



13. Brushlinskii N.N., Sokolov S.V. O statistike požharov i požharnykh riskov [World fire statistics]. *Pozharovzryvobezopasnost' [Fire and Explosion Safety]*, 2011, Vol. 20, No. 4, pp. 40-48.

14. Butuzov S.Yu., Degtyarev A.P. Problemy upravleniya profilaktikoi požharov na lokomotivakh zheleznodorozhnogo transporta [Problems of fire prevention management in railway locomotives]. *Internet-zhurnal "Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti" ["Technosphere Safety Technologies" Internet magazine]*, 2013, Iss. No. 6 (52), pp. 1-11. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (access date: 26.10.2018).

15. Spravochnyi material PKB – filiala "OAO RZhD" «Analiz požharnogo sostoyaniya lokomotivnogo parka "OAO RZhD"» [Reference material of Project Design Office – a branch of JSC Russian Railways. "Analysis of the fire condition of the locomotive fleet of JSC Russian Railways"], 2018.

### Информация об авторах

Асламова Вера Сергеевна – д. т. н., профессор кафедры «Техносферная безопасность», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [aslamovav@yandex.ru](mailto:aslamovav@yandex.ru)

Фролова Екатерина Юрьевна – магистрант, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [katerina.frolova94@mail.ru](mailto:katerina.frolova94@mail.ru)

### Authors

Aslamova Vera Sergeevna – Doctor of Engineering Science, Prof. of the Subdepartment of Technosphere Safety, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [aslamovav@yandex.ru](mailto:aslamovav@yandex.ru)

Frolova Ekaterina Yur'evna – Master's student, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [katerina.frolova94@mail.ru](mailto:katerina.frolova94@mail.ru)

### Для цитирования

Асламова В. С. Системный анализ причин возникновения пожаров на локомотивах ОАО «РЖД» / В. С. Асламова, Е. Ю. Фролова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - Т. 60, № 4. - С. 63–70. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).63-70

### For citation

Aslamova V. S., Frolova E. Yu. Upravlenie mikrosherokhovatost'yu v tekhnologii vosstanovleniya izolyatsionnykh pal'tsev kollektornykh tyagovykh elektrodvigateli [The system analysis of the causes of fires in the locomotives of JSC "Russian Railways"]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie [Modern Technologies. System Analysis. Modeling]*, 2018. Vol. 60, No. 4, pp. 63–70. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).63-70

УДК 629.42:629.4.054, 625.28

DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).70-79

**О. С. Абляимов**

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), г. Ташкент, Республика Узбекистан

Дата поступления: 10 сентября 2018 г.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЗВЛ80<sup>С</sup> НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН – НАВОИ УЗБЕКСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Аннотация.** Представлены результаты обоснования параметров перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на реальном холмисто-горном участке железной дороги при движении грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах, а также оценки тяговых качеств (свойств) профиля пути перегонов этого участка. В качестве критерия упомянутой оценки предложены приведенные значения общего и удельного расходов электрической энергии на тягу поездов в количественном и денежном исчислении с учетом сопутствующих перевозочному процессу значений приведенного времени хода поезда в режиме тяги и удельного расхода электрической энергии за поездку. Результаты исследований получены при помощи методов и способов теории локомотивной тяги с учетом усредненных значений основных показателей тягово-энергетической эффективности использования исследуемых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> в виде табличных данных, графических зависимостей и практических выводов. Результаты исследований рекомендуются для практического использования машинистам – инструкторам по теплотехнике и специалистам линейных предприятий локомотивного комплекса сети узбекских железных дорог, профессиональная и производственная деятельности которых касаются вопросов энергетики движения грузовых и пассажирских поездов на реальных холмисто-горных и, идентичных им, виртуальных участках железных дорог.

**Ключевые слова:** исследование, результат, грузовой поезд, движение, электровоз, железнодорожный путь, участок, метод, эксплуатация, скорость, расчет, подвижной состав, анализ, зависимость, обоснование, качество, перегон, профиль.

**О. S. Ablyalimov**

Tashkent Railway Engineering Institute (TashREI), Tashkent, the Republic of Uzbekistan

Received: September 10, 2018

## ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF TRANSPORTATION WORK OF ЗВЛ80<sup>С</sup> ELECTRIC LOCOMOTIVES AT THE KATTAKURGAN – NAVOI SECTION OF THE UZBEK RAILWAY



**Abstract.** *The article presents the results of substantiation of the transportation work parameters of three-section mainline (train) freight locomotives 3VL80S at the real hilly-mountainous railway section, when the freight train moves non-stop and with stops at intermediate stations, passing loops and operation points, as well as the estimation of the tractive performance (properties) of the track profile of the hauls of this section. As a criterion of the afore-mentioned estimation, the given values of general and specific electric energy consumption for train traction in quantitative and monetary terms are proposed, taking into account the values of the train travel time in traction mode and specific electric energy consumption per trip, accompanying the transportation process. The results of the research were obtained using the methods and approaches of the theory of locomotive traction, taking into account the averaged values of the main indicators of the tractive and power efficiency of the utilization of the investigated electric locomotives 3VL80S in the form of tabular data, graphic dependencies and practical conclusions. The results of the research are recommended for practical use to locomotive drivers engine drivers, heat engineering instructors and specialists of linear enterprises of the locomotive complex of the Uzbek railway network, whose professional and production activities concern the issues of energy of the freight and passenger trains movement at the real the hilly-mountainous sections and virtual railway sections that are identical to them.*

**Keywords:** *investigation, result, the freight train, movement, the electric locomotive, railway track, area, method, operation, speed, calculation, rolling stock, analysis, dependence, substantiation, quality, haul, profile.*

## Введение

Повышение эффективности перевозочной работы локомотивов электрической тяги в условиях эксплуатации на участках железных дорог, различных по степени трудности (сложности), является первостепенной и актуальной задачей железнодорожной отрасли Узбекистана.

