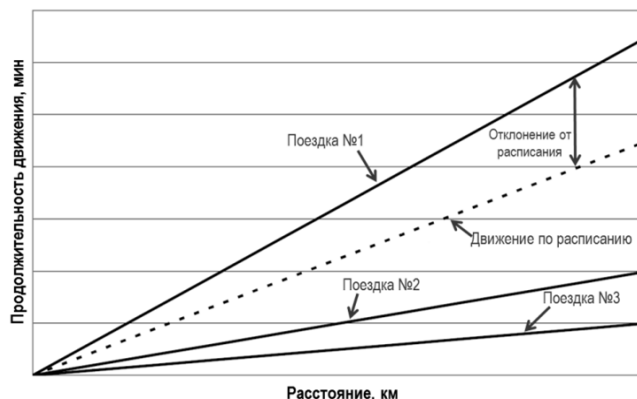


Рис. 3. График изменения продолжительности движения по маршруту



Пунктирной линией обозначена планируемая продолжительность поездки (движение ТС по расписанию), прямые линии – являются примером реальной продолжительности движения по маршруту (см. рис. 3).

Таким образом, на общую продолжительность движения по маршруту влияет увеличение временных отклонений от расписания движения. Данные изменения могут быть различны в течение суток. Вариации продолжительности движения пропорционально зависят от вариаций времени прибытия к остановочным пунктам, а также от протяженности маршрута.

Моделирование

В общем случае модель транспортной системы TS определяется как упорядоченное множество следующих характеристик:

$$TS = \langle G, F, P, O \rangle, \quad (1)$$

где G – граф структуры транспортной системы; F – набор функций, определенных элементами транспортной системы; P – объем транспортной работы; O – организация транспортной системы.

В случае если необходимо определить качественные характеристики (в том числе надежность) транспортной системы, необходимо переопределить концепцию системы

$$TS = \langle G, FI, FU \rangle, \quad (2)$$

где $FI = \{f_1, f_2, \dots, f_n, \dots, f_N\}$ – набор функций, определенных на множестве I (множество вершин графа G):

$$f_n : I \rightarrow R^+,$$

$$f_n(i) \in R^+, n = 1, 2, \dots, N,$$

$FU = \{g_1, g_2, \dots, g_k, \dots, g_K\}$ – набор функций, определенных на множестве U (множество ребер графа G):

$$g_k : I \times I \rightarrow R^+,$$

$$g_k(i, j) \in R^+, k = 1, 2, \dots, K$$

и величины $f_n(i)$ и $g_k(i, j)$ имеют определенную интерпретацию (техническую, экономическую или математическую, т. е. вероятность перехода).

Надежность транспортной системы при перевозке пассажиров описывается функцией

$$R_{TS}(t) = f(Q, A, T, C), \quad (3)$$

где Q – качественный показатель функционирования транспортной системы; A – доступность транспортной инфраструктуры; T – суммарная продолжительность движения, затрачиваемая на осуществление транспортного процесса; C – стоимость передвижения.

Обзор моделей надежности транспортной системы показал, что надежность оценивается с

точки зрения вариаций продолжительности движения (времени в пути) при повторных поездках на маршруте. Можно выделить два основных класса моделей: подход средней дисперсии и подход планирования [5]. Они отличаются в переменных, которые включены в функцию полезности. Основная модель функции полезности U с учетом временных и стоимостных затрат выражается как:

$$U = \beta_C \cdot C + \beta_T \cdot T, \quad (4)$$

где β_C, β_T – коэффициенты стоимости и времени; C – стоимостные затраты; T – продолжительность движения.

Значение продолжительности движения VOT можно определить следующим отношением:

$$VOT = \frac{\beta_T}{\beta_C}. \quad (5)$$

Модель средней дисперсии дополнительно включает в себя время стандартного отклонения или дисперсию продолжительности движения:

$$U = \beta_C \cdot C + \beta_T \cdot T + \beta_R \cdot \sigma, \quad (6)$$

или

$$U = \beta_C \cdot C + \beta_T \cdot T + \beta_R \cdot \sigma^2, \quad (7)$$

где β_R – коэффициент надежности; σ – стандартное отклонение распределения продолжительности движения; σ^2 – дисперсия распределения продолжительности движения.

Значение надежности определим как:

$$VOR = \frac{\beta_R}{\beta_C}. \quad (8)$$

Функция полезности модели планирования (модель выбора времени отправления) учитывает продолжительность задержки от расписания (количество минут, на которое пассажир отправится позже / раньше, чем планируется):

$$U = \beta_C \cdot C + \beta_T \cdot T + \beta_{early} \cdot Early + \beta_{late} \cdot Late, \quad (9)$$

где $\beta_{early}, \beta_{late}$ – коэффициент при раннем / позднем отправлении; $Early, Late$ – количество минут при отклонении от расписания (ранее и позднее соответственно).

