

УДК 51-74

Автоматизация подготовки аддитивного производства изделий авиационной техники

Анамова Р.Р.

*Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4, Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия
e-mail: anamova.rushana@yandex.ru*

Аннотация

Статья посвящена вопросам разработки программного обеспечения для полного цикла подготовки аддитивного производства. Разработанные авторами математическое обеспечение и программные компоненты технологической подготовки производства позволяют осуществлять компоновку рабочей камеры оборудования, генерацию послойного представления и составлять управляющие команды в формате G-code. Проведенная валидация разработанного программного обеспечения доказала правильность выбранного математического и алгоритмического обеспечения. Схожесть технологических процессов позволяет говорить о применимости разработанных методик для всех типов оборудования аддитивного производства.

Ключевые слова: аддитивное производство, программное обеспечение, технологическая подготовка, компоновка камеры, генерация послойного представления, G-code.

Развитие аппаратных средств послойной печати в последнее время обуславливает высокий интерес к теме аддитивного производства. Широкий выбор материалов и технологических процессов печати позволяет находить применение аддитивным технологиям в различных сферах деятельности – от производства сувенирной продукции до изготовления высокотехнологичных деталей в области авиационного машиностроения. Активно ведутся экспериментальные работы по созданию других технологий для послойного синтеза.

Отдельным вопросом в теме трехмерной печати стоит задача создания программного инструмента поддержки послойного производства, занимающая место между этапами проектирования детали и ее физической печати на устройстве. Высокая разрешающая способность современных печатающих устройств предъявляет повышенные требования к программным компонентам, а сложность технологических процессов накладывает свои дополнительные ограничения. Технология определяет точность геометрического моделирования и требования к ресурсам вычислительных систем.

Распространение программного обеспечения для аддитивного производства в целом повторяет сценарии развития информационной поддержки других областей. Существуют как проекты с открытым исходным кодом для автоматизации некоторых технологических процессов, характерные для недорогих популярных принтеров (FDM), так и закрытое, хорошо защищенное программное обеспечение для промышленных принтеров высоких ценовых категорий. Развитие программной

поддержки будет устойчиво востребовано до тех пор, пока не закончатся технологические идеи в области аддитивного станкостроения, что произойдет, по-видимому, не скоро.

Понимание процесса аддитивного производства позволяет сформулировать место программного обеспечения технологической подготовки и его основные задачи (рис.1).

