

**УДК 629.42:629.4.054, 625.28**

**ББК 39.232**

**О. С. Абляимов**

**Ташкент, Узбекистан**

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ХОЛМИСТО-ГОРНОМ УЧАСТКЕ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ**

Представлены результаты обоснования параметров перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на реальном холмисто-горном участке железной дороги при движении грузовых поездов без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и раздельных пунктах, а также оценки тяговых качеств (свойств) профиля пути перегонов этого участка. В качестве критерия упомянутой оценки предложены приведённые значения общего и удельного расходов электрической энергии на тягу поездов в количественном и денежном исчислении с учётом сопутствующих перевозочному процессу значений приведённого 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 учётом значений основных показателей тягово-энергетической эффективности использования исследуемых электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> в виде табличных данных и графических зависимостей. Результаты исследований рекомендуются для практического использования машинистам-инструкторам по теплотехнике и специалистам линейных предприятий локомотивного комплекса сети узбекских железных дорог, чья профессиональная и производственная деятельности 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, электропоезд, железнодорожный путь, участок, метод, эксплуатация, условие, направление, этап, скорость, расчёт, подвижной состав, анализ, холмисто-горный, пункт, разделить, средний, зависимость, обоснование, качество, перегон, профиль, железная дорога.

**O. S. Ablyalimov**  
**Tashkent, Uzbekistan**

## **EVALUATING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT OPERATION OF AN ELECTRIC TRACTIVE ROLLING – STOCK ON A HILLY - MOUNTAINOUS RAILWAY SECTION**

The article presents the results of validation of operating parameters of 3VL80S mainline (train) three-section electric locomotives on a real hilly and mountainous railway section with non-stop and stop-and-go freight traffic at passing tracks, intermediate stations and intersections as well as estimation of the traction qualities (properties) of the track profile for this section. Criteria for the estimation are the adjusted values of overall and specific power consumption for hauling operation numerically and in terms of money with account taken of the values of equated time of train travel in traction mode and of the specific power consumption per trip. The research results were received using the methods and techniques of the locomotive-traction theory with account of basic indicators of the traction-energy efficiency of 3VL80<sup>S</sup> use in the form of tabular data and curves. The research results are recommended for practical use by engine-drivers, termotechnic instructors and experts of linear enterprises of the Uzbek railway locomotive complex who deal with issues of energetics of freight and passenger trains movement on the real hilly and mountainous and identical virtual railway sections.

**Keywords:** research, result, a freight train, movement, an electric locomotive, a railway track, a section, a method, exploitation, condition, direction, a stage, speed,

calculation, rolling – stock, analysis, hilly and mountainous, point, divide, average, dependence, substantiation, quality, a block, profile, railway.

## **Введение**

В настоящее время приблизительно семьдесят процентов секций локомотивов электрической тяги АО «Ўзбекистон темир йўллари» составляют магистральные (поездные) грузовые электровагоны ВЛ80<sup>С</sup> в различном секционном исполнении, на которые приходится 59,2 процента [Абляимов, 2016, с. 16] всего фактического объёма железнодорожных перевозок разных по содержанию и виду грузов, на разных по сложности участках железных дорог. От принятой на железнодорожном транспорте градации по упомянутой сложности различают четыре типа профиля пути: равнинный, холмистый, холмисто-горный и горный – каждому из которых соответствует вполне определённая группировка элементов профиля пути, характеризующихся по величине различной крутизной и разной протяжённостью.

Естественно, тип профиля пути будет оказывать существенное влияние на значения кинематических параметров движения грузовых (пассажирских) поездов и величину энергетических показателей эффективности перевозочной работы локомотивов электрической и дизельной тяги в условиях эксплуатации.

В связи с интенсификацией работ по электрификации существующих и новых (или вновь строящихся) участков узбекских железных дорог практическая реализация теоретических исследований, направленных на разработку рекомендаций и мероприятий по повышению эффективности использования магистрального (поездного) электрического тягового подвижного состава в разнообразных условиях организации его эксплуатационной деятельности, является актуальной задачей железнодорожной отрасли Узбекистана.

