

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЗОВ ЗТЭ10М НА УЧАСТКЕ МАРОКАНД – КАТТАКУРГАН УЗБЕКСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Абляимов О.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Узбекистан

### Аннотация

Представлены результаты исследований по обоснованию параметров перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов ЗТЭ10М на железнодорожном участке Мароканд – Каттакурган направления Самарканд – Навои – Бухара Узбекской железной дороги, которые были получены известными методами теории локомотивной тяги. Значения параметров основных показателей перевозочной работы исследуемых тепловозов ЗТЭ10М были установлены в результате выполнения серии тяговых расчётов для различных условий организации грузового движения на участке Мароканд – Каттакурган и приведены в виде табличных данных и графических зависимостей. Средние и среднеарифметические значения основных показателей определены с учётом движения грузовых поездов без остановок и с остановками на отдельных пунктах. Получены уравнения регрессии, предназначенные для вычисления усреднённых значений параметров основных показателей топливно-энергетической эффективности использования исследуемых тепловозов ЗТЭ10М в реальных условиях организации железнодорожных перевозок грузов для принятого диапазона изменения массы состава грузовых поездов. Результаты исследований рекомендуются для практического использования машинистам-инструкторам и специалистам линейных предприятий локомотивного хозяйства сети узбекских железных дорог, чья профессиональная и производственная деятельность касаются вопросов экономии дизельного топлива на тягу поездов.

**Ключевые слова:** исследование, результат, грузовой поезд, движение, тепловоз, железнодорожный путь, участок, эксплуатация, условие, направление, подвижной состав, станция, перегон, профиль, эффективность.

Основные показатели транспортной энергетики в виде конкретных кинематических параметров движения грузовых поездов и расходов дизельного топлива на тягу поездов в количественном и стоимостном исчислении являются базовой составляющей по обоснованию и оценке топливно-энергетической эффективности использования магистральных (поездных) грузовых локомотивов дизельной тяги в разнообразных условиях организации эксплуатационной деятельности железных дорог.

Высокий уровень пропускной и провозной способности железных дорог напрямую связан с повсеместным увеличением объёма перевозок и сокращением времени доставки грузов (пассажиров), которые будут всецело зависеть как от профессиональной подготовки локомотивных бригад и слаженности их действий в пути следования подвижного состава, так и от эффективной работы тягового подвижного состава.

Это достигается в результате внедрения энергосберегающих технологий с учётом повсеместного сокращения топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов и повышения эффективности перевозочной работы локомотивов, постоянного улучшения системы организации труда и отдыха локомотивных бригад, и обязательной высокой эксплуатационной надёжности и безопасности движения всех видов (типов) поездов в различных условиях эксплуатации.

По данной проблематике ведутся исследования в различных направлениях. Так, использованию разнообразных элементов робототехники, с учётом реги-

страции параметров диагностических сигналов технического состояния узлов, агрегатов и систем локомотивов в условиях эксплуатации и последующим воспроизведением (изображением) величин этих сигналов на мониторах дисплея в кабине машиниста, посвящены работы [1, 2].

Авторы исследований [3, 4] доказывают, что повышение эффективности перевозочной работы локомотивов достигается не только за счёт совершенствования сервисного обслуживания силовых энергетических установок (систем), но и в результате успешной реализации электромагнитной передачи в тяговом электрическом подвижном составе железных дорог.

Вопросы, связанные с экономным расходованием топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов тепловозами и локомотивами с гибридной передачей в грузовом движении, исследуются в работах [5-7].

В настоящее время на Узбекской железной дороге обновление эксплуатируемого парка локомотивов дизельной тяги осуществляется, главным образом, за счёт проведения поэтапной глубокой модернизации части действующих магистральных (поездных) тепловозов серии ТЭ10М путём замены дизеля 10Д100 на современный прогрессивный дизель 1А-5Д49 [8] Коломенского тепловозостроительного завода [9].

На сегодняшний день, около семидесяти процентов [10] всех магистральных (поездных) локомотивов дизельной тяги АО «Узбекистон темир йўллари» (Узбекские железные дороги) приходится на грузовые тепловозы серии ТЭ10М в различном секционном исполнении.

Поэтому исследования, направленные на продол-

жение изучения топливно-энергетической эффективности использования магистральных (поездных) грузовых локомотивов дизельной тяги в различных условиях эксплуатации на разных участках Узбекских железных дорог, являются своевременной и актуальной задачей.

Настоящие исследования были выполнены для трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов серии ЗТЭ10М при вождении поездов в условиях эксплуатационной деятельности на примере железнодорожного участка Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги. Исследования проводились с использованием положений теории локомотивной тяги [11, 12] и разработанного авторами алгоритма реализации поставленной задачи, с учётом исходных данных [13, 14] о материально – технологических условиях перевозочной работы локомотивов, спрямлённом профиле пути упомянутого исследуемого участка железной дороги, об объекте и предмете исследования.

