

УДК 629.42:629.4.054, 625.28

ББК 39.232

**К ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЗВЛ80^С НА УЧАСТКЕ КАТТАКУРГАН –
НАВОИ АО «ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ»**

О. С. Абляимов

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Ташкент, Узбекистан

o.ablyalimov@gmail.com, i.gulzarova@gmail.com

Представлены результаты исследований по обоснованию эффективности использования трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80^С на холмисто-горном участке Каттакурган – Навои узбекских железных дорог при движении грузовых поездов с остановками на разъездах, промежуточных станциях и отдельных пунктах. Получены кинематические параметры движения грузовых поездов и параметры основных энергетических показателей перевозочной работы исследуемых электровозов ЗВЛ80^С в виде численных значений и графиков, а также уравнения регрессии по определению величины упомянутых показателей с учётом разной массы состава грузовых поездов. Результаты исследований рекомендуются специалистам линейных предприятий локомотивного хозяйства сети узбекских железных дорог для разработки комплексных мероприятий, связанных с повышением тягово-энергетической эффективности трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80^С в процессе реализации грузового движения по перегонам холмисто-горного участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Ключевые слова: эффективность, результат, грузовой поезд, движение, электровоз, участок, метод, эксплуатация, скорость, расчёт, подвижной состав,

анализ, холмисто-горный, пункт, зависимость, обоснование, перегон, железная дорога.

**CONCERNING THE EFFICIENCY OF USING THE 3VL80^S ELECTRIC
LOCOMOTIVES ON THE KATTAKURGAN – NAVOI DISTRICT OF
«UZBEKISTON RAILWAYS» JSC**

O. S. Ablyalimov

Candidate of Technical Sciences, senior staff scientist

Tashkent Institute of Railway Transport Engineers

Tashkent, Uzbekistan

o.ablyalimov@gmail.com, i.gulzarova@gmail.com

The article presents the investigation results of evaluation of the efficiency of 3VL80^S three-sectional main freight electric locomotives (trains) used on the Kattakurgan – Navoi district of Uzbek railways with stop-and-go freight traffic at passing tracks, intermediate stations and interstations.

The author gives the freight trains traveltime parameters and basic energy indicators of 3VL80S transportation work as numerical values and graphs as well as the regression equations to find the indicator values taking account of mass variation of freight trains.

The research results are recommended to the specialists of Uzbek railway line-enterprises for developing the complex activities related to the rise of traction and energy efficiency of 3VL80^S three-sectional main freight electric locomotives (trains) in organizing freight traffic on the hilly-mountainous Kattakurgan – Navoi district of «Uzbekiston Railways» JSC.

Keywords: efficiency, result, freight train, movement, electric locomotive, district, method, exploitation, speed, calculation, rolling – stock, analysis, hilly-mountainous, point, dependence, substantiation, stage, railway.

Введение

Изучение вопроса и обоснование основных параметров показателей тягово-энергетической эффективности использования магистральных (поездных) грузовых локомотивов электрической тяги в количественном и денежном исчислении с учётом организации безопасности движения поездов на всех участках узбекских железных дорог, несомненно, является важной и актуальной задачей современной транспортной политики железнодорожной отрасли Узбекистана.

Поскольку это связано не только с обновлением локомотивного парка, которое осуществляется за счёт пополнения тягового электрического подвижного состава «нового» поколения, таких как, «Узбекистан» – грузопассажирский, пассажирский и грузовой, но и посредством продления срока службы эксплуатируемых электровозов ВЛ60^К и ВЛ80^С с учётом повсеместной электрификации действующих и вновь строящихся участков узбекских железных дорог.

Электровозный парк АО «Ўзбекистон темир йўллари» насчитывает более ста восьмидесяти секций локомотивов электрической тяги [Абляимов, 2016, с. 17], приблизительно семьдесят процентов которых составляют магистральные (поездные) грузовые электровозы ВЛ80^С в различном секционном исполнении и доля участия их в железнодорожных перевозках грузов различных по структуре и содержанию превышает пятьдесят девять процентов.