Решение этой задачи сотрудниками кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» ТашИИТа совместно со специалистами линейных предприятий локомотивного комплекса сети железных дорог и других структурных подразделений железнодорожной отрасли Узбекистана, в первую очередь, должны касаться

обоснования параметров основных показателей энергоёмкости перевозочной работы и эффективности использования электрического тягового подвижного состава в различных условиях эксплуатации.

### **Постановка задачи исследования**

Цель настоящих исследований связана с решением одной из задач механики транспортного движения применительно к железнодорожным перевозкам грузов, то есть технологическому процессу движения грузовых поездов с учётом перемещения в пространстве грузов различных по содержанию, видам и типам. Результат решения упомянутой задачи позволит обосновать параметры основных показателей перевозочной работы магистральных (поездных) грузовых электровозов серии ВЛ80<sup>С</sup> на одном из реальных участков Узбекской железной дороги, изучить влияние реальных условий организации железнодорожных перевозок грузов на упомянутые показатели и связать их с оценкой тяговых качеств (свойств) профиля пути данного участка.

В основу разработанного нами алгоритма реализации сформулированной выше задачи исследований были положены методы и способы теории локомотивной тяги [Деев, 1987, с. 118; Кузьмич, 2005, с. 391] и условия организации перевозочной работы локомотивов с грузовыми поездами максимальной массы составов на спрямлённом профиле пути исследуемого участка железной дороги, а также объект и предмет исследования [Аблялимов, 2016, с. 15; Аблялимов, 2016, с. 137].

Объект исследования составили трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые электровозы 3ВЛ80<sup>С</sup> и спрямлённый профиль пути, реального, холмисто-горного участка Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» с семью железнодорожными перегонами: Мароканд – Джума, Джума – Нурбулак, Нурбулак – Каттакурган, 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> с учётом приведённых расходов электрической

энергии на тягу поездов в количественном и денежном исчислении на заданном, реальном, холмисто-горном участке железной дороги.

Исследуемые трёхсекционные магистральные (поездные) грузовые электровазы 3ВЛ80<sup>С</sup> [Аблялимов, 2016, с. 16] обеспечены ступенчатым контакторным регулированием напряжения коллекторных тяговых электродвигателей последовательного возбуждения и имеют системы электрического реостатного торможения, а также возможности одновременного управления тремя однотипными секциями по системе многих единиц (СМЕ).

По [Аблялимов, 2016, с. 17] участок железнодорожного пути Мароканд – Навои протяженностью в 140,5 километров содержит девяносто девять элементов, из которых пятьдесят семь и тридцать девять элементов характеризуются изменением крутизны, соответственно, подъёмов от 0 до +4,46 ‰ и спусков от 0 до - 5,9 ‰, а три элемента – «площадки». Упомянутый участок «холмисто-горный» - III-й тип профиля пути, так как здесь доля элементов профиля пути с крутизной уклонов в интервале от +3,0‰ до -3,0‰, включая площадки  $i=0$ , не превышает 40,0 процентов общей длины рассматриваемого участка.

Тяговые качества (свойства) профиля пути перегонов заданного холмисто-горного участка узбекской железной дороги будем оценивать по критерию (показателю) трудности профиля пути перегона [Аблялимов, 2017, с. 153; Аблялимов, 2015, с. 22] – это приведённые значения общего и удельного расходов электрической энергии на тягу поездов, численно равные частному от деления количества (величины) упомянутых расходов на один километр длины железнодорожного пути. Также, дополнительно будем использовать следующие приведённые и удельные значения параметров основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровазов 3ВЛ80<sup>С</sup>:  $t^*$  – приведённое 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, путём выполнения тягового расчёта 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 трёхсекционных магистральных (поездных) электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на холмисто-горном участке Мароканд – Навои узбекской железной дороги [Абляимов, 2016, с. 139]. Вождение грузовых поездов максимальной массы состава  $Q = 3500$  т и числом осей в составе  $m = 200$  осей осуществлялось (организовывалось) упомянутыми электровозами ЗВЛ80<sup>С</sup> с учётом наибольшего, по возможности, использования мощности силовых энергетических систем и тяговых качеств локомотива, а также кинетической энергии поезда на каждом, конкретном элементе профиля пути.

Значения некоторых кинематических параметров движения грузовых поездов по перегонам холмисто-горного участка Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах приведены в *табл. 1* и *табл. 2*.