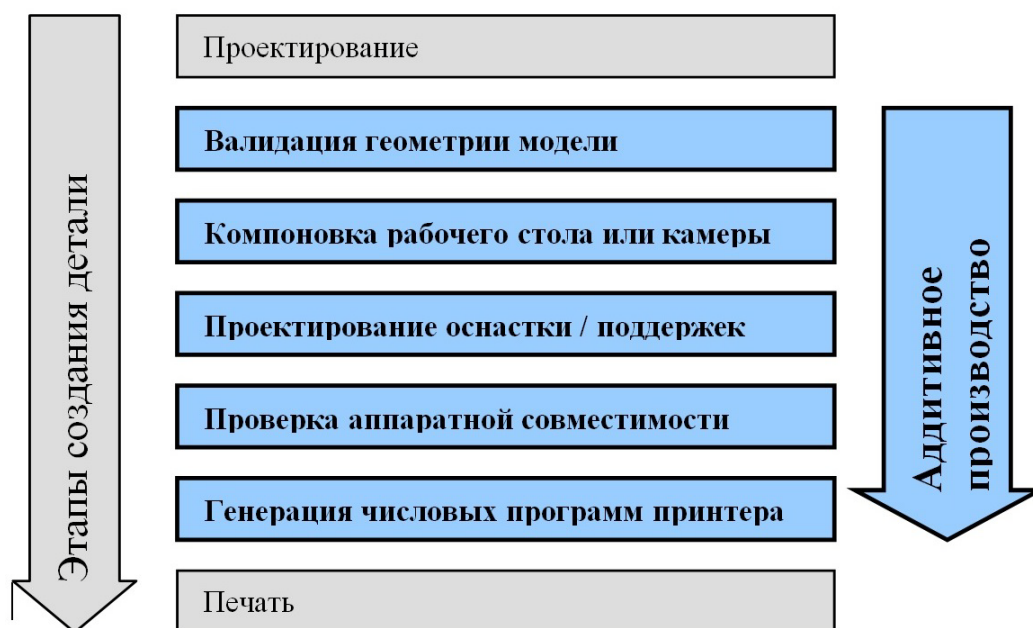


Рис.1. Этапы подготовки производства послойного синтеза в жизненном цикле создания детали

На каждом этапе подготовки производства в аддитивном процессе перед средствами автоматизации ставятся свои задачи (табл.1).

Таблица 1. Задачи программного обеспечения подготовки аддитивного производства

<i>Этап</i>	<i>Задачи</i>
Валидация	Визуальная и алгоритмическая проверка целостности

геометрии модели	геометрического представления модели, обеспечение заданной технологической точности
Компоновка рабочего стола или камеры	Импорт моделей в заданном объеме и с заданной точностью, приведение единиц измерений, позиционирование моделей в системе координат печатающего устройства.
Проектирование оснастки / поддержек	Выявление мест, требующих проектирования дополнительной оснастки или поддержки, обеспечение наполняемости внутренних объемов.
Проверка аппаратной совместимости	Проверка компоновки моделей на технологические температурные ограничения печатающего устройства
Генерация числовых программ оборудования	Составление и проверка числовых программ оборудования

Практическое использование (авторами) различных технологий послойной печати и различных типов печатающих устройств позволило выявить ряд недостатков имеющегося программного обеспечения, поставляемого с принтерами, а также выявить ряд нерешенных задач при технологической подготовке аддитивного производства.

Основными недостатками существующего программного обеспечения (ПО) являются: сокрытие алгоритмов и методик расчета, непрозрачный механизм ценообразования, программные ограничения по точности и функциональности, отсутствие гарантированной технической и пользовательской поддержки и возможности оперативных доработок под потенциальные новые задачи производства, невозможность расширения функциональности для проведения инженерных расчетов и расширения номенклатуры печатающих устройств.

Выявленные недостатки имеющегося ПО и потребности производства явились предпосылками для разработки собственных программных компонент по автоматизации подготовки аддитивного производства.

В рамках научно-исследовательских и практических работ разработаны программные компоненты технологической подготовки производства (ПКТПП). При проектировании и разработке ПКТПП поставлены следующие цели.

Цели разработки ПКТПП

1. Создать ядро системы геометрического моделирования, позволяющее вести иерархическое проектирование сборок.
2. Обеспечить импорт/экспорт геометрических моделей в сеточном представлении с заданной точностью.
3. Создать инструментарий компоновки пространства для моделирования рабочей области печатающих устройств.

4. Отработать математические методы для валидации геометрии моделей, и формирования дискретного, послойного представления моделей с заданной точностью.

5. Разработать средство для моделирования процессов и проведения численных инженерных расчетов, характерных для селективных высокотемпературных аддитивных технологий.

6. Подготовить программную среду для составления управляющих команд перспективных печатающих устройств.

Для достижения поставленных целей разработан прототип ПКТПП, представляющий собой приложение для операционной системы MS Windows, построенное на базе Windows API без использования дополнительных программных библиотек. Для графики используется стандарт OpenGL. Вся геометрия представляется числами с плавающей запятой двойной точности по 8 байт на число, что дает возможность программно не ограничивать точность. Общее количество обрабатываемых одновременно объектов ограничено только объемом используемых вычислительных ресурсов и размером адресного пространства, выделяемого операционной системой – 3 гигабайта для 32-х разрядных приложений.

