

УДК 621.43

**ПОЭТАПНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО
СОСТОЯНИЯ ШАТУНА**

**STEPWISE MODELING OF THE STRESSED STATE
OF THE CONNECTING ROD**

А. В. Предко

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

A. Predko

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В данной работе рассмотрены результаты моделирования напряженного состояния шатуна перспективного дизеля методом конечных элементов. Моделирование проводилось с учетом газовых и инерционных сил в конструктивных элементах шатуна: поршневой головке, стержне и крышки шатуна в наиболее опасных сечениях, на режимах максимальных газовых и инерционных нагрузок.

In this paper, the results of modeling the stress state of the perspective diesel connecting rod by finite element method are considered. The simulation was carried out taking into account the gas and inertial forces in the structural elements of the connecting rod: piston head, rod and connecting rod cap in the most dangerous sections, at maximum gas and inertial loads.

ВВЕДЕНИЕ

Современные транспортные двигатели характеризуются постоянно растущими удельными мощностными и экономическими показателями, уменьшением металлоемкости с сохранением высокого уровня надежности и долговечности. Выполнение этих, в некоторой степени противоречивых, требований не возможно без проведения научных исследований и опытно-конструкторских работ по повышению прочности деталей кривошипно-шатунного механизма.

Шатун является ответственной, высоконагруженной деталью сложной геометрической формы, подвергающейся различным динамическим и тепловым нагрузкам и совершающей сложное движение. От надежности шатуна зависит не только работоспособность двига-

теля, но и в силу его высокой кинетической энергии целостность двигателя и всего транспортного средства, а также безопасность обслуживающего персонала.

Применение численных методов моделирования напряженного состояния деталей с использованием средств автоматизированного проектирования позволяет существенно сократить сроки и повысить качество опытно-конструкторских работ.

Поэтому, несмотря на то, что исследованием и доработкой шатунов занимаются уже много лет, работы по расчетным исследованиям нагруженного состояния шатунов сохраняют свою актуальность.

ПОЭЛЕМЕНТНЫЙ РАСЧЕТ ШАТУНА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В силу сложной формы и различия нагрузок, воспринимаемых разными частями шатуна, для его расчета принято выделять следующие конструктивные элементы: поршневую и кривошипную головки, соединенные стержнем.

Обычно расчет поршневой головки сводится к определению напряжений растяжения в горизонтальной плоскости вдоль оси поршневого пальца от сил инерции на режиме максимальной частоты холостого хода и в плоскости заделки стержня шатуна от запрессовки втулки пальца и суммарной, газовой и инерционной, силы. При расчете стержня шатуна определяются напряжения сжатия и растяжения от газовых и инерционных сил. Крышка шатуна рассчитывается на изгиб от сил инерции деталей поршневой и шатунных групп [2, 3].

Из твердотельной модели шатуна в среде SolidWorks выделены конструктивные элементы и созданы схемы нагружения и фиксации как предложено в литературе [3], заданы краевые условия. Так при моделировании напряжений в поршневой головке неподвижно зафиксировано нижнее сечение, а в качестве нагрузки принято равномерно распределенное давление от запрессованной втулки и рабочая нагрузка от сжимающей суммарной силы распределенная по синусоиде (рис. 1).

Моделирование проводилось в среде SolidWorks Simulation. В качестве критерия оценки напряженного состояния расчетных сечений принято осредненное напряжение по Мизесу [1]:

Секция «ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

$$\sigma_{vonMises} = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2}{2}},$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – главные напряжения по соответствующим осям.

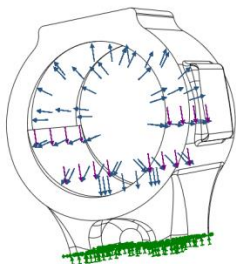


Рисунок 1 – Схема нагрузки при расчете поршневой головки

Анализ результатов моделирования напряжений в опасных сечениях показали хорошую сходимость с результатами традиционных расчетов. Однако предложенный метод моделирования позволит определять напряжения не только в расчетных сечениях, но и во всем конструктивном элементе в целом, что позволяет более качественно оценивать напряженное состояние. Так при моделировании разрыва поршневой головки обнаружено, что максимальное напряжение возникает не в горизонтальной, а вертикальной плоскости проходящей через ось пальца (рис. 2), которое значительно превышает напряжение в расчетном сечении.

Еще одним преимуществом предложенного метода моделирования является возможность определения возвратно-поступательно движущейся массы и расчет центробежной силы инерции, оказывающей воздействие на расчетный элемент.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод поэлементного расчета шатуна может применяться при эскизном проектировании как конструктивных элементов, так и шатуна в целом, проведении проверочных прочностных расчетов и выявления тенденций влияния геометрических и конструктивных параметров шатуна на его напряженное состояние.

Секция «ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

С целью совершенствования расчета предполагается перейти от статического расчета к расчету циклических напряжений с целью определения усталостной прочности.

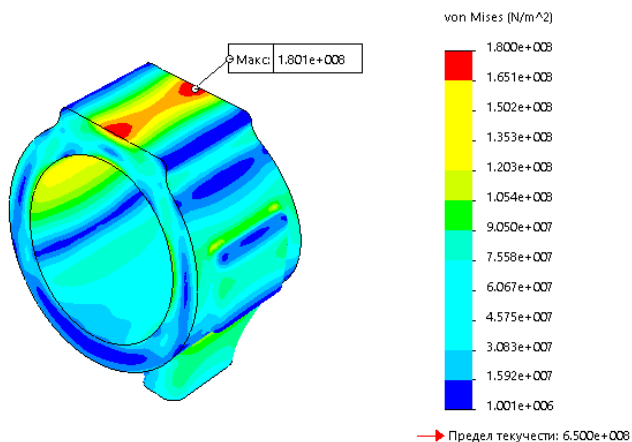


Рисунок 2 – Распределение напряжений по поверхности головки шатуна

ЛИТЕРАТУРА

1. Алямовский А.А. SolidWorks Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский, А.А Собачкин, Е.В Одинцов, А.И Харитонович, Н.Б. Пономарёв - Санкт-Петербург «БХВ-Петербург», 2005-800с.

2. Двигатели внутреннего сгорания: Конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов [и др.]; Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. - 384 с.

3. Колчин А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов - 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. - 496 с.