

УДК 656-256.3

*Е.А. Доржиев, М.В. Копанев*

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

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОЧЕЧНЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ**

**Аннотация.** В данной статье приведены конструкция, принцип действия и характеристики точечных замедлителей. Приведены результаты исследований по применению точечных замедлителей на горках различной мощности, а также на различных тормозных позициях сортировочной горки. По результатам моделирования сформулированы выводы. Приведены недостатки и преимущества использования точечных замедлителей на сортировочных горках.

**Ключевые слова:** перевозочный процесс, расформирование составов, автоматизация, сортировочная горка, тормозная позиция, балочный замедлитель, точечный замедлитель, имитационное моделирование.

*Е.А. Dorzhiev, M.V. Kopanev*

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

## **ANALYSIS OF THE USE OF POINT MODULATORS ON SORTING HILLS**

**Abstract.** This article describes the design, principle of operation and characteristics of point moderators. The results of studies on the use of point retarders on humps of various capacities, as well as on various braking positions of a marshalling hump, are presented. Based on the simulation results, conclusions are formulated. The disadvantages and advantages of using point moderators on hump yards are given.

**Keywords:** transportation process, disbanding of trains, automation, marshalling yard, braking position, beam retarder, point retarder, simulation modeling.

### **Введение**

Неотъемлемой частью [1] перевозочного процесса на железнодорожном транспорте является технологическая работа, связанная с переработкой грузовых составов на специальных станциях, называемых сортировочными.

Сортировочные горки являются основным средством расформирования составов и формирования грузовых поездов на технических станциях. От эффективного функционирования [2] сортировочных горочных комплексов зависят итоги работы всего холдинга ОАО «РЖД». Сортировочная станция должна быть достаточно оснащена технически и организационно, чтобы снижались затраты, а также уменьшалось время на переработку вагонов.

Для решения данных задач технологический процесс сортировки вагонов и оборудование сортировочных горок постоянно совершенствуется и автоматизируется. В частности, внедряются новые виды двигателей горочных стрелочных электроприводов [3 - 5].

Одним из вариантов такого развития выступает автоматизация процесса расформирования на основе использования точечных вагонных замедлителей вместо балочных, которые устанавливаются на тормозных позициях спускной части горки, а также на сортировочных путях железнодорожных станций.

В настоящее время на механизированных и автоматизированных горках железных дорог России используют концепцию интервально-прицельного регулирования скорости отцепов. Благодаря этому горки оборудуют тормозными позициями (ТП), располагаемыми, как правило, соответственно перед разделительной стрелкой (I ТП), за пучковой стрелкой (II ТП) и в начале парковых путей (III ТП). Временные интервалы между скатывающимися с горки отцепами должны быть достаточны для перевода соответствующих стрелок, а расчетные

скорости отцепов на выходе из этих позиций обеспечивать подход к III ТП со скоростью не выше 5 м/с.

Принятая концепция регулирования скорости отцепов обеспечивает необходимую интенсивность роспуска составов, однако из-за некоторых недостатков полностью не исключает сбои в работе сортировочной горки, повреждаемость вагонов и перевозимых грузов.

Большинство сортировочных горок России оборудованы балочными вагонными замедлителями, которые отвечают за торможение вагонов при роспуске с горки. Использование таких замедлителей имеет ряд объективных недостатков, в частности погрешность реализации тормозного воздействия, отсутствие возможности регулирования скорости на всем маршруте скатывания отцепов. По этим и ряду других причин имеют место повреждения вагонов при соударении из-за превышения скорости движения, а также появление «окон» на сортировочных путях [6]. В зависимости от мощности сортировочной горки число позиций варьируется от одной до четырех. На горках малой мощности находится одна тормозная позиция на спускной части и одна в парке либо только одна парковая. На горках средней, большой и повышенной мощности на спускной части, как правило, устанавливаются две тормозные позиции; в подгорочном парке в зависимости от профиля путей и местных условий – от одной до двух [7].