ПКТПП построены по модульному принципу с использованием объектно ориентированного подхода. Структура ПКТПП содержит ядро системы, базу данных объектов, пользовательский интерфейс, расчетные подпрограммы. Полиморфизм, заложенный при проектировании системы, позволяет инвариантно работать с различными типами объектов: с загруженными в виде сеток моделями, с

параметризованными внутренними объектами, дискретными объектами послойного представления. Использование компонентного подхода при разработке ПК ТПП позволяет расширять функциональность системы за счет интегрирования нового кода без пересборки основных модулей всей системы [1], [2], [3].

Для экспорта моделей из систем автоматизированного проектирования используется формат STL (рис.2). Загруженные объекты упорядочиваются в иерархическую структуру.

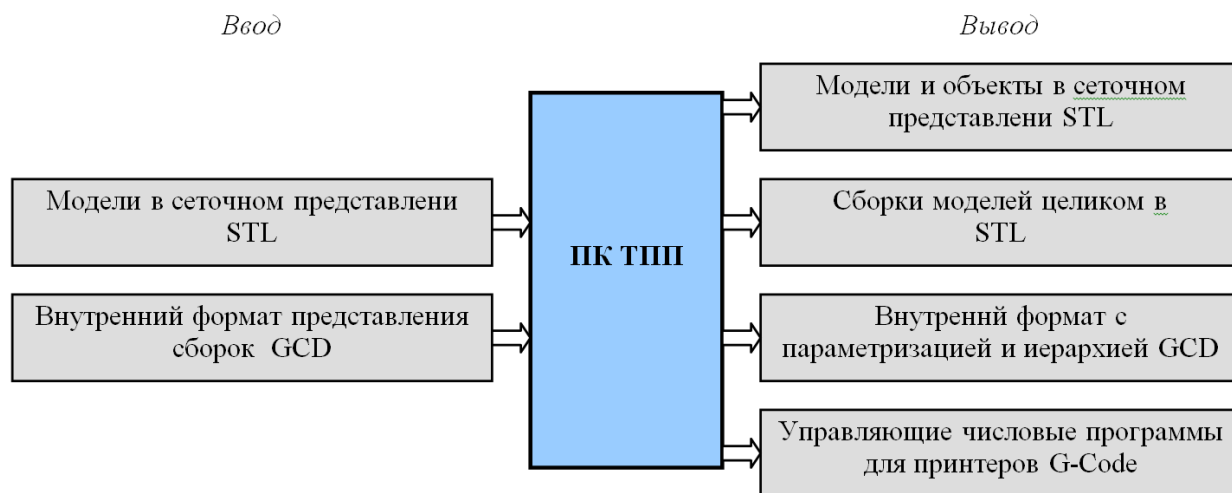


Рис.2. Организация ввода-вывода информации в ПКТПП

Одной из задач подготовки производства является компоновка камеры печатающего устройства (рис.3). ПКТПП позволяют интерактивно осуществлять линейные преобразования загруженных моделей для компоновки их в области печатающего устройства. Возможно сохранение скомпонованной камеры во внутреннем формате ПКТПП и экспорт моделей с учетом сделанных пространственных преобразований в формате STL в системе координат печатающего устройства.

