

УДК 621.74 : 681.3

П.Д. ЖЕМАНИЮК¹, Е.Р. ЛИПСКИЙ¹, В.Ф. МОЗГОВОЙ¹, К.Б. БАЛУШОК¹,
А.Я. КАЧАН²

¹ОАО "Мотор Сич", Запорожье, Украина

²Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ЛОПАТОК ТУРБИН ГТД

В статье рассмотрен подход к управлению качеством лопаток ГТД, основанный на методе аналитических эталонов и реализованный на стадии технологической подготовки производства как серийных, так и опытных авиадвигателей.

качество, автоматизированная подготовка производства, аналитический эталон, компьютерный анализ процессов литья

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-техническими задачами

Аналитический эталон (АЭ) представляет собой объемную математическую модель детали, построенную на языке аналитической геометрии и несущую полную информацию о геометрии этой детали [1]. Суть метода аналитических эталонов (МАЭ) заключается в том, что основным носителем и источником информации о геометрии детали в машиностроительном производстве является ее аналитический эталон. При этом чертеж, создаваемый на основании АЭ, является юридическим документом, удостоверяющим передачу в производство детали, и, как правило, содержит только изображения внешнего вида детали (основные проекции и изометрию), а также информацию, отсутствующую в АЭ (технические требования, допуски, посадки, шероховатость и т.п.).

Использование АЭ, как принципиально нового вида конструкторской документации, требует разработки и внедрения новых подходов к обеспечению качества изделий в условиях современного компьютеризированного производства.

Цель данной статьи. Показать перспективные направления управления качеством заготовок лопаток турбин газотурбинных двигателей (ГТД), осно-

ванные на примени метода аналитических эталонов (МЭА).

Результаты работ и исследований

В условиях компьютеризированного производства аналитический эталон сопровождает деталь на протяжении всего жизненного цикла. Применительно к объекту исследования, АЭ лопатки турбины появляясь на этапе НИОКР сопровождает деталь до этапа утилизации и выступает в роли основного элемента конструкторской документации. На этапе технологической подготовки производства АЭ лопатки, совместно с требованиями применяемых технологий литья и механической обработки, является основным источником геометрической информации для создания и управления качеством формообразующей технологической оснастки.

Аналитический эталон лопатки, разрабатываемый на этапе конструкторской подготовки производства, является основой для разработки АЭ отливки, который учитывает наличие припусков под механическую обработку и литейных усадок. По известной геометрии отливки разрабатываются аналитические эталоны модельной и стержневой прессформ, а также формы для заливки металлополимер-

ной композиции в условиях изготовления малой партии отливок. На этапе разработки АЭ модельной пресс-формы возможно проведение инженерного анализа литейных процессов с применением специальных систем анализа.

Существование взаимосвязанных аналитических

эталонов отливок лопаток и форм для заливки металлополимерной композиции позволяет организовать замкнутый компьютеризированный цикл управления точностью получения отливок лопаток турбин при литье по выплавляемым моделям (рис. 1).

