

нічна конференція „Проблеми якості та довговічності зубчастих передач, редукторів, їх деталей і вузлів” (рис. 2).



Рис. 2. Севастополь-2009: чергова конференція „Проблеми якості та довговічності зубчастих передач, редукторів, їх деталей і вузлів” (після пленарного засідання)

За останні роки підготовлено до друку 2 монографії, 4 підручники, опубліковано сотні статті. Все це незаперечно свідчить про високу ефективність запропонованого підходу, що полягає в інтеграції освіти, науки і виробництва. Цим самим поступово втілюється в життя університету ідеологія науково-технологічного прагматизму.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що кафедра „Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин” зустрічає 125-річчя Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут” новими напрямками діяльності, що полягають у тісній інтеграції науки, освіти, виробництва на основі прагматичного підходу до процесу розвитку науково-освітніх шкіл та до результатів діяльності, що спрямована на підготовку нового покоління студентів, науковців, викладачів. Даний досвід можна розглядати як один із центрів кристалізації та формування нової парадигми розвитку та інтеграції вітчизняної науки, освіти та виробництва.

Дана публікація є складовою серії статей до 125-річчя Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. У наступних статтях будуть розглянуті здобутки кафедри, її плани та перспективи.

Список літератури: 1. Ткачук Н.А. Кафедра ТММ: годы, имена, события (К 80-летию основания) / Н.А. Ткачук // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР”. – 2005. – Вып. 53. – С. 3-11.

Поступила в редколлегию 02.02.10

УДК 669.72.07

В.И. АЛЕХИН, асп. каф. „Литейное производство”, НТУ „ХПИ”,
А.В. БЕЛОГУБ, канд. техн. наук, техн. директор ОАО „АВТРАМАТ”,
г. Харьков, **О.В. АКИМОВ**, докт. техн. наук, доц., зав. каф. „Литейное производство”, НТУ „ХПИ”

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО И НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ С УЧЕТОМ ДИСЛОЦИРОВАННЫХ ДЕФЕКТОВ УСАДОЧНОГО ХАРАКТЕРА

У статті представлено моделювання теплового і напружено-деформованого стану поршня з урахуванням усадкових дефектів, дислокованих в твердотілу модель, в результаті моделювання доведено, що дефекти є локальними концентраторами напруги.

In this article the modeling of the thermal and tensely-deformed state of piston is presented with defects deployed in a 3D- solid model, which it is well-proven as a result of, that defects are the local concentrators of tensions.

Введение. Данная публикация продолжает цикл исследований, выполненных на кафедре литейного производства НТУ „ХПИ” и посвященных проблеме обеспечения качества деталей поршней в рамках методики конструкторско-технологического проектирования деталей ДВС [1-6].

Исследования в данной работе проводились в два этапа:

- моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния (НДС) поршня без учета возможных дефектов усадочного характера;

- моделирование теплового и НДС поршня с учетом дефектов, определенных с помощью LVM Flow и дислоцированных в твердотельной детали.

Для расчетов влияния дефектов, определенных при моделировании литейных процессов в LVM Flow и представленных в предыдущих публикациях [1], было принято решение выполнить их в теле детали в том объеме и соответствующих местах. Как известно, усадочные раковины возникают вследствие объемной усадки и недостаточного питания сечений отливки металлом и отличаются неправильной формой и изрытой шероховатой поверхностью, большей частью окисленной. Для построения численного эксперимента дислокации в твердотельной детали дефекты выполнили в

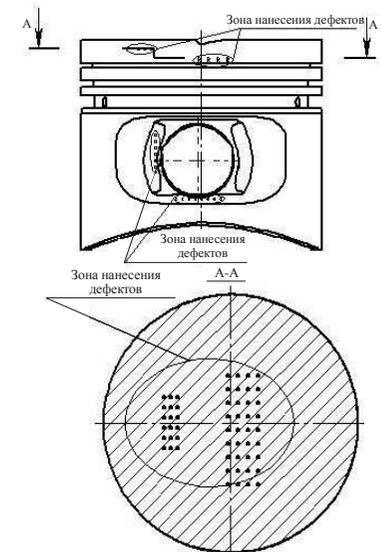


Рис.1. Зоны дефектов, выполненные в твердотельной детали

виде шарообразных тел с усредненным диаметром $\varnothing=0,5\text{мм}$ (рис. 1, 2).