#### **Анализ использования точечных вагонных замедлителей (ТВЗ) на горках различной мощности и в зоне размещения разных тормозных позиций.**

Точечные замедлители относятся к пассивным устройствам, которым не требуется энергия для работы. Конструктивно замедлитель представляет собой гидравлический аппарат состоящий из литого корпуса, в котором располагается скользящий цилиндр с клапанами. Крепится замедлитель к шейке рельса и располагается в шпальном ящике внутри колеи (рис. 1).



**Рис. 1. Общий вид установки домкратовидных точечных замедлителей на сортировочном пути**

Точечные замедлители практически не имеют технических ограничений по месту установки, могут использоваться как на спускной части сортировочной горки, так и на сортировочных путях, в том числе в пределах стрелочных переводов.

Точечные замедлители взаимодействуют не с боковой поверхностью колеса вагона, традиционно используемой балочными замедлителями для создания тормозящего воздействия на колесо, а с гребнем колеса (рис. 2).



**Рис. 2. Взаимодействие точечного замедлителя с гребнем колеса**

Устройства бывают управляемыми и самонастраивающимися (автономными), принцип работы последних заключается в режиме «самонастройки». Устанавливается допустимая максимальная скорость для прохождения вагоном данного участка пути. Вагоны, которые последуют со скоростью выше установленной, будут тормозить за счет воздействия поршня замедлителя (скорость срабатывания зависит от конструкции и настройки ТВЗ). Вагоны, движущиеся со скоростью ниже установленной, пропускаются практически без торможения, что приводит к выравниванию скорости всех отцепов, исключению соударения вагонов со скоростью выше допустимой и качественному заполнению пути без образования «окон» [8].

Принцип действия гидравлического домкратовидного замедлителя основан на создании тормозного усилия (оказании сопротивления движению) через взаимодействие гребня колеса и шляпки скользящего цилиндра.

При нажатии гребнем колеса на цилиндр замедлителя, последний вдавливаются в корпус. Так как под цилиндром находится масло, оно сжимается и продавливается через рабочий клапан. Когда гребень скатывается с цилиндра, сжатый воздух (в корпусе под цилиндром) выталкивает его в исходное положение. Масло при этом возвращается через обратный клапан (рис. 3). Рабочий клапан имеет регулировочный винт, который позволяет настраивать скорость прохождения масла и тормозное усилие оказываемое на колесо.

В настоящее время ТВЗ распространены на сортировочных горках Англии, США, Германии, Швейцарии, Венгрии, Китая. В России ТВЗ оборудованы станции Забайкальск и Лужская. Анализ их работы показал, что было достигнуто снижение потерь от повреждения вагонов и грузов в процессе расформирования, снижение эксплуатационных расходов по простоям вагонов в ожидании расформирования, высокая степень заполнения сортировочных путей [9].

