

УДК 621.337.1

В. С. МОГИЛА, кандидат технических наук, В. М. ОВЧИННИКОВ, кандидат технических наук, К. Р. БОЙКОВ, аспирант, А. В. ВОРОНИН, ассистент, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АДАПТИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ДЛЯ ПРИГОРОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Рассматриваются проблемы выбора рационального числа моторных вагонов в составе электропоезда для условий Белорусской железной дороги. Приведены результаты тяговых расчетов для электропоездов переменного тока с разным соотношением моторных и прицепных вагонов в составе, которые производились при помощи программного пакета, разработанного сотрудниками кафедры «Электрический подвижной состав». Расчеты производились с соблюдением требований ПТР. Рассмотрены возможные режимы движения электропоездов. Проведенные исследования показали экономическую эффективность эксплуатации электропоездов с измененной схемой формирования.

Пригородные перевозки на электрифицированных участках железной дороги в Республике Беларусь осуществляются электропоездами переменного тока серии ЭР9 в пяти направлениях: Минск – Молодечно, Минск – Осиповичи, Минск – Барановичи, Минск – Орша, Барановичи – Брест. Все курсирующие по этим участкам электропоезда приписаны к Минскому моторвагонному депо ТЧ-9, парк которого включает 53 состава и 5 отдельных секций.

В настоящее время практикуется формирование составов по следующим схемам:

– 10 вагонов – *головной-моторный-прицепной-моторный-прицепной-моторный-моторный-прицепной-моторный-головной*;

– 8 вагонов – *головной-моторный-прицепной-моторный-моторный-прицепной-моторный-головной*.

Общая мощность часового режима состава из пяти секций – 3640 кВт, на ободе колеса моторных вагонов – 3510 кВт. На характерном для железной дороги Республики Беларусь равнинном профиле эта мощность является завышенной, так как электропоезд разрабатывался для участков с более «тяжелым» профилем пути. Номинальная мощность часового режима используется на 89 %, и ее максимальное значение составляет 3250 кВт. Работа тягового оборудования в режиме нагрузки ниже номинальной ведет к снижению его КПД и увеличению удельного расхода электроэнергии на тягу.

Оценка режимов работы моторвагонного подвижного состава на существующих участках и его электропотребление позволяет сделать предположение, что мощность моторных вагонов может быть уменьшена путем выбора рациональной составности электропоездов. В связи с этим необходимо решить следующие задачи:

– проверить выполнение графика движения при измененном числе моторных вагонов в электропоезде;

– определить потребление электрической энергии

электропоездами различной составности с учетом снижения расхода электроэнергии на собственные нужды;

– исследовать нагрузочные режимы работы тягового оборудования.

Для проведения этих исследований был создан пакет программ для ЭВМ «Force», разработанный сотрудниками БелГУТа, который позволяет решить поставленные выше задачи. Особенностью программного пакета является возможность учитывать при проведении тяговых расчетов изменение числа моторных вагонов в поезде согласно рекомендациям, приведенным в [1–7].

Основным фактором, влияющим на потребление электроэнергии, является удельное сопротивление электропоезда при тяге и на выбеге, которое рассчитывается по формуле [3]

$$w'_0 = 1,1 + 0,01v + \left(0,00017 + \frac{0,00056}{m}\right)v^2;$$

$$w_x = 1,1 + 0,01v + \left(0,00017 + \frac{0,00056}{m}\right) + \\ + (0,286 + 0,0164) \frac{z_m}{z_0},$$

где m – общее число вагонов в составе; z_m – число осей с ТЭД в поезде; z_0 – общее число осей в поезде. Для анализа режимов работы и движения подвижного состава произведены тяговые расчеты при различных режимах движения и схемах формирования электропоездов. Исходными данными для расчета явились:

– профили участков;
– ограничения скорости по участкам;
– координаты остановочных пунктов, время стоянки;

– характеристики и параметры существующего электрического моторвагонного подвижного состава.

При выполнении работы было определено влияние уклона и ограничение скорости на режим движения электропоезда при различной его составности. Расчеты производились для следующих вариантов формирования электропоезда:

– 10 вагонов – *головной-моторный-прицепной-моторный-прицепной-моторный-моторный-прицепной-моторный-головной* ($2g + 5m + 3n$) (рисунок 1, а);

– 10 вагонов – *головной-моторный-прицепной-моторный-прицепной-моторный-моторный-прицепной-моторный-головной, один моторный вагон отключен* [$2g + 5m + 3n$ ($1m$ отключен)] (рисунок 1, б);

– 10 вагонов – *головной-моторный-прицепной-моторный-прицепной-прицепной-моторный-прицеп-*

ной-моторный-головной ($2g + 4m + 4n$) (рисунок 1, в).

