

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕТАЛЯХ ГАЗОВОГО СТЫКА ДИЗЕЛЯ 4Ч 13/14

В.С. Попович, Н.Г. Лопухова, В.М. Лопухов

В статье приводятся результаты определения деформаций и напряжений в сопряженных деталях газового стыка «головка цилиндров - прокладка - блок - картер» двигателя внутреннего сгорания на работающем стенде и полученные путем компьютерного эксперимента.

Ключевые слова: деформации, напряжения, сопряженные детали газового стыка «головка цилиндров - прокладка - блок - картер».

Испытания работающего двигателя на стенде с целью исследования причин возникновения вибраций в различных узлах и механизмах целесообразны при решении конкретных поставленных задач. Значительное место при анализе напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей двигателей внутреннего сгорания занимают экспериментальные методы тензометрирования в статических условиях (монтажные нагрузки) и на работающих двигателях [1]. Такие исследования позволяют дополнить и оценить достоверность выбранной методики расчетно-теоретического анализа НДС.

Разработанный расчетно-экспериментальный метод способствует решению проблемы развития научно-методических основ исследования динамических процессов и напряженно-деформированного состояния деталей систем, механизмов и узлов двигателей внутреннего сгорания и позволяет обобщенно подойти к выбору оптимальных конструктивных параметров с учетом прогнозируемого уровня надежности и долговечности. Это направление является новым по постановке и разработке, не имеющее подобной в отрасли дизелестроения и в публикациях научно-технической литературы.

Расчетно-экспериментальные исследования НДС отличается от традиционных расчетов на прочность ДВС. Отдельные аспекты предложенного метода известны, но в совокупности новые приемы конструктивного моделирования, направленные на применение численных методов анализа НДС, прогнозирования надежности и долговечности, подкреплены экспериментальными исследованиями.

Авторы надеются, что предлагаемый комплексный метод разработки конструктивных вариантов отдельных узлов ДВС позволит

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 3/1 2012

получить определенную пользу. При этом хочется особо подчеркнуть, что предлагаемый метод не является единственно возможным при решении вопросов конструирования двигателей внутреннего сгорания.

На рисунке 1 приведен общий вид экспериментальной установки с дизелем 4Ч 13/14, на которой проводились исследования динамических процессов и напряженно-деформированного состояния в деталях двигателя.

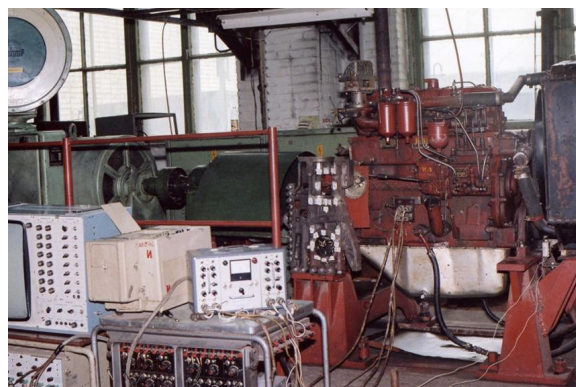


Рисунок 1 - Установка для исследования динамических процессов и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей внутреннего сгорания

Схема размещения тензорезисторов на основном силовом элементе блок - картера, межцилиндровой перегородке, вырезанной из серийного блок-картера двигателя 4Ч 13 приведена на рисунке 2. Напряженно - деформированное состояние межцилиндровой перегородки определялось от монтажных нагрузок, вызванных усилиями затяжки шпилек крепления головки цилиндров и болтов крышки коренного подшипника, и при дефор-

мациях растяжения и сжатия, имитирующих действия сил давления газов и сил инерции.

Растяжение межцилиндровой перегородки производилось нагрузкой до 40 кН, что соответствует нагрузке от сил давления газов на одну шпильку при $P_z = 90$ МПа. Монтажные нагрузки при моменте затяжки гаек силовых шпилек крепления головки цилиндров в 160 Н·м равны усилию предварительной затяжки в 57 кН. Для болтов крепления крышек коренных подшипников при моментах затяжки в 440, 350 и 300 Н·м соответственно усилия предварительной затяжки равны 100, 80 и 68 кН. Это свидетельствует о том, что и напряжения от монтажных нагрузок будут значительно выше.