Поэтому связанные с этой задачей теоретические и экспериментальные исследования, которые проводят сотрудники кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» совместно со специалистами линейных предприятий и других структурных подразделений локомотивного комплекса узбекских железных дорог, направлены на разработку перспективных ресурсосберегающих технологий по снижению расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов. Такие разработки, в первую очередь, должны напрямую касаться обоснования параметров основных показателей энергоемкости перевозочной работы и эффективности использования электрического тягового подвижного состава в разных условиях эксплуатации.

Эксплуатируемый электровозный парк АО «Ўзбекистон темир йўллари» составляет более ста восьмидесяти секций локомотивов электрической тяги, приблизительно семьдесят процентов которых приходится на магистральные (поездные) грузовые электровозы ВЛ80<sup>С</sup> в разном секционном исполнении [1]. Упомянутыми электровозами выполняется около шестидесяти процентов всего объема железнодорожных перевозок грузов на различных по степени трудности (сложности) участках железных дорог.

Сегодня АО «Ўзбекистон темир йўллари» проводит обновление эксплуатируемого электровозного парка не только за счет пополнения локомотивами нового поколения, но и посредством внедрения в ремонтное производство выполнения КРП – капитального ремонта второго объема с продлением срока службы экипажной части маги-

стральных (поездных) грузовых электровозов, к которым относятся главная рама и рама тележки.

В этой связи особое значение придается исследованиям по оценке тягово-энергетической эффективности и анализу перевозочной работы вышеупомянутых локомотивов электрической тяги, направленным на разработку практических рекомендаций и мероприятий по реализации повышения эффективности использования их тягово-энергетических характеристик в разнообразных условиях организации эксплуатационной деятельности узбекских железных дорог.

## Постановка задачи исследования

Достаточно большое количество научных работ зарубежных ученых [2], часть из которых обозначена в [3–10], посвящается исследованиям по повышению эксплуатационной надежности тягового электрического подвижного состава в различных условиях организации обычного, скоростного и высокоскоростного видов движения на электрифицированных участках железных дорог.

Исследования [3–7] в основном касаются изучения процесса передачи электрической энергии от контактного провода к оборудованию тягово-энергетической системы движущегося упомянутого электрического подвижного состава через токоприемник (пантограф) со скользящим электрическим контактом в области изоляторов и нейтральных вставок контактной сети применительно к высокоскоростным железным дорогам. Делая упор на движение электрического подвижного состава с высокими скоростями, авторы рекомендуют улучшить качественную составляющую процесса токосъема за счет оптимизации режимов токосъема путем нормирования верхнего и нижнего пределов контактного нажатия и при помощи применения механических и электрических средств защиты от возникновения всякого рода резонансных явлений. Несомненно, эти решения несколько «сгладят» («смягчат») динамику взаимодействия токоприемника с контактным прово-



дом, что является немаловажным, особенно в кривых участках электрифицированного железнодорожного пути, и тем самым позволят обеспечить повышение общего уровня организации безопасности движения в целом по участку.

Действительно, опыт эксплуатации тягового электрического подвижного состава показывает, что нарушение контакта при токосъеме может привести к возникновению бесконтактной электродуговой (недостаточное контактное нажатие) или контактной электровзрывной (перегрузка точек контакта рабочим током) эрозий, следствием чего является повышенный износ контактирующих элементов (контактные провода и контактные вставки токоприемника) и их обязательное искрение.

Авторами [8, 9] исследуются условия работы на скоростных (высокоскоростных) участках железных дорог автоматических средств, используемых на высокоскоростном пассажирском электрическом подвижном составе для отключения тока, основным предназначением которых является организация прохождения ими сопряжений анкерных участков с нейтральной вставкой на режиме выбега (холостого хода) с целью исключения любого вида (типа) пережога контактного провода. При вынужденной остановке поезда под нейтральной вставкой с целью его вывода из этого места рекомендуется для временной подачи напряжения на нейтральную вставку со стороны направления движения поезда использовать нормально разомкнутые секционные разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом.

Практическая составляющая энергосберегающих технологий по организации эксплуатации и управлению тяговым электрическим подвижным составом с учетом оптимального (рационального) режима ведения их на действующих, реальных участках узбекских железных дорог однозначно может усилиться за счет внедрения рекомендаций [10] улучшения и смягчения динамики протекания электромагнитных процессов, происходящих в тягово-энергетическом оборудовании локомотивов электрической тяги.

Используемые авторами работ [3–10] методики и полученные результаты исследований, несомненно, имеют определенный научный интерес и высокую практическую значимость, но они совсем не касаются обоснования параметров основных показателей перевозочной работы и эффективности использования тягового электрического подвижного состава с учетом реальных условий организации грузового движения на различных по степени трудности (сложности) профиля пути железнодорожных участках узбекских же-

лезных дорог.

Цель данных исследований заключается в обосновании параметров основных показателей перевозочной работы магистральных (поездных) грузовых электровозов серии ВЛ80<sup>С</sup> на одном из реальных участков Узбекской железной дороги и, кроме этого, связана с оценкой тягового качества и трудности (сложности) профиля пути. Движение грузовых поездов и железнодорожные перевозки грузов, разных по структуре, типу и содержанию, реализуются локомотивами электрической тяги, опираясь на реальные технические и организационно-технологические условия эксплуатационной деятельности упомянутого участка.

Разработанный автором статьи алгоритм реализации сформулированной выше задачи исследований опирается на методы и способы [11, 12] теории локомотивной тяги и исходные данные [1, 13] – условия организации перевозочной работы локомотивов с грузовыми поездами унифицированной массы составов и постоянным числом осей на спрямленном профиле пути исследуемого участка железной дороги, объект и предмет исследований.