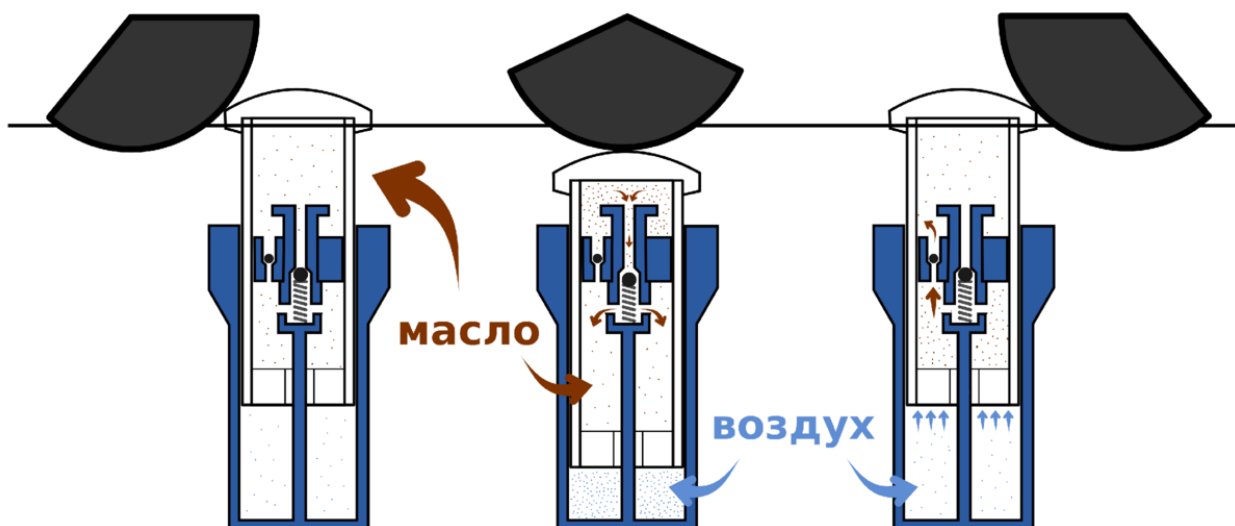


Рис. 3. Принцип работы ТВЗ

Технические характеристики наиболее распространенных на железных дорогах зарубежных стран типов точечных замедлителей представлены в табл. 1 [10, 11].

Таблица 1. Технические характеристики точечных замедлителей, используемых за рубежом

Тип замедлителя	Работа торможения, Дж	Допустимая скорость входа, м/с	Диапазон рабочих температур, °С
TDJ-302	932	5,00	от -50 до +50
TDJ-402	1 200-1 600	4,16	от -40 до +150
New Joule (J-4000M)	1 150	3,33	от -50 до +50
Даути	1 200-1 600	5,00	от -40 до +150

Был проведен ряд исследований по применению точечных вагонных замедлителей на горках большой мощности [12]. Основным методом исследования стало имитационное моделирование скатывания отцепов с использованием программного комплекса «СПУСК-2», обеспечивающего определение фазовых траекторий скорости и времени скатывания отцепов. В качестве объектов исследования выступали две горки большой мощности с количеством путей в сортировочном парке, равным 32, на спускной части использовались замедлители ВЗПГ-5, КНП-5.

Рассматривалось скатывание: бегуна массой 100 т, очень плохого бегуна массой 22 т (ОП), сочетание трех отцепов – двух очень плохих бегунов и одного очень хорошего массой 85 т (ОП – ОХ-85 – ОП).

Максимально допустимые скорости входа на балочные вагонные замедлители гораздо выше, чем на точечные (табл. 2). Следовательно, необходимо проанализировать, как достичь снижения скорости отцепов при использовании ТВЗ и как это снижение отразится на показателях работы сортировочной горки.

Произведено несколько проверок по изменению скорости движения отцепов, скатывающихся с сортировочной горки, в различных комбинациях. По результатам проверки сделаны выводы о нецелесообразности установки точечных вагонных замедлителей на спускной части сортировочных горок большой мощности в качестве самостоятельных средств регулирования скорости движения отцепов. Полученные результаты отражены в таблице 3 и 4.

**Таблица 2. Технические характеристики балочных замедлителей, используемых в России**

Тип замедлителя	Расчетная погашаемая энергетическая высота отцепов, в метрах энергетической высоты	Допустимая скорость входа вагонов, м/с
КВ-3	1,0	7,0
КНП-5	1,2	7,0
ВЗПГ-3	1,0	8,0
ВЗПГ-5	1,3	8,0
КЗ-3	1,0	8,0
КЗ-5	1,4	8,0

Причина заключается в высоких скоростях движения отцепов на скоростных элементах, что связано с особенностями конструктивных параметров (высоты и продольного профиля) спускной части, а также в их заведомо меньшей допустимой скорости входа на точечные замедлители.

В таблице 3 приведены значения скорости движения расчетного сочетания отцепов ОП – ОХ-85 – ОП по легкому пути с торможением на первой и второй тормозных позициях при скорости роспуска 1,7 м/с.