*Таблица 1*

Время хода грузового поезда по перегонам без остановок, а по промежуточным станциям, отдельных пунктами и разъездами на замедление – разгон

| № п/п | Промежуточные станции | Расстояние, км | Время хода, мин | Время на замедление/разгон, мин |
|-------|-----------------------|----------------|-----------------|---------------------------------|
| 1     | Мароканд              | -              | -               | -/2,00                          |
| 2     | Джума                 | 8,75           | 7,80            | 1,40/1,00                       |
| 3     | Нурбулак              | 29,00          | 23,15           | 1,15/0,60                       |
| 4     | Каттакурган           | 24,00          | 18,65           | 1,10/0,65                       |
| 5     | Рзд № 28              | 11,25          | 9,35            | 0,85/0,80                       |
| 6     | Зирабулак             | 16,85          | 14,20           | 1,30/1,00                       |
| 7     | Зиёвуддин             | 27,15          | 19,00           | 1,50/1,40                       |
| 8     | Навои                 | 23,50          | 16,70           | 1,40/-                          |
| 9     | Итого                 | 140,5          | 108,85          | 1,24/1,06                       |

Анализ данных *табл. 1* и *табл. 2* показывает, что движение грузовых поездов на заданном холмисто-горном участке железной дороги, организованное без

остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах по отношению к аналогичному движению с остановками на них, обеспечивает:

- уменьшение общего времени хода поезда на 11,6 мин и увеличение технической скорости движения на 7,3 км/ч при среднем расчётном времени на одну остановку, приблизительно, в 1,66 минуты;

- значение долей движения на режимах тяги в 25,13 процента, а холостого хода и торможения в 74,87 процента;

- увеличение доли движения в режимах тяги и уменьшение доли движения холостого хода и торможения, приблизительно, на 2,6 процента.

Также, динамика кинематических параметров и анализ кривых движения грузовых поездов на холмисто-горном участке Мароканд – Навои однозначно подтверждают наличие только лишь ускоренного и замедленного видов движения и тем самым указывают на отсутствие движения с равномерной скоростью.

*Таблица 2*

Распределение времени хода грузового поезда по перегонам холмисто-горного железнодорожного участка Мароканд–Навои, электровозы 3ВЛ80<sup>С</sup>

| №<br>п/п | Перегоны                       | Время хода поезда<br>(без остановок / с остановками), мин |             |                                   |
|----------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------|
|          |                                | по перегону                                               | в режиме    |                                   |
|          |                                |                                                           | тяги        | холостого<br>хода и<br>торможения |
| 1        | Мароканд - Джума               | 7,80/9,00                                                 | 3,30/2,30   | 4,50/6,70                         |
| 2        | Джума - Нурбулак               | 23,15/24,90                                               | 3,00/4,50   | 20,15/20,40                       |
| 3        | Нурбулак -<br>Каттакурган      | 18,65/19,55                                               | 3,85/4,10   | 14,80/15,45                       |
| 4        | Каттакурган – Разъезд.<br>№ 28 | 9,35/10,80                                                | 2,20/3,75   | 7,15/7,05                         |
| 5        | Разъезд. № 28 -<br>Зирабулак   | 14,20/15,60                                               | 6,30/6,30   | 7,90/9,30                         |
| 6        | Зирабулак - Зиёвуддин          | 19,00/21,20                                               | 4,40/5,65   | 14,60/15,55                       |
| 7        | Зиёвуддин - Навои              | 16,70/19,40                                               | 4,30/6,80   | 12,40/12,60                       |
| 8        | Мароканд - Навои               | 108,85/120,45                                             | 27,35/33,40 | 81,50/87,05                       |

Результаты вычисления значений общего (полного) и удельного расходов электрической энергии, которое затрачивается каждым исследуемым электровозом 3ВЛ80<sup>С</sup> в процессе реализации движения конкретного, только своего, грузового поезда максимальной массы состава по перегонам холмисто-горного участка Мароканд – Навои узбекской железной дороги с учётом данных [Абляимов, 2016, с. 139] в количественном и денежном исчислении приведены в *табл. 3*. Индексом звёздочка \* обозначены удельные затраты денежных средств (удельная стоимость электрической энергии) с учётом налога на добавленную стоимость (НДС).