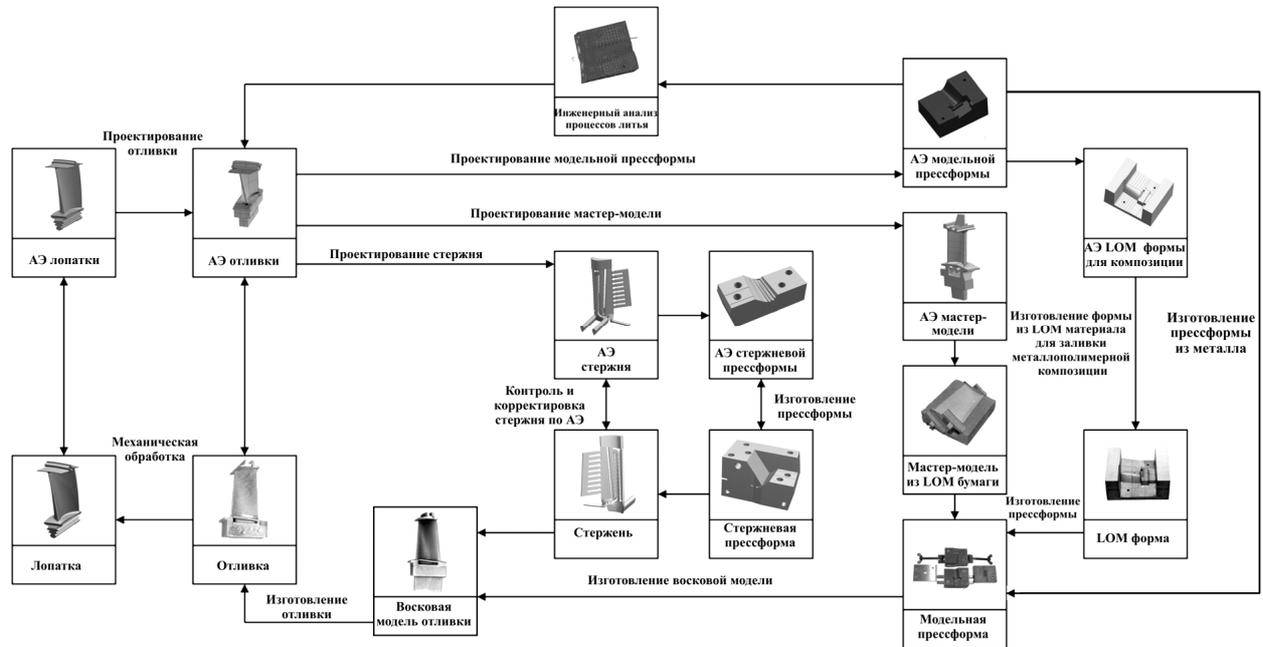


Рис. 1. Замкнутый компьютеризированный цикл управления точностью отливок лопаток ГТД

Этап компьютерного инженерного анализа является основой обеспечения качества отливок и позволяет свести к минимуму количество изменений сложной и дорогостоящей металлургической оснастки, вызванных ошибками проектирования или объективной невозможностью прогнозировать процессы литья жаропрочных сплавов. Указанный этап включает:

- анализ геометрии АЭ отливки;
- анализ геометрии пресс-форм;
- анализ процессов прессования модельной и стержневой масс;
- анализ процессов литья металла.

Анализ геометрии аналитических эталонов отливок, стержневых и модельных пресс-форм (рис. 2) производится с целью обеспечения съема восковых моделей и стержней и исключения возможности их деформации вследствие наличия поднутрений.

Инструментальными средствами анализа геометрии являются соответствующие модули универсальных систем автоматизированного проектирования.

Анализ процессов прессования модельной и стержневой масс [2] включает в себя исследование тепловых и гидродинамических свойств модельной и стержневой пресс-форм. Анализ предназначен для обеспечения таких эксплуатационных свойств оснастки как износостойкость, необходимость принудительного охлаждения и т.д. (рис. 3).

Инструментами анализа процессов прессования модельных и стержневых масс могут быть как специальные так и универсальные системы анализа.

Наиболее ответственной частью этапа инженерного анализа металлургической оснастки является исследование процессов литья металлов включающее:

- анализ заполнения формы;
- анализ застывания отливки и возникающих

градиентов температур;

ных дефектов;

– определение возможности появления литей-

– анализ микроструктуры отливки.

