

## ПУТИ 3D - ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ЛОПАТОК ГТД ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В CAD/CAM/CAE ПАКЕТАХ

© 2008 В. Г. Смелов, И. Л. Шитарев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья посвящена актуальной проблеме современного авиадвигателестроения – созданию параметрической модели лопатки. Приведены результаты работы по параметризации статорной лопатки компрессора 7 ступени двигателя НК 14 СТ. Представлена программа по созданию макроса для формирования 3D модели пера лопатки. Обсуждаются области использования результатов работы.

*Модель, лопатка, параметры, программа, объемное моделирование, 3D – параметризация*

Компьютерное моделирование во многом ускоряет процесс изготовления деталей за счет выявления и устранения возможных ошибок на этапах конструирования, проектирования и изготовления изделия. Оптимизация ранее созданных технологических процессов необходима в силу долгосрочного их использования и стремления к уменьшению расходов на производство.

Трехмерная (3D) модель является основой всего компьютерного моделирования. От точности создания 3D модели зависит достоверность последующего моделирования. Будь то инженерные расчеты в САЕ - системах или создание управляющих программ для станков с ЧПУ в САМ - пакетах. Например, в процессе моделирования ЭХО при определении окончания обработки необходимо знать величину припуска, который определяется геометрическими параметрами модели. Поэтому от точности модели будет зависеть прогнозируемая точность расчетов [1]. 3D модель должна быть не только точной, но и параметрической. Под точностью мы понимаем соответствие модели реальной детали. Под параметризацией мы понимаем не только возможность быстрой перестройки 3D модели при изменении характерных размеров, но и автоматическое изменение расчетов в САЕ - системах и изменение управляющих программ в САМ - пакетах.

Нами была поставлена задача построения объемной модели тела и параметризации ее с использованием Unigraphics NX. Данный пакет специально предназначен для создания 3D моделей и объединения воеди-

но всех процессов проектирования, изготовления изделия и предварительных инженерных расчетов. Unigraphics NX - это не единственный графический редактор, которым можно воспользоваться для решения задач параметризации, альтернативой ему могут выступить пакеты Solid Edge, Solid Works, CATIA или ADEM.

Лопатка компрессора является одной из самых сложных деталей газотурбинного двигателя. Для ее создания на этапе проектирования используется большое количество расчетов в САЕ - пакетах. На этапе изготовления лопаток применяется множество методов обработки. Для построения объемной модели нами была взята реальная деталь двигателя – статорная лопатка седьмой ступени компрессора ГТД НК-14СТ. Данную деталь можно относить к лопаткам средней длины с замком типа ласточкин хвост. Для точного построения криволинейных поверхностей лопатки обратимся к заводскому чертежу детали. Перо лопатки получается расчетным путем и имеет сложную форму. Сейчас на предприятиях принят табличный (координатный) метод задания поверхности пера. На чертеже приводится таблица с координатами характерных точек пера. Сложность параметризации лопатки заключается как раз в необходимости параметризовать табличные кривые.

Для осуществления параметризации модели существует два метода. Первым методом является параметризация с помощью «образмеривания» характерных точек (точек сплайновых поверхностей) и выведения всех размеров в разряд параметризующих непо-

средственно в Unigraphics NX. Изменение 3D модели происходит за счет изменения параметрических размеров непосредственно в пакете моделирования. Вторым методом параметризация осуществляется с помощью создания алгоритма построения 3D модели в стандартном текстовом файле, который, по сути, является последовательной записью всех макрокоманд по созданию модели. Параметризация в этом случае достигается путем изменения текстовой информации в текстовом файле макроса с последующим изменением модели в пакете построения.

Первый путь является долгим и трудоемким за счет необходимости образмеривать большое количество точек в пространстве и наличием большого числа как регулирующих, так и регулируемых параметров. Мы пошли по второму пути, а именно: создали текстовый макрокоманд по построению 3D модели лопатки в Unigraphics NX. К достоинству данного метода можно отнести удобство создания текстового файла и простоту команд по построению объектов Unigraphics NX.

Нами была проведена работа по анализу команд макроса для дальнейшего использования в построениях моделей. Получены макросы для создания точек в пространстве, прямых, сплайнов, поверхностей, тел. Макрос представляет собой текстовую запись всех команд, используемых при построении модели. Рассмотрим макрос по построению сплайна в пространстве по точкам, причем точки берутся из текстового файла (рис. 1). В нем содержится информация о пакете, для которого этот макрос создан, о названии файла, версии макро редактора, пользователе, о параметрах отображения и собственно команд и действий по созданию сплайна.

Макрос полностью отражает последовательность выполняемых действий. Например, для создания сплайна в Unigraphics NX необходимо запустить воспроизведение макроса, и на экране последовательно, с отображением всех используемых команд и действий в виде мультимпликации отобразится построение сплайна в пространстве.

