

средств нового поколения. Одним из наиболее мобильных видов транспортных средств, которые нашли применение в международном комбинированном сообщении, являются контейнеры. Интермодальность контейнеров прогнозирует повышение уровня их востребованности при комбинированных перевозках. Это вызывает необходимость разработки и внедрения в эксплуатацию контейнеров с повышенными технико-экономическими показателями. При проектировании таких контейнеров необходимо учитывать, в первую очередь, нагрузки, которые будут действовать на них в эксплуатации.

Для определения эксплуатационных значений динамических нагрузок, как одних из наиболее существенных, которые действуют на несущую конструкцию контейнеров, размещенных на вагонеплатформе при маневровом соударении, проведено математическое моделирование. Исследования проведены для контейнера-цистерны и сухогрузного контейнера типоразмером 1СС. В качестве базового вагона-платформы рассмотрена модель 13-4085, постройки ПАО «Днепровагонмаш». При этом контейнеры рассматривались как прикрепленные массы относительно рамы вагонеплатформы, которые имеют податливость в продольном направлении, обусловленную наличием зазоров между фитинговыми упорами вагонеплатформы и фитингами контейнеров. Контейнеры имеют собственную степень свободы до момента упора фитингов в фитинговые упоры, после чего они повторяют траекторию перемещения вагонеплатформы. Связь между рамой вагонеплатформы и контейнерами имитировалась как фрикционная. Вертикальные перемещения контейнеров во внимание не принимались. Для контейнера-цистерны учитывалось неполное использование грузоподъемности, что обусловлено недоливом котла наливным грузом. Решение дифференциальных уравнений осуществлялось в среде программного обеспечения MathCad.

Результаты исследований показали, что при отсутствии зазоров между фитинговыми упорами и фитингами ускорения как составляющие динамической нагрузки, которые действуют на несущую конструкцию контейнера-цистерны, составили около  $40 \text{ м/с}^2$ , для сухогрузного – около  $50 \text{ м/с}^2$ . С учетом максимально возможных перемещений, обусловленных зазорами в парах «фитинговые упоры – фитинги», ускорения составили, соответственно, около  $200 \text{ м/с}^2$  и около  $110 \text{ м/с}^2$ .

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1 Ускорения, которые действуют на контейнеры, размещенные на вагонеплатформе, с учетом наличия зазоров в парах «фитинговые упоры – фитинги» составили, соответственно, около 300 и около  $110 \text{ м/с}^2$ , при отсутствии зазоров – соответственно, около 40 и около  $50 \text{ м/с}^2$ ;

2 Для обеспечения сохранности контейнеров, размещенных на вагонах-платформах при маневровых соударениях необходимым является ограничение их перемещений относительно рам вагонеплатформ;

3 При проектировании контейнеров нового поколения необходимо учитывать уточненные величины ускорений, которые могут действовать на них в эксплуатации.

УДК 621.43

## **СОЗДАНИЕ СИЛОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПРИВОДА СРЕДСТВ МАЛОЙ МЕХАНИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ CAD/CAM МОДЕЛИРОВАНИЯ**

*В. А. ЛОДНЯ, В. А. СТАЛЬМАКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Большое разнообразие конструкций дизельных двигателей далеко не всегда позволяет выработать универсальный подход к проектированию и оптимизации конструктивных решений. Однако общей тенденцией для современных двигателей является уменьшение габаритов и массы конструкции при обеспечении необходимого моторесурса и уровня эколого-экономических показателей.

При традиционном подходе к проектированию, т.е. оптимизации конструкции с помощью серии натурных экспериментов, не представляется возможным в сжатые сроки выпустить на рынок продукцию с оптимальными массово-энергетическими показателями. Органическим выходом является использование технологий построения и анализа 3D – CAD моделей. Доработка ведется, используя специализированные расчетные CAE программные комплексы, что позволяет по результатам расчетов в режиме реального времени оптимизировать конструкцию.

С целью обеспечения достоверности полученных результатов было принято решение об использовании параллельно двух пакетов 3D-моделирования, а именно *Autodesk Inventor 2014* и *Solid Works 2014*, а также пакета инженерного анализа *COSMOS\Works*. Совокупность этих пакетов составляет проектный комплекс. На первом этапе производилось построение 3D-моделей деталей дизельного двигателя МД-8 и сборочной модели в целом. Исходными данными послужили чертежи реальной конструкции прототипа, на основании которых были построены 3D-модели.

На рисунке 1 показаны соответственно фрагмент процесса моделирования (а) и сборка проектируемого дизельного двигателя (б).