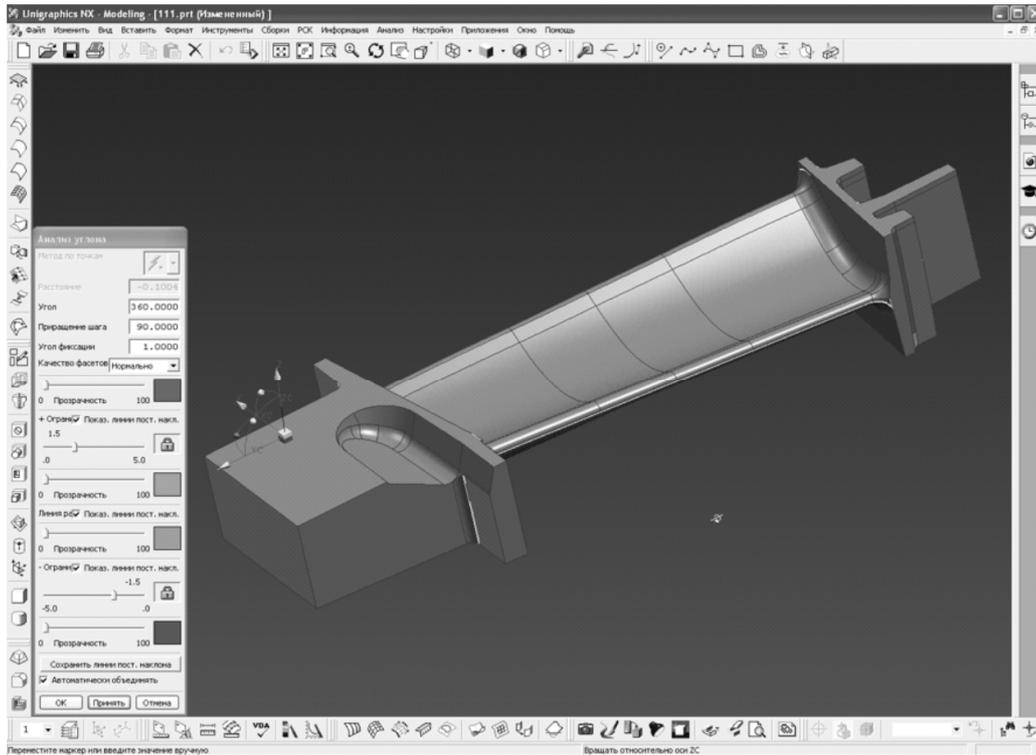


Рис. 2. Анализ геометрии аналитического эталона отливки лопатки турбины

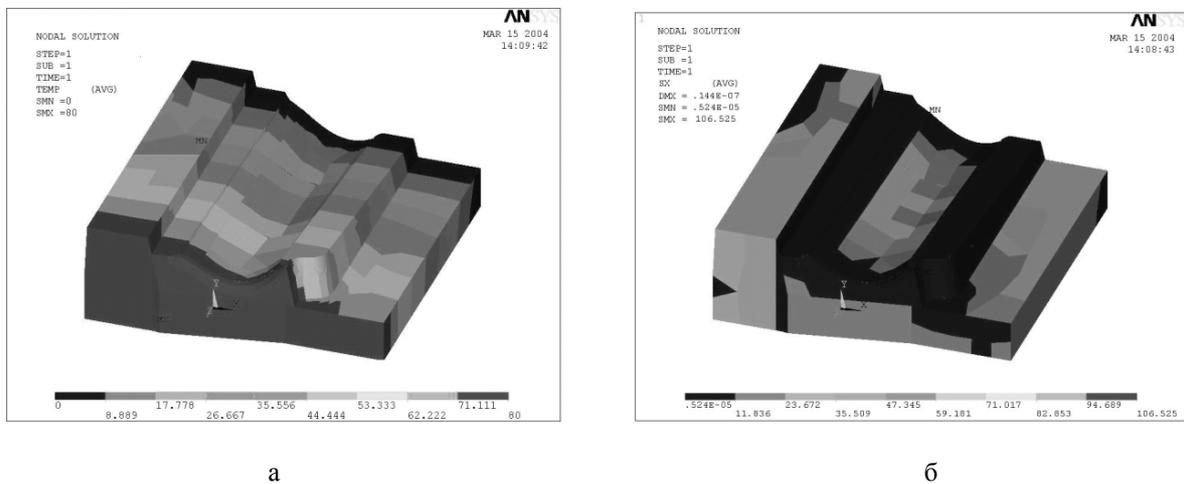


Рис. 3. Компьютерный анализ распределения температур и деформаций в детали модельной пресс-формы

В настоящее время наиболее мощным и совершенным инструментом решения подобных задач является система CAE MAGMA (рис. 4, 5).