Объектом исследования являются трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые тепловозы серии ЗТЭ10М, эксплуатирующиеся на участке Мароканд – Каттакурган АО «Ўзбекистон темир йўллари», характеризующимся спрямлённым профилем пути.

Предмет исследования – основные показатели и параметры топливно-энергетической эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М на участке железнодорожного пути холмисто-горного направления Мароканд – Навои Узбекской железной дороги.

Характерной особенностью трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов ЗТЭ10М являются следующие отличительные конструктивные черты [17]: модернизированный трёхсекционный магистральный грузовой тепловоз ЗТЭ10М оснащён микропроцессорной системой регулирования мощности дизель-генератора УСТА-75-02 (унифицированная система тепловозной автоматики), системой КЛУБ-У (комплексное локомотивное устройство безопасности) и унифицированным пультом управления (УПУ); для контроля параметров, на трёх секциях в электрической схеме базового тепловоза ЗТЭ10М внесены изменения в соединениях интерфейсов и пультов управления каждой секции, а также систем подготовки пуска, пуска дизеля и пожарной сигнализации.

Используя данные работы [16], приведём краткую характеристику профиля пути исследуемого железнодорожного участка Мароканд – Каттакурган холмисто-горного направления Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Участок железнодорожного пути Мароканд – Каттакурган, протяжённостью в 61.75 км, являющийся составной частью холмисто-горного района Узбекской железной дороги, содержит сорок один элемент профиля пути. Восемнадцать элементов из них – подъёмы от +0.6 до +5.82‰ и двадцать три – спуски от -0.19 до -5.87‰ [16]. Горизонтальные элементы отсутствуют.

Железнодорожный участок пути Мароканд – Каттакурган имеет две промежуточные станции и один

разъезд, на которых ограничение по скорости движения составляет  $V^{ор} = 80$  км/ч (ст. Джума) и  $V^{ор} = 60$  км/ч (ст. Нурбулак, ст. Каттакурган, разъезд № 24). Кроме этого, перегоны Мароканд – Джума и Нурбулак – Каттакурган имеют по одному элементу пути с ограничением по скорости движения в  $V^{ор} = 80$  км/ч. Два элемента пути с ограничением по скорости движения грузовых поездов имеет перегон Джума – разъезд № 24. Наибольшая скорость движения грузовых поездов составляет  $V^{max} = 90$  км/ч.

В табл. 1 приведены кинематические и энергетические параметры основных показателей эффективности использования трёхсекционных магистральных грузовых тепловозов ЗТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган при движении грузовых поездов с остановками и без остановок на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах. Также представлены средние и усреднённые значения показателей перевозочной работы исследуемых тепловозов ЗТЭ10М для двух видов движения в принятом нами диапазоне изменения массы составов грузового поезда от  $Q_1 = 2500$  т до  $Q_3 = 3500$  т.

Сопоставление полученных значений между собой позволит провести оценку качественной составляющей перевозочной работы трёхсекционных магистральных грузовых тепловозов ЗТЭ10М, выполненной при реализации в грузовом движении железнодорожных перевозок различных по видам и типам грузов на заданном железнодорожном участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Анализ данных табл. 1 для средних значений параметров основных показателей использования исследуемых тепловозов ЗТЭ10М показывает, что движение грузовых поездов, организованное без остановок на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах участка Мароканд – Каттакурган, по сравнению с движением с остановками, обеспечивает:

- уменьшение общего времени хода поезда на 7.91 мин. при среднем расчётном времени на одну остановку приблизительно в 2.64 мин. и увеличение технической скорости движения на 9.31 км/ч;
- значения долей движения на режимах тяги в 27.21%, а холостого хода и торможения – в 72.79%;
- уменьшение – увеличение, соответственно, значений долей движения в режимах тяги, а также холостого хода и торможения на 4.98%;
- уменьшение общего и удельного расходов дизельного топлива на тягу поездов за поездку, соответственно, в среднем на 24.98 и 24.96%;
- общий и удельный расходы дизельного топлива на одну остановку, соответственно в 43.73 кг и 2.82 кг на  $10^4$  т·км брутто;
- уменьшение удельного расхода условного дизельного топлива на тягу поездов за поездку в среднем на 24.96%;
- удельный расход условного дизельного топлива на одну остановку в 3.41 кг на  $10^4$  т·км брутто;
- снижение полных и приведённых удельных денежных затрат, соответственно, на 232.28 тыс. сўм (24.98%) и на 3.764 тыс. сўм / км (25.0%).

