

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПОРШНЯ ТЕПЛОВОЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.А. Лодня, канд. техн. наук, доцент,

Е.В. Трояков, магистрант

*Белорусский государственный университет транспорта,
г. Гомель, Республика Беларусь*

Ключевые слова: дизель К6S310D, 3D CAD модели, поршень, втулка цилиндра, конечно-элементная модель, «беззадирная» работа двигателя.

Аннотация. Рассматривается методика и результаты расчетного исследования пары «поршень-втулка цилиндра» тепловозного дизеля К6S310DR с использованием технологии построения и анализа 3D CAD моделей реальных конструкций. Показано, что данная концепция построения и анализа реальной конструкции объекта исследования позволила уменьшить ремонтные расходы и повысить ресурс двигателя.

В процессе эксплуатации тепловозного дизеля К6S310DR одной из важнейших проблем является возникновение неисправностей у среднего поршня, связанных с появлением «задиров» на его поверхности. Для решения этой многофакторной задачи требуются средства CAD/CAE-моделирования для построения 3D CAD моделей деталей цилиндропоршневой группы, то есть актуальность данной работы заключается в определении причин возникновения «задиров» поршня дизеля К6S310DR при помощи 3D CAD моделей, что приведет к уменьшению ремонтных расходов. Применение параметризированной 3D CAD модели конструкции, максимально точно описывающей проектируемый объект, наиболее эффективно с точки зрения экономии средств и времени. Таким образом, целью данной работы является разработка конечно-элементной модели цилиндропоршневой группы дизеля К6S310DR для проведения конечно-элементных расчетов, дальнейшего анализа полученных результатов с целью определения профиля поршня, обеспечивающего «беззадирную» работу двигателя для всех режимов работы, минуя натурный эксперимент.

Дизель К6S310DR вместе с тяговым генератором постоянного тока образует силовую установку тепловоза ЧМЭЗ, энергия которой используется для получения силы тяги. Дизель шестицилиндровый, четырехтактный, с вертикальным расположением цилиндров, водяным охлаждением и наддувом. Порядок работы цилиндров 1 – 3 – 5 – 6 – 4 – 2. Номинальная мощность 993 кВт (1350 л.с.) при частоте вращения коленчатого вала 750 об/мин. Поршень воспринимает давление газов в 7,0 – 9,7 МПа (70 - 90 кгс/см²), образующихся при сгорании топлива в цилиндре, и через шатун передает усилие на кривошип коленчатого вала. Поршень отлит из кремнийалюминиевого сплава, обладающего высокой теплопроводностью. Верхняя часть поршня – головка – имеет форму усеченного конуса и выполнена толстостенной, так как она воспринимает давление газов и находится под действием их высоких температур. Коническая форма головки исключает заклинивание поршня вследствие температурного расширения. Днище поршня вместе с цилиндрической втулкой и цилиндрической крышкой образует камеру сгорания, равную 13 мм. На наружной поверхности головки проточены пять кольцевых канавок (ручьев) под поршневые кольца. В средней части поршня имеются приливы, в которых расточены отверстия диаметром 130 мм под поршневой палец. Нижняя часть поршня – юбка – имеет цилиндрическую форму (диаметр 309,6 мм) и служит для направления поршня в цилиндрической втулке [1].

На первом этапе исследования были разработаны трехмерные твердотельные модели цилиндропоршневой группы дизеля К6S310DR. Для обеспечения максимальной точности и адекватности моделей, проектирование велось параллельно с использованием CAD/CAE-систем проектирования SolidWorks / COSMOS и Autodesk Inventor. На рисунках 1 и 2 показаны, соответственно, фрагменты процесса моделирования поршня и деталей цилиндропоршневой группы дизеля К6S310D.

Используя данные программные комплексы, в дальнейшем были проведены начальные расчетные исследования методом конечных элементов (МКЭ), причем деформации от теплового нагружения определялись на режиме максимальной мощности, а

силовые деформации – на режиме максимального момента при максимальном давлении в цилиндре.

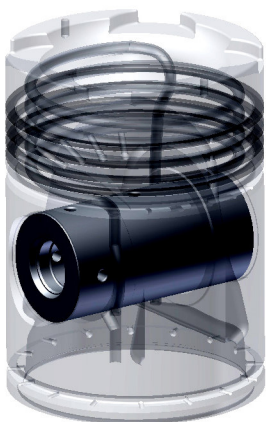


Рисунок 1. Процесс 3D моделирования поршня



Рисунок 2. Сборочная 3D модель объекта исследования

В результате проведенных расчетных исследований получили картину термонапряженного состояния поршня и втулки цилиндра с учетом приложения температурных и силовых нагрузок. Результаты исследования представлены на рисунках 3 и 4.