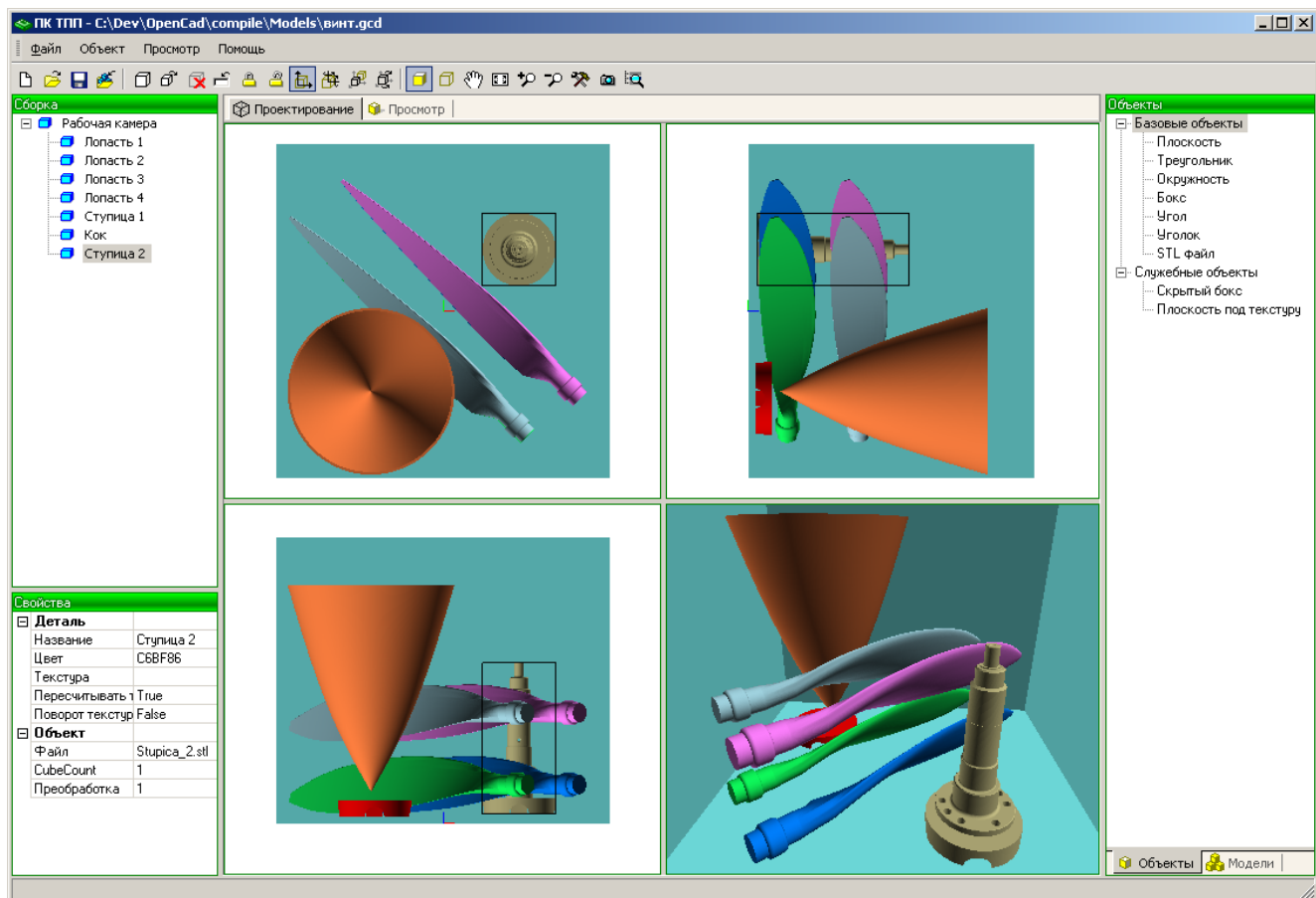


Рис.3. Внешний вид окна ПКТПП: компоновка рабочей камеры оборудования

Одним из фундаментальных понятий в аддитивном производстве в силу технологических особенностей является послойное представление рабочей области печатающего устройства. ПКТПП позволяет формировать послойное представление любого диапазона рабочей области станка с любой точностью. Математический аппарат для расчета послойного представления основан на алгоритмах трассировки.

Послойное представление (рис.4) можно рассматривать как обобщение дискретного представления с целью экономии вычислительных ресурсов при сопровождении аддитивного производства. Использование дискретного представления позволяет более полно судить о геометрии детали и ее топологии.