Модели, рассмотренные ранее, являются абсолютными, поскольку функция полезности содержит члены коэффициента, умноженного на абсолютное значение каждого параметра. В относительной модели все параметры выражены в виде отношений относительно их базового значения. Однако это не может быть сделано для модели планирования, поскольку нецелесообразно определять долю времени прибытия, поэтому представим только относительный эквивалент модели средней дисперсии:



$$U = \beta_C^{rel} \cdot \frac{C}{C_0} + \beta_T^{rel} \cdot \frac{T}{T_0} + \beta_R^{rel} \cdot \frac{\sigma}{\sigma_0}, \quad (10)$$

где C_0 – базовое значение стоимостных затрат; T_0 – базовое значение продолжительности движения; σ_0 – базовое значение стандартного отклонения распределения продолжительности движения.

Отношение расчетных коэффициентов продолжительности движения и стоимостных затрат можно рассматривать как отношение, которое указывает, как относительные изменения во времени соотносятся с относительными изменениями затрат (TR):

$$TR = \frac{\beta_T^{rel}}{\beta_C^{rel}} \quad (11)$$

Умножив это отношение на транспортные расходы в час для определенного вида транспорта (или типа ТС), так называемые «факторные затраты» (*FactorCost*), получим значения VOT (и аналогично VOR):

$$VOT = TR \cdot FactorCost. \quad (12)$$

Анализ надежности и оценка транспортной системы требуют эмпирических данных, полученных в ходе моделирования или проведения транспортных обследований участков улично-дорожной сети [12–15]. Статистическая оценка переменных, которые используются в рассматриваемых моде-

лях, основана на обработке данных, ориентированных на среднее значение, стандартное отклонение, распределение вероятностей и статистическую оценку (параметрическая / непараметрическая) продолжительностей движения. Таким образом, процесс моделирования надежности транспортной системы требует сбора достоверных данных с установленным объемом выборки.

Заключение

Надежность транспортной системы может быть определена как мера дисперсии (или разброса) распределения продолжительности движения: чем ниже значение дисперсии, тем выше надежность функционирования транспортной системы. Моделирование транспортной системы позволяет определить причины снижения уровня ее надежности, а также изучить влияние повышенной загрузки улично-дорожной сети и увеличенного пассажиропотока на функционирование маршрута.

Предложенная модель является эффективным инструментом для оценки уровня надежности транспортной системы и предлагаемых решений для ее повышения. Модель может быть применена для транспортных и маршрутных сетей различного масштаба с целью развития и оказания качественных услуг населению.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов А.Ю. Интегральный критерий оценки качества функционирования улично-дорожных сетей // Изв. Иркут. гос. экон. акад. 2004. № 2. С. 50–53.
2. Полтавская Ю.О. Качественные характеристики функционирования городского общественного пассажирского транспорта (ГОПТ) // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2015. Т. 1. № 1. С. 260–266.
3. Лебедева О.А. Показатели оценки эффективности работы общественного транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2018. Т. 1. С. 108–109.
4. Лебедева О.А. Вопросы функционирования городского пассажирского транспорта // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2013. Т. 1. С. 40.
5. Nowakowski T., Werbińska S. On problems of multicomponent system maintenance modeling // Automation and Computing. 2004. Vol. 6. № 4. P. 364–378.
6. Горбунов Р.Н., Пиров Ж.Т., Михайлов А.Ю. Оценка уровня обслуживания на основе критериев надежности // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2017. Т. 21. № 10 (129). С. 188–194.
7. Sharov M., Mikhailov A. Urban transport system reliability indicators // Transportation Research Procedia. Saint Petersburg, 2017. С. 591–595.
8. Полтавская Ю.О. Обзор состояния пассажирских перевозок и надежности функционирования городского транспорта на примере зарубежных государств // Вестн. Ангар. гос. техн. ун-та. 2015. № 9. С. 200–203.
9. Ветрогон А.А., Крипак М.Н. Транспортное моделирование как инструмент для эффективного решения задач в области управления транспортными потоками // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 3 (59). С. 82–91.
10. Крипак М.Н., Гозбенко В.Е., Колесник А.И. Оптимизация структуры транспорта как мера повышения эффективности функционирования системы городского пассажирского транспорта // Сб. науч. тр. Ангар. гос. техн. ун-та. 2013. Т. 1. № 1. С. 229–232.
11. Косолапов А.В., Асанов С.А. Выбор индикаторов состояния дорожного движения для прогнозирования транспортных заторов // Транспортные системы сибиря. развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства : Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск : Изд-во СФУ, 2016. С. 618–626.
12. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков / В.Е. Гозбенко и др. Деп. 17.04.2008, № 330-В2008.
13. Dhillon B.S. Transportation Systems Reliability and Safety. Florida, CRC Press, 2011. 236 p.
14. Modelling reliability of transportation systems to reduce traffic congestion / E. Suryani et al. // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1196, conference 1.