Анализируя характер НДС перегородки, следует отметить, что наибольшие напряжения растяжения возникают от затяжки силовых шпилек в измерительных точках (мосты 1, 3, 2, 4, 5 на рисунке 2). При этом для мостов 1, 3 (на приливах под шпильки) последующее сжатие разгружает этот участок до 40%, в то время как для моста 2 разгрузка составляет до 83%, а для мостов 4, 5 меняется и характер деформаций - от растяжения к сжатию. С другой стороны только сжатие перегородки приводит к появлению максимальных напряжений в точке 2 около 65 МПа, и в точках 4, 5 - около 50 МПа.

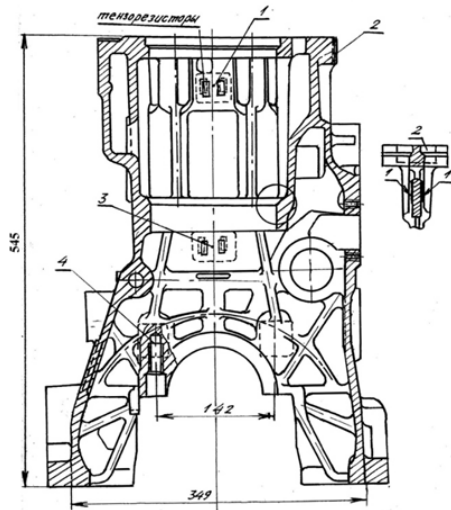


Рисунок 2 - Схема размещения тензорезисторов на четвертой межцилиндровой перегородке блок-картера дизеля 4Ч 13/14

На головке цилиндров были также наклеены тензорезисторы в местах расположения шпилек, приближенных к межцилиндровым перегородкам.

При деформации растяжении растяжения отчетливо просматривается направление силового потока внутренней уравновешенности. Затяжка болтов крепления крышек коренных подшипников приводит к значительной деформации стыка, контактные напряжения смятия составляют около 380 МПа. Это является одной из причин, приводящих к увеличенному износу вкладышей около разъема. Одновременно можно отметить, что установка крышек коренного подшипника с натягом сопровождается появлением растягивающих напряжений до 70 МПа.

На рисунке 3 приведены максимальные значения напряжений в местах наклейки тензорезисторов при различных условиях нагружения межцилиндровой перегородки.

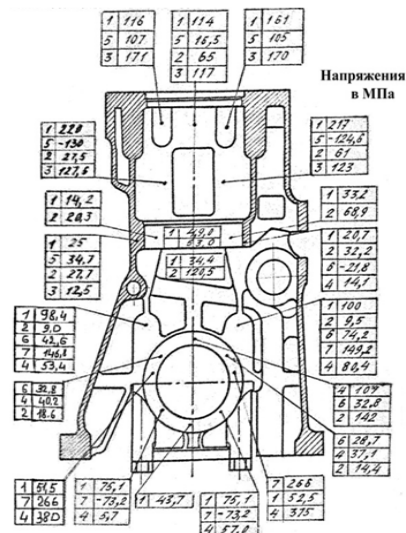


Рисунок 3 - Результаты статического тензометрирования: 1 - растяжение, 2 - сжатие, 3 - затяжка шпилек, 4 - затяжка болтов, 5 - сжатие + затяжка шпилек, 6 - сжатие + затяжка болтов, 7 - растяжение + затяжка болтов

Основное внимание уделялось изучению закономерностей изменения НДС взаимосвязанных деформаций сопряженных деталей, анализу этих закономерностей в зависимости от режимов работы двигателей и установлению достоверного реального характера нагруженности деталей.

Копии осциллограмм изменения напряжений для 4-й межцилиндровой перегородки блок - картера дизеля 4Ч 13/14 приведены на рисунке 4.