**Таблица 3**

Используемый замедлитель	Расчетный бегун	Скорость входа на тормозную позицию, м/с		
		ТП1	ТП2	ТП3
ВЗПГ-5	ОХ-85	6,23	5,63	4,97
	ОП	5,55	5,96	4,38
КНП-5	ОХ-85	6,61	6,43	5,46
	ОП	5,98	6,58	4,64

По данным таблицы 3 можно сделать вывод, что значения скорости входа на парковую тормозную позицию близки к допустимым, но все-таки превышают нормативные значения: у замедлителей TDJ-401 и New Joule (J-4000M) максимальная скорость входа 4,16 и 3,33 м/с соответственно (табл.1). Следовательно, ни на одной тормозной позиции ни в одном из вариантов нельзя заменить действующие на данный момент замедлители на точечные. Для того чтобы осуществить переустройство, требуется снизить скорость надвига отцепов.

В таблице 4 показаны скорости движения расчетного сочетания отцепов ОП – ОХ-85 – ОП по легкому пути с торможением на первой и второй тормозных позициях при скорости роспуска 1,4 м/с.

**Таблица 4**

Используемый замедлитель	Расчетный бегун	Скорость входа на тормозную позицию, м/с		
		ТП1	ТП2	ТП3
ВЗПГ-5	ОХ-85	6,17	5,56	4,90
	ОП	5,49	5,90	4,20
КНП-5	ОХ-85	6,54	6,34	5,14
	ОП	5,91	6,51	4,57

Из данных таблицы 4 следует, что снижение скорости роспуска даже до 1,4 м/с на горках большой мощности недостаточно для установки ТВЗ на парковой тормозной позиции, поскольку скорость входа на ТВЗ превышает предельно допустимые значения.

Дальнейшее снижение скорости роспуска нецелесообразно, так как приведет к существенным потерям перерабатывающей способности горки.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что на горках большой мощности использование ТВЗ на спускной части нецелесообразно, поскольку это приведет либо к существенному снижению скорости роспуска (фактически до уровня горок малой мощности), либо к превышению допустимой скорости входа на точечные замедлители и нарушению условия «живучести» системы торможения. Заменять балочные вагонные

замедлители на парковой тормозной позиции на ТВЗ также нецелесообразно из-за потребности существенного снижения скорости роспуска.

Предметом дальнейшего исследования должна стать оценка возможности и условий оборудования ТВЗ горок средней и малой мощности с учетом конструктивных (высота, продольный профиль спускной части горки) и технологических (скорость роспуска, интервалы на разделительных элементах, режимы регулирования скорости) факторов.

Анализ показал, что, как правило, на горках малой мощности отсутствует централизованная система воздухообеспечения, поэтому на них невозможно использовать традиционные для горок большой и средней мощности пневматические вагонные замедлители. Для создания стационарных или использования мобильных устройств воздухообеспечения, например, контейнерного типа, необходимо переустраивать систему электроснабжения, что делает процесс механизации горок малой мощности неэффективным [13].

Проанализировав альтернативные пути механизации горок малой мощности. Они основаны на применении точечных вагонных замедлителей. Однако на практике с учетом реальных профилей горок и подгорочных путей, а также тяжелых климатических условий большинства регионов России, реализовать этот эффект от применения точечных замедлителей будет весьма трудно. Для этого необходимо выполнить большой объем дорогостоящих работ по реконструкции профиля горки и подгорочных путей, обеспечить надежное функционирование устройств в зимний период и др. В большинстве случаев надо коренным образом изменить технологию работы горок, значительно уменьшив объемы маневровых передвижений по горочным и парковым путям, потому, что ТВЗ создают тормозной эффект при превышении граничных скоростей вне зависимости от направления движения колеса (с горки или на горку). Поэтому маневровые передвижения и вытяжка составов, например, в сторону вершины горки потребуют дополнительных затрат энергии на преодоление сопротивления движения со стороны ТВЗ.

Простая замена балочных вагонных замедлителей точечными без изменения профиля путей, выполненного на действующих горках по существующим нормативам для интервально-прицельного регулирования скорости отцепов, не приводит к желаемому эффекту. Другой негативной особенностью работы этих замедлителей является то, что высокая надежность работы этих замедлителей может быть обеспечена только при высоком качестве их технического обслуживания с организацией на горках специализированных мастерских, имеющих дорогостоящее ремонтное и диагностическое оборудование, испытательные стенды, поставляемые заводами-изготовителями, как правило, по отдельному контракту.