На этом этапе исследований с грузовыми поездами максимальной массы состава были получены следующие значения кинематических и энергетических параметров некоторых основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на холмисто-горном участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари»:

- усреднённое расчётное время хода грузового поезда без остановок на перегонах и суммарное на разгон-замедление по промежуточным станциям, разъездам и отдельным пунктам составляет, соответственно, приблизительно 15,55 и 2,3 минуты;

- вождение грузовых поездов без остановок на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах, по сравнению с аналогичным вождением с остановками на последних, обеспечивает снижение расхода электрической энергии, в среднем, приблизительно на 21,56 процента;

- расход электрической энергии для одной остановки на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах составляет, приблизительно, 168,76 кВт-ч;

- удельный расход электрической энергии на одну остановку составляет приблизительно 0,351 Вт-ч / т км брутто;

- усреднённая величина общего (полного) и удельного расходов электрической энергии для каждого перегона участка, соответственно, составляет 782,53 кВт - ч и 1,626 Вт-ч/т км брутто – движение с остановками на промежуточных

станциях, разъездах и отдельных пунктах, а также 613,78 кВт·ч и 1,274 Вт·ч/т км брутто – движение без остановок на последних;

- среднее значение усреднённой величины общего (полного) и удельного расходов электрической энергии для обоих видов движения на каждом перегоне участка, соответственно, составляет приблизительно 698,16 кВт·ч и 1,45 Вт·ч/т км брутто.

- среднее значение усреднённой величины удельных затрат денежных средств для обоих видов движения на каждом перегоне участка составляет приблизительно 0,442 тыс. сўм / км – без учёта НДС, а с учётом НДС – 0,53 тыс. сўм / км.

Приводим результаты обоснования тяговых качеств (свойств) профиля пути перегонов исследуемого холмисто - горного участка Мароканд – Навои Узбекской железной дороги.

По данным первого этапа исследований были определены параметры критерия трудности профиля пути перегонов упомянутого участка железной дороги и другие значения основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup>, сопутствующих железнодорожным перевозкам грузов, которые в виде графических зависимостей представлены на *рис. 1* и *рис. 2*. По оси абсцисс каждый исследуемый перегон имеет своё условное обозначение: 1 – Мароканд – Джума; 2 – Джума – Нурбулак; 3 – Нурбулак – Каттакурган; 4 – Каттакурган – Разъезд № 28; 5 – Разъезд № 28 – Зирабулак; 6 – Зирабулак – Зиёвуддин; 7 – Зиёвуддин – Навои. А по оси ординат обозначено: расход электрической энергии за поездку, соответственно, приведённый общий (полный)  $A^*$ , приведённый удельный  $a^*$  и удельный  $a$ , а также приведённое время хода поезда в режиме тяги  $t_t^*$  и удельные денежные затраты  $C_3$ .

Таблица 3

Расход электрической энергии и затраты денежных средств электровозами  
ЗВЛ80<sup>С</sup> при движении грузовых поездов на холмисто-горном участке  
Мароканд – Навои

