

УДК 629.4.016.2

Д. Н. Курилкин, А. А. Романова, Н. В. Кириллов

ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ФАКТИЧЕСКИХ ТЯГОВЫХ СВОЙСТВ ТЕПЛОВОЗОВ НА ТОЧНОСТЬ ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ

Аннотация. В работе рассмотрены результаты определения фактических тяговых свойств тепловозов 2ТЭ116У и результаты выполнения тяговых расчетов по реальным тяговым характеристикам. Доказано, что учет фактических тяговых характеристик тепловозов существенно повышает точность выполнения тяговых расчетов.

Ключевые слова: расчет тяговой характеристики, тяговые расчеты.

Для цитирования: Курилкин, Д. Н. Влияние учета фактических тяговых свойств тепловозов на точность тяговых расчетов / Д. Н. Курилкин, А. А. Романова, Н. В. Кириллов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 3. – С. 67–72.

Микропроцессорные устройства управления и диагностирования современных тепловозов в своем составе имеют устройства накопления и передачи информации о параметрах работа локомотива и движения поезда [1]. Анализ данной информации позволяет получить представление о фактических тяговых и энергетических характеристиках тепловозов имеющих существенные отличия для конкретных единиц. Как было ранее обосновано в ряде исследований, техническое состояние узлов тягового привода и вспомогательного оборудования существенно влияет на выбор режимов работы обеспечивающих его энергоэффективность [1-3]. На данный момент времени имеется достаточно большое число наработок, направленных на интеллектуальную обработку информации микропроцессорных систем управления и диагностики локомотивов для реализации их оперативной диагностики [4].

Несмотря на это, при выполнении тяговых расчетов, в том числе при поиске энергооптимальных режимов ведения поезда, как правило, используются паспортные характеристики локомотивов [5-7].

Методика определения фактических тяговых характеристик была подробно рассмотрена в ряде публикаций [1-3]. В данной работе рассматривались тепловозы серии 2ТЭ116У, для которых в результате обработки данных подсистемы диагностики МСУ-ТП могут быть определены следующие параметры энергетической цепи:

- сопротивление в цепи ТЭД;
- нагрузочные характеристики ТЭД;
- мощность на выходе выпрямительной установки (с разбивкой по позициям);
- затраты энергии на возбуждение синхронного тягового генератора и возбuditеля;
- затраты энергии на привод вентиляторов системы охлаждения дизеля (с разбивкой по позициям);
- затраты энергии на подзарядку аккумуляторной батареи;
- затраты энергии на тормозной компрессор.

Расчеты выполнялись для двух тепловозов серии 2ТЭ116У № 187 и № 189, находящиеся в постоянной эксплуатации на полигоне Октябрьской железной дороги - филиала ОАО «Российские железные дороги», оборудованные микропроцессорными системами управления и диагностики МСУ-ТП.

По данным подсистем диагностики локомотивов за период с 20.07 по 26.07.2023 года для каждой секции были рассчитаны их актуальные тяговые и расходные характеристики.

Ни рис. 1 приведены значения мощности (ΣP), реализуемые на выходе выпрямительных установок при работе системы регулирования в зоне ограничения мощности дизеля для различных позиций контроллера тепловозов (ПКМ) 2ТЭ116У № 187 и № 189. Расчет выполнялся в соответствии с методикой, приведенной в [1].