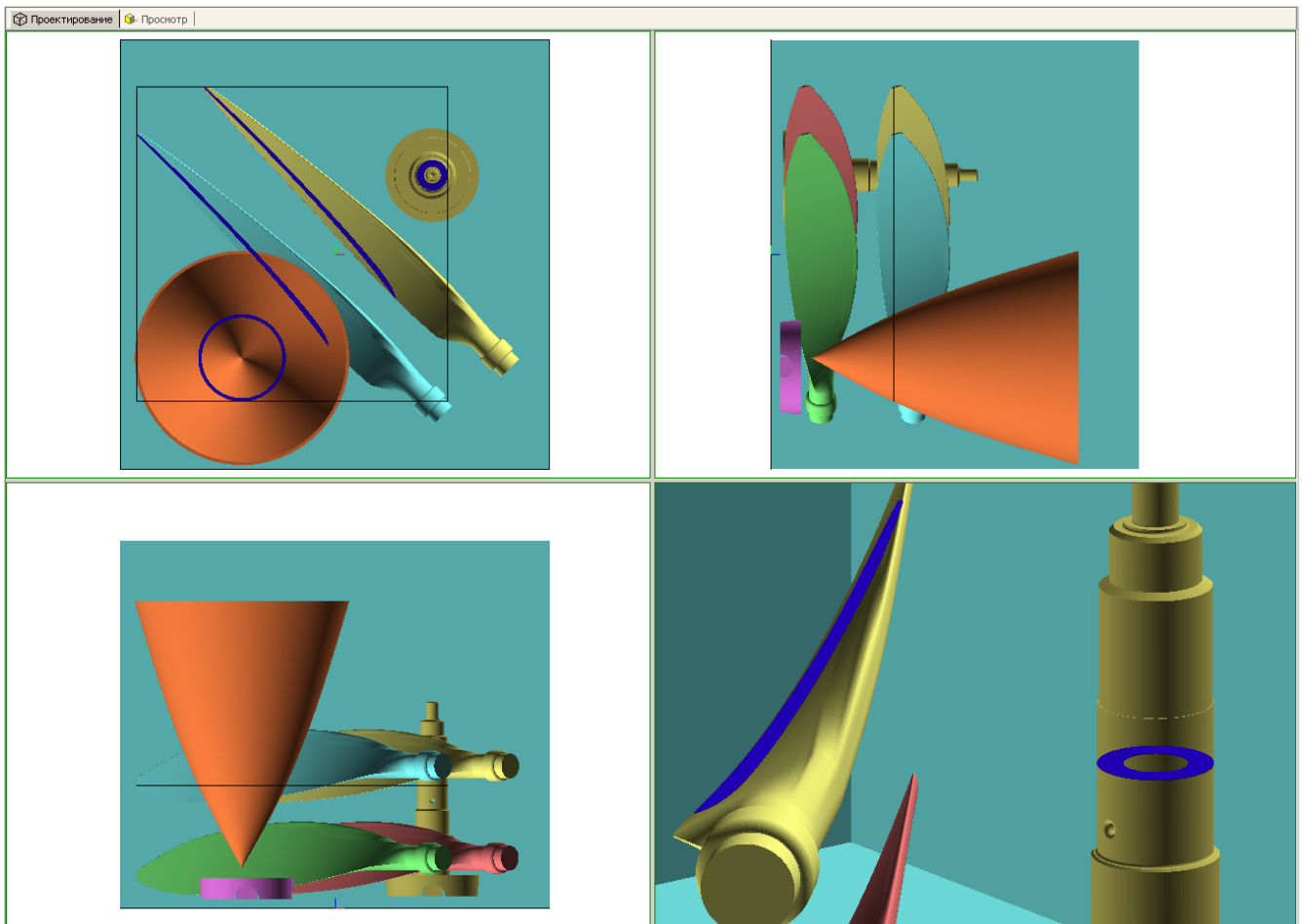


Рис.4. Послойное представление: отображение слоев заданных диапазонов

ПКТПП позволяет генерировать и отображать дискретное представление всей рабочей области печатающего устройства с любой заданной точностью (рис.5).

