

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ МАЛОГАБАРИТНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.А. Лодня, канд. техн. наук, доцент

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

Ключевые слова: малогабаритный дизельный двигатель, 3D-модель, параметризация, газораспределительный механизм, проектный комплекс.

Аннотация. На примере 3D-проектирования малогабаритного дизельного двигателя приводится методика и даны результаты анализа конструкции с использованием инструментария CAD/CAM-пакетов. Показано, что данная концепция построения и анализа сборок наиболее приемлема в практике конструирования с учетом большого объема изменяющихся анализируемых параметров.

Двигателестроение относится к одной из наиболее науко- и капиталоемких отраслей машиностроения. При создании конструкции, семейства или мощностного ряда малогабаритных дизельных двигателей далеко не всегда удается выработать универсальный подход к проектированию и оптимизации по причине множества конструктивных решений и расчетных параметров. Применение параметризованной трехмерной CAD-модели конструкции, максимально точно описывающей проектируемый объект, наиболее эффективно с точки зрения экономии средств и времени. Несмотря на то, что при таком подходе возникают дополнительные затраты на создание 3D-модели конструкции, математической расчетной модели и программную реализацию используемого метода, в целом затраты на проведение вычислительного эксперимента существенно ниже, чем при использовании натуральных экспериментов и методов доводки конструкций. Однако существенной проблемой при этом является обеспечение гарантии достоверности полученных результатов.

В данной работе ставилась задача определения конструкции малогабаритного дизельного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) путем построения параметрических 3D-моделей узлов и механизмов. Для решения подобных задач в проектировании применяется технология «виртуально цифрового прототипа»,

в котором собственно CAD-модель объекта выступает хотя и основным, но одним из этапов. Метод основан на следующих принципах: 3D-модель конструкции (или ее часть) направляется на серию расчетных исследований, определяющих расчетные контролируемые параметры модели. В ходе расчетной оптимизации на любом этапе есть возможность возврата к CAD-моделированию и изменения размеров деталей или компоновки конструкции в целом. На данном этапе важно обеспечить свободный обмен информацией между инструментарием 3D-моделирования и специализированным расчетным программным обеспечением. В данном случае возможно введение понятий «виртуальный объект проектирования» и «цифровая модель».

При выборе конкретных инструментов моделирования и методов анализа предпочтение следует отдавать пакетам, имеющим достаточный функциональный инструментарий, позволяющий оценить проектные решения с достаточной степенью точности. Немаловажными факторами при выборе CAD-системы являются дружелюбность интерфейса (что напрямую определяет скорость решения и упрощает проектирование), наличие средств визуализации получаемых результатов, а также распространенность пакетов в практике машиностроения в целом и в двигателестроении в частности. 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 двух пакетов инженерного анализа – COSMOSWorks и ANSYS. Совокупность этих пакетов составляет проектный комплекс.

На первом этапе производилось построение твердотельных 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, проверена целостность построенных моделей и отсутствие пересечения деталей в сборках. Совокупность данных моделей является цифровым образом реальной конструкции головки, служащим основой для последующего проведения вычислительного эксперимента. На рисунках 1 и 2 пока-

заны соответственно фрагмент процесса моделирования и сборки проектируемого дизельного двигателя.



Рисунок 1. Фрагмент процесса моделирования

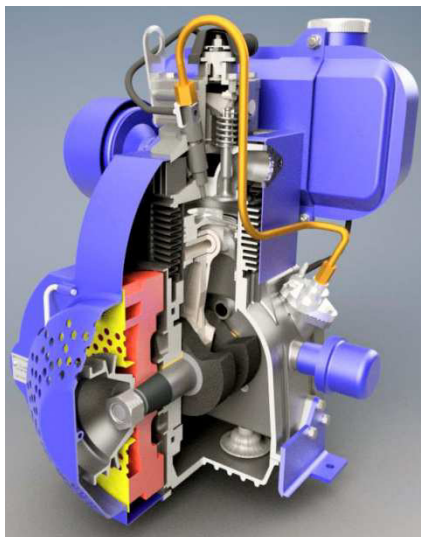


Рисунок 2. Сборочная 3D-модель проектируемого дизельного двигателя

На следующем этапе проводился инженерный анализ отдельных механизмов, определяющих конструкцию двигателя в целом. Данный этап рассмотрим на примере анализа напряженного состояния газораспределительного механизма (ГРМ), который является одним из самых ответственных механизмов, несущих высокие тепловые и механические нагрузки. Отдельные детали ГРМ подвергаются знакопеременным нагрузкам и неравномерному нагреву. Совершенство конструкции ГРМ в значительной степени определяет совершенство конструкции двигателя.

