



Результаты работы планируется внедрить в учебный процесс факультета информационных систем и технологий самарского государственного архитектурно-строительного университета.

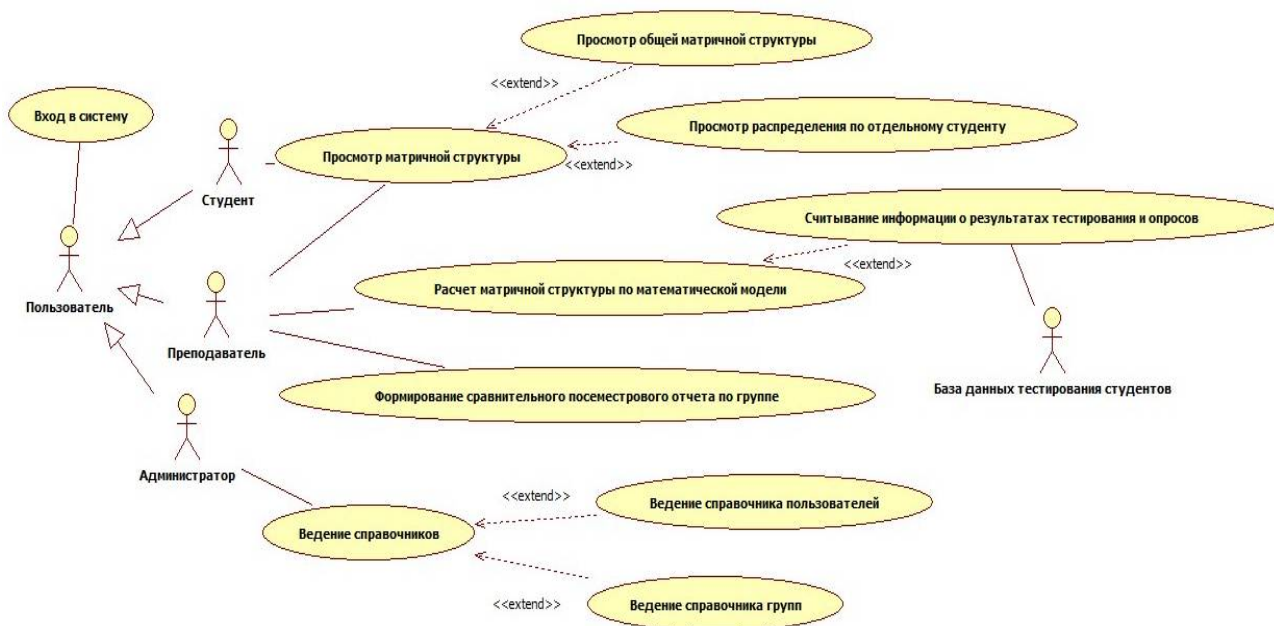


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования автоматизированной системы формирования пар «шеф – подшефный»

### Литература

1. Пиявский С.А. Инновационный вуз в инфокоммуникационной среде, «Экономика. Налоги. Право», №5, 2010 – с. 78 – 82
2. С.А.Пиявский, Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник; СГАСУ. – Самара:2011 -198 с.
3. Пиявский С.А., Будаев Д.С., Елунин М.Н. Математическое моделирование при формировании целевых программ информатизации сферы культуры, «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы 65-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР университета за 2007 год – Самара, СГАСУ, 2008 – с. 123 - 124

В.А. Печенин, Н.В. Рузанов, М.А. Болотов

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

В конструкции различных изделий машиностроения присутствуют детали, имеющие сложные поверхности, не описываемые элементарными функциями. Для выборочного контроля и арбитражных измерений таких деталей зачастую используются трёх осевые координатно-измерительные машины (КИМ)



реализующие контактный метод измерений. В работе представлена модульная программа (см. рисунок 1), позволяющая оценивать и анализировать погрешности измерения на КИМ.

Разработан модуль экспорта данных, представленных координатами измеренных и номинальных точек поверхности из системы PC-DMIS. Экспорт данных осуществляется в текстовый файл. Интерфейс модуля представлен на рисунке 2.



Рис. 1. Модули информационной системы

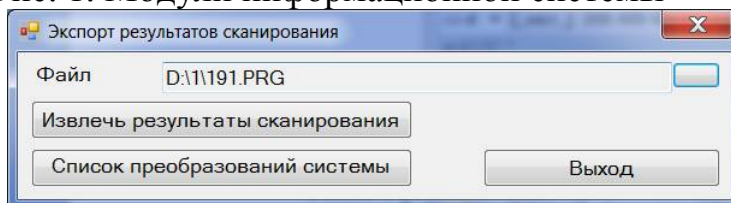


Рис. 2. Интерфейс модуля экспорта данных

С целью определения зависимостей погрешностей измерения от влияющих факторов осуществляется имитация их действия на профиль. В результате формируется имитируемый профиль. Указанную задачу решает модуль имитирования профиля измеряемого объекта. Координаты точек имитируемого профиля находятся из координат точек номинального профиля по формуле:

$$P_p = P_n + \Delta_{\text{формы}} + \Delta_{\text{расп}} \quad (1)$$

где  $P_p$  – координаты точек реального профиля;