Изготовление формообразующей (прежде всего модельной) оснастки может выполняться как по традиционной технологии, основанной на применении оборудования с ЧПУ, так и на новых технологиях,

основанных на применении установок быстрого прототипирования.

И в том и в другом случаях, замкнутый цикл управления качеством предполагает наличие контроля оснастки и изделия по аналитическому эталону на контактных и бесконтактных измерительных комплексах.

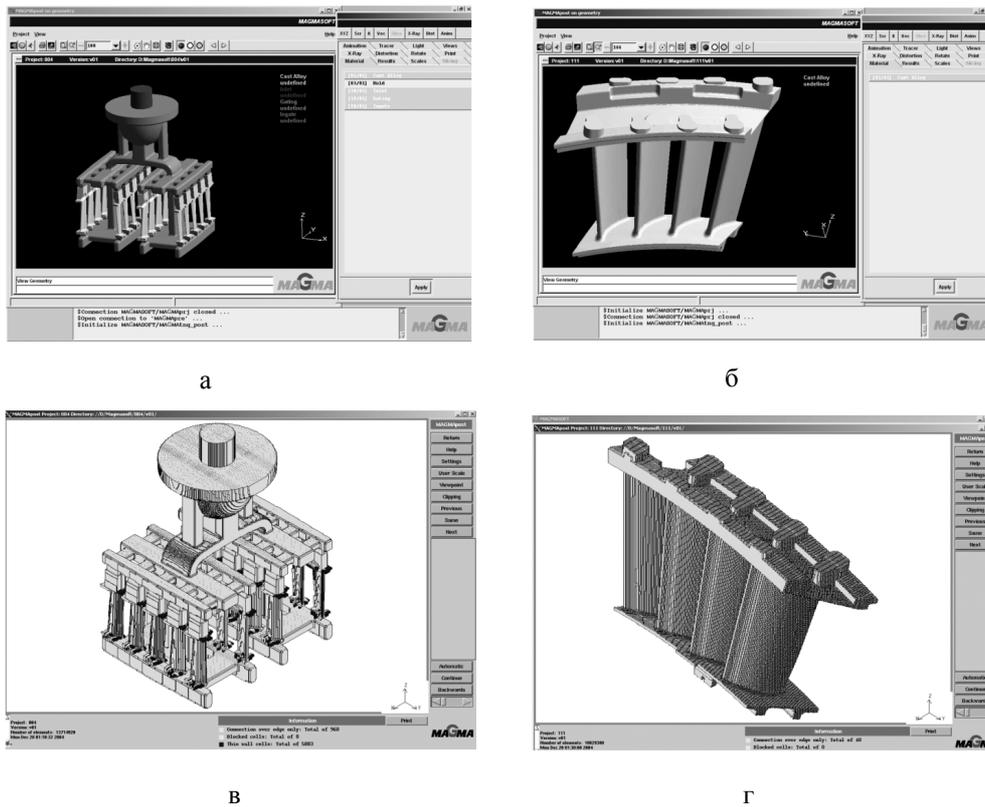


Рис. 4. Анализ литья заготовок лопаток турбин в системе MAGMA:
 а, б – аналитические эталоны блока отливок рабочих лопаток и сектора сопловых лопаток турбины в системе MAGMA; в, г – расчетные конечно-элементные сетки для анализа блока