Одно из наиболее важных требований, предъявляемых к конструкции деталей ГРМ, – уменьшение поступательно движущихся масс и обеспечение общей жесткости механизма. Циклические упругие деформации изгиба, сжатия и кручения в отдельных деталях ГРМ вызывают колебательные процессы, со-

провожающиеся нарушением работы всего механизма, смещением геометрических фаз газораспределения, отрывом толкателя от кулачка и повышением уровня механического шума. С увеличением частоты вращения вала ДВС силы инерции значительно возрастают, что вынуждает, во избежание кинематического размыкания механизма, повышать усилия пружин и жесткость механизма привода, включая распределительный вал. Также в этом случае неизбежны мероприятия по обеспечению приемлемого уровня надежности деталей механизма ГРМ в пределах заявленного моторесурса двигателя в целом.

Пространственная модель конструкции ГРМ, приведенная на рисунке 3, содержит совокупность взаимосвязей, определяющих взаимное положение компонентов и их взаимодействие при перемещении. В первом приближении механические связи можно заменить силами, действующими на деталь. Для выявления этих сил был проведен кинематический анализ механизма (рисунок 4).



Рисунок 3. 3D-сборочная модель кривошипно-шатунного механизма

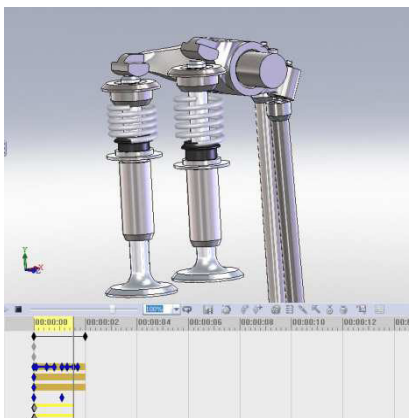


Рисунок 4. Этап кинематического моделирования газораспределительного механизма

В дальнейшем сборка анализировалась с использованием программных комплексов COSMOSWorks и ANSYS. Данные комплексы требуют соблюдения базового алгоритма метода ко-

нечных элементов, предоставляя внутри каждого этапа определенную свободу в последовательности шагов подготовки модели и рассмотрении результатов. Расчет проводился в упругой постановке. В результате анализа получена картина распределения эквивалентных напряжений в объеме исследуемого тела (рисунок 5).

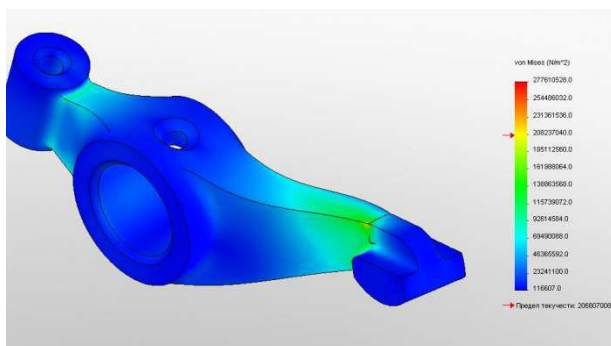


Рисунок 5. Распределение эквивалентных напряжений в коромысле

Следует отметить, что проведение эксперимента по определению долговечности детали не всегда является возможным ввиду длительности последнего. А последующая доводка параметров детали до требуемых величин, с целью соответствия долговечности детали заявленному моторесурсу двигателя, требует больших временных затрат. В связи с этим очевидна необходимость в использовании CAD/CAE-пакетов в современной инженерной практике и подготовке квалифицированных специалистов, владеющих технологиями построения и анализа реальных конструкций с использованием 3D-моделирования.

Список литературы

1. Семенов, Б. Н. Рабочий процесс высокооборотных дизелей малой мощности / Б. Н. Семенов, Е. П. Павлов, В. П. Копцев. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1990. – 240 с.
2. Алямовский, А. А. Solid Works/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – Москва : ДМК Пресс, 2004. – 432 с.