

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ВЫСОКООБОРОТНОГО ДИЗЕЛЯ

П.Р. Вальехо Мальдонадо¹, Д.К. Гришин²,
В.А. Лодня³, Е.А. Сигай³

¹Кафедра теплотехники и тепловых двигателей

²Кафедра конструкций машин

Инженерный факультет

Российский университет дружбы народов

Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

³Кафедра графики

Белорусский государственный университет транспорта

ул. Кирова, 34, Гомель, Беларусь, 24 6653

В работе приведен результат анализа напряженного состояния деталей газораспределительного механизма высокооборотного дизеля.

Ключевые слова: напряженное состояние, кинематический анализ, силовой анализ, двигатель внутреннего сгорания.

Газораспределительный механизм (ГРМ) двигателя является одним из самых ответственных механизмов, несущих высокие тепловые и знакопеременные механические нагрузки. Совершенство конструкции ГРМ в значительной степени определяет совершенство конструкции двигателя.

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к конструкции ГРМ высокооборотного дизеля, являются уменьшение величин поступательно движущихся масс и обеспечение достаточной жесткости всего механизма. Циклические упругие деформации изгиба, сжатия и кручения в отдельных деталях ГРМ вызывают колебательные процессы, сопровождающиеся нарушением работы всего механизма, смещением фаз газораспределения, отрывом толкателя от кулачка, повышением уровня механического шума и снижением экономичности процесса сгорания. С увеличением частоты вращения вала ДВС силы инерции значительно возрастают, что вынуждает во избежание разрыва кинематических связей механизма увеличивать усилия пружин и жесткость элементов ГРМ, включая распределительный вал. При этом необходимо выполнять требования по обеспечению приемлемого уровня надежности деталей механизма ГРМ в пределах заявленного моторесурса двигателя в целом.

Для ускоренного выхода продукции на рынок чрезвычайно важным является сокращение цикла разработки изделия, обычно включающего в себя весьма дорогостоящие натурные испытания с последующей доработкой конструкции и дополнительными испытаниями.

Выполнение вышеуказанных требований при сжатых сроках проектирования и обеспечении технологичности возможно только на основе использования

CAD-систем автоматического проектирования с построением легко модифицируемой 3D-модели механизма.

Моделирование позволяет решить задачу оптимизации жесткостных характеристик деталей газораспределительного механизма исходя из условия обеспечения усталостной прочности наиболее ответственных деталей, таких как коромысла и штанги привода клапанов.

Процесс моделирования состоит из трех этапов. На первом этапе производится автоматизированное построение твердотельной модели сборки деталей исследуемого ГРМ, на втором — моделирование кинематики ГРМ, на третьем — прочностной анализ конструкции. Указанные этапы реализуются путем использования соответствующих программных пакетов: для первого этапа — пакета твердотельного моделирования SolidWorks, для второго — компонента SolidWorks Motion, способного выполнить необходимую симуляцию, для третьего — пакета программ COSMOS\Works, обеспечивающего прочностные расчеты. Совокупность этих пакетов составляет проектный комплекс.

Исходными данными для построения оптимизационной модели служат чертежи реальной конструкции, на основании которых строятся трехмерные модели в формате Sldprt. Затем средствами SolidWorks проверяется целостность построенных моделей и отсутствие пересечения деталей в сборке.

На рисунке 1 показана сборочная модель ГРМ высокооборотного дизельного двигателя МД-8 с непосредственным впрыскиванием. Модель является цифровым образом реальной конструкции и используется для последующего проведения вычислительного эксперимента.



Рис. 1. Трехмерная сборочная модель кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя МД-8

На рисунке 2 представлена модель, используемая для кинематического и силового анализа рассматриваемого механизма, а на рис. 3 приведены результаты определения сил, действующих на коромысло со стороны толкателя (рис. 3 а) и со стороны клапана (рис. 3 б). Механические связи между деталями заменяются соответствующими силами (рис. 4).



Рис. 2. Модель для кинематического и силового анализа газораспределительного механизма