Сказанное выше обязывает, особенно касается, специалистов железнодорожного профиля высших учебных и научно-исследовательских учреждений сконцентрироваться и весь свой научный потенциал направить на выполнение теоретических и экспериментальных исследований по изысканию возможностей и обоснованию путей повышения тягово-энергетической эффективности использования локомотивов электрической тяги "старого" поколения при реализации грузового и пассажирского видов движения.

Таким образом, для сотрудников кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТа и специалистов линейных предприятий локомотивного

комплекса АО «Ўзбекистон темир йўллари» позитивные результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные ими в процессе выполнения последних и направленные на повышение эффективности использования магистрального электровозного парка в производственно-эксплуатационной деятельности узбекских железных дорог на холмисто-горных железнодорожных участках, непременно имеют основополагающее, важное и знаковое значение и, в этой связи, однозначно являются своевременными и желаемыми результатами.

Постановка задачи исследования

Эти исследования проводятся с целью обоснования кинематических параметров движения грузовых поездов и параметров топливно-энергетической эффективности использования магистральных (поездных) грузовых электровозов серии ЗВЛ80^С на одном из реальных участков железной дороги АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Для реализации поставленной цели исследований была выполнена серия тяговых расчётов, опираясь на исходную информацию [Абляимов, 2016, с. 18; Абляимов, 2017, с. 55] и рекомендации [Деев, 1987, с. 229; Кузьмич, 2005, с. 237] теории локомотивной тяги.

Объект исследования составляют трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы серии ЗВЛ80^С и спрямлённый профиль пути участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари», который имеет четыре железнодорожных перегона: Каттакурган – Разъезд № 28, Разъезд № 28 – Зирабулак, Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои.

Предмет исследования – кинематические параметры движения грузовых поездов, основные показатели перевозочной работы и параметры тягово-энергетической эффективности использования упомянутых грузовых электровозов в количественном и денежном исчислении на заданном (принятом) реальном участке Узбекской железной дороги.

Конструктивная особенность трёхсекционного магистрального (поездного) грузового электровоза серии ЗВЛ80^С описана в [Аблялимов, 2012, с. 151; Васько, 1990, с. 13], а характеристика элементов спрямлённого профиля пути железнодорожного участка Каттакурган – Навои с обоснованием степени сложности его приведена в [Аблялимов, 2017, с. 55; Аблялимов, 2017, с. 7].

Методика исследования аналогична [Аблялимов, 2016, с. 18; Аблялимов, 2012, с. 363, 376], согласно которой предусматривалось вождение грузовых поездов с разной массой (от $Q_1 = 2500$ т до $Q_3 = 3500$ т) составов и одинаковым количеством осей ($m = 200$ осей) в последних организовывать посредством исследуемых грузовых электровозов ЗВЛ80^С с остановками на разъездах, промежуточных станциях и отдельных пунктах.

Результаты исследования и их анализ

В таблице 1 приведены результаты тягового расчёта для перевозочного процесса на участке Каттакурган – Навои, где вождение грузовых поездов с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах с учётом варьирования массы состава на величину $\Delta Q = 500$ т в диапазоне от $Q_1 = 2500$ т до $Q_3 = 3500$ т и постоянным числом осей в составе $m = 200$ осей реализуют трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы ЗВЛ80^С, здесь и далее на рисунке 1 индекс звёздочка * – данные, учитывающие налог на добавленную стоимость (НДС).

Характер изменения параметров энергетических показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80^С на заданном участке железнодорожного пути при движении грузовых поездов с остановками на разъездах, промежуточных станциях и отдельных пунктах в зависимости от массы состава показан на рисунке 1. Для более чёткой иллюстрации графических зависимостей на рисунке 1, численные значения общего (полного) A за поездку и удельного a на тягу поездов расхода электрической энергии, соответственно, уменьшены в пятнадцать раз и увеличены в десять раз, а значения величины полной C_3 и

удельной c^* , стоимости израсходованной электрической энергии увеличены в двадцать и десять раз, соответственно.