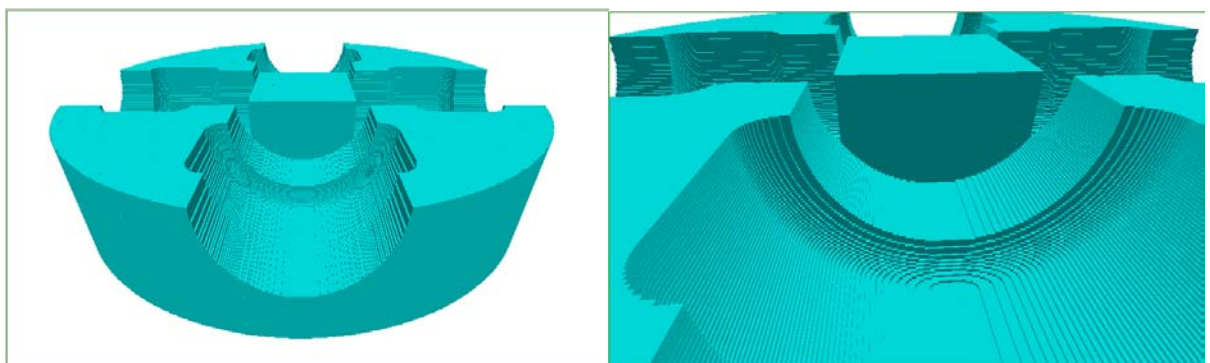


Рис.5. ПКТПП: расчет и отображение дискретного представления ступицы

Конечным этапом подготовки аддитивного производства является составление управляющих команд оборудования. Во многих печатающих устройствах для этих целей используется язык станков ЧПУ G-Code. ПКТПП позволяет генерировать управляющие команды в формате G-Code по скомпонованным объектам. Проводить валидацию сгенерированных команд G-Code (рис.6) можно в других программных продуктах (*Polygon for Designer*).