Основные показатели перевозочной работы тепловозов ЗТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган

Вариант тягового расчёта	Условия перевозочной работы			Время хода поезда, мин.			Расход дизельного топлива			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 $t_{х.т}$	общий		удельный		полные $C_T$ , тыс. сум	удельные $C_T$ , тыс. сум / км
							за поездку $E$ , кг	натурного топлива $e$ , кг/10 <sup>4</sup> -т-км брутто	условного топлива $e_y$ , кг/10 <sup>4</sup> -т-км брутто			
Движение по перегонам участка без остановок												
Перегон Мароканд – Джума. $L = 8.75$ км												
1	2500	200	69.96	7.80	4.3	3.50	112.35	49.41	70.66	198.91	21.870	
2	3000	200	70.41	7.75	4.4	3.75	115.15	42.20	60.35	203.87	22.415	
3	3500	200	67.37	8.10	5.3	2.80	136.75	42.96	61.43	242.11	26.620	
Перегон Джума – Нурбулак. $L = 29.00$ км												
1	2500	200	77.77	22.00	4.55	17.45	134.55	18.87	26.99	238.21	8.354	
2	3000	200	76.72	22.30	4.85	17.45	142.11	16.61	23.76	251.60	8.823	
3	3500	200	75.53	22.65	5.10	17.55	148.53	14.88	21.28	262.96	9.222	
Перегон Нурбулак – Каттакурган. $L = 24.00$ км												
1	2500	200	69.35	20.90	4.25	16.65	126.08	20.88	29.85	223.22	9.240	
2	3000	200	67.73	21.40	4.50	16.90	132.66	18.30	26.17	234.87	9.723	
3	3500	200	70.36	20.60	4.60	16.00	134.16	15.87	22.69	237.52	9.832	
Движение по участку Мароканд – Каттакурган. $L = 61.75$ км												
1	2500	200	73.09	50.70	13.10	37.60	372.98	24.15	34.54	660.34	10.691	
2	3000	200	72.03	51.45	13.75	37.70	389.48	21.02	30.06	689.55	11.164	
3	3500	200	71.75	51.65	15.00	36.65	419.78	19.42	27.77	743.20	12.033	
Средние значения			72.29	51.27	13.95	37.32	394.08	21.53	30.79	697.70	11.296	
Движение по перегонам участка с остановками												
Перегон Мароканд – Джума. $L = 8.75$ км												
1	2500	200	56.84	9.60	4.30	5.30	114.40	50.31	71.95	202.54	22.269	
2	3000	200	56.84	9.60	4.40	5.20	116.81	42.81	61.22	206.81	22.738	
3	3500	200	54.57	10.00	5.30	4.70	138.92	43.64	62.40	245.95	27.042	
Перегон Джума – Нурбулак. $L = 29.00$ км												
1	2500	200	68.99	24.80	7.50	17.30	208.72	29.28	41.87	369.53	12.959	
2	3000	200	66.83	25.60	8.15	17.45	225.27	26.33	37.66	398.83	13.987	
3	3500	200	65.93	25.95	8.35	17.60	230.48	23.09	33.02	408.05	14.311	
Перегон Нурбулак – Каттакурган. $L = 24.00$ км												
1	2500	200	61.67	23.50	6.05	17.45	172.35	28.54	40.81	305.14	12.632	
2	3000	200	59.64	24.30	6.40	17.90	181.69	25.07	35.85	321.67	13.316	
3	3500	200	59.89	24.20	6.7	17.50	188.79	22.33	31.93	334.24	13.837	
Движение по участку Мароканд – Каттакурган. $L = 61.75$ км												
1	2500	200	65.04	57.90	17.85	40.05	493.87	31.98	45.74	874.37	14.156	
2	3000	200	62.28	59.50	18.95	40.55	523.77	28.27	40.42	927.31	15.013	
3	3500	200	61.61	60.15	20.35	39.80	558.19	25.82	36.92	988.25	16.000	
Средние значения			62.98	59.18	19.05	40.13	525.28	28.69	41.03	929.98	15.060	
Значения по двум видам движения												
Усреднённые значения на участке Мароканд – Каттакурган. $L = 61.75$ км												
1	2500	200	69.06	54.30	15.47	38.82	433.42	28.06	40.14	767.35	12.423	
2	3000	200	67.15	55.47	16.35	39.12	456.62	24.64	35.24	808.43	13.088	
3	3500	200	66.68	55.90	17.67	38.22	488.98	22.62	32.34	865.72	14.016	
Средние значения			67.63	55.22	16.50	38.72	459.68	25.11	35.91	813.84	13.180	

- снижение полных и приведённых удельных денежных затрат, соответственно, на 232.28 тыс. съм (24.98%) и на 3.764 тыс. съм / км (25.0%).

Анализ усреднённых значений параметров основных показателей энергетической эффективности трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых тепловозов ЗТЭ10М в сравнении с грузовыми поездами по графику движения [10, 15], имеющими унифицированную массу  $Q_2 = 3000$  т и число осей  $m = 200$  осей в составе, позволил сделать следующие выводы.

1. Среднее общее время хода поезда составляет 0.92 ч. Уменьшение массы состава на  $\Delta Q = 500$  т приводит к уменьшению общего времени хода поезда на 2.11%, причём с увеличением массы состава на  $\Delta Q = 500$  т происходит увеличение этого времени на 0.77%.