Таблица 1 – Основные показатели перевозочной работы электровозов ЗВЛ80^С по перегонам холмисто-горного участка Каттакурман – Навои, движение с остановками

Вариант тягового расчёта	Условия перевозочной работы			Время хода поезда, мин			Расход электрической энергии за поездку		Затраты денежных средств	
	масса состава Q , т	число осей m , осей	техническая скорость движения, V_T , км/ч	общее t_x	в режиме тяги t_T	в режиме холостого хода и торможения $t_{ххт}$	общий A , кВт·ч	удельный a , Вт·ч/т км брутто	полные $C_э$, тыс. сўм	удельные $c_э$, тыс. сўм/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перегон Каттакурман – Разъезд. № 28, $L = 11,25$ км										
1	2500	200	60,94	10,80	3,35	7,45	541,51	19,91	47,133 56,534*	4,317 5,177*
2	3000	200	60,66	10,80	3,55	7,25	566,82	17,30	49,366 59,176*	4,518 5,419*
3	3500	200	60,66	10,80	3,75	7,05	595,60	15,58	51,841 62,181*	4,748 5,695*
Перегон Разъезд. № 28 – Зирабулак, $L = 16,85$ км										
1	2500	200	57,21	14,90	5,40	9,50	804,57	22,65	70,030 87,997*	4,929 5,912*
2	3000	200	56,08	15,20	5,80	9,40	908,04	21,30	79,036 94,800*	5,563 6,672*
3	3500	200	54,60	15,60	6,30	9,30	1009,55	20,30	87,870 105,400*	6,185 7,418*
Перегон Зирабулак – Зиёвуддин, $L = 27,15$ км										
1	2500	200	78,82	20,65	4,50	16,15	693,49	10,22	60,361 72,400*	2,225 2,669*
2	3000	200	77,88	20,90	5,10	15,80	792,43	9,74	68,973 82,730*	2,542 3,049*
3	3500	200	76,78	21,20	5,65	15,55	893,37	9,41	77,760 93,268*	2,866 3,438*
Перегон Зиёвуддин – Навои, $L = 23,50$ км										
1	2500	200	77,05	18,45	5,30	13,15	975,55	16,47	84,912 101,847*	3,584 4,299*
2	3000	200	75,02	18,95	6,00	12,95	1003,30	14,11	87,327	3,686

									104,744*	4,421*
3	3500	200	73,28	19,40	6,80	12,60	1031,06	12,43	89,743	3,788
									107,643*	4,543*