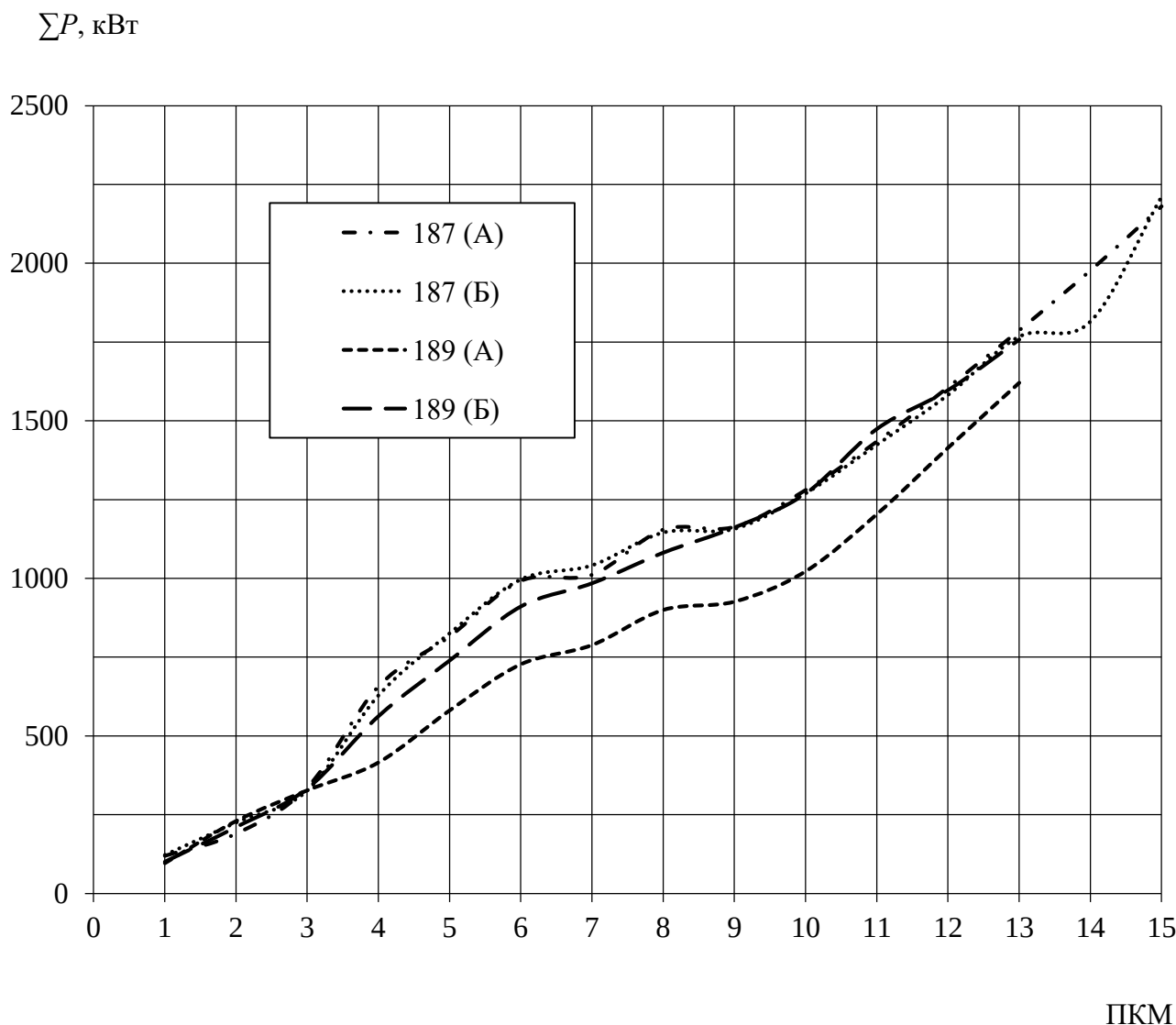


Рис. 1. Математическое ожидание мощности, на выходе выпрямительной установки тепловозов 2ТЭ116У №187 и №189

Аналогично были определены остальные данные, необходимые для расчета фактических тяговых и энергетических характеристик тепловозов.

После расчета составляющих энергетической цепи тепловоза [1] был выполнен расчет фактических тяговых и расходных характеристик данных локомотивов. Результаты расчета фактической характеристики тепловоза 2ТЭ116У №187 (секция А) показаны на рис. 2.