15. Полтавская Ю.О. Прогнозирование характеристик маршрута городского общественного пассажирского транспорта на основе данных треков автомобиля-лаборатории // Вестн. Иркут. гос. техн. ун-та. 2017. Т. 21. № 2 (121). С. 190–198.

REFERENCES

1. Mikhailov A.Yu. Integral'nyi kriterii otsenki kachestva funktsionirovaniya ulichno-dorozhnykh setei [Integral criterion for assessing the quality of the functioning of road networks]. *Izvestiya Irkutskoi gosudarstvennoi ekonomicheskoi akademii [The news of Irkutsk State Economic Academy]*, 2004. No. 2, pp. 50-53.
2. Poltavskaya Yu.O. Kachestvennye kharakteristiki funktsionirovaniya gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta (GOPT) [Qualitative characteristics of the functioning of urban public passenger transport (UPPT)]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Collection of scientific papers of Angarsk State Technical University]*, 2015. Vol. 1. No. 1, pp. 260-266.
3. Lebedeva O.A. Pokazateli otsenki effektivnosti raboty obshchestvennogo transporta [Performance indicators for public transport]. *Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskii progress [Modern technologies and scientific and technological progress]*, 2018. Vol. 1, pp. 108-109.
4. Lebedeva O.A. Voprosy funktsionirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta [Issues of the functioning of urban passenger transport]. *Sovremennye tekhnologii i nauchno-tekhnicheskii progress [Modern technologies and scientific and technological progress]*, 2013. Vol. 1, pp. 40.
5. Nowakowski T., Werbińska S. On problems of multicomponent system maintenance modeling. *International Journal of Automation and Computing* 2004, Vol. 6, No. 4, pp. 364-378.
6. Gorbunov R.N., Pirov Zh.T., Mikhailov A.Yu. Otsenka urovnya obsluzhivaniya na osnove kriteriev nadezhnosti [Service level assessment based on reliability criteria]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of Irkutsk State Technical University]*, 2017. Vol. 21. No. 10 (129), pp. 188-194.
7. Sharov M., Mikhailov A. Urban transport system reliability indicators. In the coll.: *Transportation Research Procedia*, 2017, pp. 591-595.
8. Poltavskaya Yu.O. Obzor sostoyaniya passazhirskikh perevozok i nadezhnosti funktsionirovaniya gorodskogo transporta na primere zarubezhnykh gosudarstv [Overview of the state of passenger traffic and the reliability of urban transport on the example of foreign countries]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [The Bulletin of Angarsk State Technical University]*, 2015. No. 9, pp. 200-203.
9. Vetrogon A.A., Kripak M.N. Transportnoe modelirovanie kak instrument dlya effektivnogo resheniya zadach v oblasti upravleniya transportnymi potokami [Transport modeling as a tool for effectively solving tasks in the field of traffic management]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern technologies. System analysis. Modeling]*, 2018. No. 3 (59), pp. 82-91.
10. Kripak M.N., Gozbenko V.E., Kolesnik A.I. Optimizatsiya struktury transporta kak mera povysheniya effektivnosti funktsionirovaniya sistemy gorodskogo passazhirskogo transporta [Optimization of the transport structure as a measure of increasing the efficiency of the urban passenger transport system]. *Sbornik nauchnykh trudov Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Collection of scientific papers of the Angarsk State Technical University]*, 2013. Vol. 1. No. 1, pp. 229-232.
11. Kosolapov A.V., Asanov S.A. Vybór indikatorov sostoyaniya dorozhnogo dvizheniya dlya prognozirovaniya transportnykh zatorov [Selection of traffic indicators for traffic congestion forecasting]. In the coll.: *Transportnye sistemy Sibiri. Razvitie transportnoi sistemy kak katalizator rosta ekonomiki gosudarstva. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya [Transport systems of Siberia. Development of a transport system as a catalyst for the growth of state economy. International scientific and practical conference]*. Siberian Federal University. In Minin V. V. (ed.), 2016, pp. 618-626.
12. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchptom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of passenger and cargo flows]. Deposited manuscript No. 330-V2008 17.04.2008
13. Dhillon B.S. *Transportation Systems Reliability and Safety*. CRC Press, 2011. 236 p.
14. Suryani E., Hendrawan R.A., EAdipraja P.F., Wibisono A., Dewi L.P. Modelling reliability of transportation systems to reduce traffic congestion. *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1196, conference 1
15. Poltavskaya Yu.O. Prognozirovaniye kharakteristik marshruta gorodskogo obshchestvennogo passazhirskogo transporta na osnove dannykh trekov avtomobilya-laboratorii [Prediction of the characteristics of the route of urban public passenger transport based on the data from the tracks of the laboratory car]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Proceedings of Irkutsk State Technical University]*, 2017. Vol. 21. No. 2 (121), pp. 190-198.