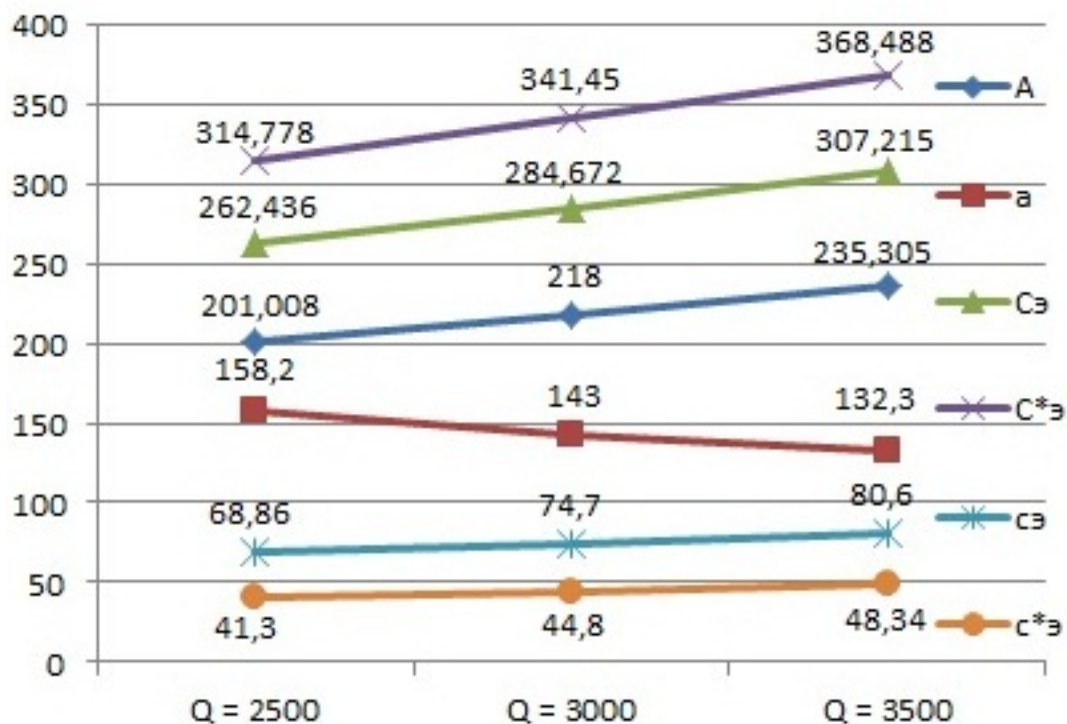


Рисунок 1 – Энергетические показатели перевозочной работы электровозов ЗВЛ80^С на участке Каттакурган – Навои, движение с остановками

Анализ результата тяговых расчётов относительно графического грузового поезда с унифицированной массой состава $Q_2=3000$ т и количеством осей в составе $m = 200$ осей свидетельствует о следующем.

1. Среднее общее время хода поезда составляет 1,098ч, уменьшение массы состава на $\Delta Q = 500$ т приводит к уменьшению общего времени хода поезда на 1,59 процента, а с увеличением массы состава на $\Delta Q = 500$ т происходит увеличение этого времени на 1,75 процента.

2. Техническая скорость движения поезда при аналогичном изменении массы состава имеет тенденцию к повышению и снижению в тех же пределах, причём, в среднем она равна 69,12 км/ч.

3. Полный и удельный средние расходы электрической энергии на тягу поездов составляют, соответственно, 3271,76 кВт·ч и 14,45 Вт·ч/т км.

4. Увеличение массы состава ~ на 20 процентов способствует увеличению полного расхода электроэнергии на 7,92 процента, однако, удельный расход

электроэнергии при этом уменьшается на 7,48 процента, а уменьшение массы состава ~ на 20 процентов обеспечивает уменьшение полного и увеличение удельного расхода электроэнергии, соответственно, на 7,81 и 10,63 процента.

5. Уменьшение массы состава ~ на 20 процентов приводит к снижению и увеличению показателей использования режимов тяги [Аблялимов, 2016, с. 20], а также холостого хода и торможения [Аблялимов, 2008, с. 97], соответственно, на 2,42 процента, а с увеличением массы состава ~ на 20 процентов, наоборот, происходит повышение и снижение этих показателей на 2,53 процента.

6. Время хода поезда в режиме холостого хода и торможения, а также в режиме тяги колеблется, соответственно, от 0,771ч до 0,421ч и от 0,309ч до 0,375ч. При увеличении массы состава ~ на 20 процентов происходит уменьшение времени хода поезда в режиме холостого хода и торможения, а также его увеличение в режиме тяги, соответственно, на 0,682ч и 0,367ч. Время хода поезда в режиме холостого хода и торможения увеличивается, а в режиме тяги уменьшается, соответственно, на 0,014ч и 0,032ч с уменьшением ~ на 20 процентов массы состава.

7. Уменьшение массы состава на 20 процентов приводит к снижению полной и удельной стоимости в среднем на 7,82 процента, а с увеличением массы состава ~ на 20 процентов происходит повышение этих показателей в среднем на 7,91 процента.

На рисунке 2 показана динамика кинематических параметров движения грузовых поездов на холмисто-горном участке Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» в зависимости от массы состава грузового поезда в процессе его движения с остановками на разъездах, промежуточных станциях и отдельных пунктах.