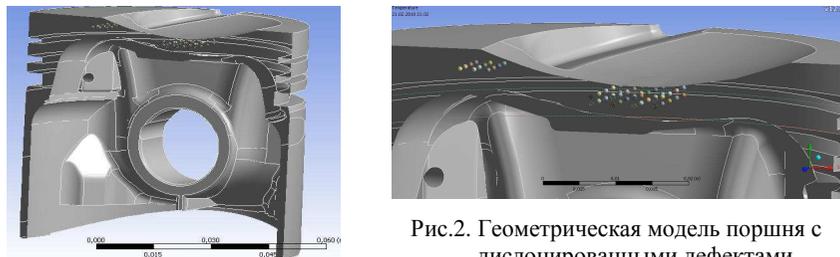


Рис.2. Геометрическая модель поршня с дислоцированными дефектами

Для моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния рассматриваемой детали поршня был выбран универсальный расчетный программный комплекс ANSYS, основанный на методе конечных элементов.

Анализ напряженно-деформированного состояние является неотъемлемой частью при подготовке и проектировании новых деталей, так как позволяет на начальном этапе предусмотреть возможные ошибки и неточности различного характера. Используемый в данной части исследований аналитический метод базируется на моделировании стационарных полей температур, деформаций и напряжений. Для достижения предполагаемых результатов не обязательно моделировать поршень в рамках общей тепловой и упругой задачи деталей цилиндропоршневой группы двигателя, а достаточно рассмотреть его отдельно от сопряженных с ним деталей, влияние которых на тепловое и напряженно-деформированное состояние учитывается выбором соответствующих граничных условий. Так, для моделирования использовалась конечно-элементная модель детали поршня (рис. 3), состоящая примерно из 600 тыс. элементов и 963 тыс. узлов.

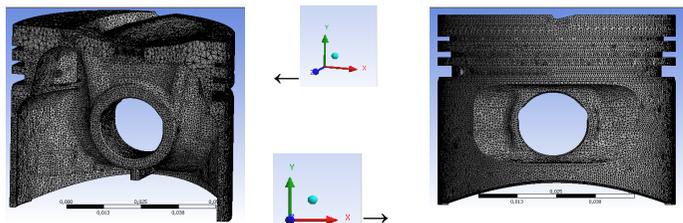


Рис.3. Конечно-элементная модель поршня

Расчет теплового состояния. Расчет теплового состояния поршня заключается в определении его температурного поля. В зависимости от особенностей конструкции детали, целей и назначения расчета допускается использование математических моделей различных уровней по глубине и полноте отражения ее геометрических особенностей, особенностей нагружения и свойств материала. Из данных многочисленных экспериментов на работающих двигателях, полученных ведущими исследователями в области двигателестроения, известно, что на установившихся режимах работы температурное поле поршня в течение

рабочего цикла меняется незначительно и может считаться стационарным. Начальные и граничные условия для моделирования были применены согласно методике, предложенной ранее А.В. Белогубом и др. [7, 8].

В результате были получены температурные поля и зоны наибольшей плотности теплового потока, причем при общем рассмотрении детали с дислоцированными дефектами и без них величина их значений значительно не отличалась (рис. 4, 5).