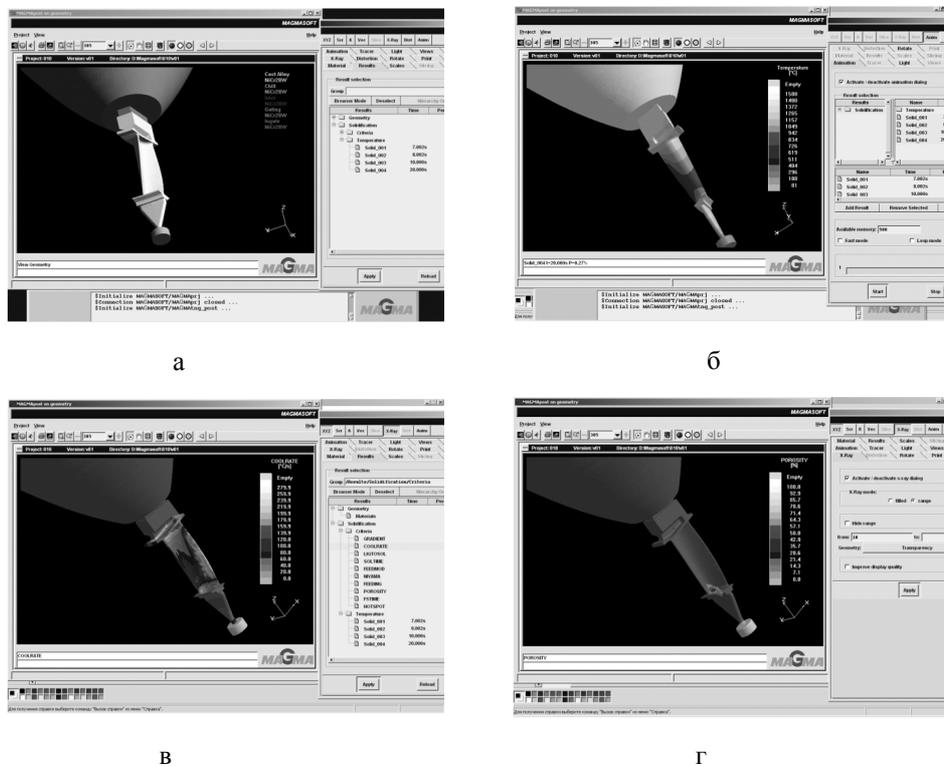


Рис. 5. Анализ процесса литья рабочей лопатки турбины методом высокоскоростной направленной кристаллизации:
 а – аналитический эталон отливки в системе MAGMA; б – анализ застывания отливки; в – анализ градиента температур отливки; г – анализ пористости отливки

Анализ отклонений геометрии оснастки и детали позволяет организовать обратные связи в цикле управления качеством, а его результаты могут быть использованы для коррекции АЭ и доработки, в случае необходимости, формообразующих поверх-

ностей технологической оснастки. Отклонения поверхностей отливки лопатки (рис. 6 – 8), изготовленной по существующей технологии литья по выплавляемым моделям, также могут быть определены и исследованы методом контроля по АЭ на КИМ.

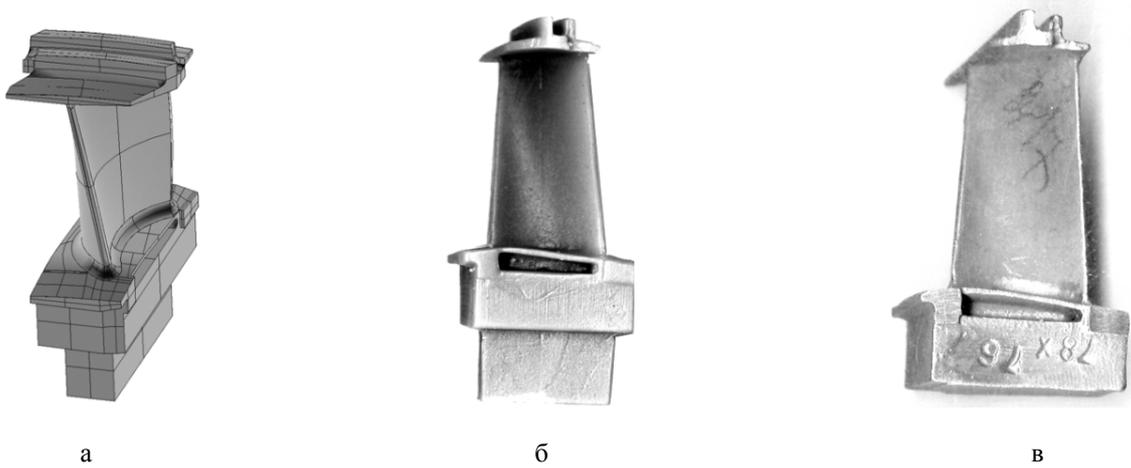


Рис. 6. Изображение аналитического эталона (а), восковая модель (б) и отливка (в) рабочей лопатки турбины