На следующем этапе работы возникла необходимость автоматизации создания макроса по формированию 3D - модели лопатки для сокращения времени, затрачиваемого на создание макроса. Данную задачу мы решили с помощью языка программирования Delphi. Нами была написана программа по созданию макроса. Она представляет собой стандартное приложение под Windows и дополнительного программного обеспечения для работы не требует. После запуска этой программы пользователь должен будет лишь заполнить соответствующие окна программы, характеризующие геометрию лопатки. А программа вставит эти значения в тело макроса. Например, для ввода точек сплайновых поверхностей корыта и спинки были разработаны окна в виде таблиц и озаглавлены именами характерных сечений лопатки (рис. 2). В результате работы программы будет создан макрос, который мы сможем воспроизвести в пакете Unigraphics NX. В результате воспроизведения в виде анимационного ролика мы увидим все этапы

```

unigraphics nx 1.0.1.2
Macro File: D:\ES\izmakros\spлайн по точкам iz faila.macro
Macro Version: 7.10
Created by KONSTANTIN on Sun May 23 14:38:18 2004
Part Name Display Style: JFE_NAME
Selection Parameters: 0 0 0.270663 1
Display Parameters: 1.000000 11.331200 7.750000 -1.000000
*****
#set
MENU, U, UG SKETCH SPLINE UG GATEWAY MAIN MENUBAR
$R_SPLINE
$CALOG BEGIN "Сплйн Through Points" C
$IR_SPLINE 1
$CALOG END C, 1 "Сплйн: через точки"
$CALOG BEGIN "Сплйн Through Points" C
$ASK_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$END_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$ASK_ITEM 4 C ($BOOL C) = 0 ! Closed Curve
$EVER AVAILABLE 0 0, 8, C, C! Points from file
$ASK_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$ASK_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$SUB_SELECT 1
$END_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$END_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$END_ITEM 4 C ($BOOL C) = 0 ! Closed Curve
$CALOG END P, 1 "Сплйн Through Points: in File" in C
File_Box = D:\ES\izmakros\pocnk1 d\la sola\na.dat
SET VALUE: C ! PSB Item
$CALOG_BEGIN "Сплйн Through Points" C
$ASK_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$ASK_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$END_ITEM 4 C ($BOOL C) = 0 ! Closed Curve
$SUB_SELECT 1
$ASK_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$ASK_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$END_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$END_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$ASK_ITEM 4 C ($BOOL C) = 0 ! Closed Curve
$CALOG_END -2, 0 "Сплйн Through Points: ok"
$CALOG_BEGIN "Сплйн Through Points" C
$ASK_ITEM 0 C ($RAD C) = 0 ! Multiple Segments
$ASK_ITEM 2 C ($INTE C) = 3 ! Curve Degree
$ASK_ITEM 4 C ($BOOL C) = 0 ! Closed Curve
$CALOG_END -3, 0 "Сплйн Through Points: cancel"

```

Рис. 1. Фрагмент макроса для создания сплайна по точкам

патки для сокращения времени, затрачиваемого на создание макроса. Данную задачу мы решили с помощью языка программирования Delphi. Нами была написана программа по созданию макроса. Она представляет собой стандартное приложение под Windows и дополнительного программного обеспечения для работы не требует. После запуска этой программы пользователь должен будет лишь заполнить соответствующие окна программы, характеризующие геометрию лопатки. А программа вставит эти значения в тело макроса. Например, для ввода точек сплайновых поверхностей корыта и спинки были разработаны окна в виде таблиц и озаглавлены именами характерных сечений лопатки (рис. 2). В результате работы программы будет создан макрос, который мы сможем воспроизвести в пакете Unigraphics NX. В результате воспроизведения в виде анимационного ролика мы увидим все этапы

построения модели. На рис. 3 показана 3D модель пера лопатки полученная после вос-

Спинка			Корытце		
Координата X	Координата Y	Координата Z	Координата X	Координата Y	Координата Z
-23.45	-1.78	-0.26	-23.50	-2.47	-0.26
-22.95	-1.33	-0.26	-22.97	-2.56	-0.26
-22.41	-1.06	-0.26	-22.43	-2.6	-0.26
-21.33	-0.52	-0.26	-21.36	-2.57	-0.26
-20.26	-0.10	-0.26	-20.29	-2.46	-0.26
-19.18	0.28	-0.26	-19.22	-2.34	-0.26
-17.63	0.94	-0.26	-17.08	-2.09	-0.26
-14.85	1.44	-0.26	-14.93	-1.82	-0.26
-10.69	2.22	-0.26	-10.65	-1.47	-0.26
-6.31	2.68	-0.26	-6.37	-1.24	-0.26
-2.03	2.79	-0.26	-2.09	-1.23	-0.26
2.24	2.51	-0.26	2.19	-1.32	-0.26
6.51	1.83	-0.26	6.46	-1.55	-0.26
10.77	0.77	-0.26	10.73	-1.98	-0.26
15.03	-0.68	-0.26	15.01	-2.39	-0.26
17.16	1.52	-0.26	17.14	-2.71	-0.26
19.28	-2.47	-0.26	19.27	-3.05	-0.26