Расчеты проводились для участков длиной 10000 м при величине подъема от 0 до 10 ‰ с интервалом изменения, равным 1 ‰; при различных ограничениях скорости и тяговых характеристиках. Населенность состава была принята равной 100 ‰.

В результате проведения тяговых расчетов получены: кривые скорости, тока, времени; время хода на выбеге, при торможении, в режиме тяги и определен общий расход электроэнергии, а также удельный расход электроэнергии.

Результаты тяговых расчетов представлены в таблице 1.

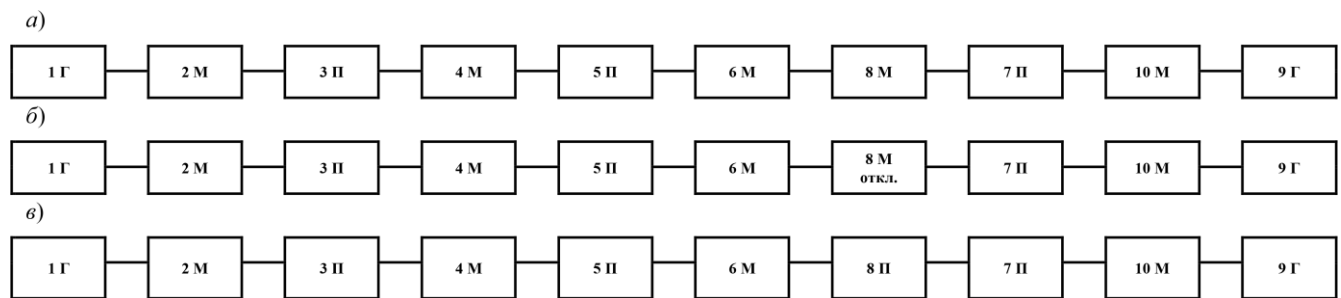


Рисунок 1 – Схемы формирования поезда

Таблица 1 – Результаты тяговых расчетов при различных значениях уклона

<i>Составность $2g + 5m + 3n$ (рисунок 1, а)</i>											
Уклон i , ‰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ограничение скорости, км/ч	120										
Максимальная скорость на участке, км/ч	120	120	120	120	120	120	117,8	115,3	112,8	110,3	108
Время хода, мин:	5,72	5,73	5,75	5,77	5,77	5,78	5,84	5,93	6,03	6,12	6,22
под током	3,68	4,12	4,65	4,78	5,32	5,36	5,84	5,93	6,03	6,12	6,22
на выбеге	2,04	1,61	1,1	0,9	0,45	0,41	0	0	0	0	0
Расход энергии, кВт·ч	205,1	226,6	252,4	259,9	286,6	290	314,1	320,4	327	335,6	346,9
Удельный расход энергии, кВт·ч/км:											
на погонный километр	20,51	22,66	25,2	25,99	28,7	29	31,4	32,04	32,7	33,6	34,69
на тонно-километр	36,8	40,6	45,3	46,6	51,4	52,01	56,35	57,5	58,7	60,2	62,2
<i>Составность $2g + 5m + 3n$ 1m отключен (рисунок 1, б)</i>											
Уклон i , ‰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальная скорость на участке, км/ч	120	120	120	118,9	116	113,2	110,3	107,6	105	102,1	99,7
Время хода, мин:	5,86	5,87	5,92	5,94	6,04	6,15	6,26	6,37	6,48	6,59	6,71
под током	4,45	5,16	5,37	5,94	6,04	6,15	6,26	6,37	6,48	6,59	6,71
на выбеге	1,41	0,72	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0
Расход энергии, кВт·ч	200	228,1	237,7	260,8	266,7	273,3	281,4	292	303	314,5	326,3
Удельный расход энергии, кВт·ч/км:											
на погонный километр	20,04	22,81	23,77	26,08	26,7	27,3	28,14	29,2	30,3	31,5	32,6
на тонно-километр	36,08	41,07	42,8	46,9	48	49,2	50,7	52,6	54,6	56,6	58,7
<i>Составность $2g + 4m + 4n$ (рисунок 1, в)</i>											
Уклон i , ‰	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Перегон, м	10000										
Максимальная скорость на участке, км/ч	120	120	120	120	117,2	114,4	111,6	106,4	106,6	103,6	101
Время хода, мин:	5,84	5,85	5,89	5,88	5,98	6,08	6,18	6,29	6,4	6,51	6,62
под током	4,43	4,73	5,34	5,83	5,98	6,08	6,18	6,29	6,4	6,51	6,62
на выбеге	1,41	1,12	0,55	0,05	0	0	0	0	0	0	0
Расход энергии, кВт·ч	198,6	210,6	234,5	254,7	262,2	268,2	275,3	284,6	295,2	306,2	317,5
Удельный расход энергии, кВт·ч/км:											
на погонный километр	19,83	21,06	23,47	25,47	26,22	26,82	27,53	28,46	29,52	30,62	31,75
на тонно-километр	37,031	39,3	43,8	47,56	49	50,1	51,41	53,16	55,14	57,2	59,31