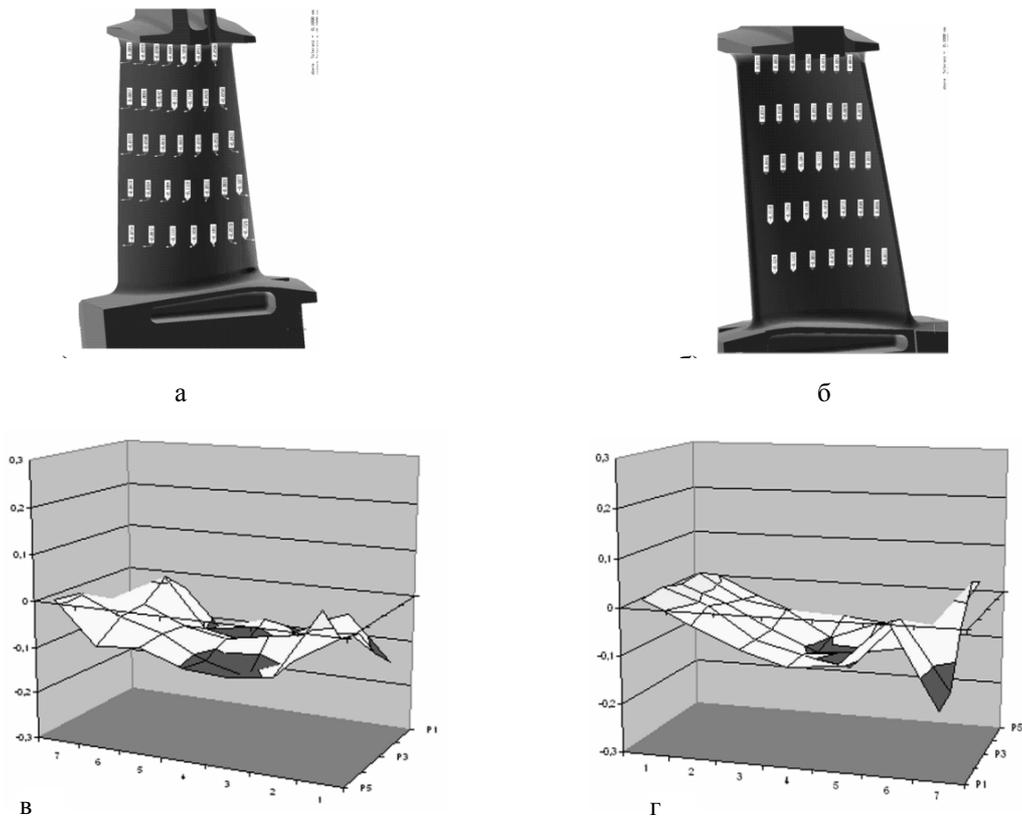


Рис. 7. Распределение отклонений поверхностей спинки (а, в) и корыта (б, г) отливки лопатки турбины от аналитического эталона