| №<br>п/п | Перегоны                       | На промежуточных станциях, разъездах и<br>раздельных пунктах |                                                 |                                                  |                                           |                                                 |                                                  |
|----------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|          |                                | без остановок                                                |                                                 |                                                  | с остановками                             |                                                 |                                                  |
|          |                                | общий (полный)<br>за поездку $A$ ,<br>кВт-ч                  | удельный<br>за поездку $a$ ,<br>Вт-ч/ткм брутто | удельные денежные<br>затраты $c_3$ , тыс. сўм/км | общий (полный)<br>за поездку $A$ ,<br>кВт | удельный<br>за поездку $a$ ,<br>Вт-ч/ткм брутто | удельные денежные<br>затраты $c_3$ , тыс. сўм/км |
| 1        | 2                              | 3                                                            | 4                                               | 5                                                | 6                                         | 7                                               | 8                                                |
| 1        | Мароканд –<br>Джума            | 396,49                                                       | 12,99                                           | 3,957<br>4,747*                                  | 406,98                                    | 13,33                                           | 4,062<br>4,872*                                  |
| 2        | Джума –<br>Нурбулак            | 514,54                                                       | 5,15                                            | 1,570<br>1,884*                                  | 847,44                                    | 8,49                                            | 2,587<br>3,103*                                  |
| 3        | Нурбулак –<br>Каттакурган      | 523,70                                                       | 6,21                                            | 1,892<br>2,269*                                  | 693,70                                    | 8,22                                            | 2,506<br>3,005*                                  |
| 4        | Каттакурган –<br>Разъезд. № 28 | 414,45                                                       | 10,84                                           | 3,304<br>3,963*                                  | 595,60                                    | 15,58                                           | 4,748<br>5,695*                                  |
| 5        | Разъезд. № 28 –<br>Зирабулак   | 998,18                                                       | 20,07                                           | 6,115<br>7,334*                                  | 1009,5<br>5                               | 20,30                                           | 6,185<br>7,418*                                  |
| 6        | Зирабулак –<br>Зиёвуддин       | 773,46                                                       | 8,14                                            | 2,481<br>2,977*                                  | 893,37                                    | 9,41                                            | 2,866<br>3,438*                                  |
| 7        | Зиёвуддин –<br>Навои           | 675,74                                                       | 8,15                                            | 2,482<br>2,977*                                  | 1031,0<br>6                               | 12,13                                           | 3,788<br>4,543*                                  |
| 8        | Мароканд –<br>Навои            | 4296,4                                                       | 8,92                                            | 2,719<br>3,261*                                  | 5477,7<br>0                               | 11,38                                           | 3,466<br>4,157*                                  |

Для более чёткой иллюстрации графических зависимостей, обозначенных на рис. 1 и рис. 2, приведённые значения параметров основных показателей энергетической эффективности перевозочной работы исследуемых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на холмисто-горном участке Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» были увеличены в десять раз для показателей  $A^*$  и  $a$ , и в сто раз для показателей  $a^*$ ,  $t_T^*$ ,  $c_3$ .

Анализ упомянутых выше графических зависимостей, критерия трудности профиля пути перегонов холмисто-горного участка Мароканд – Навои узбекской

железной дороги и приведённые значения параметров основных показателей перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup>, характеризующих исследуемое движение грузовых поездов максимальной массы состава на этом участке, показывают следующее.

Перегоны Мароканд – Джума и Разъезд № 28 – Зирабулак являются самыми (наиболее) трудными, перегон Каттакурган – Разъезд № 28 – средний по трудности, условно лёгкий перегон – Зиёвуддин-Навои, а перегоны Джума – Нурбулак, Нурбулак – Каттакурган и Зирабулак – Зиёвуддин – самые лёгкие.