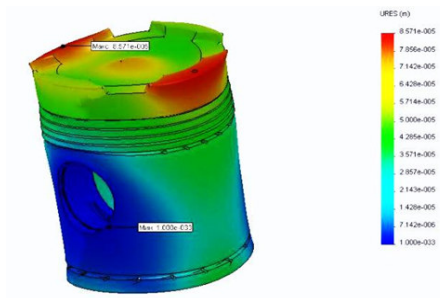


Рисунок 3. Результаты нагружения поршня

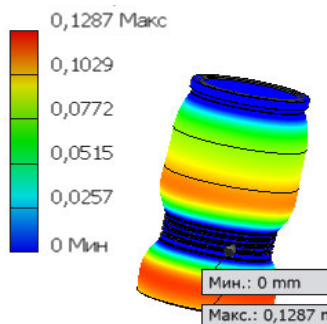


Рисунок 4. Результаты нагружения втулки цилиндра

Дальнейшие исследования сборочной 3D модели проводились в системе SolidWorks Simulation (рис. 5). В данной системе расчетная сетка создается автоматическим построителем, и для твердых тел используются конечные элементы – тетраэдры черного цвета или параболические тетраэдры высокого качества. Использование такого рода элементов позволяет повысить точность исследования.

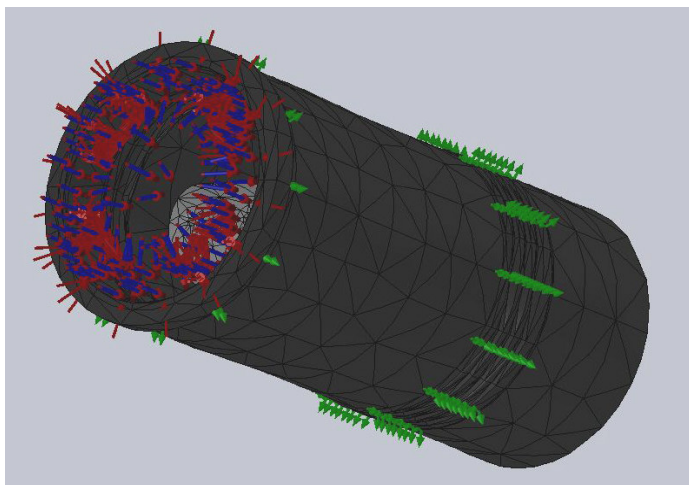


Рисунок 5. Конечно-элементная модель объекта исследования

В результате проведенных исследований были определены максимальные деформации, как определяющих деталей цилиндропоршневой группы, так и картины возникающих напряжений и деформаций при симуляции их совместной работы. Были определены наиболее вероятные причины возникновения «задиров» поршня и пути их устранения. Корректирование профиля поршня по результатам исследования улучшит условия смазки пары «тронк поршня – зеркало цилиндра», что повысит моторесурс и снизит расход топлива дизеля.

Методика исследования путем построения и конечно-элементного анализа 3D моделей конструкции позволила сократить затраты на исследовательские натурные испытания и ремонтные работы. В связи с актуальностью методики исследования

конструкций путем построения и анализа 3D моделей с использованием CAD/CAE пакетов очевидна необходимость в подготовке квалифицированных специалистов, владеющих технологиями построения и анализа реальных конструкций с использованием 3D моделирования.

Список литературы

1. Нотик, З.Х. Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЭ: Пособие машинисту. – 2-е изд., перераб. и доп. / З.Х. Нотик. – М: Транспорт, 1996. – 444 с.
2. Алямовский, А.А. Solid Works / COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А.А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432с.

УДК 621.882

СБОРНИК ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ, КАК СРЕДСТВО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Г.А. Мальцева, канд. пед. наук, доцент,
Н.В. Кнапнугель, ст. преподаватель

*Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнева, (СибГУ),
г. Красноярск, Российская Федерация*

Ключевые слова: тесты, самостоятельная работа студентов, начертательная геометрия, инженерная графика.

Аннотация. Рассматривается работа студентов с заданиями в тестовой форме с целью закрепления и освоения теоретического материала.

Одним из условий успешного обучения студентов дисциплине «Инженерная графика» является организация самостоятельной работы учащихся. Она направлена на усвоение и закрепление учебного материала, а также вырабатывает психологическую установку на самостоятельное пополнение своих знаний, умение ориентироваться в потоке научной информации, т.е. является условием самоорганизации и самодисциплины студента в овладении знаниями.