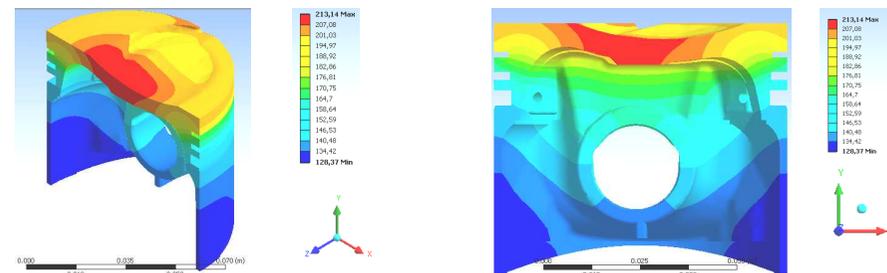


Рис. 4. Температурные поля в детали

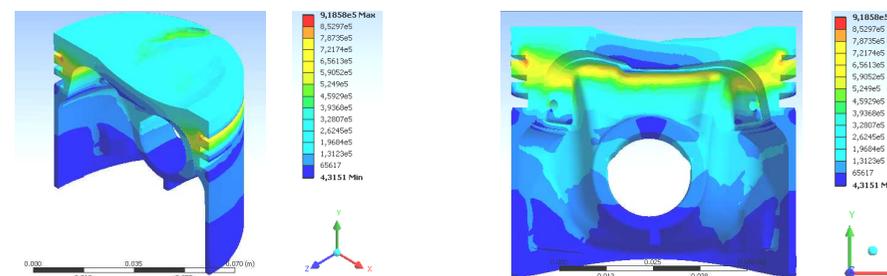


Рис. 5. Значения плотности тепловых потоков, проходящих через тело поршня

Расчет напряженно-деформированного состояния поршня с учетом термических напряжений. Проведено моделирование напряженно-деформированного состояния поршня, целью которого являлось определение напряжений, деформаций и перемещений в различных его точках под действием механических и тепловых нагрузок. При решении данной задачи численным методом ранее использовались математические модели различной сложности, с применением теории тонких круглых пластин, колец и цилиндрических оболочек. А при моделировании с использованием уже заложенных математических уравнений в программном продукте ANSYS были заданы такие исходные данные: давление на головку поршня $P = 6,5 \text{ МПа}$; закрепление поршня по пальцевому отверстию с ограничением вращения вокруг оси отверстия, радиального и вертикального перемещения поршня. Данный этап исследования также проходил с использованием детали с дефектами усадочного характера и без них.

Известно, что для поршней транспортных двигателей с повышенным ресурсом, работающих в условиях переменных режимов, максимальные эквивалентные напряжения σ_{Σ} не должны превышать предела текучести материала с учетом зависимости последнего от температуры. Выполнение данного условия устраняет возникновение циклических пластических деформаций и существенно уменьшает опасность термоусталостного разрушения, т.е. условием длительной надежной работы поршня является условие $\sigma_{\Sigma} < \sigma_T$.

На рис. 6 показаны результаты моделирования для случая с «плотным», без дефектов, поршнем. Анализ данных результатов приводит к тому, что наиболее подверженными риску элементами является бобышка пальцевого отверстия, внутренняя поверхность самого пальцевого отверстия и место перехода от головки (днища) в бобышку. Напряжение в данных местах составляет в среднем от 196 МПа до 302 МПа.