Объект исследования составляют трехсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы 3ВЛ80<sup>С</sup> и спрямленный профиль пути реального участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги, который имеет четыре железнодорожных перегона: Каттакурган – Разъезд № 28, Разъезд № 28 – Зирабулак, Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои.

Предметом исследования являются основные показатели перевозочной работы и параметры тягово-энергетической эффективности использования исследуемых электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup>, а также приведенный расход электрической энергии на тягу поездов в количественном и денежном исчислении на заданном, реальном, участке железной дороги.

Трехсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы 3ВЛ80<sup>С</sup> [14] имеют ступенчатое контакторное регулирование напряжения коллекторных тяговых электродвигателей последовательного возбуждения, системы электрического реостатного торможения и возможности одновременного управления тремя однотипными секциями по системе многих единиц.

Участок Каттакурган – Навои железной дороги длиной 78,75 километра содержит шестьдесят один элемент [15], а двадцать шесть и тридцать два элемента пути характеризуются изменением крутизны, соответственно, подъемов от +0,14 до +5,77 ‰ и спусков от –0,12 до –5,37 ‰, и «площадки» – станции Зиёвуддин и Навои, Разъ-



езд № 33. На железнодорожном участке Каттакурган – Навои расположены две промежуточные станции (ст. Зирабулак и ст. Зиёвуддин) и шесть отдельных пунктов – разъездов (Разъезды № 28, № 29, № 30–33), где ограничение по скорости движения составляет  $V^{ог} = 60$  км/ч (ст. Каттакурган, ст. Зирабулак, Разъезды № 28, 29) и  $V^{ог} = 40$  км/ч (ст. Зиёвуддин). Кроме этого, перегон Каттакурган – Разъезд № 28 имеет два ограничения по скорости движения в  $V^{ог} = 80$  км/ч. При этом наибольшая скорость движения грузового поезда на упомянутом участке составляет  $V^{max} = 90$  км/ч.

Тяговое качество и свойства профиля пути заданного участка АО «Ўзбекистон темир йўллари», аналогично работам [16, 17], будем оценивать по критерию (показателю) трудности каждого перегона профиля пути – это приведенные значения общего и удельного расхода электрической энергии на тягу поездов. Величина последних определяется как частное от деления количества упомянутых расходов на один километр длины железнодорожного пути. Кроме этого, дополнительно будем использовать приведенные и удельные значения параметров других вышеупомянутых показателей:  $t^*$  – приведенное время хода поезда в режиме тяги,  $c_3$  и  $a$  – соответственно удельные денежные затраты и расход электрической энергии

на тягу поездов.

**Результаты исследования и их анализ**

Вначале [18], используя тяговые расчеты для номинальной позиции контроллера машиниста исследуемого электровоза в сочетании с режимами холостого хода и торможения, были определены кинематические параметры движения грузовых поездов и энергетические параметры основных показателей перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари». Грузовые поезда с минимальной массой состава  $Q = 2500$  т и постоянным числом осей в составе  $m = 200$  осей передвигаются по перегонам последнего упомянутыми электровозами ЗВЛ80<sup>С</sup> с учетом максимального использования мощности силовых энергетических систем и тягового качества локомотива, а также кинетической энергии поезда на каждом конкретном элементе профиля пути.

В табл. 1 и 2 приведены значения некоторых кинематических параметров движения грузовых поездов по перегонам участка Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги без остановок и с остановками на промежуточных станциях, отдельных пунктах и разъездах.

Таблица 1

**Время хода грузового поезда по перегонам без остановок по разъездам, промежуточным станциям и отдельным пунктам на замедление/разгон**

№ п/п	Промежуточные станции	Расстояние, км	Время хода, мин	Время на замедление/разгон, мин
1	Каттакурган		-	1,05/1,35
2	Разъезд № 28	11,25	9,00	1,10/0,75
3	Зирабулак	16,85	13,80	1,10/0,70
4	Зиёвуддин	27,15	18,60	1,40/1,00
5	Навои	23,50	16,05	1,20/-
6	По участку Каттакурган – Навои	78,75	57,45	1,17/0,95

Анализ данных табл. 1 и 2 показывает, что движение грузовых поездов на заданном, исследуемом, участке железной дороги, организованное без остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах по отношению к аналогичному движению с остановками на них, способствует:

- уменьшению общего времени хода поезда на 7,35 мин и увеличению технической скорости движения на 9,96 км/ч при среднем расчетном времени на одну остановку в 1,84 мин;

- значениям долей движения на режимах тяги в 25,06 процента, а холостого хода и торможения в 74,94 процента;

- уменьшению доли движения в режимах тяги и увеличению доли движения холостого хода и торможения приблизительно на 3,57 процента.

Динамика изменения кинематических параметров и анализ кривых скоростей движения грузовых поездов на участке Каттакурган – Навои отрицают движение с равномерной скоростью, а подтверждают только присутствие ускоренного и замедленного видов движения.



Таблица 2

**Распределение времени хода грузового поезда по перегонам холмисто-горного железнодорожного участка Каттакурган – Навои, электровозы ЗВЛ80<sup>С</sup>**

Перегоны	Техническая скорость движения $V_T$ , км/ч	Время хода поезда (без остановок / с остановками), мин		
		по перегону	в режиме	
			тяги	холостого хода и торможения
Каттакурган – Разъезд № 28	72,79/60,94	9,00/10,80	1,80/3,35	7,20/7,45
Разъезд № 28 – Зирабулак	61,77/57,21	13,80/14,90	5,20/5,40	8,60/9,50
Зирабулак – Зиёвуддин	87,51/78,82	18,60/20,65	3,90/4,50	14,70/16,15
Зиёвуддин – Навои	88,57/77,05	16,05/18,45	3,50/5,30	12,55/13,15
По участку Каттакурган – Навои	79,61/69,65	57,45/64,80	14,40/18,55	43,05/46,25

Значения общего (полного) и удельного расхода электрической энергии, затрачиваемой каждым исследуемым электровозом ЗВЛ80<sup>С</sup> при реализации движения грузового поезда с минимальной массой состава и постоянным числом осей по перегонам участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари», опираясь на данные

[1, 18], в количественном и денежном исчислении приведены в табл. 3. Индекс звездочка \* означает, что удельные затраты денежных средств определены с учетом налога на добавленную стоимость (НДС).