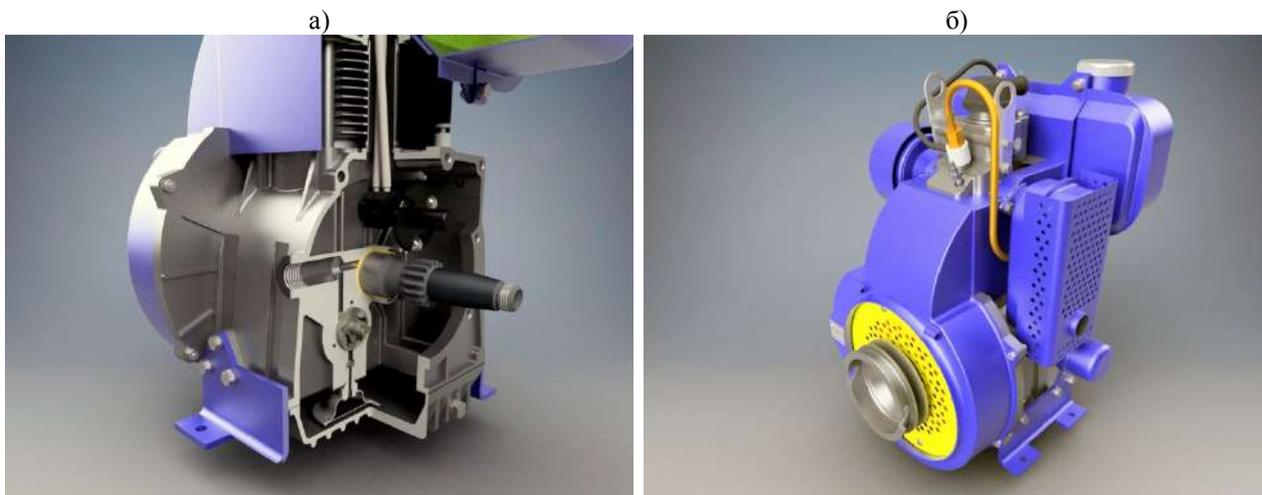


Рисунок 1 – Трехмерная сборочная модель проектируемого ДВС:

а – фрагмент процесса моделирования; б – сборочная 3D-модель проектируемого дизельного двигателя

Следующим этапом проводился инженерный анализ отдельных механизмов, определяющих конструкцию двигателя в целом. Совершенство конструкции головки цилиндра в значительной степени определяет совершенство конструкции двигателя. Создание оптимальной конструкции головки еще не гарантирует надежную работу системы охлаждения и двигателя в целом, но в значительной мере предопределяет ее. Сборочная модель головки цилиндра анализировалась в программном комплексе инженерного анализа *COSMOS\Works*. Первым этапом анализа явилось создание его алгоритма, включающего в себя построение расчетной модели определенного типа (термического, статического), задание граничных условий, получение результатов в графическом виде, а также выполнение соответствующих настроек, которые могут быть изменены пользователем перед выполнением нового варианта расчета. Конечным этапом исследований явился расчет и вывод результатов в графическом и численном видах (рисунок 2). При оценке результатов использовалась градиентная окраска распределения температурных полей по объему конструкции, что позволило проводить многофакторный анализ. Были выделены критические участки и проведена оптимизация исходной геометрии конструкции в 3D-моделях.

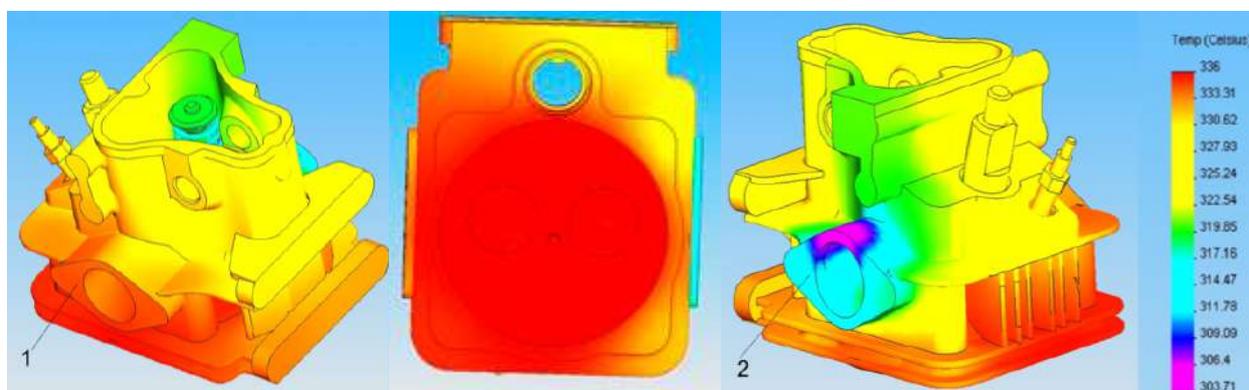


Рисунок 2 – Распределение температур по объему конструкции головки

1 – выпускной коллектор; 2 – впускной коллектор

Рассмотренная технология моделирования позволяет оперативно выполнять большое количество экспериментов, варьируя как граничные условия, так и геометрические формы деталей и конструкции двигателя. В данном подходе к проектированию и анализу реальной конструкции обеспечивается получение оптимального проектного решения и значительное снижение затрат, связанных обычно с необходимостью проведения натурального эксперимента.