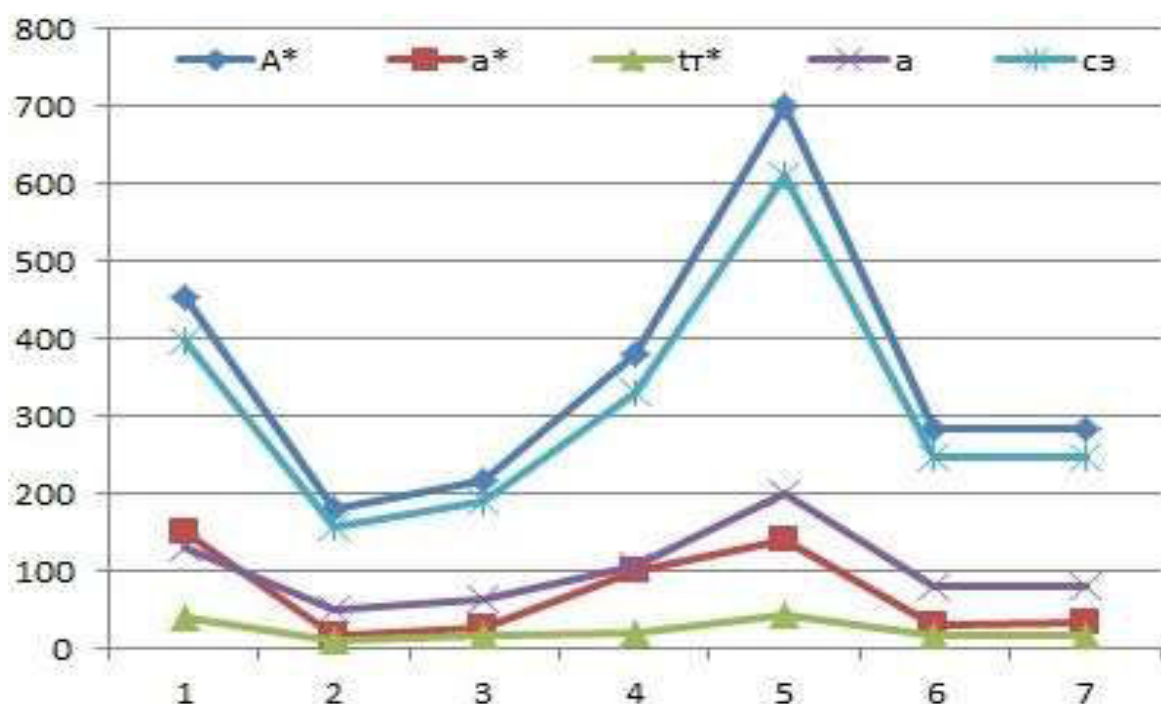


Рис. 1. Приведённые значения показателей энергетической эффективности перевозочной работы электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> на участке Мароканд – Навои, движение без остановок

Сказанное подтверждает следующее распределение приведённых значений основных показателей энергетической эффективности исследуемых электровозов ЗВЛ80<sup>С</sup> по каждому из перегонов холмисто-горного участка Мароканд – Навои АО «Ўзбекистон темир йўллари» при организации движения грузовых поездов максимальной массы состава.

Так, величина приведённого расхода электрической энергии общего ( $A^*$ , кВт·ч/км)/удельного ( $a^*$ , Вт·ч/ткм брутто: км) по каждому перегону холмисто-горного участка Мароканд-Навои составляет:

- на перегонах Мароканд – Джума и Разъезд. № 28 – Зирабулак, соответственно, 45,469/1,489 и 70,255/1,412 единиц – движение без остановок, а также 46,672/1,529 и 71,055/1,429 единиц – движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах;

- на перегоне Каттакурган – Разъезд. № 28 – это 37,957/0,993 и 54,547/1,427 единиц, соответственно, при движении без остановок и с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах;

- на оставшихся четырёх перегонах (Джума – Нурбулак, Нурбулак – Каттакурган, Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои) происходит колебание от 18,045/0,18 до 28,521/0,344 единиц – движение без остановок и от 28,789/0,298 до 43,517/0,512 единиц движение с остановками на промежуточных станциях, разъездах и отдельных пунктах.