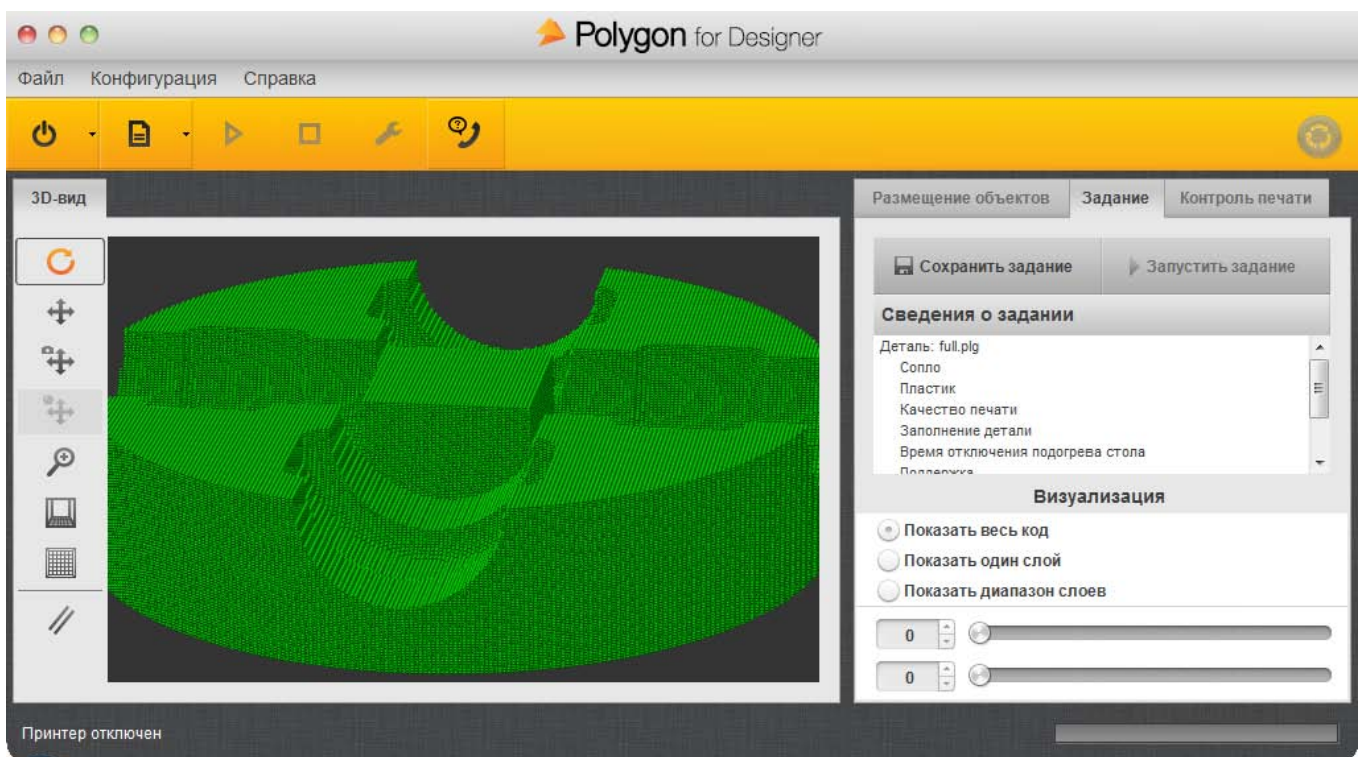


Рис.6. Валидация и контроль управляющих числовых команд, сгенерированных в ПКТПП, в Polygon for Designer

Сгенерированные в ПКТПП числовые команды в формате G-Code можно передать непосредственно на «печать» в некоторые типы 3D-принтеров. Авторами осуществлена контрольная «печать» детали на оборудовании фирмы PICASO (рис.7).

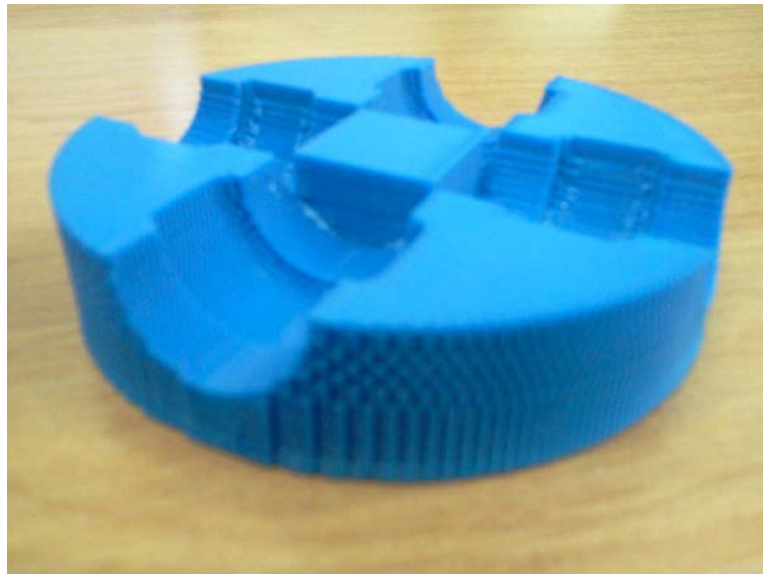


Рис.7. Деталь ступицы, напечатанная на станке PICASO по управляющим командам ПКТПП

Собственное геометрическое ядро и программные компоненты по генерации дискретного представления открывают широкие возможности для инженерных и аналитических расчетов. Например, анализ температурных показателей камер станков, работающих по технологиям селективного лазерного спекания, может помочь выявить проблемные места на этапах подготовки производства, до передачи изделий на печать. Выявление возможных деформаций, связанных с температурными процессами позволяет сократить процент брака, сократить временные и материальные затраты.

