

атации и содержанию» (СТП 09150.56.107–2009), «Инструкция по сварочным и наплавочным работам при ремонте путевых машин (ЦП/4292), «Машины путевые. Окрашивание. Общие технические условия» (ОСТ 32.80–97), «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» (ГОСТ 12.4.026–2015) и др.

В процессе испытаний устанавливают, что машина соответствует требованиям ремонтных документов и рабочих чертежей. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) установлены требования для поверхностей ступенек, площадок, подножек и настилов, которые должны препятствовать скольжению. Если результаты испытаний удовлетворительные, то машину можно вернуть заказчику для дальнейшей эксплуатации, в противном случае ее возвращают в ремонт для приведения в соответствие ремонтной документации.

При организации ремонта учтены конструктивные особенности машин. Составлены указания по организации дефектации и ремонта (включая доработку), схемы и методики типового ремонта машины, а также перечень средств оснащения ремонта и средств измерений (испытаний).

Системы безопасности и пожаротушения должны соответствовать самым жестким требованиям, которые установлены следующими нормативными документами: «Система обеспечения безопасности движения специального самоходного подвижного состава I категории КЛУБ-УП (36993-00-00 ЭР.ЦРБ-704), «Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) и устройства контроля бдительности машиниста. Техническое обслуживание» (СТП 09150.19.194–2011), «Техническое обслуживание и ремонт комплекса средств сбора и регистрации контролируемых параметров движения КПД-ЗП» (ТИ-ЦТТ-18-09), «Правила по обеспечению пожарной безопасности на локомотивах и моторвагонном подвижном составе Белорусской железной дороги» (СТП БЧ 17.255–2013).

Сформированы требования по ремонту тормозного оборудования и колесных пар, которые соответствуют современным стандартам (СТП 09150.17.119–2010 «Тормозное оборудование локомотивов и моторвагонного подвижного состава на Белорусской железной дороге. Правила технического обслуживания, ремонта и испытаний», «Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами» № 691 НЗ от 27.06.2014, СТП 09150.56.131–2010 «Колесные пары специального подвижного состава. Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»; СТП 09150.56.157–2010 «Колесные пары железнодорожно-строительных машин фирмы «Плассер и Тойрер». Осмотр, освидетельствование, ремонт, формирование»), которые действуют на Белорусской железной дороге.

УДК 629.4.015

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

*А. П. ДЕДИНКИН, А. В. ПУТЯТО, Н. С. ДУБРОВ, А. Р. ШАЙДАКОВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших в стране потребителей дизельного топлива и электрической энергии, расходуемых главным образом на тягу поездов. Расход энергоресурсов на тягу поездов зависит не только от технических характеристик подвижного состава, но и ряда эксплуатационных факторов, установление и оценка которых позволяет совершенствовать существующую систему нормирования энергопотребления, обеспечивать возможность объективной оценки работы локомотивных бригад и технического состояния подвижного состава, а также принимать эффективные решения по экономии энергоресурсов.

Среди факторов, оказывающих влияние на расход энергоресурсов за поездку, например в пассажирском движении, следует выделить: приведенный уклон участка следования поезда, перевозочную работу, массу состава брутто, пробег, техническую и участковую скорости движения поезда, количество остановок поезда на промежуточных станциях, количество предупреждений, нагон, температуру наружного воздуха, скорость и направление ветра, техническое состояние ло-

комотива, квалификацию локомотивной бригады и др. Учет в расходе энергоресурсов каждого из факторов требует тщательного системного анализа, поскольку многие из перечисленных выше взаимосвязаны между собой.

Применяемые методики позволяют оценить влияние на расход энергоресурсов за поездку как количественных, так и качественных эксплуатационных факторов. Отметим, что зачастую оценка ряда факторов носит приближенный характер или выполняется методом экспертных оценок. Широкое распространение для прогнозирования расхода дизельного топлива и электрической энергии за поездку получили методы математической статистики, алгоритмы нейронных сетей и т. п. В то же время влияние метеорологических факторов, например температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра, интенсивности и вида осадков на энергопотребление тягового подвижного состава, исследованы недостаточно и в настоящее время практически не используются в оценке эффективности его работы.