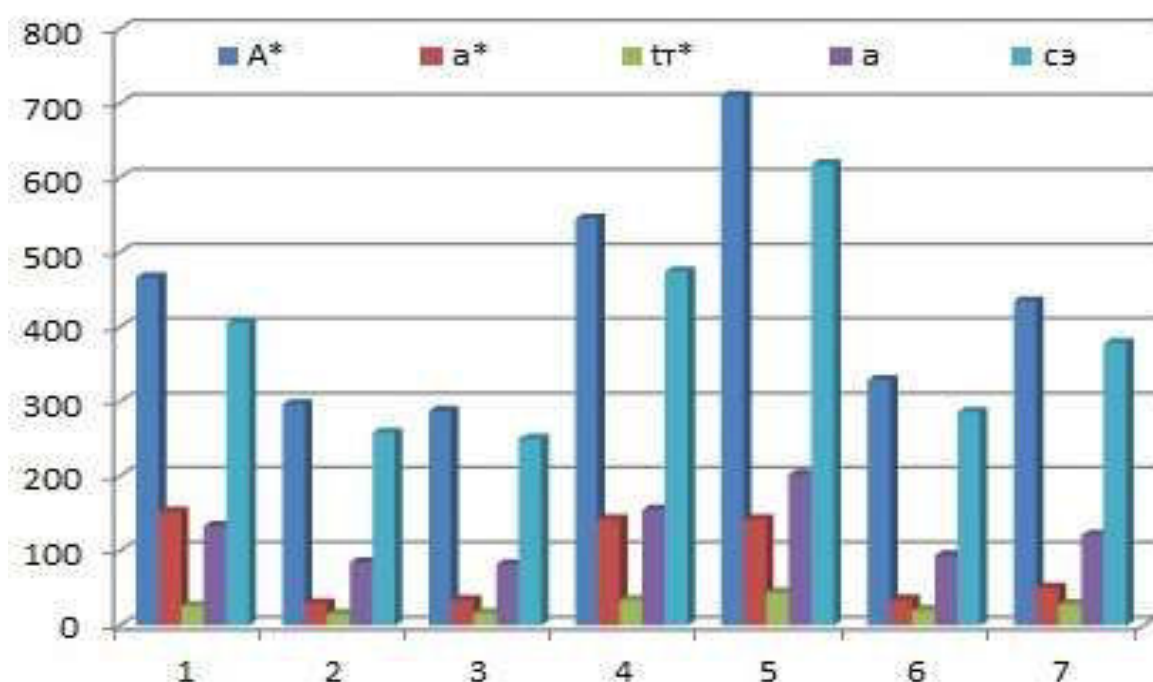


Рис. 2. Приведённые значения показателей энергетической эффективности перевозочной работы электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на участке Мароканд – Навои, движение с остановками

Таким образом, перегоны Мароканд – Джума и Разъезд. № 28 – Зирабулак являются самыми трудными; перегон Каттакурган – Разъезд. № 28 – по трудности средний; условно лёгкие перегоны – Зирабулак – Зиёвуддин и Зиёвуддин – Навои, а перегоны Джума – Нурбулак и Нурбулак Каттакурган – самые лёгкие.

## **Заключение**

В результате исследования эффективности перевозочной работы трёхсекционных магистральных (поездных) грузовых электровозов серии ЗВЛ80<sup>С</sup> при различных условиях организации грузового движения на холмисто-горном участке Мароканд – Навои Узбекской железной дороги были получены значения кинематических параметров движения грузовых поездов для максимальной массы составов и параметров основных показателей энергетической эффективности использования исследуемых электровозов. Помимо этого, были определены значения критерия тяговых свойств (качеств) профиля пути по каждому из перегонов реального холмисто-горного участка.

Упомянутые параметры кинематических и энергетических показателей эффективности использования исследуемых магистральных (поездных) грузовых электровозов показали достаточно высокую сходимость с результатами исследований [Аблялимов, 2016, с. 9; Аблялимов, 2016, с. 36; Аблялимов, 2017, с. 19 и другие] и поэтому могут характеризовать перевозочный процесс в реальных условиях организации грузового движения на заданном (принятом) участке железной дороги.

Результаты проведённых исследований могут быть использованы специалистами цеха эксплуатации локомотивного депо Бухара АО «Ўзбекистон темир йўллари» для оценки и анализа тяговых свойств (качеств) профиля пути и трассы железнодорожной линии Самарканд – Бухара. И, кроме этого, для мониторинга эффективности перевозочной работы исследуемых электровозов на этой части узбекской железной дороги с учётом стоимости железнодорожных перевозок разных по содержанию и виду грузов.

## **Библиографический список**

1. *Ablyalimov O. S.* The profile track traction qualities of Marokand-Navoi railway district of Uzbek railways by diesel locomotive operation / O. S. Ablyalimov, M. I. Khismatulin // Республиканская научно-техническая конференция «Транспортная логистика. Мультимодальные перевозки» / Ташкентский ин-т инж. ж.-д. транспорта. Ташкент, 2017. С. 17–20.
2. *Ablyalimov O. S.* The profile track traction qualities of section Marokand-Navoi railway section of «Uzbekistan railways» JSC railways by diesel traction / O. S. Ablyalimov // Республиканская

научно-техническая конференция с участием зарубежных учёных «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте» / Ташкентский ин-т инж. ж.-д. транспорта. Ташкент, 2016. С. 34–37.

3. *Аблялимов О. С.* Исследование перевозочной работы электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на холмисто-горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» / О. С. Аблялимов // Научно-технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара, 2016. № 5 (59). С. 15–22.