2. Техническая скорость движения поезда при аналогичном изменении массы состава имеет тенденцию к повышению и снижению, соответственно, на 2.84 и 0.7%, причём, в среднем, она составляет 67.63 км/ч.

3. Полный и удельный средние расходы дизельного топлива на тягу поездов составляют, соответственно, 459.67 кг и 25.11 кг на  $10^4$  т·км брутто (или условного дизельного топлива 35.87 кг на  $10^4$  т·км брутто).

4. Уменьшение массы состава приблизительно на 20% способствует уменьшению полного расхода дизельного топлива на 5.08%, однако, удельный расход натурального дизельного топлива при этом увеличивается на 13.88%. Увеличение массы состава на 20% обеспечивает увеличение полного и уменьшение удельного расхода дизельного топлива, соответственно, на 7.09 и 8.2%.

5. Время хода поезда в режиме холостого хода и торможения, а также в режиме тяги изменяется, соответственно, от 0.647 ч до 0.637 ч и от 0.258 ч до 0.294 ч. При увеличении массы состава на 20%, происходит уменьшение времени хода поезда в режиме холостого хода и торможения, а также его увеличение в режиме тяги, соответственно, на 0.015 ч и 0.022 ч. Время хода поезда в режиме холостого хода и торможения, а также в режиме тяги уменьшается, соответственно, на 0.005 ч и 0.015 ч с уменьшением массы состава на 20%.

6. Уменьшение массы состава на 20% приводит к снижению и увеличению показателей использования режимов тяги, а также холостого хода и торможения [15], соответственно, на 0.97%, а с увеличением массы состава, наоборот, происходит повышение и снижение этих показателей на 2.15%.

7. Увеличение массы состава приводит к повышению полной и удельной стоимостей израсходованного количества дизельного топлива в среднем на 7.09%, а с уменьшением массы состава происходит снижение этих показателей в среднем на 5.08%.

В результате статистической обработки значений параметров основных показателей топливно-энергетической эффективности использования исследуемых тепловозов ЗТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурман были получены уравнения регрессии. Эти уравнения предлагается использовать для расчёта

усреднённых величин показателей топливно-энергетической эффективности для реальных условий организации грузового движения на исследуемом железнодорожном участке Мароканд – Каттакурман с использованием трёхсекционных магистральных грузовых тепловозов серии ЗТЭ10М. В полученных уравнениях  $Q_i$  – масса состава грузового поезда,  $i$  – вариант тягового расчёта.

Общее время хода поезда  $t_x$ , мин.

$$t_x = -0.37Q_i^2 + 2.28Q_i + 52.39. \quad (1)$$

Время хода поезда в режиме тяги  $t_t$ , мин.

$$t_t = 0.22Q_i^2 + 0.22Q_i + 15.03. \quad (2)$$

Время хода поезда в режиме холостого хода и торможения  $t_{xx,t}$ , мин.

$$t_{xx,t} = -0.6Q_i^2 + 2.1Q_i + 37.32. \quad (3)$$

Техническая скорость движения  $V_t$ , км/ч

$$V_t = 0.72Q_i^2 - 4.07Q_i + 72.41. \quad (4)$$

Общий расход дизельного топлива за поездку  $E$ , кг

$$E = 4.58Q_i^2 + 9.46Q_i + 419.38. \quad (5)$$

Удельный расход дизельного топлива  $e$ , кг /  $10^4$  т·км брутто

$$e = 0.7Q_i^2 - 5.5Q_i + 37.88. \quad (6)$$

Удельный расход условного дизельного топлива  $e_y$ , кг /  $10^4$  т·км брутто

$$e_y = 0.95Q_i^2 - 7.75Q_i + 46.94. \quad (7)$$

Полные денежные затраты  $C_t$ , тыс. съм

$$C_t = 8.105Q_i^2 + 16.765Q_i + 742.48. \quad (8)$$

Приведённые денежные затраты  $c_t$ , тыс. съм / км

$$c_t = 0.1315Q_i^2 + 0.2705Q_i + 12.021. \quad (9)$$

Значения кинематических параметров движения грузового поезда и параметров энергетической эффективности использования трёхсекционных магистральных грузовых тепловозов ЗТЭ10М с учётом распределения по каждой конкретной остановке на раздельном пункте приведены в табл. 2. В таблице также показаны темпы изменения этих значений в пределах от  $Q_1 = 2500$  т до  $Q_3 = 3500$  т грузового поезда на исследуемом железнодорожном участке Мароканд – Каттакурман направления Самарканд – Навои – Бухара в количественном и стоимостном исчислении. Отрицательный знак величины указывает на снижение технической скорости движения грузового поезда в процессе увеличения массы состава и никак не влияет на значения абсолютной величины скорости движения.

На рис. 1 и 2 показаны изменения значений основных показателей эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М на заданном участке Мароканд – Каттакурман для различных значений массы состава грузовых поездов. На данных рисунках, на осях абсцисс используются следующие обозначения: 1 –  $Q_1 = 2500$  т, 2 –  $Q_2 = 3000$  т и 3 –  $Q_3 = 3500$  т.