Таблица 3

**Расходы электрической энергии и денежных средств электровозами ЗВЛ80<sup>С</sup> при движении грузовых поездов на участке Каттакурган – Навои**

№ п/п	Перегоны	На промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах					
		без остановок			с остановками		
		общий (полный) за поездку $A$ , кВт·ч	удельный за поездку $a$ , Вт·ч/ткм брутто	удельные денежные затраты $c_3$ , тыс. сўм/км	общий (полный) за поездку $A$ , кВт·ч	удельный за поездку $a$ , Вт·ч/ткм брутто	удельные денежные затраты $c_3$ , тыс. сўм/км
1	Каттакурган – Разъезд № 28	401,98	14,72	3,204 3,843*	541,51	19,91	4,317 5,177*
2	Разъезд № 28 – Зирабулак	794,95	22,38	4,870 5,847*	804,57	22,65	4,929 5,912*
3	Зирабулак – Зиёвуддин	623,35	9,19	2,000 2,399*	693,49	10,22	2,225 2,669*
4	Зиёвуддин – Навои	637,45	10,76	2,342 2,809*	975,55	16,47	3,584 4,299*
5	По участку Каттакурган – Навои	2457,73	12,90	2,806 3,366*	3015,12	15,82	3,443 4,130*

На рис. 1 и 2 показаны параметры критерия трудности профиля пути и другие, сопутствующие железнодорожным перевозкам грузов, некоторые основные показатели перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на упомянутом участке Узбекской железной дороги.

По оси ординат обозначено: расход электрической энергии за поездку, соответственно, приведенный общий (полный)  $A^*$ , приведенный удельный  $a^*$  и удельный  $a$ , а также приведенное время

хода поезда в режиме тяги  $t_T^*$  и удельные денежные затраты  $c_3$ .

Для более четкой иллюстрации графических зависимостей, представленных на рис. 1 и 2, приведенные значения основных показателей энергетической эффективности исследуемых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» увеличены в двадцать пять и сто раз соответственно для показателей  $a^*$  и  $t_T^*$ , в шесть раз – для показателя  $c_3$ .

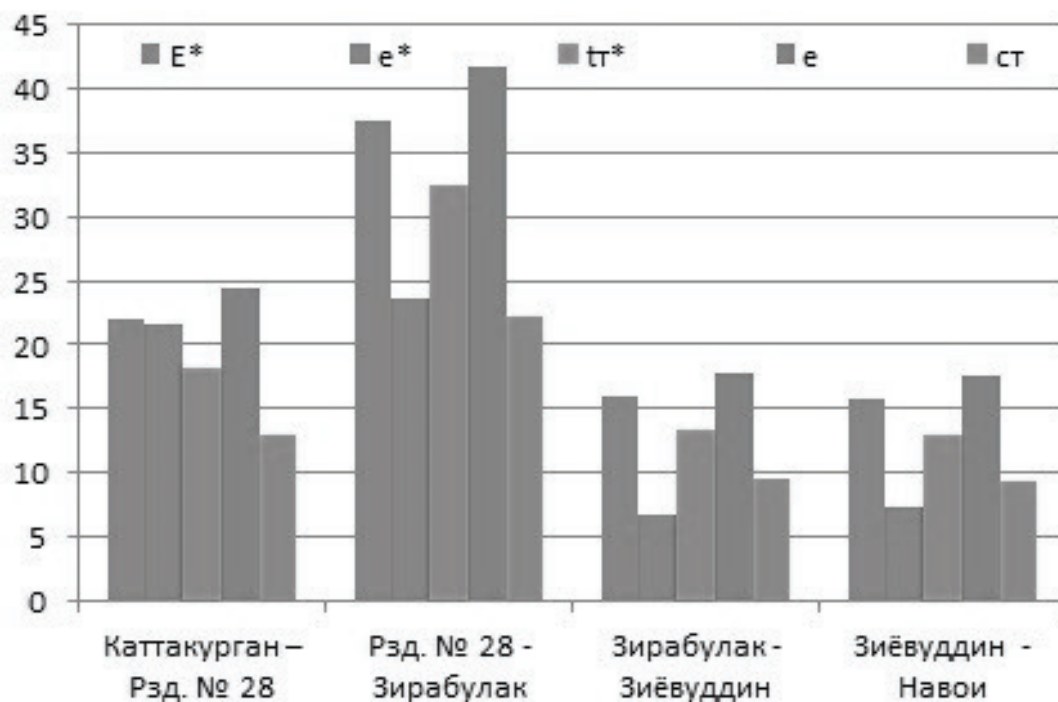


Рис. 1. Показатели энергетической эффективности использования электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на участке Каттакурган – Навои, движение без остановок

В результате исследований, проведенных с грузовыми поездами минимальной массы состава ( $Q = 2500$  т) и постоянным числом осей ( $m = 200$  осей), получены такие значения кинематических и энергетических параметров некоторых основных показателей использования трехсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги:

- среднее расчетное время хода грузового поезда при движении без остановок на каждом перегоне и суммарное на разгон-замедление по промежуточным станциям, разъездам и отдельным пунктам составляет, соответственно, приблизительно 14,36 и 2,12 мин;

- среднее расчетное время хода грузового поезда при движении с остановками на каждом перегоне составляет приблизительно 16,20 мин;