Была разработана методика моделирования процесса деформации перегородки при статических нагрузках и проведен виртуаль-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕТАЛЯХ ГАЗОВОГО СТЫКА ДИЗЕЛЯ 4Ч 13/14

ный эксперимент в программном конечно-элементном комплексе COSMOSXpress [2].

Для этого создается трехмерная модель перегородки блок-картера. Для моделирования твердотельных моделей существует ряд CAD - пакетов таких как Autocad, Autodesk Inventor, SolidWorks, Компас 3D. Для построения был выбран пакет твердотельного моделирования SolidWorks.

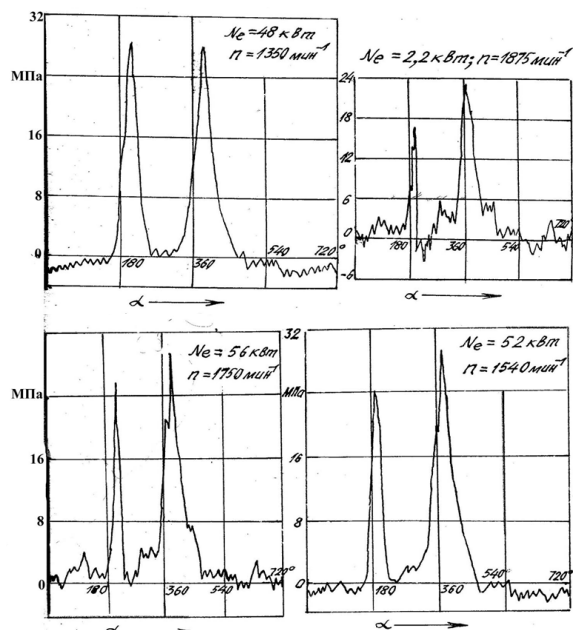


Рисунок 4 - Экспериментальные графики изменения напряжений в 4-ой межцилиндровой перегородке (мост 3) блок-картера дизеля 4Ч 13/14

Выбор был обусловлен наличием в пакете инструментов для построения пространственной криволинейной геометрии, достаточной изученностью данного пакета, наличием русскоязычного интерфейса.

В качестве САЕ - пакета был выбран программный конечно-элементный комплекс COSMOSXpress - дополнительный модуль инженерного анализа, входящий в состав SolidWorks. Позволяет осуществлять: прочностные расчеты конструкций в упругой зоне, постановка и решение контактных задач, расчёт сборок, расчёт конструкции на устойчивость, усталостные расчёты, имитация падения, тепловые расчёты.

После создания твердотельной модели переходим к экспорту. Далее производится импорт в программный конечно-элементный комплекс COSMOSXpress для проведения САЕ анализа - моделирования процесса де-

формирования перегородки блок-картера при статических нагрузках методом конечных элементов. Для этого необходимо задать свойства материала, задать граничные условия, наложить сетку, и произвести инженерный расчет. В результате выводим получившуюся диаграмму деформаций и расчет напряженно-деформированного состояния.

На рисунках 5 и 6 представлены результаты расчета деформаций и напряжений межцилиндровой перегородки при растяжении.

Подобные результаты получены и при сжатии перегородки изображённых на рисунках 7 и 8.

Нагрузки растяжения перегородки определяются приложенными к болтам крепления крышек коренных подшипников силой предварительной затяжки 100 кН и силой предварительной затяжки шпилек крепления головки цилиндров 50 кН.