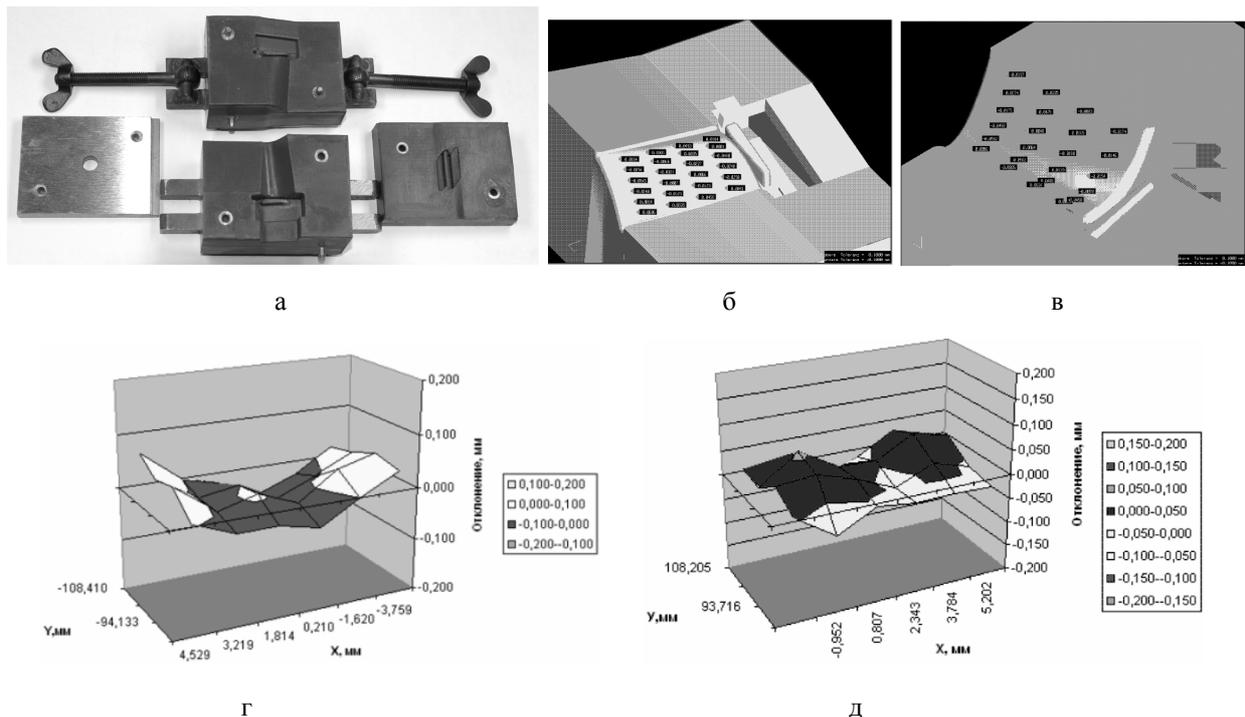


Рис. 8. Анализ отклонений поверхностей модельной металлополимерной пресс-формы от аналитического эталона:

а – модельная металлополимерная пресс-форма; б, в – аналитические эталоны деталей пресс-формы; г, д – распределение отклонений поверхностей деталей пресс-формы от аналитического эталона

При этом они могут быть использованы для коррекции аналитического эталона и, при необходимости, доработки оснастки.

Выводы

Организация системы управления качеством заготовок лопаток турбин современных газотурбинных двигателей в виде замкнутого компьютеризированного цикла управления точностью лопаток турбин, основанная на применении метода аналитических эталонов, позволила:

- свести к минимуму количество изменений дорогостоящей металлургической оснастки,
- обеспечить высокое качество ее проектирования и изготовления, а также обеспечить повторяемость геометрии в дублерах.

Литература

1. М'ялиця А.К. Технологічна підготовка літакобудівного виробництва в умовах дискретно-нестабільних програм випуску виробів / Автореферат дис. ... д-ра техн. наук. – К., 2003. – 28 с.
2. Новая методика проектирования оснастки для литья по выплавляемым моделям лопаток газотурбинных двигателей на базе компьютерных интегрированных систем / П.Д. Жеманюк, В.Ф. Мозговой и др. // Сб. тр. XI межд. конф. «Машиностроение и технология XXI века», т. 1. – Донецк. – 2004. – С. 262 – 265.

Поступила в редакцию 16.05.2005

Рецензент: д.т.н., проф. А.И. Долматов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.