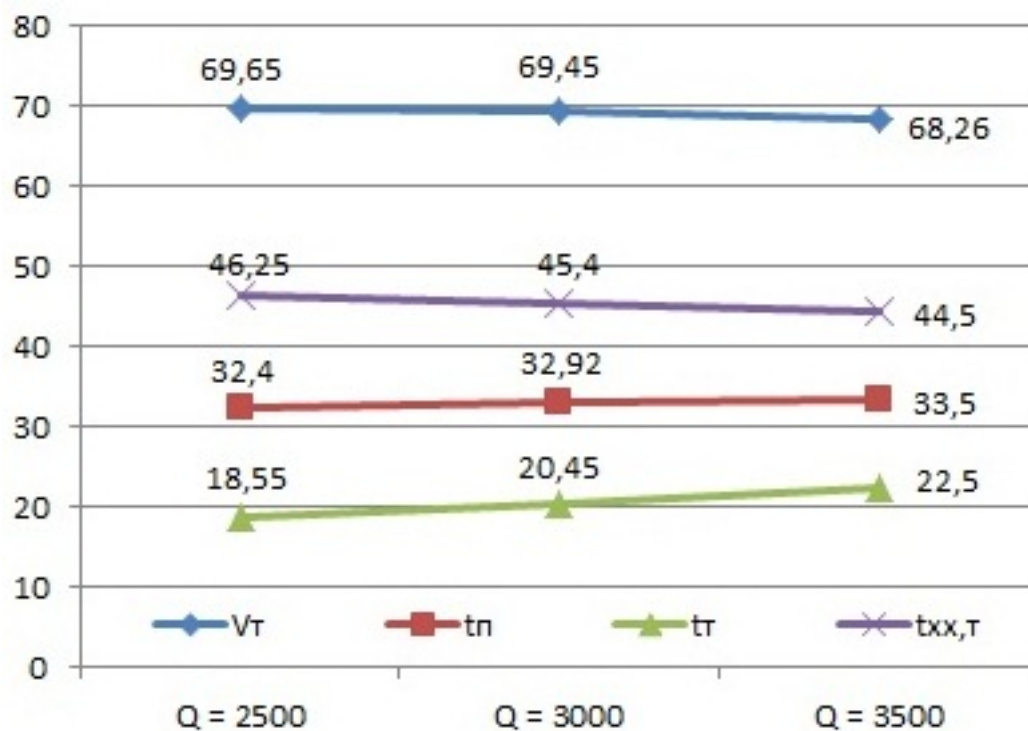


Рисунок 2 – Кинематические параметры движения грузовых поездов на участке Каттакурган – Навои, движение с остановками

Аналогично [Аблялимов, 2016, с. 21; Аблялимов, 2017, с. 228], с целью определения параметров энергетической эффективности и основных показателей использования упомянутых электровозов серии ЗВЛ80^С при движении грузовых поездов на участке Каттакурган – Навои с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах, нами были получены уравнения регрессии вместе с достаточной величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 1,0$ (необходимое условие достоверности - $R^2 \geq 0,8$), где фактор (показатель) $Q_i = 1,2,3$ – есть вариант тягового расчёта.

Общее время хода поезда t_x , мин:

$$t_x = 0,05Q_i^2 + 0,9Q_i + 63,85 \quad (1)$$

Время хода поезда на режиме тяги t_T , мин:

$$t_T = 0,075Q_i^2 + 1,675Q_i + 16,8 \quad (2)$$

Время хода поезда на режиме холостого хода и торможения $t_{xx,T}$, мин:

$$t_{xx,T} = -0,025Q_i^2 - 2,775Q_i + 47,05 \quad (3)$$

Техническая скорость движения V_T , км/ч:

$$V_T = -0,495Q_i^2 + 1,285Q_i + 68,86 \quad (4)$$

Общий расход электрической энергии за поездку A , кВт·ч:

$$A=1,76Q_i^2+250,19Q_i+2763,2 \quad (5)$$

Удельный расход электрической энергии a , Вт·ч/т км брутто:

$$a=0,225Q_i^2-2,195Q_i+17,79 \quad (6)$$

Полные денежные затраты (без учёта НДС) C_3 , тыс. сѐм:

$$C_3=0,1535Q_i^2+21,775Q_i+240,51 \quad (7)$$

Приведѐнные денежные затраты (без учёта НДС) c_3 , тыс. сѐм / км:

$$c_3=0,0015Q_i^2+0,2875Q_i+3,154 \quad (8)$$

Приведѐнные аналитические выражения (1) – (8) свидетельствуют, что динамика упомянутых параметров с учётом изменения массы состава грузового поезда описывается полиномом второй степени со стопроцентной точностью их вычисления.