- движение грузовых поездов без остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах, по сравнению с аналогичным движением с остановками на последних, обеспечивает снижение расхода электрической энергии в среднем приблизительно на 18,49 процента;

- общий (полный) расход электрической энергии для одной остановки на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах составляет приблизительно 139,35 кВт·ч;

- удельный расход электрической энергии на одну остановку составляет приблизительно 0,730 Вт·ч/ткм брутто;

- усредненная величина общего (полного) и удельного расхода электрической энергии для каждого перегона участка соответственно составляет 614,43 кВт·ч и 3,225 Вт·ч/ткм брутто – движение без остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах, а также 753,78 кВт·ч и 3,955 Вт·ч/ткм брутто – движение с остановками на последних;

- среднее значение усредненной величины общего (полного) и удельного расхода электрической энергии для обоих (двух) видов движения на каждом перегоне участка соответственно составляет приблизительно 684,11 кВт·ч и 3,590 Вт·ч/ткм брутто;

- усредненная величина удельных затрат денежных средств для каждого перегона участка составляет 0,701 тыс. сум/км с НДС и 0,841 тыс. сум/км без НДС – движение без остановок, а также 0,861 тыс. сум/км без НДС и 1,032 тыс. сум/км с НДС – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах;

- среднее значение усредненной величины удельных затрат денежных средств для обоих (двух) видов движения на каждом перегоне участка составляет приблизительно 0,781 тыс. сум/км – без учета НДС, а с учетом НДС – 0,936 тыс. сум/км.

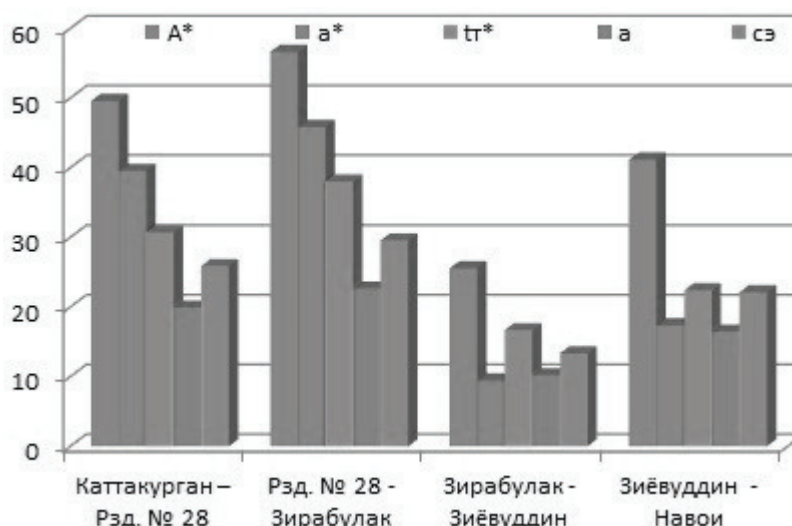


Рис. 2. Показатели перевозочной работы электровозов 3VL80<sup>C</sup> на участке Каттакурган – Навои, движение с остановками

Результатами обоснования тягового качества и свойства перегонов профиля пути исследуемого участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» являются нижеприведенные значения величины приведенного расхода электрической энергии общего ( $A^*$ , кВт·ч/км – числитель) и удельного ( $a^*$ , Вт·ч/ткм брутто: км – знаменатель) по каждому перегону участка Каттакурган – Навои, которые составляют:

- на перегоне Разъезд № 28 – Зирабулак – 55,950 / 1,575 единиц – движение без остановок и 56,628 / 1,594 единиц – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах;

- по перегону Каттакурган – Разъезд № 28 – 36,815 / 1,348 и 49,593 / 1,823 единиц соответственно при движении без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах;

- на двух перегонах Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои происходит колебание от 22,977 / 0,399 до 26,904 / 0,454 единиц – движение без остановок и от 25,563 / 0,378 до 41,175 / 0,695 единиц – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах.

Анализ вышеупомянутых графических зависимостей, критерия трудности профиля пути участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» и приведенные значения параметров основных показателей перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов 3VL80<sup>C</sup>, характеризующие исследуемое движение грузовых поездов с массой состава  $Q = 2500$  т и постоянным числом осей  $m = 200$  осей, показали следующее.

Наиболее трудным является перегон Разъезд № 28 – Зирабулак, средний по трудности – перегон Каттакурган – Разъезд № 28, а перегоны Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои – условно легкие.

#### Заключение

В результате оценки перевозочной работы трехсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов серии 3VL80<sup>C</sup> на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги при разных условиях организации грузового движения были определены значения кинематических параметров движения грузовых поездов с минимальной массой составов и постоянным числом осей и параметры основных показателей энергетической эффективности использования исследуемых электровозов.

Кроме этого, были обоснованы значения критерия тягового качества и сложности (трудности) перегонов профиля пути на одном из реальных участков холмисто-горного направления Самарканд – Бухара узбекских железных дорог.

Достоверность результатов проведенных исследований обосновывается достаточно высокой их сходимостью с результатами работ [14, 17–21 и др.], и поэтому вышеупомянутые параметры кинематических и энергетических показателей эффективности использования исследуемых магистральных (поездных) грузовых электровозов, несомненно, могут характеризовать перевозочный процесс в реальных условиях организации грузового движения на заданном (принятом) участке железной дороги.