В ПКТПП реализован расчет температур моделей, позиционированных в камере принтера. Распределение температур лопастей винта выполнено для станка EOS INT P 395 по данным EOS GmbH (рис.8).

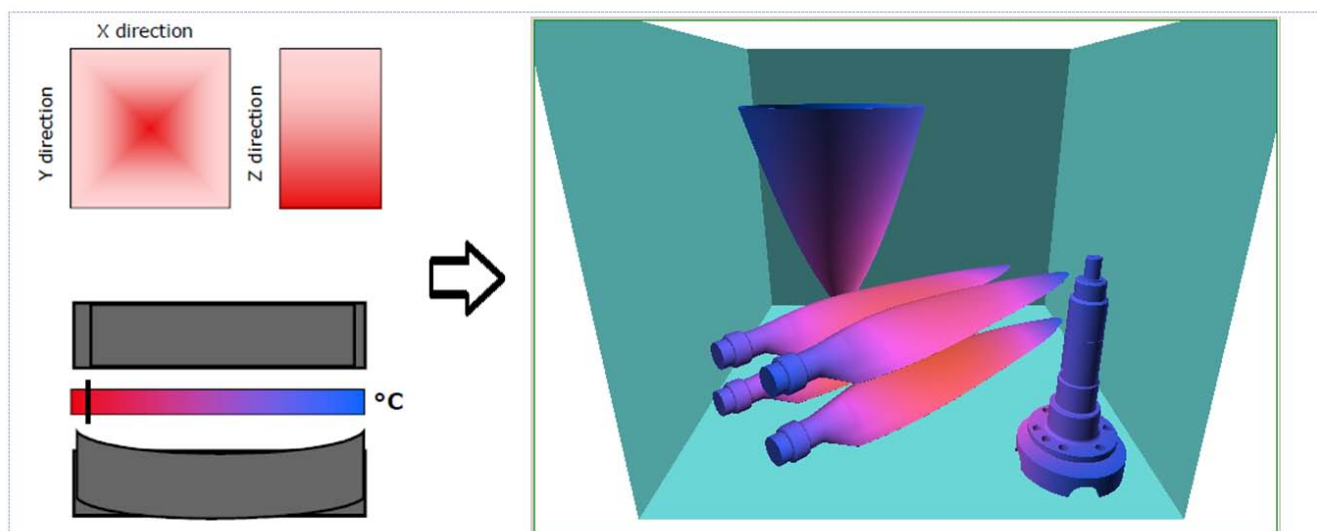


Рис.8. Распределение температуры в камере станка EOS INT P 395 и расчет нагрева лопастей в ПК ТПП.

Выводы

В современных условиях при работе с инновационными технологиями производства важно в полной мере воспользоваться теми возможностями, которые предоставляет оборудование и не стать заложниками часто встречающейся ситуации, когда развитие программных средств не успевает за ростом технических возможностей аппаратных средств. Необходимо не только эффективно использовать поставляемое ПО, но и иметь возможность его быстрой доработки под новые задачи производства или под новые типы печатающих устройств.

Практическое использование программных компонент (ПКТПП) на полном участке технологической подготовки от конструкторской модели до «печати» детали доказывает достоверность выбранных методик и программных решений. Схожесть технологических процессов аддитивного производства позволяет

говорить о применимости разработанных программных компонент и для других, в том числе перспективных, технологий послойного синтеза.

Библиографический список

1. Зеленов С.В. САПР свободной разработки // Прикладная геометрия. Инженерная графика. Компьютерный дизайн. 2007. №4. С.13-16.

2. Зеленов С.В. Использование унифицированных программных графических компонент при разработке систем геометрического моделирования // Прикладная геометрия. Инженерная графика. Компьютерный дизайн. 2005. №1. С.27-30.

3. Зеленов С.В. Многопользовательское проектирование в системах геометрического моделирования // Прикладная геометрия. Инженерная графика. Компьютерный дизайн. 2007. №2. С.29-31.