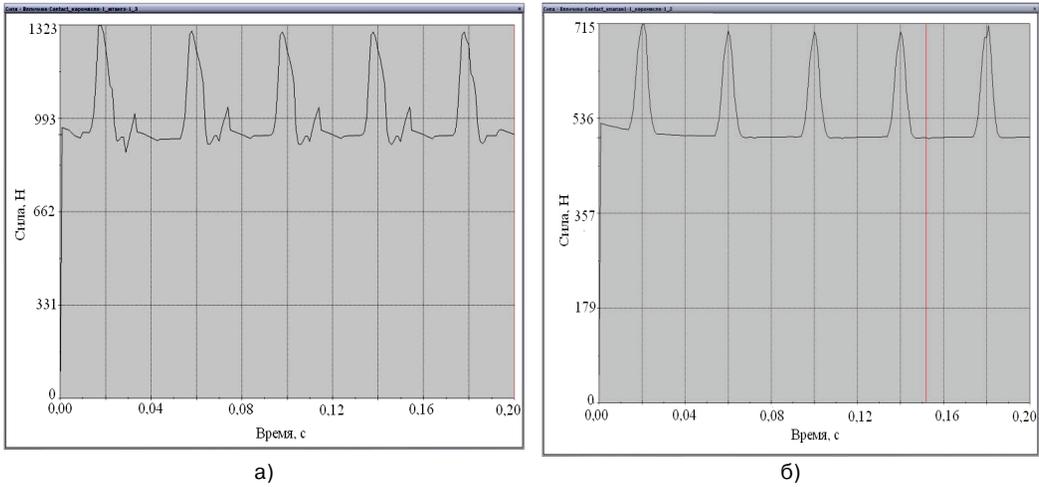


Рис. 3. Силы, действующей на коромысло:
 а) со стороны толкателя; б) со стороны клапана

Напряженное состояние деталей сборки анализировалось в программном комплексе COSMOSWorks. Данный комплекс требует соблюдения базового алгоритма метода конечных элементов, предоставляя внутри каждого этапа определенную свободу выбора шага вычислений и их последовательности.

Для оценки точности полученных решений проводилась серия расчетов на сетках с разным разрешением геометрических особенностей модели, отличающихся размером и количеством ячеек. При оценке результатов расчета использовалась градиентная окраска распределения напряжений по объему конструкции, что облегчило проведение многофакторного анализа.

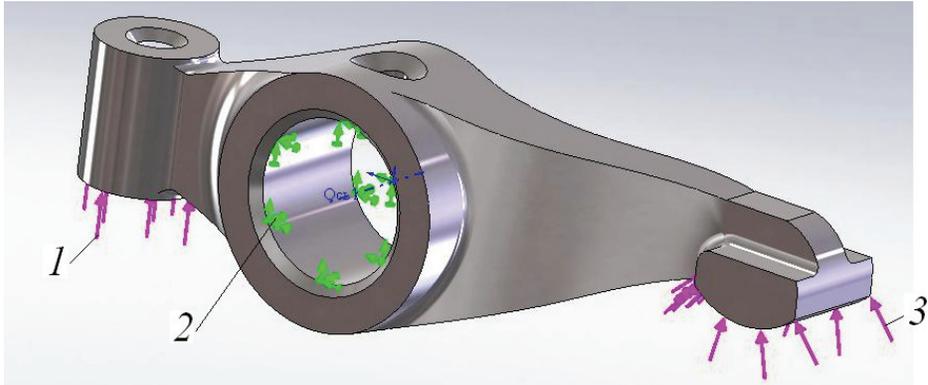


Рис. 4. Определение граничных усилий для коромысла двигателя МД-8:

- 1) со стороны штанги толкателя; 2) на поверхности шарнирной опоры; 3) со стороны клапана

На рисунке 5 представлена объемная картина распределения эквивалентных напряжений в коромысле.