Полученные нами результаты исследований могут быть рекомендованы специалистам цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари» для анализа и оценки тягового качества и сложности профиля пути и трассы железнодорожной линии Самарканд – Бухара, а кроме этого, для обоснования эффективно-

сти эксплуатационной деятельности этой части узбекских железных дорог, а также железнодорожных перевозок грузов, разных по структуре, типу и виду, с учетом энергосберегающих технологий по управлению и организации (реализации) движения грузовых поездов.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абляимов О.С. Исследование перевозочной работы электровозов ЗВЛ80С на холмисто-горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 5 (59) С. 15–22.
2. Абляимов О.С. Анализ перевозочной работы электровозов ЗВЛ80С на участке Мароканд-Каттакурган в условиях эксплуатации // Автоматика на транспорте. 2017. Т. 3. № 2. С. 216–234.
3. Ma D. Analysis of Overvoltage Transient State Process of De-energized Passage of Neutral Section Insulator. Cheng Du : South West JiaoTong University, 2008.
4. Zhang X.Y. Research on Overvoltage Mechanism and Prevention in the Network-Locomotive Coupling of the High-Speed and Heavy Haul Railways. Cheng Du:South West JiaoTong University, 2009.
5. Liu Y J., Chang G W., Huang H.M. Mayr's Equation-Based Model for Pantograph Arc of High-Speed Railway Traction System // IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 25. №. 3. 2010. P. 2025–2027.
6. Fang Z.G. Application of Transient Overvoltage Suppression Technique for EMU Auto-passing the Neutral Section with On-board Switch Closed // Railway Technical Innovation, 2010. Vol. 1. P. 44–46.
7. Research on the Harmonic in High-speed Railway Traction Power Supply System and Its Transmission Characteristic / Z.Y. He, H. T. Hu, L. Fang, ect. // Proceedings of the CSEE. 2011. Vol. 31. №. 16. P. 55–62.
8. Research and Simulation on Auto-Passing Phase Separation Control Strategy of High-Speed EMU / G.J. Li, X.Y. Feng, L.J. Wang, ect. // Transactions of China Electrotechnical Society, 2007. Vol. 22. №. 7. P. 181–185.
9. Wen J.M., Wang B.T., Fang Z.J. Research and Using on Auto-Passing Phase Separation Control Strategy of High-Speed EMU // Railway Standard Design. 2011. Vol. 4. P. 104–108.
10. Li N. Research on Electromagnetic Transient Process of Electric Locomotive System // Beijing : Beijing Jiaotong univervisity, 2010.
11. Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов. М. : Транспорт, 1987. 264 с.
12. Кузьмич В.Д. В.С. Руднев, С.Я. Френкель Теория локомотивной тяги. М. : Маршрут, 2005. 448 с.
13. Абляимов О.С. Исследование эффективности использования электрического тягового подвижного состава на холмисто-горном участке железной дороги // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2017. № 2 (11). С. 6–10.
14. Абляимов О. С. Оценка эффективности перевозочной работы электрического тягового подвижного состава на холмисто-горном участке железной дороги // Crede experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 3. С. 54–69.
15. Абляимов О.С., Ергашев З.З., Турсунов Т.М. К эффективности использования электровозов ЗВЛ80С на холмисто-горном участке железной дороги // Повышение энергетической эффективности наземных транспортных систем : II международ. науч.-практ. конф. Омск, 2016. С. 105–111.
16. Абляимов О.С. Исследование эффективности перевозочной работы тепловозов ЗТЭ10М и тяговые качества профиля пути участка Мароканд – Навои в условиях эксплуатации // Транспортные интеллектуальные системы – 2017 : материалы I международ. науч.-практ. конф. (TIS-2017). СПб., 2017. С. 150–162.
17. Абляимов О. С. Оценка эффективности перевозочной работы электровозов ЗВЛ80С на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Crede experto: транспорт, общество, образование, язык. 2018. № 3. С. 54–62.
18. Абляимов О.С. К использованию электровозов ЗВЛ80С на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Разработка и эксплуатация электротехнических комплексов и систем энергетики и наземного транспорта : материалы III международ. науч.-практ. ко н ф. Омск, 2018. С. 57–64.
19. Абляимов О. С. Тяговые качества профиля пути железнодорожного участка Каттакурган – Навои при электрической тяге // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте : материалы III Всероссий. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Омск, 2018. С. 87–94.
20. Абляимов О.С. Исследование эффективности использования электровозов ЗВЛ80С на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2018. № 4 (17). С. 6–13.
21. Абляимов О.С., Ушаков Э.С. Основы управления локомотивов. Ташкент : Davr, 2012. 392 с.

### REFERENCES

1. Ablyalimov O. S. Issledovanie perevozochnoi raboty elektrovozov ЗВЛ80С na kholmisto – gornom uchastke АО «Ўzbekiston temir йўллари» [Study of the transportation work of electric locomotives ЗВЛ80С in the hilly - mountainous section of JSC “Uzbekistan Temir Yollari”]. *Nauchno – tekhnicheskii zhurnal «Vestnik transporta Povolzh'ya»* [Vestnik transporta Povolzh'ya]. Samara State Transport University Publ., Samara, 2016, No. 5 (59) , pp. 15 – 22.
2. Ablyalimov O. S. Analiz perevozochnoi raboty elektrovozov ЗВЛ80С na uchastke Marokand – Kattakurgan v usloviyakh ekspluatatsii [Analysis of the transportation work of ЗВЛ80С electric locomotives in the section Marokand-Kattakurgan under operating conditions] *Nauchno – tekhnicheskii zhurnal «Avtomatika na transporte»* [Scientific and Technical Journal “Automation on Transport”]. Publ. of Peterburg State Transport University named after Emperor Alexander I. Saint Petersburg, 2017, Vol. 3, No. 2, pp. 216 – 234.
3. Ma D. Analysis of Overvoltage Transient State Process of De-energized Passage of Neutral Section Insulator. Cheng Du: South West JiaoTong University, 2008.
4. Zhang X. Y. Research on Overvoltage Mechanism and Prevention in the Network-Locomotive Coupling of the High-Speed and Heavy Haul Railways. Cheng Du: South West JiaoTong University, 2009.