Результаты расчетов, представленные в таблице 1, позволяют сделать вывод, что расход электроэнергии поездом с составностью $2z + 4m + 4n$ при равных условиях движения меньше, чем у электропоезда с составностью $2z + 5m + 3n$, на 8 %, при этом время хода увеличивается незначительно.

Определенная в результате проведенных тяговых расчетов зависимость времени хода электропоезда от уклона при различном числе моторных вагонов в поезде показана на рисунке 2.

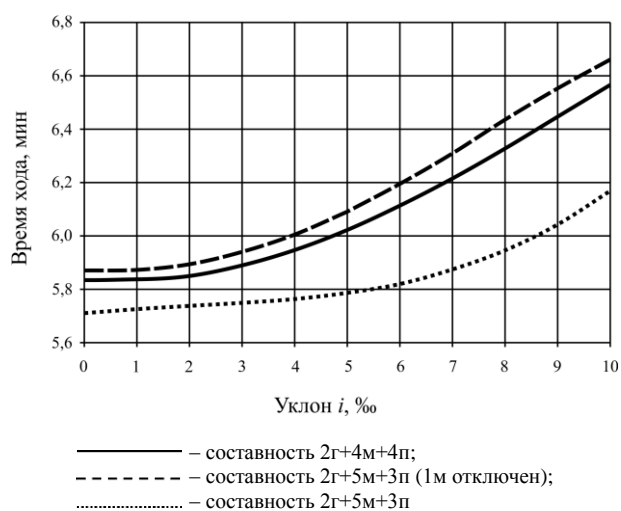


Рисунок 2 – Зависимость времени хода электропоезда от уклона при различном числе моторных вагонов в поезде.

Исследования показали, что важным параметром является изменение времени разгона до заданной скорости. Зависимости изменения времени разгона до скорости 90 и 100 км/ч на участках с различной величиной уклона представлены на рисунке 3.

Для оценки реальной возможности эксплуатации электропоездов с предложенными схемами формирования (рисунок 3, б, в) для условий железной дороги республики Беларусь был произведен ряд тяговых расчетов на реальных профилях и их сравнение с существующим графиком движения, а также проверка возможности выполнения графика движения в вынужденном режиме. Результаты расчета для участка Минск – Молодечно представлены на рисунке 4 (за показатель было принято изменение потребляемой электроэнергии при различных значениях средне-технической скорости на участке).

Выводы:

– на участках Белорусской железной дороги, электропоезда с составностью $2z + 4m + 4n$ и $2z + 5m + 3n$ (1м отключен) обеспечивают выполнение существующего графика движения даже в вынужденном режиме (от-

ключение еще одного моторного вагона). При этом техническая скорость поездов составляет 60 км/ч;