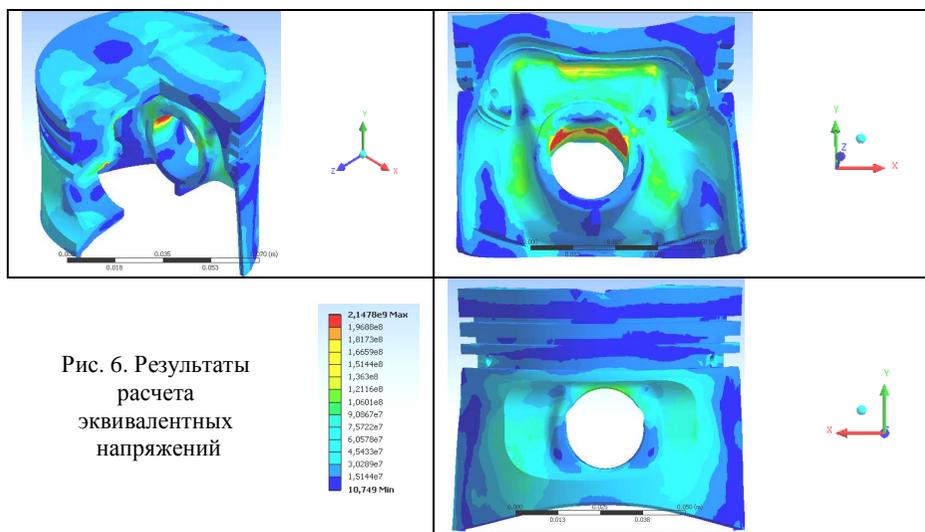


Рис. 6. Результаты расчета эквивалентных напряжений

Результаты данного этапа моделирования НДС поршня свидетельствуют, что при рассмотрении детали в целом представленные дефекты не оказывают существенного влияния, но являются локальными концентраторами напряжений, что в дальнейшем скажется на работоспособности детали уже в целом. Для сравнительного анализа и уточнения результатов было предложено рассмотрение локального влияния дефектов (рис. 7) в сравнении с теми же местами, но в «плотной» детали (рис. 8).

Анализ результатов моделирования НДС поршня, показал, что действительно в местах нахождения дислоцированных в твердотельной детали дефектов поле напряжений, покрывающее данные элементы, более обширно распространялось на большее количество элементов с увеличением в них значений напряжений в сравнении с теми же местами, но в «плотной» детали.

Выводы. По результатам выполненных научных исследований и мо-

делирования были сделаны следующие выводы.

1. Результаты моделирования литейных процессов в ИКС LVM Flow показали, что усадочные дефекты могут возникнуть в обозначенных конструктивных элементах детали.

2. Для моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния поршня с учетом усадочных дефектов было выполнено дислоцирование данных дефектов в твердотельную модель и в результате было доказано, что данные дефекты являются локальными концентраторами напряжений.

3. Деталь поршня без дефектов («плотная деталь») имеет ряд ярко выраженных напряженных мест, таких как бобышка под пальцевое отверстие и место перехода от стенки бобышки к головке, внутренней части днища.

4. Определено, что образование данного вида дефектов при производстве литых деталей поршней приведет к потере прочностных характеристик в зонах нахождения данных дефектов.

Использование результатов данной методики моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния позволяет вносить своевременные модернизации в конструкцию деталей поршней для бензиновых двигателей, а также в технологию их производства (литья), что, в свою очередь, приведет к сокращению времени проектирования, перепроектирования, изготовления и ввода в эксплуатацию качественного изделия, повышая техническое совершенство двигателя в целом.

При подготовке материалов статьи численные исследования проводились с использованием программного комплекса ANSYS, лицензию на кото-