5. Liu Y. J., Chang G. W., Huang H. M. Mayr's Equation-Based Model for Pantograph Arc of High-Speed Railway Traction System. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 25, No. 3, 2010, pp. 2025-2027.
6. Fang Z. G. Application of Transient Overvoltage Suppression Technique for EMU Auto-passing the Neutral Section with On-board Switch Closed. *Railway Technical Innovation*, 2010, Vol. 1, pp. 44-46
7. He Z. Y., Hu H. T., Fang L. et al. Research on the Harmonic in High-speed Railway Traction Power Supply System and Its Transmission Characteristic. *Proceedings of the CSEE*, 2011, Vol. 31, No. 16, pp. 55-62.
8. Li G. J., Feng X. Y., Wang L. J. et al. Research and Simulation on Auto-Passing Phase Separation Control Strategy of High-Speed EMU. *Transactions of China Electrotechnical Society*, 2007, Vol. 22, No. 7, pp. 181-185.
9. Wen J. M., Wang B. T., Fang Z. J. Research and Using on Auto-Passing Phase Separation Control Strategy of High-Speed EMU. *Railway Standard Design*, 2011, Vol. 4, pp. 104-108.
10. Li N. Research on Electromagnetic Transient Process of Electric Locomotive System. Beijing: Beijing Jiaotong university, 2010.
11. Deev V. V., Il'in G. A., Afonin G. S. Tyaga poezdov. Uchebnoe posobie dlya vuzov [Train Traction. Study Guide for Universities]. Moscow: Transport Publ., 1987, 264 p.
12. Kuz'mich V. D. Rudnev V. S., Frenkel' S. Ya. Teoriya lokomotivnoi tyagi. Uchebnik dlya vuzov zhelezнодорожного транспорта [The theory of locomotive traction. Textbook for high schools of railway transport]. Moscow: Marshrut Publ., 2005, 448 p.
13. Ablyalimov O. S. Issledovanie effektivnosti ispol'zovaniya elektricheskogo tyagovogo podvizhnogo sostava na kholmisto – gornom uchastke zheleznoi dorogi [Study of the efficiency of the use of electric traction rolling stock in the hilly-mountainous section of the railway]. *Nauchnyi zhurnal «Transport Aziatsko – Tikhookeanskogo regiona»* [Scientific Journal "Transport of the Asia-Pacific Region"]. Far East State Transport University Publ., Khabarovsk, 2017, No. 2 (11), pp. 6 – 10.
14. Ablyalimov O. S. Otsenka effektivnosti perevozhnoy raboty elektricheskogo tyagovogo podvizhnogo sostava na kholmisto – gornom uchastke zheleznoi dorogi [Estimation of the efficiency of the transportation work of electric traction rolling stock in the hilly-mountainous section of the railway]. *Mezhdunarodnyi informatsionno – analiticheskii zhurnal «Crede experto: transport, obshchestvo, obrazovanie, yazyk»* [International information and analytical magazine "Crede experto: transport, society, education, language"]. Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation Publ., Irkutsk, 2017, No. 3, pp. 54 – 69.
15. Ablyalimov O. S., Ergashev Z. Z., Tursunov T. M. K effektivnosti ispol'zovaniya elektrovozov 3VL80S na kholmisto – gornom uchastke zheleznoi dorogi [To the efficiency of use of electric locomotives 3VL80S in the hilly-mountainous section of the railway]. *Vtoraya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Povyshenie energeticheskoi effektivnosti nazemnykh transportnykh sistem»* [Second International Scientific and Practical Conference "Improving energy efficiency of land transport systems"]. Omsk State Transport Un-ty Publ., Omsk, 2016, pp. 105 – 111.
16. Ablyalimov O. S. Issledovanie effektivnosti perevozhnoy raboty teplovozov 3TE10M i tyagovye kachestva profilya puti uchastka Marokand – Navoi v usloviyakh ekspluatatsii [Study of the efficiency of the transportation work of diesel locomotives 3TE10M and traction qualities of the track section of the Marokand-Navoi section under operating conditions]. *Sbornik materialov I-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Transportnye intellektual'nye sistemy – 2017» (TIS-2017)* [Collection of materials of the I International Scientific and Practical Conference "Transport Intelligent Systems - 2017" (TIS-2017)]. Publ. of Peterburg State Transport University named after Emperor Alexander I. Saint Petersburg, 2017, pp. 150 – 162.
17. Ablyalimov O. S. Otsenka effektivnosti perevozhnoy raboty elektrovozov 3VL80S na uchastke Kattakurgan – Navoi Uzbekskoi zheleznoi dorogi [Assessment of the efficiency of the transportation work of electric locomotives 3VL80S on the Kattakurgan - Navoi section of the Uzbek railway]. *Mezhdunarodnyi informatsionno – analiticheskii zhurnal «Crede experto: transport, obshchestvo, obrazovanie, yazyk»* [International information and analytical magazine "Crede experto: transport, society, education, language"]. Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation Publ., Irkutsk, 2018, No. 3, pp. 54 – 62.
18. Ablyalimov O. S. K ispol'zovaniyu elektrovozov 3VL80S na uchastke Kattakurgan – Navoi Uzbekskoi zheleznoi dorogi [On the use of electric locomotives 3VL80S on the Kattakurgan-Navoi section of the Uzbek railway]. *Tret'ya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Razrabotka i ekspluatatsiya elektrotekhnicheskikh kompleksov i sistem energetiki i nazemnogo transporta»* [Third international scientific and practical conference "Development and operation of electrical engineering systems and energy systems and ground transportation"]. Omsk State Transport Un-ty Publ., Omsk, 2018, pp. 57 – 64.
19. Ablyalimov O. S. Tyagovye kachestva profilya puti zhelezнодорожного uchastka Kattakurgan – Navoi pri elektricheskoi tyage [The traction qualities of the rail track section of the Kattakurgan-Navoi railway section with electric propulsion]. *III-ya Vserossiiskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Pribory i metody izmerenii, kontrolya kachestva i diagnostiki v promyshlennosti i na transporte»* [Third All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation "Instruments and methods of measurement, quality control and diagnostics in industry and transport"]. Omsk State Transport Un-ty Publ., Omsk, 2018, pp. 87 – 94.
20. Ablyalimov O. S. Issledovanie effektivnosti ispol'zovaniya elektrovozov 3VL80S na uchastke Kattakurgan – Navoi Uzbekskoi zheleznoi dorogi [Study of the efficiency of use of electric 3VL80S electric locomotives in the Kattakurgan-Navoi section of the Uzbek railway]. *Nauchnyi zhurnal «Transport Aziatsko – Tikhookeanskogo regiona»* [Scientific Journal "Transport of the Asia-Pacific Region"]. Far East State Transport University Publ., Khabarovsk, 2018, No. 4 (17), pp. 6 – 13.
21. Ablyalimov O. S., Ushakov E. S. Osnovy upravleniya lokomotivov. Uchebnik dlya professional'nykh kolledzhei zhelezнодорожного транспорта [The Basics of Locomotive Management. Textbook for professional colleges of railway transport]. Tashkent: «Davr» Publ., 2012, 392 p.