За последние годы Белорусской железной дорогой вложены значительные средства в обновление и модернизацию парка тягового подвижного состава. Введены в эксплуатацию локомотивы, дизель- и электропоезда различных ведущих мировых производителей: Stadler Rail AG (Швейцария), PESA Bydgoszcz SA (Польша), CRRC Datong CO. (Китай). Конструкционная скорость движения инновационного подвижного состава составляет 160 км/ч и более. В 2015 году на территории Республики Беларусь вступили в действие Правила технической эксплуатации железной дороги, предусматривающие увеличение скорости движения до 250 км/ч. Эксплуатация подвижного состава на высоких скоростях предъявляет повышенные требования к его обслуживанию, квалификации локомотивных бригад, а также прогнозу энергопотребления.

Развитие цифровых технологий и методов компьютерного моделирования технических систем позволяет более детально и комплексно выполнять оценку влияния погодных условий на расход энергоресурсов за поездку в тяге поездов. В качестве примера рассмотрим оценку аэродинамического сопротивления при движении пассажирских локомотивов серии ТЭП70 (ТЭП70БС), суммарное ежемесячное потребление дизельного топлива которыми на Белорусской железной дороге достигает 1,5 тыс. т.

Отметим, что для оценки влияния скорости ветра на движущееся транспортное средство применяются экспериментальные и расчетные методы. Учитывая развитие вычислительной техники, наибольшее распространение получили численные методы расчетов, в том числе аэродинамики транспортных средств и их конструктивных элементов. Компьютерное моделирование выполнено с использованием программного комплекса ANSYS Workbench.

На первом этапе разработана геометрическая модель внешнего контура секции тепловоза серии ТЭП70. С математической точки зрения задача обтекания кузова локомотива набегающим потоком воздуха заключается в решении системы уравнений Навье – Стокса в рассматриваемой области. Под рассматриваемой областью понимается объем воздуха, окружающего локомотив, с исключенным из него объемом кузова тепловоза, так как относительно набегающего потока внешний контур локомотива считается абсолютно жестким.

После создания геометрии секции тепловоза на следующем этапе создается геометрия объема воздуха, окружающего локомотив. Для этого выполняется новый эскиз с помощью инструмента эскиза, в котором определяется прямоугольная в плане область. Размер данного прямоугольника в дальнейшем определяет размеры расчетной области. Величину ширины и высоты построенного прямоугольника возможно брать условно произвольно исходя лишь из тех соображений, что область полностью должна охватывать секцию тепловоза с запасом в 2–3 длины по всем направлениям (в настоящее время определяются оптимальные размеры области для исследуемого подвижного состава). Из построенного объема вырезается область, которую занимает секция тепловоза, и модель импортируется на следующий этап – создание сетки конечных элементов.

Построенная геометрическая модель разбивается на конечные элементы. Программное обеспечение, наряду с возможностью автоматического получения сетки, позволяет управлять их размером и формой в ручном режиме. Размер элемента при решении конкретной задачи необходимо выбирать на основе анализа сеточной сходимости, то есть подбирать такую сетку, которая влияет на результаты расчета в рамках допустимой погрешности, задаваемой исследователем. Для моделирования пограничного слоя на поверхности локомотива создано несколько слоев тонких призматических элементов.

После создания сетки конечных элементов в модели заданы граничные условия и свойства набегающего потока. Для предварительной оценки работоспособности модели задана постоянная

скорость набегающего потока на входе в рабочую область и нулевое давление на выходе. Граничные условия прилипания установлены для контура секции тепловоза. На рисунке 1 приведены результаты оценки внешней аэродинамики секции тепловоза серии ТЭП70 при лобовом ветре 10 м/с. Отметим, что для рассмотренного случая сила сопротивления движению по оси  $X$  составила 550 Н, а вертикальная сила – 495 Н, причем последняя «прижимает» локомотив к рельсовой колее.