Рис. 2. Вид окна программы для ввода координат точек корытца и спинки

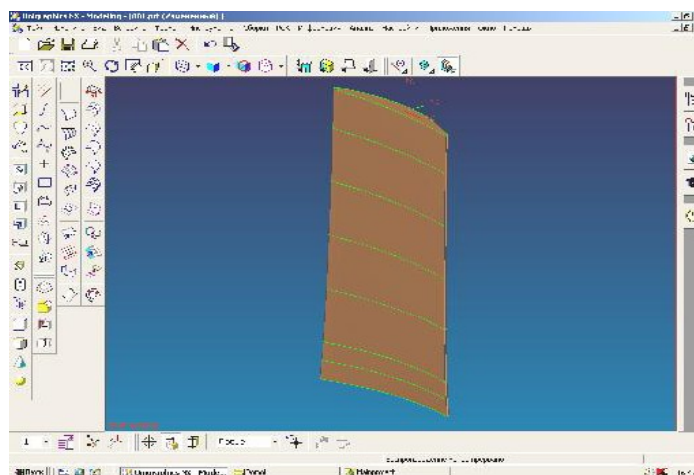


Рис. 3. Модель пера лопатки, созданная путем воспроизведения макроса

Таким образом, нами была создана программа по формированию макроса для построения 3D модели лопатки в Unigraphics NX. Отметим, что есть ограничения по созданию модели лопатки. А именно: макрос формируется только для создания пера компрессорных лопаток, для построения пера используется только восемь характерных сечений. В дальнейшем перечисленные ограничения будут устранены.

На основании перечисленного можно говорить о создании параметрической модели лопатки, которая позволит:

- создавать трехмерные модели лопаток, минуя графические построения в пакете Unigraphics NX;
- изменять трехмерные модели лопаток без использования Unigraphics NX;

- автоматически изменять рабочую документацию;
- быстро и точно передавать 3D модели из Unigraphics NX в САЕ - пакеты;
- своевременно изменять геометрию, используемую в САМ - модуле Unigraphics NX или САМ - пакетах для создания управляющих программ для станков с ЧПУ.

### Библиографический список

1. Смирнов Г.В, Смелов В.Г. Математическое моделирование процесса ЭХРО// Вестник СГАУ, 2003. Вып.1.
2. М. Краснов, Ю. Чегищев. Unigraphics для профессионалов. – Москва: Издательство «ЛОРИ». 2004. - 320с.

---

### References

1. Smirnov G.V. and Smelov V.G. Mathematical modeling of the Electrolytic Dimen-

sional Machining Process. SSAU Reporter, part 1, 2003.

2. M. Krasnov and Y. Tchegichev. Unigrafics for experts. Moscow: "LORI Publishment", 2004.

## WAYS 3D PARAMETRIZATION TJ BLADES FOR USE CAD/CAM/CAE PACKAGES

© 2008 V. G. Smelov, I. L. Shitarev

Samara State Aerospace University

Article is devoted to an actual problem of modern aviation propulsion engineering - to creation of parametrical model blades. In article results of work on parametrization blades the compressor of 7 steps of engine NK 14 ST are resulted. The program on creation macros for formation 3D is submitted to model to a feather blades. Areas of use of results of work are discussed.

*Model, blade, parameters, program, solid modeling, 3D-parametrization*

### Информация об авторах

**Смелов Виталий Геннадьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: [pdla\\_smelov@mail.ru](mailto:pdla_smelov@mail.ru). Область научных интересов: электрохимическая обработка, высокоскоростная обработка закаленных материалов, станки с числовым программным управлением.

**Шитарев Игорь Леонидович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета. E-mail: [pdla@ssau.ru](mailto:pdla@ssau.ru). Область научных интересов - проблемы производства двигателей.

**Smelov Vitaliy Gennadievich**, Candidate of Engineering Science – associate professor of Samara State Aerospace University “Aircraft Engine Designing” department. Phone: 8 (846) 2674776. E-mail: [pdla\\_smelov@mail.ru](mailto:pdla_smelov@mail.ru). Area of research: electrochemical processing, high-velocity processing of hardened materials.

**Shytarev Igor Leonidovich**, Doctor of Engineering Science – professor, head of Samara State Aerospace University “Aircraft Engine Designing” department. E-mail: [pdla@ssau.ru](mailto:pdla@ssau.ru). Area of research: engine designing issues.