УДК 629.4.027.118

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПРЕССОВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ПО ЕВРОПЕЙСКИМ НОРМАМ И СТАНДАРТАМ, ДЕЙСТВУЮЩИМ НА ТЕРРИТОРИИ ТАМОЖЕННОГО СОЮЗА**

*В. В. МАКЕЕВ, С. В. МАКЕЕВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Одним из направлений деятельности Испытательного центра железнодорожного транспорта «СЕКО» (ИЦ ЖТ «СЕКО») является проведение испытаний колесных пар на соответствие требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» ТР ТС 001/2011. Колесные пары, эксплуатация которых проходит на территории Таможенного союза, должны удовлетворять требованиям ТР ТС 001/2011 и взаимосвязанных с ним межгосударственных стандартов. Требования к моторным колесным парам устанавливаются ГОСТ 11018–2011, а к не моторным – ГОСТ 4835–2013.

В последние годы моторвагонный подвижной состав Белорусской железной дороги пополнился поездами, произведенными на заводах компании Штадлер. Колесные пары для этих поездов были изготовлены в Германии фирмой Gutehoffnungshütte Radsatz GmbH в соответствии с требованиями европейских норм EN 13260–2011 и поставлены в Республику Беларусь как готовый продукт в составе тележек для сборки электропоездов семивагонных переменного тока компании Штадлер типа FLIRT Belarus IC.

Анализ диаграмм запрессовки колесных пар (моторных, немоторных), изготовленных по европейскому стандарту, позволил выявить отличия требований к форме диаграммы запрессовки. ГОСТ 4835–2013 и ГОСТ 11018–2011 допускает скачок усилия запрессовки в начальной части диаграммы, но не более 49 кН. EN 13260-2011 (приложение А) допускает скачок до 296 кН на длине до 30 мм. Предполагается, что на этой длине колесо окончательно сядет на ось для дальнейшей запрессовки. Допуск по первоначальному скачку в требованиях ГОСТ и EN отличается в 6 раз. Представленные компанией ЗАО «Штадлер-Минск» диаграммы запрессовки показывают, что первоначальный скачок принимает значения от 100 до 160 кН для моторных колесных пар и от 105 до 160 кН – для немоторных. Анализ технологии запрессовки и технической документации на колесные пары, изготовленные согласно EN 13260-2011, позволил выявить возможную причину возникновения первоначального скачка усилия запрессовки. На подступичной части со стороны захода колеса на ось сформирована конусная часть длиной 5 мм с конусностью 6°, шероховатость которой, согласно технической документации, Ra = 1,6 мкм, шероховатость подступичной части оси – не более Ra = 1,6 мкм. Ось изготовлена из стали с маркировкой EA4T, что соответствует ГОСТ Р 52942–2008. Колеса являются цельнокатаными и изготовлены из стали ER9 согласно EN 13260. Со стороны запрессовки у посадочного отверстия колеса снята фаска 1×45°. Шероховатость посадочного отверстия колеса – не более Ra = 3,2 мкм. В качестве смазки для запрессовки используется дисульфид молибдена (MoS<sub>2</sub>).

В то же время оси, изготовленные согласно ГОСТ 22780, имеют плавный заход длиной 7–15 мм с шероховатостью не более Ra = 1,25 мкм и с разностью наибольшего и наименьшего диаметров не более 1 мм, что соответствует конусности 2–4°. Описанные отличия геометрических параметров заходной части оси и шероховатости подступичной части оси могут быть причинами более значительного первоначального скачка усилия запрессовки на диаграмме.

Скачок усилия запрессовки колесных пар, изготовленных по EN 13260–2011, приходится на первые 4–6 мм запрессовки. На этом расстоянии происходит предварительная запрессовка колеса на ось.

Для немоторной колесной пары ГОСТ 4835–2013, п. 4.4.4 допускает предварительную запрессовку колес без записи диаграммы. При этом окончательная запрессовка осуществляется с записью диаграммы и обеспечением минимальной длины сопряжения.