Параметры основных показателей эффективности использования тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган, длина участка L = 61.75 км

Вариант тягового расчёта	Исходные данные		Кинематические параметры движения грузового поезда				Энергетические параметры эффективности				
	масса состава $Q, т$	число осей в составе $m, осей$	Скорость движения		Время хода поезда, мин/ост.		Расход дизельного топлива			Затраты денежных средств	
			техническая $\Delta V_T, км/ч :ост.$		общее, $\Delta t_x$	в режиме тяги, $\Delta t_T$	в режиме холостого хода и торможения, $\Delta t_{хх,т}$	за поездку $\Delta E, кг/ост.$	удельный		полные $\Delta C_T, тыс. с\у́м/ост.$
						натурного топлива $\Delta e \times 10, кг/10^4 ткм :ост.$		условного топлива $\Delta e_y \times 10, кг/10^4 ткм :ост.$			
Значения параметров энергетической эффективности на одну остановку грузового поезда											
1	2500	200	-2.683	2.400	1.583	0.817	40.30	26.1	37.3	71,343	11,55
2	3000	200	-3.250	2.683	1.733	0.950	44.76	24.2	34.5	79,253	12,83
3	3500	200	-3.380	2.893	1.783	1.05	46.14	21.3	30.5	81,683	13,22
Средние значения			-3.104	2.639	1.700	0.939	43.73	23.9	34.1	77.426	12.53
Темп изменения параметров энергетической эффективности исследуемых тепловозов											
1	2500	200	0.889	1.142	1.362	1.065	1.324	1.324	1.324	1,324	1,324
2	3000	200	0.865	1.156	1.378	1.075	1.345	1.345	1.345	1,345	1,345
3	3500	200	0.859	1.164	1.357	1.086	1.330	1.330	1.330	1,330	1,330
Средние значения			0.871	1.154	1.365	1.075	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333

Следует отметить, что значения показателей были определены для одной остановки грузового поезда. Для большей наглядности характера изменения удельных расходов дизельного топлива и затрат денежных средств масштабы величин были увеличены в десять раз.

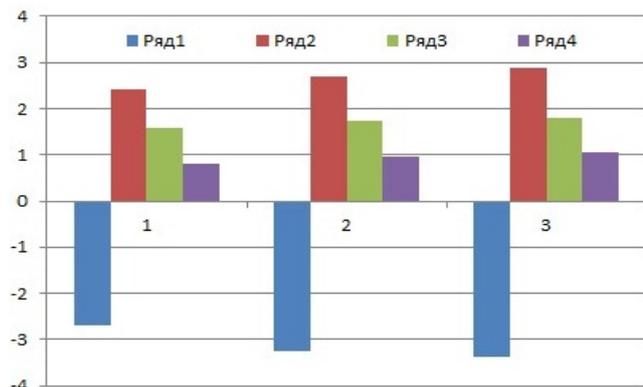


Рис. 1. Изменение кинематических параметров движения грузового поезда на участке Мароканд – Каттакурган

Ряд 1 – изменение технической скорости движения  $\Delta V_T$ ; Ряды 2, 3 и 4 – изменение времени хода поезда, соответственно, общее  $\Delta t_x$ , в режиме тяги  $\Delta t_T$  и в режиме холостого хода, торможения  $\Delta t_{хх,т}$ .

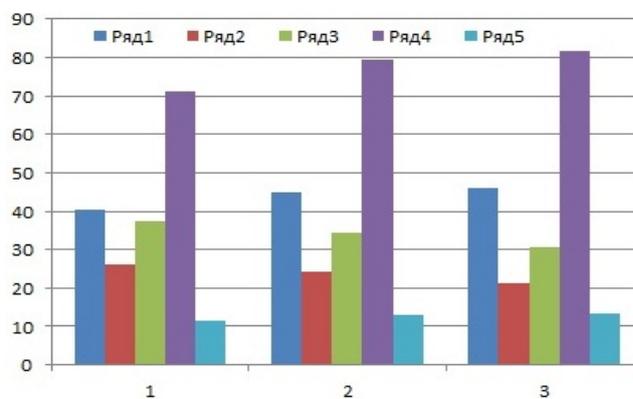


Рис. 2. Изменение количественных и стоимостных энергетических параметров эффективности использования тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган  
Ряды 1, 2 и 3 – изменение расхода дизельного топлива, соответственно, за поездку  $\Delta E$ , реального топлива  $\Delta e$  и условного топлива  $\Delta e_y$ ; Ряды 4 и 5 – затраты денежных средств, соответственно, полные  $\Delta C_T$ , и удельные  $\Delta c_T$ .

Диаграммы темпа изменения значений параметров эффективности использования исследуемых тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган для различных значений массы состава грузовых поездов приведена на рис. 3.

Анализ данных табл. 2 и диаграмм показателей

эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган позволяет сделать следующие выводы.