### **Заключение**

На основе анализа имеющегося зарубежного и отечественного опыта использования точечных вагонных замедлителей сделан вывод, что эти замедлители:

- улучшают качество сортировочного процесса;
- повышают сохранность подвижного состава и перевозимых грузов;
- ликвидируют тяжелый и опасный труд регулировщиков скорости вагонов.

Выполненные исследования показали, что главной причиной неэффективности применения точечных вагонных замедлителей на сортировочных горках России, является не соответствующий профиль горки и подгорочных путей. Из этого следует, что экономически более выгодно осуществлять интервально-прицельное регулирование скорости отцепов с помощью балочных вагонных замедлителей, несмотря на то, что это не исключает полностью сбои в работе сортировочной горки, повреждаемость вагонов и перевозимых грузов.

Несмотря на известные недостатки, регулирования скорости отцепов с точечными замедлителями повышается качество сортировочного процесса, значительно сокращается, а иногда и полностью исключается повреждаемость вагонов и перевозимых грузов. Но для эффективной работы ТВЗ требуется сплошной продольный уклон пути не менее 1,5‰.

Но, полностью утверждать, что точечные вагонные замедлители неэффективно применять на сортировочных горках России, нельзя, так как на сегодняшний день действующие горки спроектированы по существующим нормативам с применением балочных вагонных замедлителей. С другой стороны, если спроектировать сортировочную горку с применением точечных вагонных замедлителей, то вполне возможно реализовать интервально-прицельное регулирование скорости отцепов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шелухин В.И. Автоматизация и механизация сортировочных горок; Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: Маршрут, 2005. — 240 с.
2. Совершенствование сортировочной работы станции И / Н.Б. Александрова, Н.А. Граматунова, В.А. Леонтьева // Организация и управление процессом перевозок. – 2018. – С. 1-2.
3. Кондратюк Т.В. О внедрении новых электродвигателей для стрелочных горочных приводов [Электронный ресурс] / Т.В. Кондратюк, М.В. Копанев, О.И. Монида // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2020. — №4. — Режим доступа: <http://mnv.irkups.ru/toma/410-20>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 3.05.2023)
4. Копанев М.В., Алексеенко В.А., Кузин М.В. Моделирование режимов работы двигателя ЭМСУ в среде MATLAB // Цифровые инфокоммуникационные технологии: сборник научных трудов. Ростов-на-Дону, 2021. С. 157-161.
5. Копанев М.В., Кучера Л.Я. Моделирование стрелочного электропривода в среде MATLAB // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: сборник статей всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Иркутск, 2016. – Т. 1, С. 249-253.
6. Кобзев В. А. Развитие технических средств механизации сортировочных горок // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 2. С. 13–14.
7. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : утв. МПС РФ 10.10.2003. М., 2003. 168 с.
8. Ахметзянов Г. Г., Лежнев И. И., Поляков В. В. Повышение эффективности работы сортировочной горки // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: материалы науч. конф. Омск, 2018. С. 198–203.
9. Карасев С. В. Анализ результатов комплексной оценки перспективы использования домкратовидных замедлителей производства КНР в сортировочном парке «С» станции Забайкальск // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог. 2004. С. 115–122.
10. Точечные замедлители New Joule // Технопрог: сайт. URL: <http://www.tehnoprog.ru/products/tochechnye-zamedliteli-new-joule/> (дата обращения: 3.05.2023).
11. Shandong China Coal Import & Export Co., Ltd. URL: <http://www.railroadmachinery.com/newinfo1083> (дата обращения: 3.05.2023).
12. Маслюкова Ю. В., Карасев С. В. Анализ условий использования точечных вагонных замедлителей на горках большой мощности // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 1 (56).
13. Кобзев В. А. Энергонезависимый вагонный замедлитель для горок малой мощности // Автоматика, связь, информатика. 2006. № 4. С. 8–10.

## REFERENCES

1. Shelukhin V.I. Avtomatizatsiya i mekhanizatsiya sortirovochnykh gorok; Uchebnik dlya tekhnikumov i kolledzhey zh.-d. trans—porta. — M.: Marshrut, 2005. — 240 s.