Анализ динамики кинематических параметров и траекторий движения грузовых поездов с остановками на разъездах, промежуточных станциях и отдельных пунктах холмисто-горного участка Каттакурган – Навои показывает, что с уменьшением массы состава происходит увеличение времени работы тягово-энергетических систем исследуемого электровоза не под током и движение грузового поезда организуется в режиме холостого хода. В этом случае уменьшается время хода грузового поезда в режиме тяги и снижается потребление электровозом электроэнергии из контактной сети, что, естественно, приводит к уменьшению расхода электрической энергии на тягу поездов.

Уместно будет сказать о том, что результаты настоящего исследования подтверждаются работами [Аблялимов, 2016, с. 19, с. 107; Аблялимов, 2017, с. 57, с. 23, с. 9; Аблялимов, 2018, с. 29 и другие] и, таким образом, вполне объективно могут (будут) характеризовать перевозочный процесс грузового движения на исследуемом холмисто-горном участке железной дороги.

Заключение

Получены кинематические параметры движения грузовых поездов и параметры основных показателей перевозочной работы исследуемых грузовых

электровозов ЗВЛ80^С в разных условиях организации железнодорожных перевозок грузов на одном из реальных, в данное время активно действующем, электрифицированном участке узбекских железных дорог.

Предложены аналитические выражения, предназначенные для определения параметров основных показателей тягово-энергетической эффективности использования трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80^С в различных условиях эксплуатационной деятельности холмисто-горного участка Каттакурган – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Модели вождения грузовых поездов, параметры основных показателей эффективности использования трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80^С на исследуемом железнодорожном участке Каттакурган – Навои и уравнения регрессии по их определению позволят машинистам-инструкторам и специалистам цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара разработать корректные рекомендации и мероприятия по экономному расходованию электрической энергии на тягу поездов.

Библиографический список

1. *Абляимов О. С.* Анализ перевозочной работы электровозов ЗВЛ80^С на участке Мароканд – Каттакурган в условиях эксплуатации // Автоматика на транспорте. 2017. Т. 3. № 2. С. 216–235.
2. *Абляимов О. С.* Исследование перевозочной работы электровозов ЗВЛ80^С на холмисто-горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 5 (59). С. 15–22.
3. *Абляимов О. С.* Исследование эффективности использования локомотивной тяги на холмисто-горном участке железной дороги // Вестник транспорта Поволжья. 2017. № 1 (61). С. 15 – 24.
4. *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.
5. *Абляимов О. С.* К анализу тяговых расчётов на новых участках ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» / *О. Т. Касымов, О. С. Абляимов* // VIII научно-техническая

конференция по проблемам наземных транспортных систем. Ташкент: Ташкентский ин-т инж. ж.-д. транспорта, 2008. С. 94–98.

6. *Аблялимов О. С.* К эффективности использования электровозов 3ВЛ80^С на холмисто-горном участке железной дороги / *О. С. Аблялимов, З. З. Ергашев, Т. М. Турсунов* // Вторая международная научно-практическая конференция «Повышение энергетической эффективности наземных транспортных систем». Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения. 2016. С. 105–111.

7. *Аблялимов О. С.* Об использовании электровозов 3ВЛ80^С на участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги // Вестник КемРИПК. 2018. № 4. С. 23–31.

8. *Аблялимов О. С.* Основы управления локомотивов: учебник для профессиональных колледжей железнодорожного транспорта / *О. С. Аблялимов, Э. С. Ушаков*. Ташкент: «Davr», 2012. 392 с.

9. *Аблялимов О. С.* Оценка эффективности использования дизельного тягового подвижного состава на холмисто – горном участке железной дороги // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2017. № 3 (12). С. 6–11.

10. *Аблялимов О. С.* Оценка эффективности перевозочной работы электрического тягового подвижного состава на холмисто-горном участке железной дороги // Crede experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 4. С. 54–69.