1. При увеличении массы состава грузового поезда:

- темп изменения значений одинаковый для всех количественных и стоимостных энергетических показателей эффективности использования;
- уменьшение технической скорости  $V_T$  движения грузового поезда происходит с интенсивностью от 0.889 ( $Q_1 = 2500$  т) до 0.859 ( $Q_3 = 3500$  т) единиц;
- средние значения интенсивности увеличения времени хода грузовых поездов для различных режимов работы силовых энергетических установок исследуемых тепловозов находятся в пределах от 1.365 единицы (режим тяги) до 1.075 единицы (режим холостого хода и торможения), а для общего времени движения поезда по участку они составляют 1.154 единицы.

2. Уменьшение массы состава грузового поезда обеспечивает:

- постоянную динамику увеличения значений параметров для всех видов (типов) количественных и стоимостных энергетических показателей эффективности использования;
- увеличение технической скорости  $V_T$  движения грузового поезда с динамикой нарастания, величина которой изменяется от 0.859 ( $Q_3=3500$  т) до 0.889 ( $Q_1=2500$  т) единиц;
- уменьшение интенсивности изменения по времени хода грузовых поездов в режиме холостого хода, торможения и общего времени движения поезда по исследуемому участку составляет 0.37% для  $Q_1 = 2500$  т и 1.55% для  $Q_2 = 3000$  т.

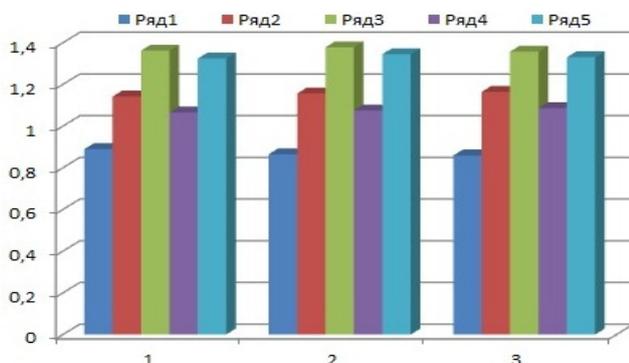


Рис. 3. Темп изменения параметров эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган

Ряд 1 – для технической скорости движения  $\Delta V_T$ ; Ряды 2, 3 и 4 – для времени хода поезда, соответственно, общего  $\Delta t_x$ , в режиме тяги  $\Delta t_t$  и в режиме холостого хода, торможения  $\Delta t_{xx}$ , т; Ряд 5 – для количественных и стоимостных параметров энергетической эффективности использования тепловозов.

Анализ изменения усреднённых значений основных показателей эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М на железнодорожном участке Маро-

канд – Каттакурган Узбекской железной дороги для грузовых поездов различной массы [10, 16, 17] показал, что данные зависимости описываются полиномиальными уравнениями.

Результаты анализа изменения усреднённых значений основных показателей эффективности использования тепловозов ЗТЭ10М, при условии одной остановки грузового поезда показали, что:

- величина общего и удельного расходов дизельного топлива составляет, соответственно, 40.30 кг и 2.61 кг на  $10^4$  т·км брутто ( $Q_1=2500$  т), 44.76 кг и 2.42 кг на  $10^4$  т·км брутто ( $Q_2=3000$  т) и 46.14 кг и 2.13 кг на  $10^4$  т·км брутто ( $Q_3=3500$  т);
- темп увеличения (уменьшения) расхода дизельного топлива при каждом последовательном увеличении массы состава составляет 1.11 (0.927) раз (при изменении массы поезда от  $Q_1=2500$  т до  $Q_2=3000$  т) и 1.031 (0.880) раз (от  $Q_2=3000$  т до  $Q_3=3500$  т);
- усреднённая величина полного и удельного расходов дизельного топлива, приходящаяся на один километр железнодорожного пути, составляет, соответственно, 2.34 кг/км и 0.151 кг на  $10^4$  т·км брутто при  $Q_1=2500$  т; 2.46 кг/км и 0.133 кг/10<sup>4</sup> т·км брутто при  $Q_2=3000$  т и 2.64 кг/км и 0.122 кг/10<sup>4</sup> т·км брутто при  $Q_3=3500$  т.

### Заключение

В результате проведённых исследований эффективности использования трёхсекционных магистральных грузовых тепловозов серии ЗТЭ10М при различных условиях организации грузового движения на железнодорожном участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги получены: значения кинематических параметров движения грузовых поездов; энергетические параметры эффективности тепловозов; уравнения регрессии параметров движения грузовых поездов от их массы.

Полученные результаты будут полезны машинистам-инструкторам и специалистам цеха эксплуатации локомотивных депо Самарканд, Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари», при разработке комплексных рекомендаций и мероприятий по оптимальному использованию энергетических ресурсов и, в частности, дизельного топлива на тягу поездов для линейных предприятий локомотивного хозяйства сети Узбекских железных дорог.