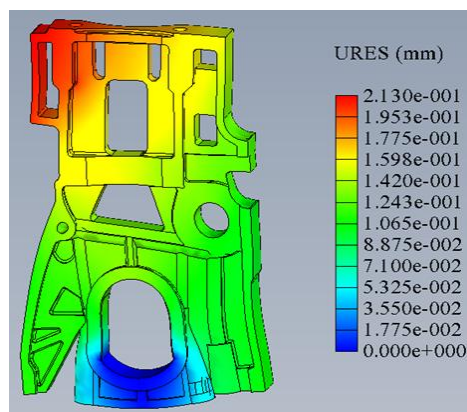


Рисунок 5 - Картина деформаций элементов перегородки при растяжении

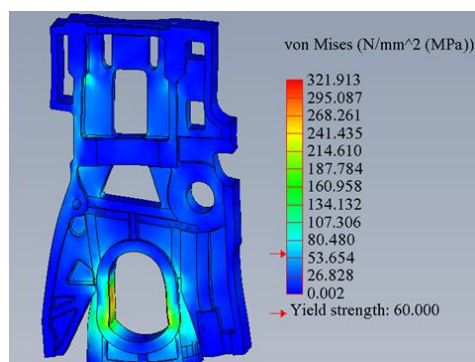


Рисунок 6 - Эпюра распределения напряжений при растяжении

Статическая нагрузка сжатия определяется от указанных сил противоположного направления. Условия закрепления межцилиндровой перегородки при растяжении и сжатии определяются закреплением перегородки по дуге постели в коренном подшипнике 120° соответственно.

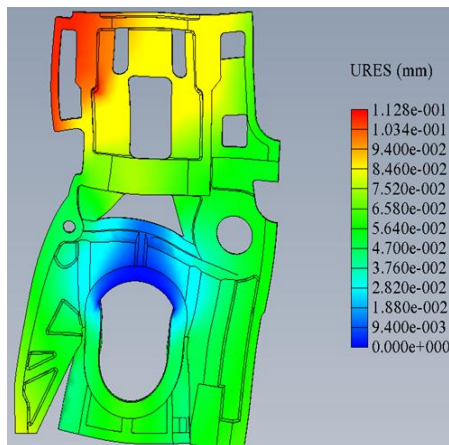


Рисунок 7 - Картина деформаций элементов перегородки при сжатии

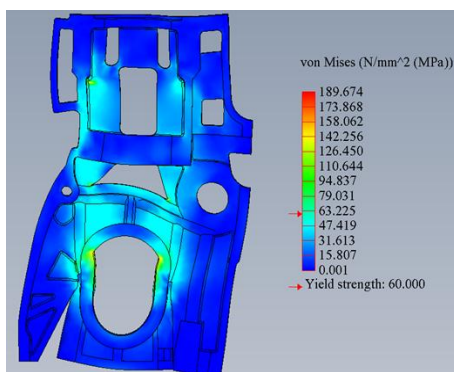


Рисунок 8 - Эпюра распределения напряжений при сжатии

Напряжение при растяжении в местах затяжки шпилек головки блока не превышает 116 МПа, в местах затяжки болтов крышки коренного подшипника не превышает 266 МПа, что сходится с результатами натурального эксперимента.

Напряжение при сжатии в местах затяжки шпилек головки блока не превышает 107 МПа, в местах затяжки болтов крышки коренного подшипника не превышает 130 МПа, что сходится с результатами натурального эксперимента.

В ходе выполнения работы была изучена предметная область, выявлены основные проблемы, которые требуют автоматизации, произведено моделирование процесса деформации перегородки при статических нагрузках методом конечных элементов, проведен расчет НДС.

В сравнении полученных данных с опубликованными в настоящее время данными по натурному тензометрированию перегородки блок - картера совпадают с достаточной для практики точностью, что позволяет использовать разработанный метод при проектировании реального блок-картера, который представляет в общем виде достаточно сложную конструкцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попович В.С. Экспериментальные методы исследования напряженного и деформированного состояния деталей машин: учебное пособие. - 2-е изд. перераб. и доп. /В.С. Попович; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: изд. АлтГТУ, 2009. - 108 с.
2. Компьютерный инженерный анализ: Современные технологии проектирования [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://cae.tsogu.ru>

Попович В.С., д.т.н., проф., профессор кафедры "Прикладная механика",
е-mail: vspopovich@yandex.ru
тел. (83852) 290818.

Лопухова Н.Г., ст. преподаватель кафедры САПР,
е-mail: lopuhovanadejda@mail.ru
тел. (83852) 290861.

Лопухов В.М., к.т.н., доц. кафедры САПР,
тел. (83852) 290861.
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»,
656038, Барнаул, просп. Ленина, 46.