

Учитывая вышеизложенное, конструкторской группой компании «Газгенераторбау» при научно-техническом сопровождении разработок сотрудниками кафедры «Локомотивы» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта предложено решение, которое позволяет не только принципиально уменьшить энергетические и ремонтные затраты на тепловозную тягу, но и вывести работу предприятия в экономически привлекаемую плоскость.

Как показали предварительные расчеты, для одной железнодорожной станции применение ТЭУ позволяет в течение суток получить прибыль в размере 12 000 €.

УДК 629.423.33

## **КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТОКОСЪЕМНИКА ЛОКОМОТИВА С КОНТАКТНЫМ ПРОВОДОМ**

*И. И. КАПЛЮК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Развитие электрификации на железной дороге, оставаясь приоритетным направлением, требует решения важных сопутствующих оптимизационных задач. Безаварийная эксплуатация, а также экономичность токосъема напрямую зависят от работоспособности контактирующих элементов: контактного провода и токосъемного элемента. В связи с тенденциями к повышению скорости движения и увеличению мощности поездов возникает необходимость оптимизации конструкции токосъемников электроподвижного состава. Целью представленной работы стала разработка конечно-элементных моделей, позволяющих анализировать контактное взаимодействие токосъемника с контактным проводом с учетом тепловых явлений в зоне контакта.

В качестве инструмента компьютерного моделирования использована САЕ-система ANSYS. Разработана конечно-элементная модель, позволяющая описать скольжение угольной вставки по проводу. При построении модели радиус провода принят равным 0,65 см, а длина его участка равна 10 см. Модель угольной вставки с подкладкой представляла собой два прямоугольных параллелепипеда размерами  $10 \times 0,7 \times 3$  и  $10 \times 0,2 \times 3$  см. Свойства элементов модели приняты следующими: провод из меди, модуль Юнга  $E_1 = 10^{11}$  Па, коэффициент Пуассона  $\nu_1 = 0,32$ ; угольная вставка с модулем Юнга  $E_2 = 10^{10}$  Па,  $\nu_1 = 0,24$ ; материал подкладки имел модуль Юнга  $E_3 = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\nu_1 = 0,2$ . Также создана контактная пара, которая включает в себя целевую поверхность – нижнюю часть провода и контактную поверхность – угольную вставку. При создании сетки конечных элементов использованы такие элементы, как SOLID186, TARGE170, CONTA174. К крайним точкам провода приложена продольная сила 500 Н (она равна половине силе натяжения провода), кроме того, к крайним ключевым точкам провода приложены вертикальные силы 35 Н. В качестве кинематических граничных условий использовали запрет перемещения нижней грани подкладки, а также отсутствие перемещений удаленного сечения провода по направлению вдоль оси провода. Для получения требуемой точности расчетов область контакта потребовалось промоделировать мелкими конечными элементами, что вело к очень большой длительности расчетов. Наличие большого числа элементов модели и плохая сходимость решения контактной задачи привели к тому, что длительность одноразового расчета на ЭВМ с объемом оперативной памяти 4 Гб и индексом производительности 5,4 составила около 35 часов. В результате вычислений получены распределения напряжений и деформаций в проводе и накладке. Выявлено, что наибольшие эквивалентные напряжения наблюдаются в проводе и составляют около 100 МПа. В то же время максимальные напряжения в накладке наблюдаются в ее угловых ребрах и составляют 62 МПа. Таким образом, при наличии незакругленных ребер возможно выкрашивание графита.

На второй стадии моделирования рассмотрена конечноэлементная модель контактирующих элементов с учетом теплопередачи. Изменен тип элементов на SOLID278, который в отличие от элемента SOLID186 позволяет учитывать температурные деформации. Контактному проводу и угольной вставке присвоены следующие температурные характеристики: коэффициент теплового расширения –  $16,7 \cdot 10^{-6}$  и  $7,9 \cdot 10^{-6}$   $1/^\circ\text{C}$ , коэффициент теплопроводности – 380 и 150 Вт/м $\cdot$ °C, коэффициент удельной теплоемкости – 383 и 708 Дж/кг $\cdot$ °C соответственно. В ре-

зультате, наряду с напряжениями, получено распределение температур в контактном проводе и в угольной вставке токоприемника. Тестирование модели показало, что результаты конечно-элементного моделирования достаточно адекватно отображают распределение температур в элементах модели.

Разработанные модели могут быть использованы для усовершенствования конструкции узла токосъема.

УДК 629.3.014

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*И. Ю. КЕБАЛ, С. С. МЯМЛИН*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
им. акад. В. Лазаряна, Украина*

Применение моторного углеводородного топлива для движения автомобилей неизбежно сопровождается повышенным выбросом диоксида углерода (CO<sub>2</sub>). Снижение выбросов традиционными методами не обеспечивает выполнения жестких экологических требований и является серьезной проблемой развития автомобилестроения. Поэтому существует необходимость в поиске альтернативного вида топлива для автомобилей.

Другим эффективным источником энергии для автомобилей является электричество, что позволит наиболее эффективно решить проблему повышения экологической безопасности. В настоящее время существует различные типы применения электрического привода в автомобилестроении, наиболее распространенным из которых является применение гибридных силовых установок, в которых питание электродвигателей осуществляется от двигателя внутреннего сгорания. Однако такая система не исключает выбросы CO<sub>2</sub>. Достичь этого можно, лишь полностью заменив двигатели внутреннего сгорания электрическим приводом. Такое решение реализуется в электромобилях, питание электродвигателей которых осуществляется от аккумуляторных батарей. Наибольшим препятствием широкому распространению таких транспортных средств, кроме относительно высокой стоимости, является отсутствие во многих странах широко развитой инфраструктуры для подзарядки батарей. Но несмотря на это, разработка подобных транспортных средств ведется многими научно-производственными организациями всего мира.

В связи с расширением рынка экологических видов транспорта и ростом спроса на электромобили возникает необходимость в техническом и технологическом сопровождении их на всех этапах жизненного цикла. Особого внимания требует обеспечение поддержания функциональных характеристик электромобилей при доставке их конечному потребителю. Транспортировка электромобилей может осуществляться как железнодорожным, так и автотранспортом. Наиболее перспективным для перевозки автомобилей является железнодорожный транспорт, так как он может обеспечить перевозку значительного количества электромобилей на дальние расстояния. Поэтому актуальной является научно-прикладная задача по обеспечению электропитанием электромобилей на протяжении всех этапов перевозки железнодорожным транспортом. Для решения этой задачи в соответствии с технологическим процессом возможно использование как стационарных, так и передвижных энергетических установок, а также специализированного подвижного состава. В зависимости от длительности транспортировки можно использовать зарядку аккумуляторов до поездки, во время следования в составе поезда или по прибытию в конечный пункт назначения. Рассмотрим более подробно инфраструктуру и подвижной состав для технологического обеспечения транспортировки электромобилей.

Для обеспечения погрузки и последующей выгрузки электромобилей с железнодорожного подвижного состава требуется достаточный уровень заряда аккумулятора, который может быть обеспечен специальными стационарными зарядными установками, расположенными в начальном или конечном пункте назначения. Данные установки представляют собой устройства по преобразованию и стабилизации параметров электрической сети, обеспечивающих необходимый уровень и скорость зарядки аккумуляторов электромобилей. Как правило, эти установки следует распола-