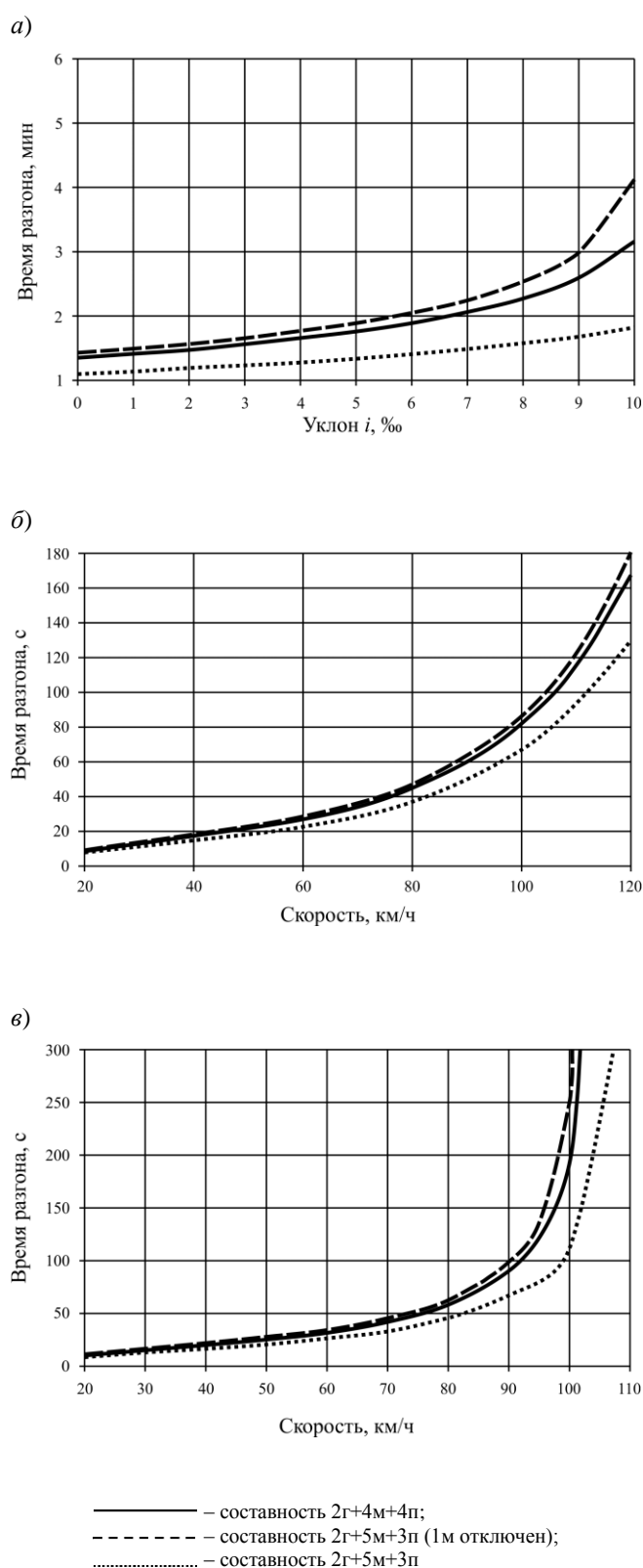


Рисунок 3 – Зависимость от различных факторов изменения времени разгона до заданной скорости:

а – изменение времени разгона на участках с различной величиной подъема; б – изменение времени разгона до заданной скорости на участках с величиной подъема 0 %; в – изменение времени разгона до заданной скорости на участках с величиной подъема 10 %