### Список литературы

1. Dev Anand, M., Selvaraj, T., Kumanan, S. and Janarthanan, J. (2008) 'Fault diagnosis system for a robot manipulator through neuro-fuzzy approach', International Journal of Modelling, Identification and Control, July, vol. 3, no. 2, pp.181–192.
2. Wang, Y.X., Wang, L.D. et al. (2006) 'Display screen in the cab for the locomotive fault diagnosis system', Journal of the China Railway Society, vol. 28, no. 3, pp.67–70.
3. GT26CU-3 Locomotive Service Manual, 2009. Electro Motive Diesel Inc.. 3rd Edition ed. s.l.: General Motors.
4. N.Li, Research on Electromagnetic Transient Process of Electric Locomotive System, Beijing: Beijing Jiaotong university, 2010.
5. Janse van Rensburg, J., 2007. Development of a Flywheel Energy Storage System - Uninterrupted Power Supply (FLY-UPS), Potchefstroom: North West University: Dissertation for Masters in Mechanical Engineering.
6. Mulder, M., 2014. Transnet Diesel Locomotive Fuel Consumption Tables. Pretoria: Transnet Freight Rail: Train Design Department.

7. Mayet, C., Pouget, J., Bouscayrol, A. & Lhomme, W., 2014. Influence of an Energy Storage System on the Energy Consumption of a Diesel-Electric Locomotive. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 63(3).
8. Абляимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов UzTE16M4 на участке Кумкурган – Ташгузар ГАЗК «Узбекистон темир йўллари» [Текст] / О.С. Абляимов // Известия Транссиба. 2014. №2(18). С. 2-7.
9. Быков В.Г., Морозкин Б.Н., Серделевич Г.Е., Хлебников Ю.В., Ширяев В.М. Пассажирский тепловоз ТЭП70. М.: Транспорт, 1976. 232 с.
10. Абляимов О.С. К исследованию эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на холмисто-горном участке железной дороги // Известия Транссиба. 2016. № 3(27). С.2-10.
11. Деев В.В., Ильин Г.А., Афонин Г.С. Тяга поездов. М.: Транспорт, 1987. 264 с.
12. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теория локомотивной тяги. М.: Маршрут, 2005. 448 с.
13. Абляимов О.С. К исследованию эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган АО «Узбекистон темир йўллари» // Наука и образование транспорту / Материалы XI-й Международной науч.-практ. конф. Самара: СамГУПС, 2016. С.22-26.
14. Абляимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган АО «Узбекистон темир йўллари» // Локомотивы. XXI век / Материалы IV-й Международной науч.-техн. конф. СПб.: ПГУПС, 2016. С.266-270.
15. Абляимов О.С., Ушаков Э.С. Основы управления локомотивов. Ташкент: Davr, 2012. 392 с.
16. Абляимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на холмисто – горном участке АО «Узбекистон темир йўллари» // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 3 (57). С.16-22.
17. Абляимов О.С. Исследование эксплуатации тепловозов 3ТЭ10М на холмисто – горном участке АО «Узбекистон темир йўллари» // Известия Транссиба. 2016. № 2 (26). С.2-10.

Материал поступил в редакцию 23.03.16

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

THE EFFECTIVENESS EVALUATION OF THE DIESEL LOCOMOTIVES 3ТЭ10М UTILIZATION BETWEEN MAROKAND – KATTAKURGAN ON THE UZBEK RAILWAYS

**Ablyalimov Oleg Sergeevich** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor

Tashkent Institute of Railway Transport Engineering, Republic of Uzbekistan. Phone: +9-9890-975-59-43.

E-mail: i.gulzarova@gmail.com

**Abstract**

The results of research on the justification of the parameters of freight with three-section mainline (crew) diesel freight locomotives 3ТЭ10М on the railway section between Marokand – Kattakurgan with the route Samarkand – Navoi – Bukhara on Uzbek railways are presented, that were obtained by the famous locomotive traction theory. The values of parameters of main indicators of freight with studied diesel freight locomotives 3ТЭ10М were specified as a result of the performing the series of grade computations for different conditions of the organization of freight traffic on the section Marokand – Kattakurgan. Moreover, these values are presented in tabular data and graphic dependencies. Average and arithmetic mean values of main indicators are determined with the regard to freight trains without stopping and with stopping on interstation. The regression equations are obtained that intended for the calculation of averaged parameters' values of the main indicators for fuel and energy efficiency to utilize the studied diesel freight locomotives 3ТЭ10М in real conditions of the organization of rail freight transportation for the accepted range of mass' variation of freight trains. The results of research are recommended for the practical utilization by locomotive drivers-instructors and specialists of the linear locomotive enterprises on the Uzbek railway network whose professional and production activities relate to issues of the diesel fuel saving for the haulage of trains.

**Keywords:** research, result, freight train, movement, diesel train, rail track, section, exploitation, condition, route, rolling stock, station, railroad haul, profile, efficiency.

