

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Киснеева Л.Н.¹, Аухадеев А.Э.², Корольков А.Ю.³, Соловьева С.И.⁴

¹-ст. преподаватель ФГБОУ ВО «КГЭУ»;

²-к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «КГЭУ»;

^{3,4}-магистрант ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Аннотация: на основе анализа параметров маршрутных систем различных городов России и режимов работы тягового электрооборудования подвижного состава в реальных условиях эксплуатации определены условия реализации рациональной по уровню электропотребления электрической тяги городского электрического транспорта.

Ключевые слова: городской электрический транспорт, маршрутная система, энергоэффективность, тяговое электрооборудование, электрическая тяга.

ASSESSMENT OF THE PARAMETERS OF ROUTE SYSTEM FOR ENERGY EFFICIENCY TRACTION ELECTRICAL EQUIPMENT

Rylov Yu.A., Auhadeev A.E., Korolkov A.Yu., Soloviev S.I.

Abstract: on the basis of the analysis of the parameters of the route systems of various cities of Russia and the operating modes of traction electrical equipment of rolling stock in real operating conditions, the conditions for realizing the electric electric traction of urban electric transport rational in terms of electric power consumption are determined.

Key words: urban electric transport, route system, energy efficiency, traction electrical equipment, electric traction.

Разработка и внедрение рациональных режимов тяги электроподвижного состава (ЭПС), остается одним из основных резервов снижения расхода электроэнергии в системе городского электрического транспорта (ГЭТ), позволяющий за счет энергоэффективных режимов работы тягового электрооборудования (ТЭО) обеспечить до 15% экономии электроэнергии, затрачиваемой на тягу ЭПС путем реализации режимов работы ТЭО с максимальным КПД и эффективного использования кинетической энергии выбега ЭПС [1, с. 143; 2, с. 31].

Режим движения трамвая по определенному маршруту представляет собой чередование периодов разгона, выбега, торможения и стоянки на остановочных пунктах для осуществления пассажирообмена. При этом протяженность перегона, на котором реализуется процесс движения ТЕ, существенно влияет на параметры режимов работы ТЭО трамваев [3, с. 119].

Очевидно, что с увеличением длины перегона L увеличивается продолжительность участка разгона l_p и максимальная скорость разгона v_p , т.к. нужно набрать необходимую величину кинетической энергии для реализации движения. Таким образом, существенно увеличивается нагрузка на ТЭО, что влечет за собой повышение удельного расхода электроэнергии ЭПС.

Согласно СНиП 2.05.09-90 «Трамвайные и троллейбусные линии» используемым при строительстве трамвайных линий расстояние между остановочными пунктами в пределах застроенной территории следует принимать: для обычных линий 400-600 м, для скоростных линий 800-1200 м.

При проведении исследования маршрутных систем предприятий ГЭТ Российской Федерации были определены основные статистические характеристики и законы распределения протяженности перегонов L для таких городов как Волгоград, Уфа, Самара, Казань, Новочеркасск [3, с. 148]. Гистограммы распределения частот длин перегонов L для маршрутных систем и кривая закона распределения представлены на рис. 1, основные статистические характеристики сведены в таблицу 1.

При проверке гипотезы о подчинении распределения длин перегонов нормальному закону использовался критерий Пирсона (критерий χ^2). Результаты статистического анализа также сведены в таблицу 1. В представленной таблице параметр p характеризует вероятность того, что расхождения между теоретическими и статистическим распределениями являются несущественными и носят случайный характер.

Таблица 1. Основные статистические характеристики маршрутных систем

Город	Параметры распределения L				
	n	m_L	σ_L	χ^2	p
Новочеркасск	102	430	135	3,4	0,64
Казань	723	501	157	6,45	0,61
Волгоград	267	519	146	3,88	0,69
Самара	847	509	182	7,14	0,52
Уфа	698	537	192	6,87	0,55
Общее	2637	500	165	6,6	0,62

В представленной таблице параметр p характеризует вероятность того, что расхождения между теоретическими и статистическим распределениями являются несущественными и носят случайный характер.

