

тяженностью до 400 метров. Тормозной посадочный комплекс имеет все конструктивные возможности для последующей модернизации.

Список литературы

1 Аэродромные тормозные посадочные устройства и жидкостные аэродромные тормозные посадочные устройства (В64F1/02) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://findpatent.ru/catalog/25662>. – Дата доступа : 9.09.19.

2 Аэрофинишёр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://howlingpixel.com/i-ru>. – Дата доступа : 9.09.19.

3 Анализ функционирования систем автоматической посадки беспилотной авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://stud.wiki/transport/2e0b65635a2bc68b5d43a88421216c36_0.html). – Дата доступа : 9.09.19.

УДК 629.4.016

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОКОМОТИВНОЙ ТЯГИ

С. Я. ФРЕНКЕЛЬ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов возможно как за счет модернизации и обновления подвижного состава, так и в результате проведения организационно-технических мероприятий. К организационно-техническим мероприятиям, в частности, относится стимулирование топливно-(энерго-)сбережения локомотивными бригадами. Организационно-технические мероприятия должны опираться на знание факторов, определяющих расход энергоресурсов и на этой базе адекватной оценке работы локомотивной бригады и технического состояния локомотива.

Эксплуатационные факторы, определяющие расход энергоресурсов на тягу поездов, можно разделить на две большие группы: качественные и количественные.

К качественным следует отнести факторы, которые нельзя или достаточно сложно измерить. Например, машинист или локомотив.

К количественным относят такие факторы, как перевозочная работа, масса состава и нагрузка на ось вагона, техническая и участковая скорости движения, количество остановок, время стоянок и др., т. е. такие факторы, которые можно измерить.

С целью построения стратегии энергосбережения необходимо иметь объективную информацию о влиянии эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов.

Подход к исследованию влияния эксплуатационных факторов на расход энергоресурсов различный для каждой из названных групп.

Организация стимулирования топливно-(энерго-)сбережения имеет смысл в том случае, если

1 Качество ведения поезда машинистом и техническое состояние локомотива существенно влияют на количество энергоресурсов, расходуемых за поездку локомотивом.

2 Имеется возможность объективной оценки работы локомотивной бригады по топливно-(энерго-)сбережению, по результатам которой организуется стимулирование.

Первое положение при кажущейся его очевидности требует, тем не менее, доказательства. Обоснованное доказательство указывает на целесообразность стимулирования топливно-(энерго-)сбережения локомотивными бригадами. Поскольку стимулирование опирается на результаты выполнения нормы расхода энергоресурсов, обоснованными оказываются исследования, направленные на совершенствование методов нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. В терминах математической статистики влияние качественных факторов «машинист» и «локомотив» на величину расхода энергоресурсов за поездку должно быть значимым.

Для доказательства значимости факторов «машинист» и «локомотив» целесообразно воспользоваться аппаратом дисперсионного анализа. Дисперсионный анализ может быть использован для выявления влияния факторов, не поддающихся количественному измерению, на изучаемый показатель. В соответствии с принятой в [1] терминологией в качестве результирующего показателя можно принять либо полный или удельный (на измеритель перевозочной работы) расход топлива за поездку, либо отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы. Предпочтение, по нашему мне-

нию, следует отдать отклонению от нормы. В этом случае нейтрализуется влияние тех факторов, которые учитываются при расчёте нормы расхода топлива на поездку. Более того, при исследовании оценивается также эффективность методики нормирования, поскольку при несовершенной методике норма расхода не соответствует условиям поездки, а следовательно, факторы «машинист» и «локомотив», оцениваемые по их влиянию на выполнение нормы, заведомо окажутся незначимыми.

Результаты исследований на данных из маршрутных листов машинистов различных локомотивных депо позволяют считать, что факторы «машинист» или «локомотив» оказывают значимое влияние на отклонение фактического расхода топлива за поездку от нормы [2].

Стимулирование топливо-(энерго-)сбережения должно опираться на объективную оценку работы локомотивных бригад и теплотехнического состояния локомотивов. Такая оценка требует научно обоснованного нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, исключающего влияние субъективного фактора. Качество и объективность нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, тем не менее, в значительной степени зависят от опыта и квалификации машиниста – инструктора по теплотехнике.

В практике энергетических расчётов, связанных с движением поездов, широкое применение находят статистические методы прогнозирования расхода энергоресурсов на тягу поездов. Сущность таких методов состоит в определении корреляционных связей между значением расхода энергоресурсов и случайными значениями факторов, его определяющих в виде уравнения регрессии.

Исходными данными для составления уравнений регрессии могут служить как материалы опытных поездок, так и информация из маршрутных листов. В качестве влияющих эксплуатационных факторов обычно рассматривают массу состава, среднюю осевую нагрузку вагонов, техническую и участковую скорость движения и другие факторы, информация о которых содержится в маршрутных листах.

Таким образом, применение статистических методов обработки информации из маршрутных листов позволяет, автоматизировав процесс расчета и корректировки норм расхода топлива и электроэнергии, вне зависимости от опыта и квалификации машиниста-инструктора по теплотехнике обеспечить объективное нормирование расхода энергоресурсов на поездку [4, 5].