На втором этапе для каждого тепловоза было выполнено сравнение действительной траектории движения поезда в одной из поездок с расчетной траекторией, полученной в результате тягового расчета с использованием расчетной и паспортной (приведенной в ПТР) тяговых характеристик для известных режимов управления, параметров подвижного состава и климатических условий.

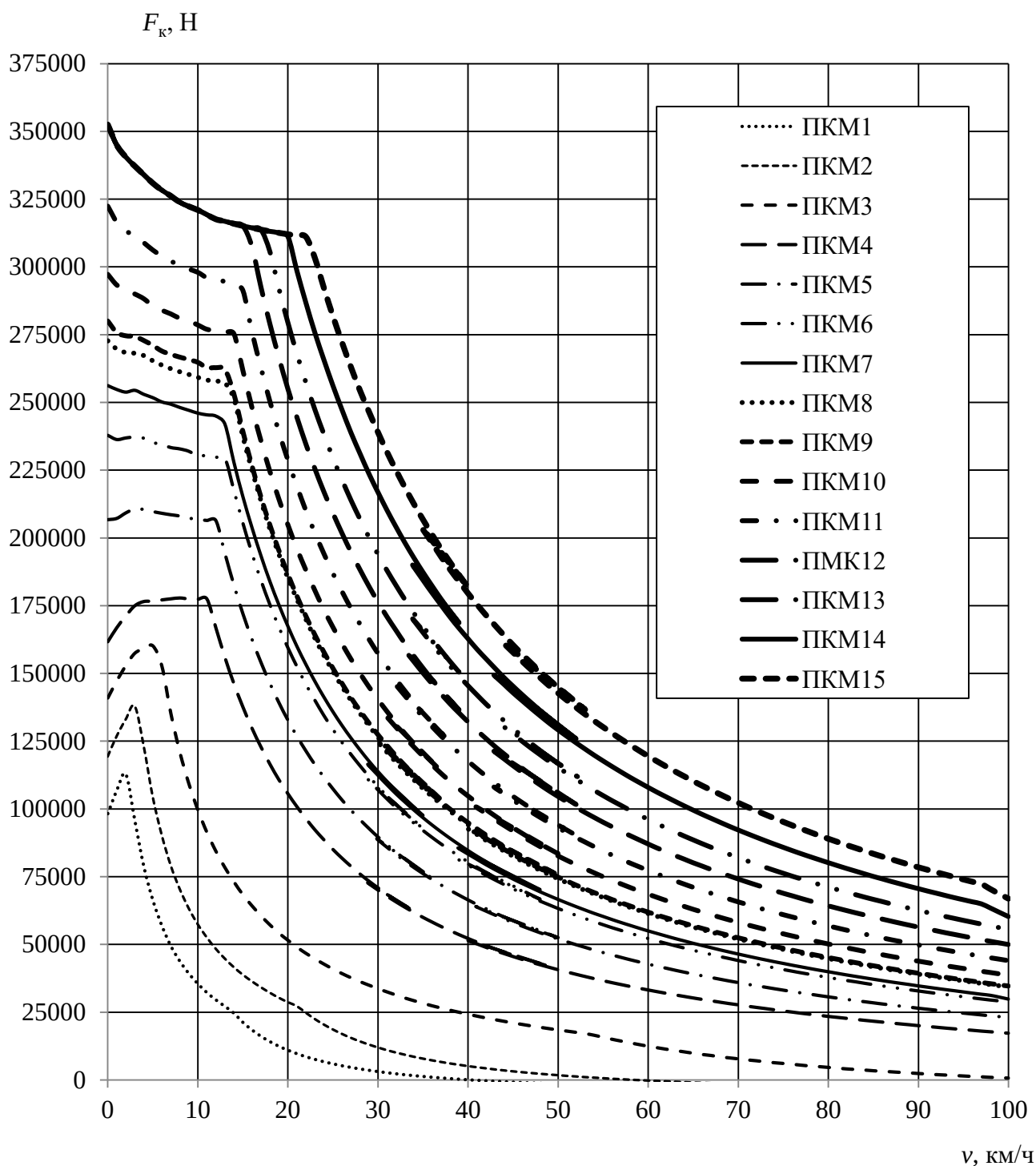


Рис. 2. Тяговая характеристика секции А тепловоза 2ТЭ116У №187

Анализировались поездки локомотивов 2ТЭ116У № 187 и № 189, выполненные 27.07.2023 по маршруту от ст. Гатчина-Товарная-Балтийская до момента проследования выходного светофора ст. Котлы-2, время хода на котором составило 1 час 56 минут для поезда № 2462 и 1 час 57 минут для поезда № 2720.