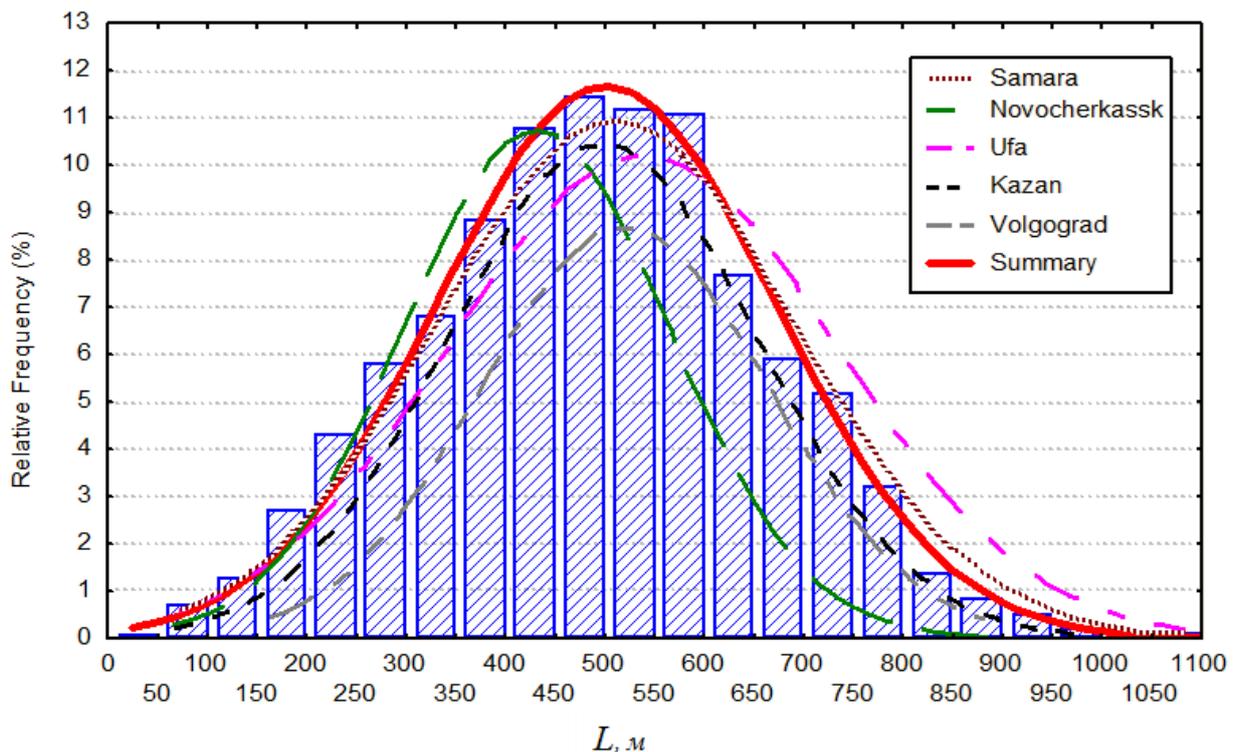


Рис. 1. Гистограмма распределения частот длин перегонов L

Анализ полученных данных показывает, что среднее значение длины перегона маршрутных систем РФ лежит в пределах установленных СНиП 2.05.09-90 «Трамвайные и троллейбусные линии».

Коэффициент корреляции величин удельного расхода электроэнергии A , Вт·ч/т·км и протяженности и перегона L , м:

$$r_{AL} = 0,57$$

Корреляция средняя и положительная, следовательно, с увеличением длины перегона увеличивается затрачиваемая на тягу ПС электроэнергия, что является очевидным для абсолютных значений. Но при пересчете в удельные величины, приведенные к массе ЭПС и длине перегона зависимость величины удельного расхода энергии A_y , Вт·ч/т·км имеет локальный экстремум на уровне $L=550-600$ м при заданном значении ходовой скорости $v_x=35$ км/ч [4, с. 17].

Это объясняется тем, что при увеличении длины перегона в общем случае возникает необходимость производить дополнительные включения ТЭО, для поддержания требуемой ходовой скорости. Любое дополнительное включение тяговых двигателей приводит к увеличению уровня электропотребления на тягу ЭПС. В ходе эксплуатационных испытаний было проведено исследования распределения количества включений ТЭО n в реальных условиях эксплуатации ЭПС [4, с. 150]. Гистограмма распределения частоты количества

включений ТЭО n и кривая закона распределения представлены на рис. 2, основные статистические характеристики сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Основные статистические характеристики включений ТЭО

Параметры распределения n				
n	m_n	σ_n	χ^2	p
532	4	0,8	2,9	0,49

Коэффициент корреляции величин удельного расхода электроэнергии A , $Вт \cdot ч/т \cdot км$ трамвая и количества включений силовой цепи n , раз:

$$r_{An} = 0,63$$

Корреляция близка к сильной и положительная, следовательно, с увеличением кол-ва включений ТЭО увеличивается затрачиваемая на тягу электроподвижного состава электроэнергия [6, с. 80].

