

В этой связи требуется комплексный подход в реализации прогрессивных методов работы по развитию культурно-технического уровня работников депо, при которых будет обеспечен их мотивационный интерес к самоповышению профессионально-технической подготовки, основанный на расширении профессионального кругозора и мастерства, углублении знаний в области современного производства и желании осваивать новейшую технику и технологические процессы.

Список литературы

1 **Андрончев, И. К.** Проблемы повышения надежности подвижного состава железных дорог / И. К. Андрончев, А. А. Булатов, О. Г. Булатова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 4–3. – С. 663–666.

2 **Тарасенко, Е. А.** Порядок материально-технического снабжения предприятий ОАО «Российские железные дороги» / Е. А. Тарасенко, Д. А. Карх // Логистика: форсайт-исследования, профессия, практика : материалы II Нац. науч.-обр. конф. (Санкт-Петербург, 21 октября 2021 г.) – СПб. : Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2021. – С. 259–264.

3 **Розов, А. Д.** Совершенствование управления качеством ремонта подвижного состава железнодорожного транспорта / А. Д. Розов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки : материалы Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 23–24 ноября 2017 г.). – М. : Перо, 2017. – С. 414–416.

УДК 629.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОРШНЕЙ ДИЗЕЛЯ K6S310DR

Л. В. ОГОРОДНИКОВ, Г. Е. БРИЛЬКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Надежность тягового подвижного состава, определяемая совершенством его конструкции и технологией изготовления, в процессе эксплуатации постепенно снижается вследствие изнашивания трущихся деталей, коррозии, усталости металла, старения материалов и других вредных процессов. Они вызывают повреждения, устранение которых становится необходимым для обеспечения безотказной работы тепловоза.

Важнейшей частью любого тепловоза является его первичный двигатель – дизель, работающий в эксплуатации на переменных режимах от полной мощности (номинальной мощности) до холостого хода. При этом дизель должен обладать высокой экономичностью, надежностью и высокой степенью ремонтпригодности. Одним из основных узлов дизеля, определяющим долговечность, надежность и безаварийность его работы, является цилиндро-поршневая группа.

Надежность работы узлов (деталей) цилиндро-поршневой группы современных дизелей тепловозов определяется величинами механической и тепловой напряженности. По мере повышения цилиндрической мощности дизелей тепловая напряженность стенок деталей, и особенно поршней, возрастает. Поэтому для прогнозирования достаточного запаса прочности появляется необходимость в тщательном расчете напряженного состояния деталей цилиндро-поршневой группы дизелей [1].

На настоящий момент основным тепловозом маневрового парка Белорусской железной дороги является тепловоз серии ЧМЭЗ, оборудованный дизелем K6S310DR. Дизель K6S310DR совместно с тяговым генератором постоянного тока образует силовую установку тепловоза. Дизель – шестицилиндровый, четырехтактный, с вертикальным расположением цилиндров, водяным охлаждением и наддувом. Номинальная мощность 993 кВт при частоте вращения коленчатого вала 750 об/мин [2].

Согласно статистическим данным в процессе эксплуатации тепловозного дизеля K6S310DR, одной из основных проблем является возникновение неисправностей поршней, связанных с появлением «задилов» на их поверхности. Для определения характера и причин появления «задилов», зон наиболее вероятного их появления предлагается использовать средства CAD/CAE-моделирования для построения 3D CAD-моделей деталей цилиндро-поршневой группы и решения этой многофакторной задачи.

На первом этапе исследования предлагается разработка трехмерных твердотельных моделей деталей цилиндро-поршневой группы дизеля K6S310DR с использованием рабочих чертежей цилиндрической втулки и поршня. Для обеспечения максимальной точности и адекватности моделей проектирование велось параллельно с использованием CAD/CAE-систем проектирования SolidWorks / COSMOS и

Autodesk Inventor. Модели деталей и изделий, создаваемые в среде этих систем, представляют собой их точные трехмерные электронные макеты, позволяющие всесторонне изучать поведение изделий ещё в процессе их разработки: анализировать геометрию, получать фотореалистичные изображения, проводить инженерные расчеты и исследования данных объектов. На рисунке 1, *а* показаны трехмерные твердотельные модели деталей цилиндро-поршневой группы дизеля K6S310DR.

Дальнейшие исследования сборочной 3D-модели можно проводить в системе SolidWorks Simulation. В данной системе сетка создается автоматическим построителем, и для твердых тел используются конечные элементы – тетраэдры черного качества или параболические тетраэдры высокого качества. Использование такого рода элементов позволяет повысить точность, но усложняет дальнейший расчет.

С использованием программных комплексов SolidWorks / CosmosWorks были проведены начальные расчетные исследования методом конечных элементов (МКЭ), причем деформации от теплового нагружения определялись на режиме номинальной мощности, а силовые деформации – на режиме максимального момента при максимальном давлении в цилиндре, то есть при давлении в цилиндре p_z , равном 9,7 МПа, и максимальной температуре T_z , равной 680 °С [3]. На рисунке 1, *б* представлен макет нагружения модели поршня.