Информация об авторах

Полтавская Юлия Олеговна – к. т. н., старший преподаватель кафедры управления на автомобильном транспорте, Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

Димов Алексей Владимирович – к. т. н., доцент кафедры управления эксплуатационной работы, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: dimov_av@irgups.ru

Поляков Михаил Михайлович – к. ф.-м. н, доцент кафедры математики, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.

Authors

Julia Olegovna Poltavskaya – Ph.D., senior lecturer of the Department Management of automobile transport, Angarsk State Technical University, Angarsk, e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

Dimov Alexey Vladimirovich – Ph.D., Associate Professor, Department of Operational Management, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: dimov_av@irgups.ru

Polyakov Mikhail Mikhailovich – Ph.D., Associate Professor, Department of Mathematics, Irkutsk State University of Railway Engineering, Irkutsk.



Для цитирования

For citation

Полтавская Ю. О. Моделирование надежности функционирования транспортной системы с учетом вариаций продолжительности движения / Ю. О. Полтавская, А. В. Димов, М. М. Поляков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 162–167. – DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64).162-167

Poltavskaya J. O., Dimov A. V., Poliakov M. M. Modelirovaniye nadezhnosti funktsionirovaniya transportnoy sistemy s uchetom variatsiy prodolzhitel'nosti dvizheniya [Modeling functioning reliability of the transport system taking into account traffic duration variations]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2019. Vol. 64, No. 4. Pp. 162–167. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64).162-167

УДК 656

DOI: 10.26731/1813-9108.2019.4(64).167–173

С. С. Громышова*Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация**Дата поступления: 10 сентября 2019 г.*

ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ

Аннотация. Основными направлениями деятельности железнодорожного транспорта является разработка и реализация мероприятий, направленных на повышение пропускной и провозной способности участков железнодорожных линий и прочих объектов инфраструктуры, а также обеспечение безопасности движения поездов. В данной статье исследованы ошибки при эксплуатации устройств многофункционального комплекса технических средств. Приведена статистика по отказам данного комплекса за три года. Главным элементом многофункционального комплекса технических средств является напольное оборудование, 80 % отказов всех устройств комплекса приходится на приемную капсулу напольной камеры, болометр, модуль обработки тепловых сигналов и датчики счета осей. Комплекс мониторинга КТСМ-02 технического состояния подвижного состава на ходу поезда позволяет, во-первых, минимизировать задержки поездов, потребность в запасных частях, связанных с эксплуатационными расходами на ремонт и техническое обслуживание; во-вторых, повысить техническое состояние подвижного состава и механизм ремонта, связанного с отказами от дорожного состояния плано-предупредительного ремонта подвижного состава, от периодического отвлечения подвижного состава от работы по пробегу и времени; в-третьих, определить техническое состояние подвижного состава, вследствие чего сокращаются ресурсозатраты на обслуживание подвижного состава, повышаются условия труда работников, увеличивается качество обслуживания и эксплуатации. Внедрение микропроцессорных средств диагностики позволяет повысить уровень безопасности движения.

Ключевые слова: безопасность движения поездов; напольное оборудование; комплекс технических средств многофункциональный; отказы технических средств; автоматика и телемеханика.

S. S. Gromyshova*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation**Received: September 10, 2019*

ERRORS IN THE OPERATION OF DEVICES OF MULTI-FUNCTIONAL COMPLEX OF TECHNICAL MEANS IN COMPLEX TRANSPORT SYSTEMS AS A FACTOR OF TRAIN SAFETY AND RELIABILITY

Abstract. The main railway transport activities are the development and implementation of measures aimed at increasing the throughput and carrying capacity of sections of railway lines and other infrastructure, as well as train safety control. This article investigates the errors at operation of devices of a multifunctional complex of technical means. It provides the statistics on MCTM failures for three years. The main element of MCTM is the floor equipment, 80% of failures of MCTM devices account for the receiving capsule of the floor chamber, bolometer, thermal image processing module and axis counting sensors. Increasing the use of systems for monitoring the technical condition of rolling stock MCTM-02 on the train during running conditions makes it possible to reduce train delays, reduce operating costs for repair and maintenance, and reduce the need for spare parts. Based on the results of the analysis of failures in the sector of automation and telematics, the article presents a set of measures to reduce the level of risks of traffic safety violations to continually improve the quality and reliability of railway devices and structural units as a whole. The introduction of microprocessor diagnostics will significantly increase the level of traffic safety due to modern and accurate determination of the technical condition of