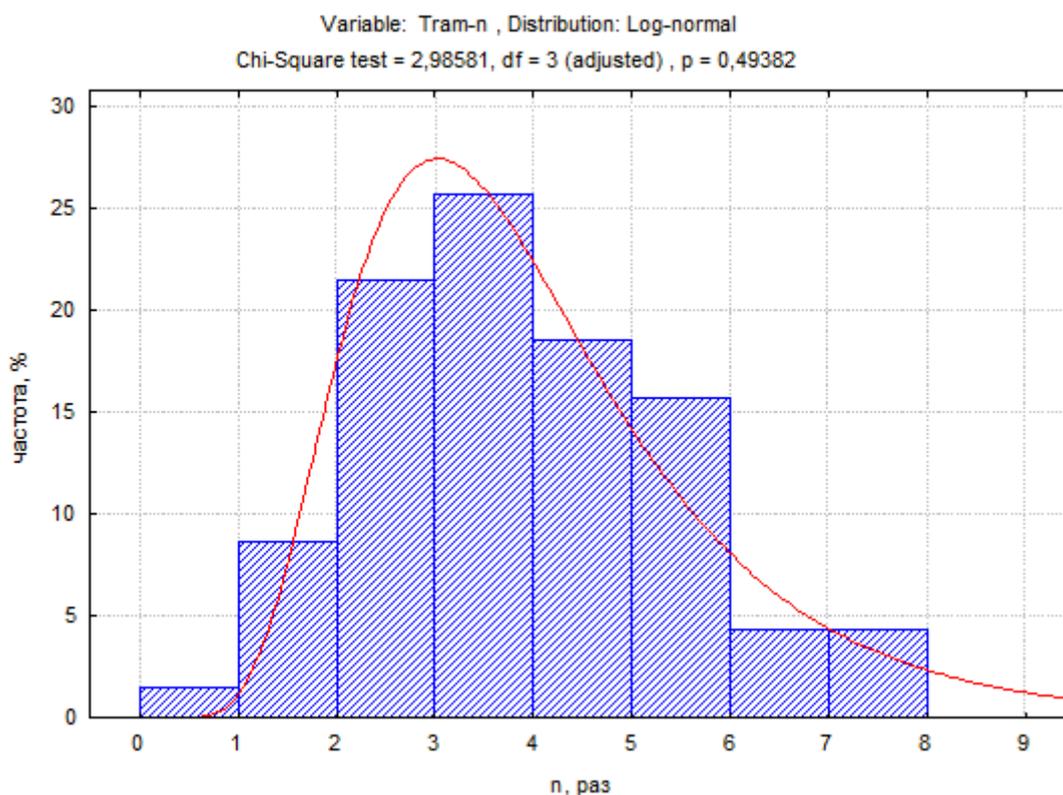


Рис. 2. Распределение частоты включения ТЭО трамваев

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что при проектировании маршрутных систем города целесообразно ограничивать длину перегонов до 550-600 метров, что позволит существенно снизить количество дополнительных включений ТЭО ЭПС, что приведет как к снижению уровня электропотребления на тягу подвижного состава, так и к

уменьшению интенсивности отказов электромеханического оборудования вследствие снижения его износа.

Список литературы

1. Клевцов, С.Н. Энергосберегающие технологии городского электрического транспорта [Текст] / С.Н. Клевцов, Р.Г. Идиятуллин, А.Э. Аухадеев. Под редакцией Р.Г. Идиятуллина. - Волгоград, 2007. - 288 с.

2. Аухадеев, А.Э. Теоретико-методологические ориентиры исследования и решения проблем управления развитием городской транспортной системы [Текст] / А.Э. Аухадеев, Р.С. Литвиненко, Ю.А. Рылов // Бюллетень транспортной информации. 2017. - № 8 (266). - С. 28-34.

3. Аухадеев, А.Э. Моделирование режимов тяги силового электрооборудования электрического транспорта [Текст] / А.Э. Аухадеев. - Казань: КГЭУ, 2006. – 176 с.

4. Идиятуллин, Р.Г. Методика статистической оценки эксплуатационных параметров энергосбережения тяговых электродвигателей [Текст] / Р.Г. Идиятуллин, А.Э. Аухадеев, С.В. Колесников, В.Н. Водолазов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2005. - № 3-4. - С. 14-20.

5. Киснеева, Л.Н. Анализ факторов нагружения тяговых электродвигателей в процессе эксплуатации [Текст] / Л.Н. Киснеева, Ю.А. Рылов, А.Э. Аухадеев, Б.О. Елисеев, П.С. Уржумцев // Научный альманах. 2016. - № 11-2 (25). - С. 147-151.

6. Киснеева, Л.Н. Разработка метода расчета рациональных режимов движения подвижного состава городского электрического транспорта [Текст] / Л.Н. Киснеева, А.Э. Аухадеев // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. - № 7-3. - С. 79-81.

© Л.Н. Киснеева, 2017.