Рисунок 1 – Трехмерные твердотельные модели деталей (*а*) и макет нагружения модели поршня (*б*) дизеля K6S310DR

В результате проведенных расчетных исследований получили картину термонапряженного состояния поршня с учетом приложения температурных и силовых нагрузок, представленную на рисунке 2. В результате расчета созданы конечно-элементная модель поршня и других деталей цилиндро-поршневой группы дизеля K6S310DR. С использованием модели проведены исследования и определены максимальные деформации как определяющих для деталей цилиндро-поршневой группы, так и картины возникающих напряжений и перемещений при их совместной работе.

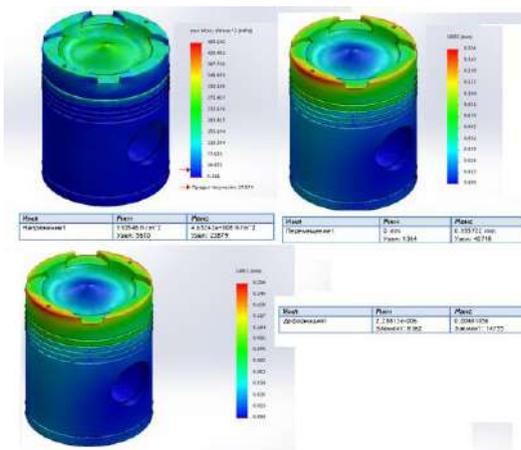


Рисунок 2 – Результаты исследования термонапряженного состояния поршня

Анализ полученных данных позволил определить наиболее вероятные зоны возникновения «задигов» на поверхности поршня, установить их причины и наметить пути устранения, что позволит улучшить эксплуатационную надежность сборочной единицы.

Список литературы

- 1 **Насыров, Р. А.** Повышение надежности работы поршней тепловозных дизелей / Р. А. Насыров. – М. : Транспорт, 1977. – 216 с.
- 2 **Нотик, З. Х.** Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЭ: Пособие машинисту / З. Х. Нотик. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1996. – 444 с.
- 3 **Алямовский, А. А.** SolidWorks / CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 432 с.

УДК 629.4.023.14.017

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КУЗОВА ВАГОНА И РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА СЕРИИ ДРБ1

Л. В. ОГОРОДНИКОВ, Д. П. РУСОВ, И. С. ЕРЕМЕЙЧИК
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Перевозка пассажиров в пригородном движении на неэлектрифицированных линиях осуществляется главным образом дизель-поездами, в частности серии ДРБ. Состав дизель-поезда формируется из головных с кабиной управления и прицепных вагонов, при этом прицепные в составе могут отсутствовать. Головные вагоны не имеют силовых установок. В настоящее время в эксплуатации на Белорусской железной дороге находится 105 вагонов дизель-поездов типа ДРБ1, из которых 83 прицепных и 22 головных. Дизель-поезда приписаны к локомотивным депо Орша и Могилев. Среднегодовой пробег вагонов – около 100 тыс. км.

Назначенный срок службы вагонов дизель-поезда типа ДРБ1 составляет 20 лет, и к настоящему времени проведены работы по обоснованию возможности продления срока службы до 35 лет. Около 10 % вагонов введены в эксплуатацию более 50 лет назад, а около 65 % в ближайшее время подойдут к сроку эксплуатации в 35 лет. Поэтому требуется либо замена имеющегося парка вагонов на новые, либо обоснование возможности дальнейшей безопасной эксплуатации, которое особо актуально в связи с невозможностью единовременного омоложения существующего парка. Практика эксплуатации и ремонта вагонов дизель-поезда ДРБ1 показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что стало основанием предположить наличие в них остаточного ресурса.

Для определения остаточного ресурса необходимо произвести комплекс мероприятий, одним из которых является расчет на прочность кузова вагона и рамы тележки. Для этого были разработаны конечно-элементные модели несущих конструкций [1]. Данная работа является подготовительным этапом для проведения серий прочностных расчетов, после нагружения расчетной модели конструкций. Это позволит определить наиболее напряженные элементы металлоконструкции вагонов дизель-поездов, в зависимости от режимов эксплуатации для составления схемы наклейки тензометрических датчиков при подготовке вагонов к натурным испытаниям и проведении испытаний согласно технической документации.

Оценка прочности в соответствии с ГОСТ 33796 [2] производилась по эквивалентным напряжениям. Эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции кузова вагона и раме тележки устанавливаются при I, II, III и IV расчетных режимах нагружения. Сочетания сил, действующих на кузов вагона дизель-поезда, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сочетания сил при расчетных режимах нагружения кузова

Расчетные силы	Сочетание сил для расчетного режима				
	I(a)	I(б)	II(a)	III	IV
Силы тяжести	пп. 2.2, 2.3				п. 2.3
Вертикальные динамические силы при движении	–	–	п. 2.4	п. 2.4	–
Продольные силы на упорах сцепных устройств	п. 2.5	п. 2.5	–	–	–
Продольные силы инерции	–	п. 2.6	–	–	–
Центробежная сила	–	–	п. 2.7	–	–

Режим I включает режимы I(a) и I(б): режим I(a) учитывает действие максимальных продольных квазистатических сил в конструкции; режим I(б) учитывает действие максимальных продольных ударных сил.