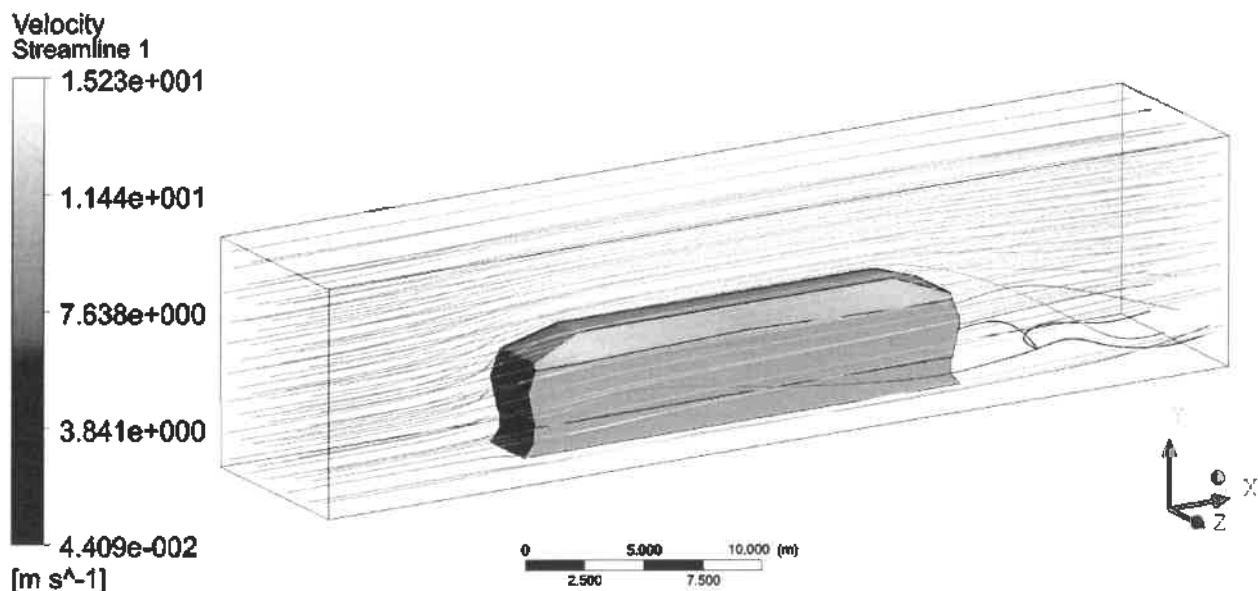


Рисунок 1 – Графическая интерпретация скорости ветрового потока, м/с

Таким образом, получаемые результаты компьютерного моделирования внешней аэродинамики локомотива позволяют использовать данные модели для оценки влияния внешних ветровых воздействий на расход энергоресурсов подвижным составом, эксплуатируемым в условиях Белорусской железной дороги.

УДК 625.8

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

*Д. Г. ЕВСЕЕВ, А. В. БАРЫШНИКОВ*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

Пассажирский железнодорожный транспорт на сегодня является наименее защищенным от негативных последствий аварийного столкновения с препятствием. Ввиду низкого уровня развития систем по обеспечению безопасности пассажиров и подвижного состава необходимо детальное исследование проблемы транспортной безопасности и разработка комплекса пассивной защиты, включающего в себя устройства поглощения энергии.

Первым этапом в исследовании вопроса по обеспечению технической безопасности является анализ основных нормативных документов, отражающих требования пассивной безопасности, предъявляемых к подвижному составу. Современный подвижной состав, эксплуатирующийся на железных дорогах Европы, должен соответствовать стандартам EN12663:2000 и EN15227:200807; в США – кодексу федерального регулирования 49CFR. В России одним из первых документов, отражающих требования пассивной безопасности, было распоряжение ОАО «РЖД» № 820р от 4 апреля 2010 г. Об утверждении технических требований к системе пассивной безопасности подвижного состава для пассажирских перевозок железных дорог колеи 1520 мм, однако это был первый шаг в создании нормативного документа федерального значения, обязательного для исполнения всеми собственниками подвижного состава и перевозчиками, поэтому 01.07.2014 г. в России был