Автоматизированная система нормирования расхода энергоресурсов на поездку (АСН), разработанная в БелГУТе и прошедшая опытную эксплуатацию, функционально строится как часть автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Для повышения качества нормирования расхода энергоресурсов как аргументов уравнения регрессии вводят средние за поездку значения температуры атмосферного воздуха, скорости и направления ветра, а также значение эквивалентного уклона участка.

Оценку изменения расхода энергоресурсов на тягу поездов в результате модернизации или обновления тягового подвижного состава целесообразно проводить по результатам сравнительного анализа данных, содержащихся в маршрутных листах.

Нами выполнен по данным из маршрутных листов машиниста разных локомотивных депо сравнительный анализ топливной экономичности тепловозов 2ТЭ10М и модернизированных 2ТЭ10МК [6], позволивший оценить полученное в результате модернизации тепловозов снижение расхода топлива в эксплуатации [6].

По данным из маршрутных листов выполнено сравнение энергоэффективности электровозов ВЛ80С, БКГ1 и БКГ2, позволившее обосновать целесообразность применения той или иной серии локомотива для разных условий их эксплуатации [6].

Аналогичные исследования выполнены для пассажирских локомотивов и моторвагонного подвижного состава.

Список литературы

1 **Монтгомери, Д. К.** Планирование эксперимента и анализ данных / Д. К. Монтгомери. – Л. : Судостроение, 1980. – 384 с.

2 **Френкель, С. Я.** Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов – обоснование выбора направления исследований / С. Я. Френкель // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт – Гомель : БелГУТ. – 2009. – № 2. – С. 58–61.

3 **Осипов, С. И.** Рациональные режимы вождения поездов и испытания локомотивов / С. И. Осипов ; под ред. С. И. Осипова. – М. : Транспорт, 1984. – 280 с.

4 **Френкель, С. Я.** О нормировании расхода дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Т. 1. – Минск : Технопринт, 2003. – С. 238–242.

5 Френкель, С. Я. О построении системы нормирования расхода дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Новое в конструкции и технологии обслуживания локомотивов : тезисы докладов науч.-техн. конф. – СПб.: ПГУПС, 2003. – С. 32–33.

6 Френкель, С. Я. Сравнительный анализ энергоэффективности локомотивов в эксплуатации / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Т. 2. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 197–202.

УДК 621.313.33

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

О. Р. ХАМИДОВ, А. В. ГРИЦЕНКО

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация*

Безопасность эксплуатации локомотивов – одна из ключевых проблем железной дороги – во многом зависит от надежности работы локомотивных асинхронных тяговых электродвигателей. В свою очередь, надежная эксплуатация локомотивов и, в частности, асинхронных тяговых электродвигателей (АТЭД) обеспечивается целым комплексом мероприятий, среди которых важное место отводится диагностике технического состояния АТЭД.

В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) находят широкое применение в самых разных предметных областях, в таких отраслях, как автономное управление, робототехника, планирование снабжения, вычислительная техника, медицина, авиация, железные дороги и многих других. ИНС, имитируя работу головного мозга человека, обладают огромным спектром задач, в который входит прогнозирование, идентификация, аппроксимация, управление и т. д. [1, 2].

Анализ существующих зарубежных и отечественных подходов [2–4] показывает что современные системы мониторинга и управления эксплуатацией локомотивных асинхронных электродвигателей являются многоуровневыми, причем нередко эти уровни мало связаны между собой. Практика автономного проектирования соответствующих подсистем приводит к тому, что на различных уровнях управления используются различные методики и стандарты, нет единого метрологического и информационного сопровождения, отсюда можно сделать вывод: требуются значительные вычислительные ресурсы, поэтому данная проблема эффективно решается путем информационной «увязки» различных уровней диагностического обеспечения и управления локомотивного АТЭД.

Разработана интегрированная распределенная интеллектуальная система, основной функцией которой является объединение систем поддержки для решений, в рамках отрасли, при выполнении широкого спектра задач: испытаний, доводки, деповского ремонта, эксплуатации и т. д., где подразумевается использование CALS-технологии, SCADA-систем, STEP-стандартов, CASE-технологии [1, 3, 4]. Комплексное применение этих средств на основе клиент-серверных технологий позволит эффективно и качественно проводить процесс диагностирования технического состояния АТЭД локомотивов.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса контроля параметров и диагностики технического состояния АТЭД локомотивов.

Как показано на рисунке 1, функциональные блоки означают следующее.

Блок F1 – запись данных измерений локомотивного АТЭД (измеренные параметры в процессе испытаний локомотивного асинхронного электродвигателя нормируются, калибруются, масштабируются и записываются в базу данных испытаний в темпе реального времени).

Блок F2 – статистическая обработка данных АТЭД локомотивов (корреляционный, факторный, регрессионный анализ и т. д.), результатом которой является отсеивание ошибок измерений параметров (аномальных значений).

Блок F3 – «идентификация параметров элементов бортового контроля» – производится идентификация параметров и контроль измеряемых параметров локомотивного АТЭД, в процессе которого дается оценка фактического технического состояния АТЭД (электродвигатель исправен или неисправен).