11. *Васько Н. М.* Электровоз ВЛ80^С: руководство по эксплуатации / *Н. М. Васько, А. С. Девятков, А. Ф. Кучеров и другие*. М.: Транспорт, 1990. 454 с.

12. *Деев В. В.* Тяга поездов: учебное пособие для вузов / *В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин*. М.: Транспорт, 1987. 264 с.

13. *Кузьмич В. Д.* Теория локомотивной тяги: учебник для вузов ж.-д. транспорта / *В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель*. М.: Маршрут, 2005. 448 с.

Reference

1. *Ablyalimov O. S.* (2017) Analysis of transportation work of 3VL80S electric locomotives on Marokand – Kattakurgan district under operation conditions // Automatics in transport. 2017. V. 3. № 2. P. 216–235. (in Russian)

2. *Ablyalimov O. S.* (2016) Investigation of transportation work of 3VL80S electric locomotives on the hilly-mountainous «Uzbekiston Railways» JSC district // Volga Region Transport Bulletin. 2016. № 5 (59). P. 15–22. (in Russian)

3. *Ablyalimov O. S.* (2017) Investigation of efficiency of locomotive traction use on a hilly-mountainous district of the railway // Volga Region Transport Bulletin. 2017. № 1 (61). P. 15 – 24. (in Russian)

4. *Ablyalimov O. S.* (2017) Evaluation of the efficiency of the use of diesel traction rolling stock on a hilly-mountainous district of the railway // Scientific Journal "Transport of the Asia-Pacific Region". 2017 № 2 (11). C. 6–10. (In Russian)
5. *Ablyalimov O. S.* (2008) Concerning the analysis of traction calculations on new districts of «Uzbekiston Railways» JSC / O. T. Kasymov, O. S. Abljalimov // 8th scientific and technical conference on issues of ground transport systems. Tashkent: Tashkent institute of railway engineers, 2008. P. 94–98. (In Russian)
6. *Ablyalimov O. S.* (2016) Concerning the efficiency of 3VL80S electromotives used on a hilly and mountainous railway section / O. S. Abljalimov, Z. Z. Ergashev, T. M. Tursunov // II international scientific and practical conference «Increase of energetic efficiency of ground-based transport systems» / Omsk state railway university. Omsk, 2016 P. 105–111. (In Russian)
7. *Ablyalimov O. S.* (2018) Concerning the use of 3VL80S electric locomotives on Marokand – Kattakurgan district of the Uzbek railway // Bulletin KemRIPK. 2018. № 4. P. 23–31. (In Russian)
8. *Ablyalimov, O. S.* (2012). Basics of locomotive control: course book for vocational railway colleges / O.S. Ablyalimov, E.S. Ushakov. Tashkent: «Davr», 2012 392 p. (In Russian)
9. *Ablyalimov O. S.* (2017). Evaluation of the efficiency of the use of diesel traction rolling stock in the hilly-mountainous section of the railway // Scientific Journal "Transport of the Asia-Pacific Region". 2017 No. 3 (12). p. 6–11. (In Russian)
10. *Ablyalimov O. S.* (2017). Estimate of efficiency of transportation work of a diesel traction rolling stock in the hilly-mountainous section of the railway // Crede experto: transport, society, education, language. 2017. № 4. P. 54–69. (In Russian)
11. *Vas'ko N. M.* (1990) VL80S electric locomotive: maintenance manual / N. M. Vas'ko, A. S. Devjatkov, A. F. Kucherov et al. M.: Transport, 1990. 454 p. (In Russian)
12. *Deev V. V.* (1987) Train traction / V. V. Deev, G. A. Il'in, G. S. Afonin // Textbook for higher education institutions. M.: Transport, 1987. 264 p. (In Russian)
13. *Kuz'mich V. D.* (2005) Locomotive-traction theory: coursebook for railway higher education institutions / V. D. Kuz'mich, V. S. Rudnev, S. Ja. Frenkel'. M.: Marshrut, 2005. 448 p. (In Russian)