### Информация об авторах

Аблялимов Олег Сергеевич – к. т. н., старший научный сотрудник, доцент кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство», Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (ТашИИТ), г. Ташкент, Республика Узбекистан, e-mail: o.ablyalimov@gmail.com

### Authors

Ablyalimov Oleg Sergeevich – Ph.D. in Engineering Science, senior research officer, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Locomotives and Locomotive Facilities, Tashkent Railway Engineering Institute (TashREI), Tashkent, the Republic of Uzbekistan, e-mail: o.ablyalimov@gmail.com

**Для цитирования**

Анализ эффективности перевозочной работы электровозов 3ВЛ80<sup>с</sup> на участке Каттакурган – Навои Узбекской железной дороги / О. С. Абляимов // Современные технологии. Системный анализ. 2018. - Т. 60, № 4. - С. 70–79. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).70-79

**For citation**

Abylyalimov O. S. Analiz effektivnosti perevozochnoi raboty elektrovozov 3VL80s na uchastke Kattakurgan – Navoi uzbekskoi zheleznoi dorogi [Analysis of the efficiency of transportation work of 3VL80<sup>s</sup> electric locomotives at the Kattakurgan – Navoi section of the Uzbek railway]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2018, Vol. 60, No. 4, pp. 70–79. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).70-79

УДК 656.022.5

DOI: 10.26731/1813-9108.2018.4(60).79-87

**М. В. Фуфачева**

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

Дата поступления: 18 сентября 2018 г.

**АНАЛИЗ ЗАДЕРЖЕК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОПУСКА ПО УЧАСТКУ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ**

**Аннотация.** Решается задача повышения пропускной способности двухпутных линий в условиях обращения поездов различной массы и длины. Одним из путей решения этой проблемы является удлинение станционных путей.

Отмечены основные сложности, возникающие при реконструкции станций, особенно при выборе этапности удлинения путей на станциях.

Задержки поездов на подходах к станциям являются одним из наиболее значимых критериев при выборе проекта реконструкции. Однако четкой формализации задачи по их определению до сих пор нет.

С целью определения числа и продолжительности задержек подвижного состава были установлены параметры статистики распределения прибытия грузовых поездов на станции для технических операций по интервалам и длины грузовых поездов.

На основе анализа статистического материала и разработанной модели работы железнодорожного участка исследованы задержки грузовых поездов при подходе к промежуточным и техническим станциям участка. В качестве существенных поездопотоков при моделировании рассматривались длинносоставные грузовые поезда, грузовые составы нормальной длины, длинносоставные поезда из порожних вагонов и пассажирские поезда. Выявлены зависимости величин задержек поездов и их количества от различных факторов: размера поездопотоков; доли длинносоставных поездов на участке; расстояния между станциями обгона; соотношения скорости хода грузовых поездов к скорости пассажирских.

Предложенная методика позволяет более точно оценивать задержки поездов в зависимости от различных факторов.

**Ключевые слова:** длинносоставные поезда, удлинение приемоотправочных путей, количество и величина стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях участка.

**М. V. Fufacheva**

Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, a branch of the Federal State Institution of Higher Education “Irkutsk State Transport University”, Krasnoyarsk, the Russian Federation

Received: September 18, 2018

**ANALYSIS OF DELAYS OF THE ROLLING STOCK IN THE ORGANIZATION OF HANDLING LONG-COMPONENT TRAINS IN A SECTION**

**Abstract.** The article meets the challenge of increasing the capacity of double-track lines in the conditions of circulation of trains of different weight and length. One way to solve this problem is to lengthen the station tracks.

The author noted the main difficulties encountered in the reconstruction of stations, especially when choosing the stage of lengthening the tracks at the stations.

Train delays at station approaches are one of the most important criteria when selecting a reconstruction project. However, the task of their definition still has not been formalized clearly.

In order to determine the number and duration of rolling stock delays, the main statistical parameters were established for the interval distribution of freight train arrival to technical stations and the number of cars in freight trains.

Based on the analysis of statistical material and the developed model of the railway section, the delays of freight trains were investigated when approaching the intermediate and technical stations of the section. In the simulation, long-component freight trains; freight trains of normal length; long-component trains of empty cars; a passenger train were considered as significant traffic flows. The author identified the dependencies of magnitudes and the number of the train delays from various factors: the size of traffic flows, the share of long-component trains at the section, the distance between overtaking stations, the ratio of speed of freight trains to the speed of the passenger trains.