2. Sovershenstvovaniye sortirovochnoy raboty stantsii I / N.B. Aleksandrova, N.A. Gramatunova, V.A. Leont'yeva // Organizatsiya i upravleniye protsessom perevozok. – 2018. – S. 1-2.
3. Kopanev M.V., Kuchera L.Y. Modelirovanie strelochnogo elektroprivoda v srede MATLAB [Simulation of the electric drive of railway switches in MATLAB] // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona: sbornik statej vserosijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s megdunarodnym uchastiem [Transport infrastructure of the Siberian region: a collection of articles of the All-Russian scientific-practical conference with international participation.] – Irkutsk, 2016. – V. 1, P. 249-253.
4. Kondratyuk T.V., Kopanev M.V., Monid O.I. O vnedrenii novykh elektrodvigateley dlya strelochnykh gorochnykh privodov. [On the introduction of new electric motors for switch hump drives] / T.V. Kondratyuk, // Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 4. [Accessed 3/05/23]
5. Kopanev M.V., Alekseyenko V.A., Kuzin M.V. Modelirovaniye rezhimov raboty dvigatelya EMSU v srede MATLAB // Tsifrovyye infokommunikatsionnyye tekhnologii: sbornik nauchnykh trudov. Rostov-na-Donu, 2021. S. 157-161.
6. Kobzev V. A. Razvitiye tekhnicheskikh sredstv mekhanizatsii sortirovochnykh gorok // Avtomatika, svyaz', informatika. 2011. № 2. S. 13–14.
7. Pravila i normy proyektirovaniya sortirovochnykh ustroystv na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm : utv. MPS RF 10.10.2003. M., 2003. 168 s.
8. Akhmetzyanov G. G., Lezhnev I. I., Polyakov V. V. Povysheniye effektivnosti raboty sortirovochnoy gorki // Innovatsionnyye proyekty i tekhnologii v obrazovanii, promyshlennosti i na transporte : materialy nauch. konf. Omsk, 2018. S. 198–203.
9. Karasev S. V. Analiz rezul'tatov kompleksnoy otsenki perspektivy ispol'zovaniya domkratovidnykh zamedliteley proizvodstva KNR v sortirovochnom parke «S» stantsii Zabaykal'sk // Sovershenstvovaniye ekspluatatsionnoy raboty zheleznykh dorog. 2004. S. 115–122.
10. Tochechnyye zamedliteli New Joule // Tekhnoproг: sayt. URL: <http://www.tehnoproг.ru/products/tochechnyye-zamedliteli-new-joule/> (Date of access: 3.05.2023)
11. Shandong China Coal Import & Export Co., Ltd. URL: <http://www.railroadmachinery.com/newinfo1083> (Date of access: 3.05.2023)
12. Maslyukova YU. V., Karasev S. V. Analiz usloviy ispol'zovaniya tochechnykh vagonnykh zamedliteley na gorkakh bol'shoy moshchnosti // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. 2021. № 1 (56).
13. Kobzev V. A. Energonezavisimyy vagonnyy zamedlitel' dlya gorok maloy moshchnosti // Avtomatika, svyaz', informatika. 2006. № 4. S. 8–10.

### **Информация об авторах**

*Доржиев Евгений Александрович* – студент группы СОД.2-18-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [zhenya.dorozhiev@mail.ru](mailto:zhenya.dorozhiev@mail.ru)

*Копанев Михаил Владимирович* - к.т.н., доцент, доцент кафедры “Автоматика, телемеханика и связь”, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [kopanev\\_mv@irgups.ru](mailto:kopanev_mv@irgups.ru)

### **Authors**

*Dorzhiev Evgeny Alexandrovich* - student of the group SOD.2-18-1, Department of Transport Support Systems, Irkutsk State Transport University, Irkutsk Irkutsk, e-mail: [zhenya.dorozhiev@mail.ru](mailto:zhenya.dorozhiev@mail.ru)

*Kopanev Mihail Vladimirovich* – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, the Subdepartment of Automation, Telemechanics and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [kopanev\\_mv@irgups.ru](mailto:kopanev_mv@irgups.ru)