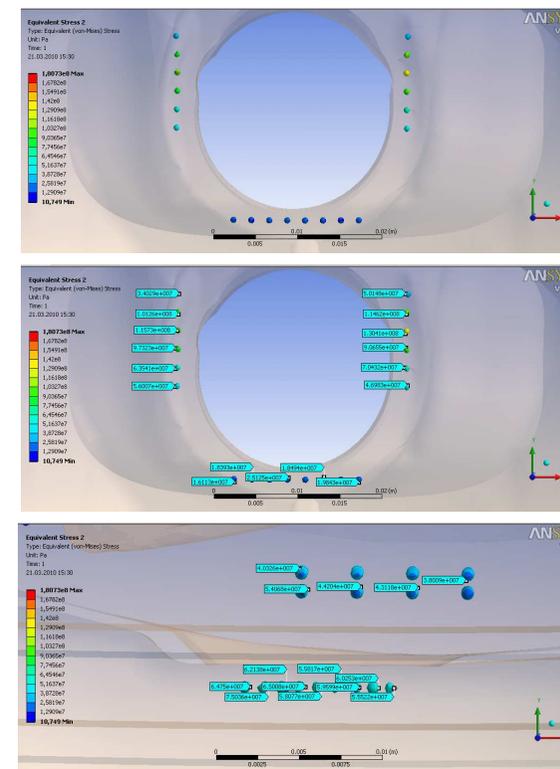


Рис. 7. Результаты расчета эквивалентных напряжений для модели поршня с дислоцированными дефектами (отдельное рассмотрение мест возможной дислокации дефектов)

рий НТУ «ХПИ» отримав в 2010 г. при підтримці фірми EMT U (г. Київ).

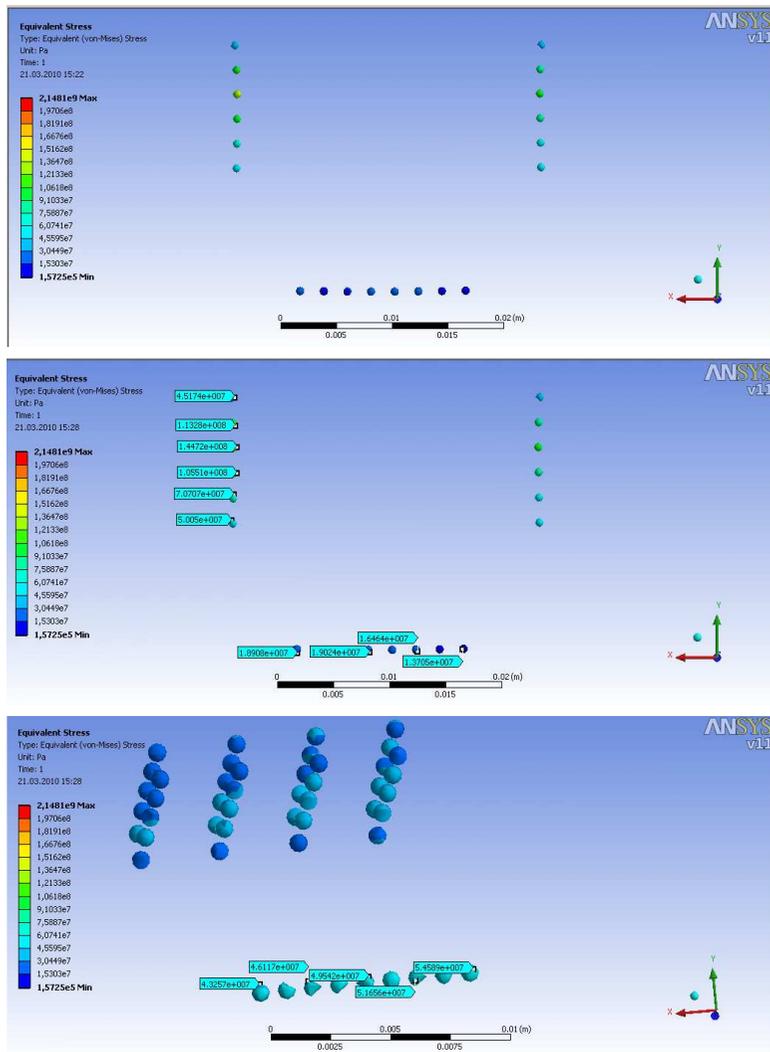


Рис. 8. Результати розрахунку еквівалентних напружень для моделі поршня без дефектів (окремле розглядання місць можливої дислокації дефектів)

Список літератури: 1. Компьютерно-интегрированное моделирование литейных процессов в автомобильных поршнях на основе конструкторско – технологической методики проектирования деталей ДВС / В.И. Алехин, А.В. Белогуб, А.П. Марченко и др. // Научно-техн. журнал «Двигатели внутреннего сгорания». – 2009. – №2. – С.101-104. 2. Алехин В.И. Компьютерно-интегрированное моделирование литейных процессов в блоке цилиндров Daewoo Sens. / В.И. Алехин, О.В. Акимов, А.П. Марченко // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: «Машиноведение и САПР». – 2008. – Вып.2. – С. 3-7. 3. Алехин В.И. Совершенствование литниковых систем для отливок цилиндрического типа из алюминиевых сплавов.