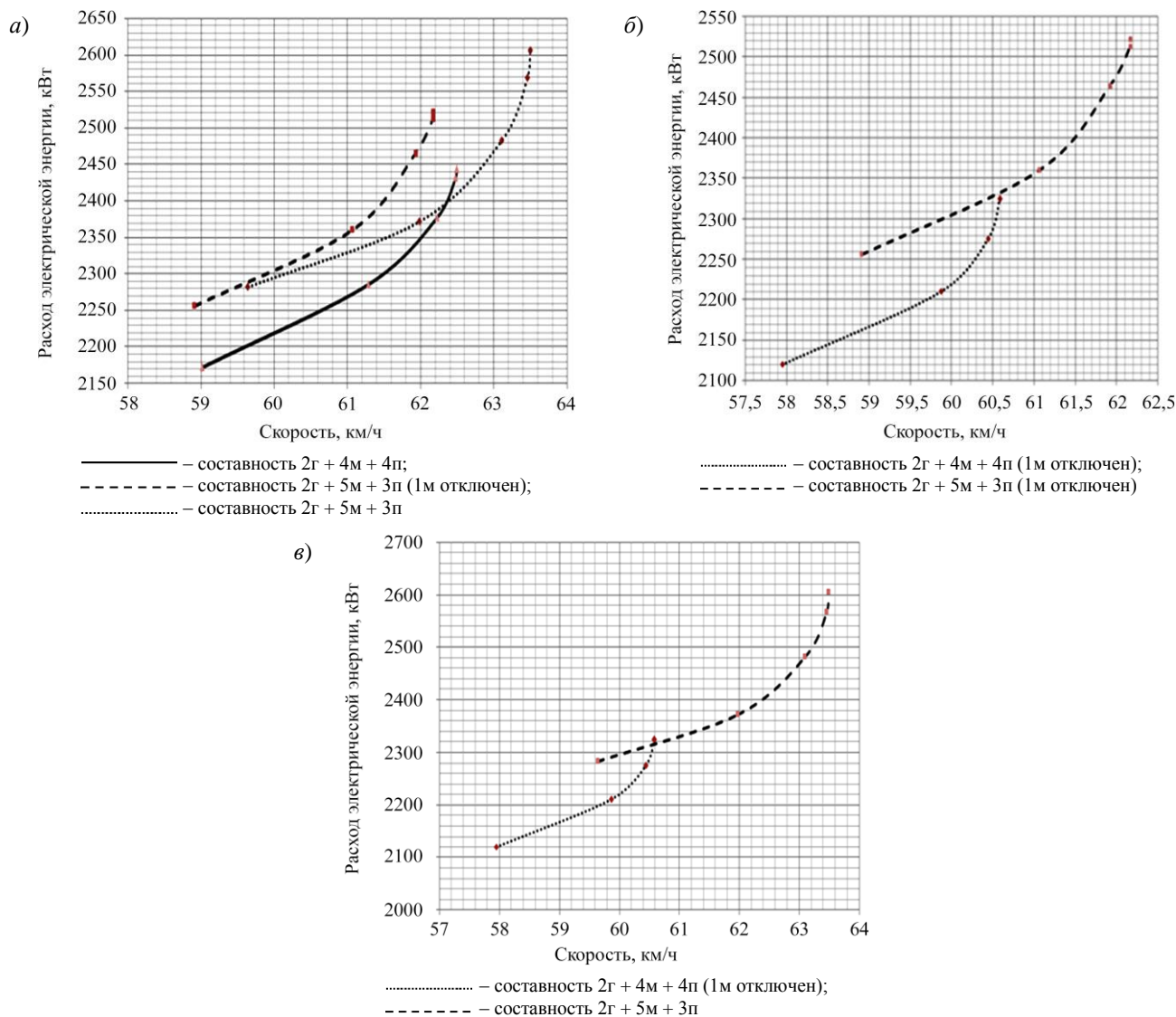


Рисунок 4 – Графики расхода электроэнергии от среднетехнической скорости:
 а – нормальный режим работы; б – вынужденные режимы работы; в – сравнение вынужденного режима работы поезда со схемой формирования по рисунку 1, в и нормального режима работы состава по схеме рисунка 1, а

– экономия электроэнергии составляет при составности $2g + 4m + 4n$ – 8 %, а при $2g + 5m + 3n$ (*1m отключен*) – 5 %;

– движение в вынужденном режиме поездов с составностью $2g + 4m + 4n$ не приведет к перегреву тягового оборудования;

– применение адаптивного подвижного состава для пригородных перевозок позволяет снизить расход энергии на тягу поездов до 8 % без снижения безопасности движения.

Получено 03.03.2009

V. S. Mogila, V. M. Ovchinnikov, K. R. Baikov, A. V. Voronin. Adapted electric rolling stock for suburban passenger transportation on Belorussian railway.

The problems of the choice of the rational number motor coach are considered in composition of the electric train for conditions of the Belorussian railway. The brought results tractive calculation for electric train of alternating current with miscellaneous by correlation motor and towed coach in composition, which were produced with the help of programme package with possibility of the change the correlation motor and towed coach in composition of the electric train. The calculations were produced with observance of the requirements PTR. The possible modes of the motion electric train are considered. The Called on studies have shown the cost-performance to usages electric train with changed a scheme of the shaping.

Список литературы

- 1 Методика определения рационального соотношения моторных и прицепных вагонов пригородных электропоездов постоянного тока / Б. И. Хомяков [и др.] // Вестник ВНИИЖТа. – 1993. – № 6. – С. 21–26.
- 2 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М. : Транспорт, 1985. – 287 с.
- 3 Осипов, С. И. Основы локомотивной тяги / С. И. Осипов, К. А. Миронов, В. И. Ревич. – 3-е изд., доп. и перераб. – М. : Транспорт, 1979. – 440 с.
- 4 Астахов, П. Н. Справочник по тяговым расчетам / П. Н. Астахов, П. Т. Гребенюк, А. И. Скворцова. – М. : Транспорт, 1973. – 256 с.
- 5 Тяговые расчеты : справ. / под ред. П. Т. Гребенюка. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
- 6 Осипов, С. И. Основы тяги поездов / С. И. Осипов, С. С. Осипов. – М. : УМК МПС России, 2000. – 592 с.