**References**

1. Dev Anand, M., Selvaraj, T., Kumanan, S. and Janarthanan, J. (2008) 'Fault diagnosis system for a robot manipulator through neuro-fuzzy approach', International Journal of Modelling, Identification and Control, July, vol. 3, no. 2, pp.181-192.
2. Wang, Y.X., Wang, L.D. et al. (2006) 'Display screen in the cab for the locomotive fault diagnosis system', Journal of the China Railway Society, vol. 28, no. 3, pp.67-70.
3. GT26CU-3 Locomotive Service Manual, 2009. Electro Motive Diesel Inc.. 3rd Edition ed. s.l.: General Motors.
4. N.Li, Research on Electromagnetic Transient Process of Electric Locomotive System, Beijing: Beijing Jiaotong university, 2010.
5. Janse van Rensburg, J., 2007. Development of a Flywheel Energy Storage System - Uninterrupted Power Supply (FLY-UPS), Potchefstroom: North West University: Dissertation for Masters in Mechanical Engineering.
6. Mulder, M., 2014. Transnet Diesel Locomotive Fuel Consumption Tables. Pretoria: Transnet Freight Rail: Train Design Department.
7. Mayet, C., Pouget, J., Bouscayrol, A. & Lhomme, W., 2014. Influence of an Energy Storage System on the Energy Consumption of a Diesel-Electric Locomotive. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 63(3).
8. Ablyalimov O.S. Issledovanie ekspluatatsii teplovozzov UzTE16M4 na uchastke Kumkurgan – Tashguzar GAZhK «Ўzbekiston temir ijlari» [Research UzTE16M4 diesel locomotives operating on Kumkurgan – Tashguzar direction SSRC «Uzbekistan railways»] // Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]. 2014, vol.18, no.2, pp. 2-7.
9. Byikov V.G., Moroshkin B.N., Serdelevich G.E., Hlebnikov Yu.V., Shiryayev V.M. Passajirskiy teplovoz TEP70 [Passenger TEP70 diesel locomotive]. Moscow: Transport, 1976, 232 p.
10. Ablyalimov O.S. K issledovaniyu ekspluatatsii teplovozzov 3TE10M na holmisto – gomom uchastke zheleznoi dorogi [To the researching an exploitation of 3TE10M diesel locomotive on a hilly-mountainous direction of railway] // Izvestiia Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]. 2016, vol.27, no. 3, pp. 2-10.
11. Deev V.V., Il'in G.A., Aphonin G.S. Tiaga poezdov [Traction trains]. Moscow: Transport, 1987, 264 p.
12. Kuzmich V.D., Rudnev V.S., Frenkel' S.Ia. Teoriia lokomotivnoi tiagi [Locomotive traction theory]. Moscow: Marshrut, 2005, 448 p.
13. Ablyalimov O.S. K issledovaniyu ekspluatatsii teplovozzov 3TE10M na uchastke Marokand – Kattakurgan AO «Ўzbekiston temir yullari» [To the researching an exploitation of 3TE10M diesel locomotive on Marokand – Kattakurgan direction of «Uzbekistan railways» JSC] // Nauka i obrazovanie transportu [Science and education of the transport] / Materialy XI Mezhd. nauch.-prakt. konf. [Proceeding] Samara: 2016, pp.22-26.
14. Ablyalimov O.S. Issledovanie ekspluatatsii teplovozzov 3TE10M na uchastke Marokand – Kattakurgan AO «Ўzbekiston temir ijlari» [Research 3TE10M diesel locomotives operating on Marokand – Kattakurgan direction of «Uzbekistan railways» JSC] // Lokomotivy. XXI vek [Locomotives. XX century] / Materialy IV-i Mezhd. nauch.-texn. konf. [Proceedings]. Sankt-Peterburg, 2016, pp. 266-270.
15. Ablyalimov O.S., Ushakov E.S. Osnovy upravleniia lokomotivov [Basics of locomotives]. Tashkent: Davr, 201, 392 p.
16. Ablyalimov O.S. Issledovanie ekspluatatsii teplovozzov 3TE10M na holmisto – gomom uchastke AO «Ўzbekiston temir yullari» [Research UzTE16M3 diesel locomotives operating on a hilly – mountainous direction of «Uzbekiston temir yullari» JSC] // Vestnik transporta Povolzh'ia [Vestnik of the Volga transport], 2016, vol.57, no. 3, pp. 16-22.
17. Ablyalimov O.S. Research 3TE10M diesel locomotives operating on hilly – mountainous direction of «Uzbekiston temir yullari» JSC [Issledovanie ekspluatatsii teplovozzov 3TE10M na holmisto – gomom uchastke AO «Ўzbekiston temir yullari»] // Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]. 2016, vol.26, no.2, pp. 2-10.

Received 23/03/16

Абляимов О.С. Оценка эффективности использования тепловозов 3ТЭ10М на участке Мароканд – Каттакурган Узбекской железной дороги // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016. Т.6. №2. С.16-22

Ablyalimov O.S. The effectiveness evaluation of the diesel locomotives 3ТЭ10М utilization between Marokand – Kattakurgan on the Uzbek railways // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 2, pp. 16-22