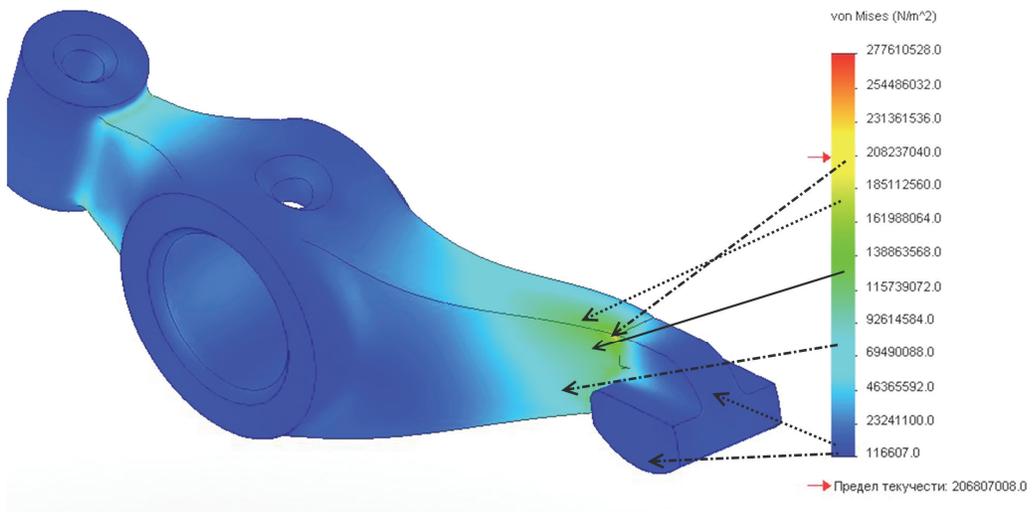
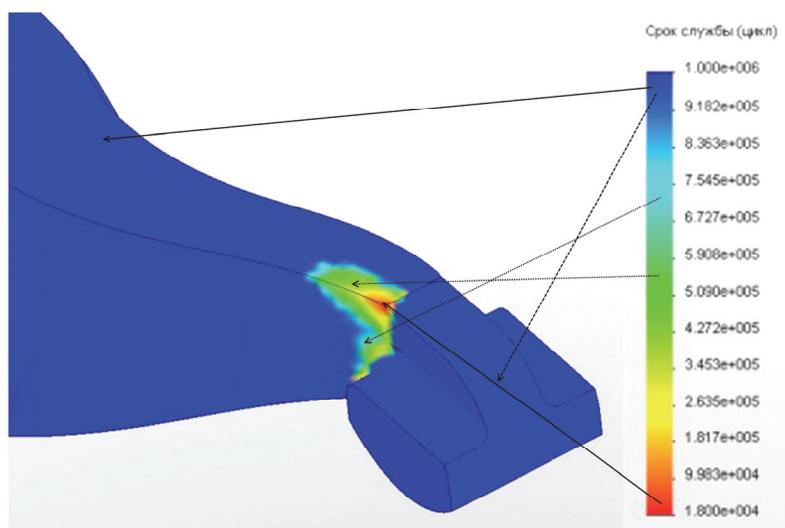
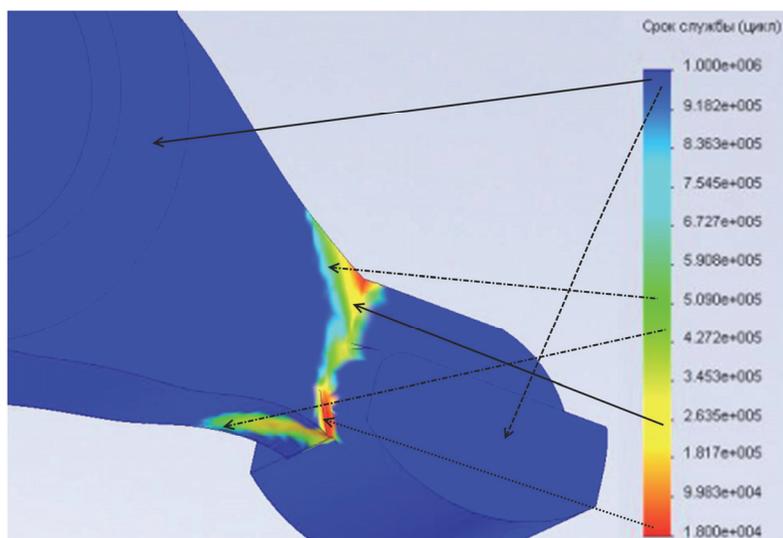


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений в коромысле

Проведенный анализ показал, что статические напряжения, возникающие в коромысле, недостаточны для потери прочности последнего (материал Сталь 40ХЛ). Однако, учитывая цикличность работы исследуемого объекта, можно предположить, что в коромысле возникают опасные циклические напряжения, способствующие снижению долговечности детали. Особую опасность представляют концентраторы напряжений. Были выделены критические участки (рис. 6), и проведена оптимизация исходной геометрии конструкции коромысла.



а



б

Рис. 6. Анализ циклической долговечности коромысла:
а, б — зоны концентрации напряжений в головке коромысла

Таким образом, существующая в Solid Works/COSMOSWorks концепция организации и построения сборок наиболее приемлема в практике двигателестроения с учетом большого объема изменяющихся анализируемых параметров. Рассмотренная технология моделирования позволяет оперативно выполнять большое количество вычислительных экспериментов, изменяя как граничные условия, так и геометрические формы деталей ГПМ. При этом в сжатые сроки достигается оптимальное проектное решение и значительно снижаются затраты, связанные обычно с необходимостью проведения натурного эксперимента. В частности, на основе полученных результатов моделирования удалось скорректировать конструкцию коромысла привода клапанов газораспределения, дать рекомендации

по проектированию технологической оснастки и литейных форм с указанием специфических параметров (литейных радиусов, уклонов, припусков на обработку и т.д.) в зависимости от метода литья.

Разработанная методика с применением *CAD/CAE* пакетов является универсальной и может быть без существенных изменений использована для проектирования двигателей различного типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Solid Works. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.] / Под общ. ред. А.А. Алямовского. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
- [2] *Алямовский А.А.* Solid Works/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А.А. Алямовский. — М.: ДМК Пресс, 2004.
- [3] Комбинированные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов / Н.Д. Чайнов, Н.А. Ивашенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков / Под ред. Н.Д. Чайнова. — М.: Машиностроение, 2008.

ANALYSIS OF STRESSES IN THE DETAILS HIGH-SPEED TIMING ENGINE

**P.R. Vallejo Maldonado¹, D.K. Grishin²,
V.A. Lodnya³, E.A. Sigay³**

¹Department of heat engineering and Heat Engines

²Department of Machine Design

Faculty of Engineering

Peoples' Friendship University of Russia

Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

³Department of Graphics

The Belarus State University of Transport

Kirov str., 34, Gomel, Belarus, 246653

The results of analysis of stress state of parts of gas-distribution mechanism of high-speed diesel.

Key words: stress components, kinematic analysis, power analysis, the internal combustion engine.