Состав грузового поезда № 2462 с тепловозом 2ТЭ116У № 187 представлял собой 66 груженых цистерн. Данные о типе вагона принимались на основании его номера в натурном

листе поезда формы ДУ-1, составленном на ст. Сиверская. Масса брутто состава поезда составила 6047 т. Состав грузового поезда № 2720 представлял собой 57 груженных цистерн. Масса брутто составила 5158 т.

Фактические данные о режимах ведения поездов № 2462 и № 2720 (позиция контроллера машиниста, скорость движения в зависимости от местоположения локомотива) определялись на основании записей микропроцессорных систем управления и диагностики МСУ-ТП тепловозов 2ТЭ116У № 187 и № 189. Время прохождения выходных светофоров ст. Гатчина-Товарная-Балтийская и Котлы–2, а также время прохождения всех промежуточных станций на участке фиксировались машинистами локомотива по системному времени дисплейного модуля МСУ-ТП. Из набора имеющихся в системе данных были выбраны и записаны в отдельный файл значения текущего времени, скорости движения и позиции контроллера машиниста.

После обработки данных для обоих рассматриваемых поездов были получены экспериментальные зависимости скорости движения и позиции контроллера от пройденного пути. Далее при помощи программного комплекса для выполнения тяговых расчетов в пошаговом и автоматическом режиме [8] был выполнен расчет в ручном режиме для экспериментальной зависимости с использованием фактических тяговых характеристик и тяговых характеристик, приведенных в правилах тяговых расчетов.

Результаты расчета показали, что, кривая скорости, рассчитанная с учетом фактической тяговой характеристики тепловоза, существенно отличается от кривой скорости, определенной по справочной тяговой характеристике. При учете фактической тяговой характеристики результаты расчета оказываются значительно ближе к фактической кривой скорости. При этом в два раза уменьшается среднеквадратическая ошибка определения скорости движения.

Для оценки влияния ошибки в определении скорости движения поезда на выполнение графика движения поездов были определены значения времени хода между различными станциями. Результаты расчета для поезда № 2462 приведены в таблице. Аналогичные результаты получены для поезда №2720.

Таблица

Время хода грузового поезда №2462 при расчетных и экспериментальной траекториях движения

Станция	Отметка пути	Расстояние, м	Время хода по факт. скорости, мин	Время хода по записи машиниста, мин	Время хода при расчете по факт. характер., мин.	Время хода при расчете по характ. ПТР, мин.
Войсковицы	52200	2400	5,3	6	5,4	5,4
Елизаветино	67300	17500	24,5	24	24,6	23,8
Кикерино,	75900	26100	33,6	33	33,7	32,6
Волосово,	84800	35000	42,4	41	42,5	40,7
Молосковицы,	109400	59600	66,7	66	67,1	63,6
Веймарн,	121600	71800	78,2	78	78,3	74,5
Керстово	128350	78550	85,3	86	85,4	81,4
Котлы – 2	149570	99770	115,4	116	113,1	108,6

Результаты сравнения расчетного времени хода поезда при использовании фактической и паспортной тяговых характеристик локомотивов показывают, что при использовании паспортной характеристики локомотива расхождение фактического и расчетного времени хода составляет более 5,5%, а при использовании фактической тяговой характеристики не

превышает 2% для поезда № 2462 и составляет порядка 1% для поезда № 2720, что свидетельствует о существенном повышении точности тяговых расчетов при использовании фактической тяговой характеристики локомотива и подтверждает достоверность разработанной методики определения фактической тяговой характеристики локомотива и подтверждает целесообразность ее применения.