4. *Аблялимов О. С.* Исследование эксплуатации тепловозов UzTE16M3 на холмисто-горном участке АО «Ўзбекистон темир йўллари» / О. С. Аблялимов // Научно-технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара, 2016. № 3 (57). С. 16–22.

5. *Аблялимов О. С.* Исследование эффективности перевозочной работы тепловозов 3ТЭ10М и тяговые качества профиля пути участка Мароканд – Навои в условиях эксплуатации / О. С. Аблялимов // Сборник материалов I-й международной научно-практической конференции «Транспортные интеллектуальные системы – 2017» (TIS-2017) / Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I. Санкт - Петербург, 2017. С. 150–161.

6. *Аблялимов О. С.* К эффективности использования электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> 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» / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2016. С. 105–111.

7. *Аблялимов О. С.* К эффективности использования электровозов 3ВЛ80<sup>С</sup> на холмисто-горном участке железнодорожного пути / О. С. Аблялимов, Т. М. Турсунов // Материалы XI-й Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара, 2016. С. 7–10.

8. *Аблялимов О. С.* Оценка эффективности перевозочной работы тепловозов 4ТЭ10М и тяговых качеств профиля пути участка Кумкурган – Ташгузар в условиях эксплуатации / О. С. Аблялимов // Научно-технический журнал «Вестник транспорта Поволжья» / Самарский гос. ун-т путей сообщения. Самара, 2015. № 1(49). С. 17–24.

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

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

## References

1. *Ablyalimov O. S.* (2017). The profile track traction qualities of Marokand-Navoi railway district of Uzbek railways by diesel locomotive operation / O. S. Ablyalimov, M. I. Khismatulin // Republic scientific and technical conference «Transport logistics. Multimodal transportation» / Tashkent institute of railway engineers. Tashkent, 2017. P. 17–20.
2. *Ablyalimov O. S.* (2016). The profile track traction qualities of section Marokand-Navoi railway section of «Uzbekistan railways» JSC railways by diesel traction / O. S. Ablyalimov // Republic scientific and technical conference involving foreign scientists «Resource-saving technologies in rail transport» / Tashkent institute of railway engineers. Tashkent, 2016. P. 34–37. (In Russian).
3. *Ablyalimov O. S.* (2016). Research of transport operations of 3VL80<sup>S</sup> electromotives on a hilly and mountainous railway section of JSC «Ўзбекистон темир йўллари» / O. S. Ablyalimov // Scientific and technical journal «Bulletin of Volga region transport» / Samara state railway university. Samara, 2016. № 5 (59). P. 15–22. (In Russian).
4. *Ablyalimov O. S.* (2016). Research of UzTE16M3 electromotive operation on a hilly and mountainous railway section of JSC «Ўзбекистон темир йўллари» / O. S. Ablyalimov // Scientific and technical journal «Bulletin of Volga region transport» / Samara state railway university. Samara, 2016. № 3 (57). P. 16–22. (In Russian).
5. *Ablyalimov O. S.* (2017). Research of efficiency of transport operations of 3TE10M locomotives and traction properties of Marokand-Navoi section profile in-use / O. S. Ablyalimov // Collected papers of the I international scientific and practical conference «Transport intellectual systems–2017» (TIS-2017) / Petersburg state railway university named after Emperor Aleksander I. St-Petersburg, 2017. P. 150–161. (In Russian).
6. *Ablyalimov O. S.* (2016). Concerning the efficiency of 3VL80<sup>S</sup> electromotives used on a hilly and mountainous railway section / O. S. Ablyalimov, 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.* (2016). Concerning the efficiency of 3VL80<sup>S</sup> electromotives used on a hilly and mountainous railway section / O. S. Ablyalimov, T. M. Tursunov // Materials of XI international scientific and practical conference «Science and education to transport» / Samara state railway university. Samara, 2016. P. 7–10. (In Russian).
8. *Ablyalimov O. S.* (2015). Estimate of efficiency of transport operations of 3TE10M locomotives and traction properties of Kumkurgan-Tashguzar section profile in-use / O. S. Ablyalimov // Scientific and technical journal « Bulletin of Volga region transport » / Samara state railway university. Samara, 2015. № 1(49). P. 17–24. (In Russian).

9. *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).*

10. *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).*