/ В.И. Алехин, Б.П. Таран, С.Б. Таран // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: Новые решения в современных технологиях. – 2006. – Вып.10. – С. 104-107. 4. Алехин В.И. Научные методы компьютерно-интегрированного проектирования блок-картера двигателя DAEWOO Sens / В.И. Алехин, О.В. Акимов, А.П. Марченко // Научно-техн. журнал «Двигатели внутреннего сгорания». – 2008. – №2. – С.77-82. 5. Научные методы модернизации технологии изготовления отливок блок-картера цилиндров DAEWOO Sens. / В.И. Алехин, О.В. Акимов, А.П. Марченко и др. // Вестник НТУ «ХПИ». Тем. вып.: «Машиноведение и САПР». – 2008. – Вып.14. – С. 3-6. 6. Алехин В.И. Научные основы проектирования литых деталей блок-картеров ДВС / О.В. Акимов, А.П. Марченко, В.И. Алехин. // Межд. информ.-техн. журнал «Оборудование и инструмент». – 2009. – Вып.1. – С. 54-57. 7. Исследование температурного поля поршня. / А.В. Белогуб, А.Г. Щербина, А.А. Зотов и др. // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков, 2002. – Вып. 31. – С. 120-123. 8. Исследование термонапряженного состояния поршня. / А.В. Белогуб, В.А. Байков, А.И. Бицора и др. // Високі технології в машинобудуванні. 36. наук. праць НТУ „ХПІ”. – Харків, 2002. – Вып. 1 (5). – С. 32 – 35.

Поступила в редколлегию 02.02.10

УДК 621.01:539.3

Є.М. БАРЧАН, канд. техн. наук, гол. конструктор,
І.В. АРТЬОМОВ, гол. конструктор, ВАТ “Головний спеціалізований конструкторсько-технологічний інститут”, м. Маріуполь,
А.В. ГРАБОВСЬКИЙ, мол. наук. співроб. каф. ТММіСАПР, НТУ “ХПІ”

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТА КОНСТРУКЦІЇ ВИБІВНОЇ ТРАНСПОРТУЮЧОЇ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАЛЬНИХ ЛІНІЙ КРУПНОГО ЛИТВА

Робота присвячена розробці методу розрахунку та синтезу вибивної машини як складної динамічної віброударної системи на основі узагальненого параметричного опису і розрахунково-експериментальної технології моделювання динамічних процесів. Розроблений комплекс параметричних, математичних, геометричних і скінченно-елементних моделей дозволяє виконати багатоваріантні розрахунки динаміки і напружено-деформованого стану проєктованих конструкцій і розв’язувати задачі параметричного і структурного синтезу їх елементів.

This work is dedicated to development of new method of analysis and synthesis for removing transporting machine as complex dynamic system on the base of generic parametrical description and experiment-calculated technology of dynamic processes modeling. The developed complex of parametrical, mathematical, geometrical and finite element models allows to perform multivariable calculations concerning deflected mode of design constructions and to solve problems of parametrical and structural synthesis of their elements.

Вступ. До досягнень сучасної техніки, що отримали останніми роками широке застосування в машинобудуванні, слід віднести вібраційні транспортно-технологічні машини, що виконують операції транспортування і одночасно різну обробку переміщуваного вантажу (виробу). Достоїнствами цих машин є простота конструкції, відсутність тягових елементів робочих органів,