Библиографический список

1. Курилкин, Д. Н. Определение параметров тягово-энергетических характеристик автономных локомотивов по данным микропроцессорных систем управления и диагностики / Д. Н. Курилкин – Монография, СПб.: ПГУПС – 2022 – 160 с.
2. Курилкин, Д. Н. Определение фактических тяговых свойств автономных локомотивов по данным микропроцессорных систем управления и диагностики / Д. Н. Курилкин, В. Н. Иванов, А. Д. Садовский, Н. М. Смирнов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2022 - №4 – С.59-66.
3. Перминов, В. А. Влияние технического состояния вспомогательного оборудования тепловозов на их энергоэффективность в эксплуатации / В. А. Перминов, В. В. Грачев, Д. Н. Курилкин, И. Э. Нестеров // Вестник научно-исследовательского и конструкторско-технологического института подвижного состава. 2015, № 97. С. 45-58.
4. Грачев, В. В. Прескриптивный контроль энергоэффективности силовой установки тепловоза с использованием интеллектуальных методов обработки измерительной информации встроенных средств диагностики: монография / В.В. Грачев. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2019. – 106с.: ил.
5. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Мелешин И. С., Гинь Л. М. Оптимизация управления движением поездов / Под ред. Л. А. Баранова. – М.: МИИТ, 2011. – 164 с.
6. Юренко К. И., Савоськин А. Н., Фандеев Е. И. Математическое моделирование энергооптимальных режимов ведения поезда с учетом возмущений // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2015. №3. С. 34-44.
7. Мугинштейн Л. А., Илютович А. Е., Ябко И. А. Энергооптимальные методы управления движением поездов. Москва, Интекст, 2012, 80с.
8. Свид. 2019663752 Российская Федерация. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Программа для выполнения тяговых расчетов в пошаговом и автоматическом режиме / Д. Н. Курилкин; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) (RU). № 2019662727; Заявл. 14.10.2019.

D. N. Kurilkin, A. A. Romanova, N. V. Kirillov

THE EFFECT OF TAKING INTO ACCOUNT THE ACTUAL TRACTION PROPERTIES OF LOCOMOTIVES ON THE ACCURACY OF TRACTION CALCULATIONS

Abstract. The paper considers the results of determining the actual traction properties of 2TE116U locomotives and the results of performing traction calculations based on real traction characteristics. It is proved that taking into account the actual traction characteristics of locomotives significantly increases the accuracy of traction calculations.

Keywords: calculation of traction characteristics, traction calculations.

For citation: Kurilkin, D. N. The Effect of Taking into Account the Actual Traction Properties of Locomotives on the Accuracy of Traction Calculations / D. N. Kurilkin, A. A. Romanova, N. V. Kirillov // Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobsenia. – 2024. – № 3. – P. 67–72.

Сведения об авторах**Курилкин Дмитрий Николаевич**

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Локомотивы и локомотивное
хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой,
e-mail: kurilkin@pgups.ru

Романова Анна Анатольевна

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Вагоны и вагонное хозяйство»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: anyromanova@inbox.ru

Кириллов Никита Владимирович

Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
кафедра «Локомотивы и локомотивное
хозяйство»,
студент,
e-mail: kmuser240@gmail.com

Information about the authors**Kurilkin Dmitry Nikolaevich**

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Locomotives and Locomotive
Economy»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor, Head of the Chair,
e-mail: kurilkin@pgups.ru

Romanova Anna Anatolyevna

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Car and Car Economy»,
Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor,
e-mail: anyromanova@inbox.ru

Kirillov Nikita Vladimirovich

Emperor Alexander I St. Petersburg State
Transport University (PSTU)
Chair «Locomotives and Locomotive
Economy»,
Student,
e-mail: kmuser240@gmail.com