$P_n$  – координаты точек номинального профиля;

$\Delta_{\text{формы}}$  - погрешность формы профиля, которая находится по формуле:

$$\Delta_{\text{формы}} = \Delta_{\text{гарм}} + \Delta_{\text{случ}} ; \quad (2)$$



где  $\Delta_{гарм}$  - гармоническая составляющая погрешности формы профиля точек профиля, которая находится по формуле:

$$\Delta_{гарм} = A \cdot \cos((k \cdot x \cdot 2 \cdot \pi) / L_{пр}), \quad (3)$$

где  $A$  - амплитуда гармонической составляющей;  
 $k$  - количество периодов гармонической погрешности;  
 $L_{пр}$  - опорная длина профиля по оси X;  
 $x$  - координата точки  $P_n$  ;

$\Delta_{гарм}$  - случайная составляющая погрешности формы профиля точек профиля;

$\Delta_{расп}$  - погрешность расположения профиля, которая находится по формуле:

$$\Delta_{расп} = \Delta_{смещ} + \Delta_{пов}, \quad (4)$$

где  $\Delta_{смещ}$  - составляющая погрешности расположения, отвечающая за линейное смещение точек профиля;

$\Delta_{пов}$  - составляющая погрешности расположения, отвечающая за поворот точек профиля (характеризуется углом поворота профиля  $\alpha$  ).

Погрешность реального профиля состоит из погрешности расположения и формы профиля. Для оценки погрешности расположения используется метод наилучшего совмещения номинального и измеренного (оцененного) профилей (припасовки) (рисунок 3). Погрешность формы оценивается после метода наилучшего совмещения.

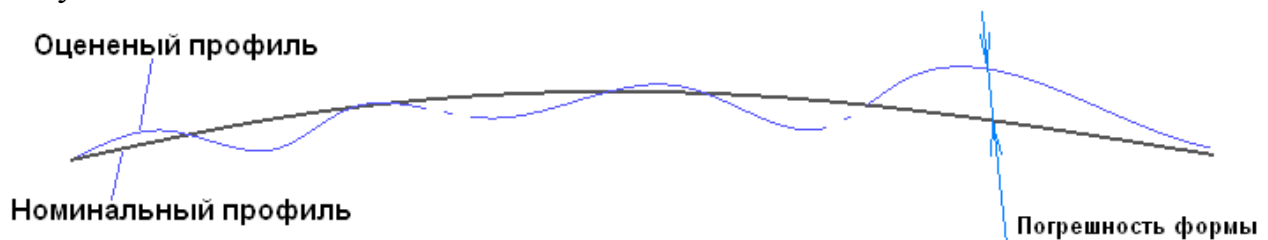


Рис. 3. Отклонений формы реального профиля от номинального значения после припасовки

Суть припасовки – найти  $\Delta_{смещ}$  и  $\Delta_{пов}$  (характеризуется углом поворота) оцененного профиля относительно номинального и преобразовать координаты оцененного профиля на эту погрешность расположения. Это достигается за счет минимизации расстояний между точками реального и номинального профилей.

По точкам припасованного профиля  $P_{пр}$  строится сплайн (в исследовании Безье 3-й степени). Через точки номинального профиля задаются нормали, находятся точки пересечения с припасованным профилем E. Расстояния  $P_nE$  характеризуют погрешность формы профиля.

Припасовка профиля (получение наиболее точных характеристик  $\Delta_{смещ}$  и  $\Delta_{пов}$ ) зависит в частности от геометрических параметров профиля. Погрешность формы является сложной величиной, поэтому ее можно охарактеризовать более простой и удобной для восприятия и оценки величиной – отклонение углов



наклона нормалей в точках реального и номинального профилей (абсолютное и относительное). Общая блок-схема модуля построения данных для анализа погрешности получения припасовки представлена на рисунке 4.

В модуле изменяются амплитуда и период гармонической составляющей имитируемого профиля.

1 Этап характеризуется 2 модулем;

2 Этап – задание сплайнов Безье и получение точек сплайна  $P_{p\_н\ddot{r}}, P_{i\_н\ddot{r}}$ .

3 Этап – нахождение на сплайнах реального и номинального профилей с заданных шагом точек (переменная *step* на схеме) и нахождение нормалей в этих точках.

4 Этап – Задается цикл с условиями для нахождения абсолютных и относительных разниц углов наклона нормалей реального и номинального профилей

5 Этап – Нахождение параметров припасовки в соответствии с модулем 3.

6 Этап – Нахождение относительных отклонений параметров припасовки профилей для различных сочетаний параметров гармонической составляющей погрешности формы.

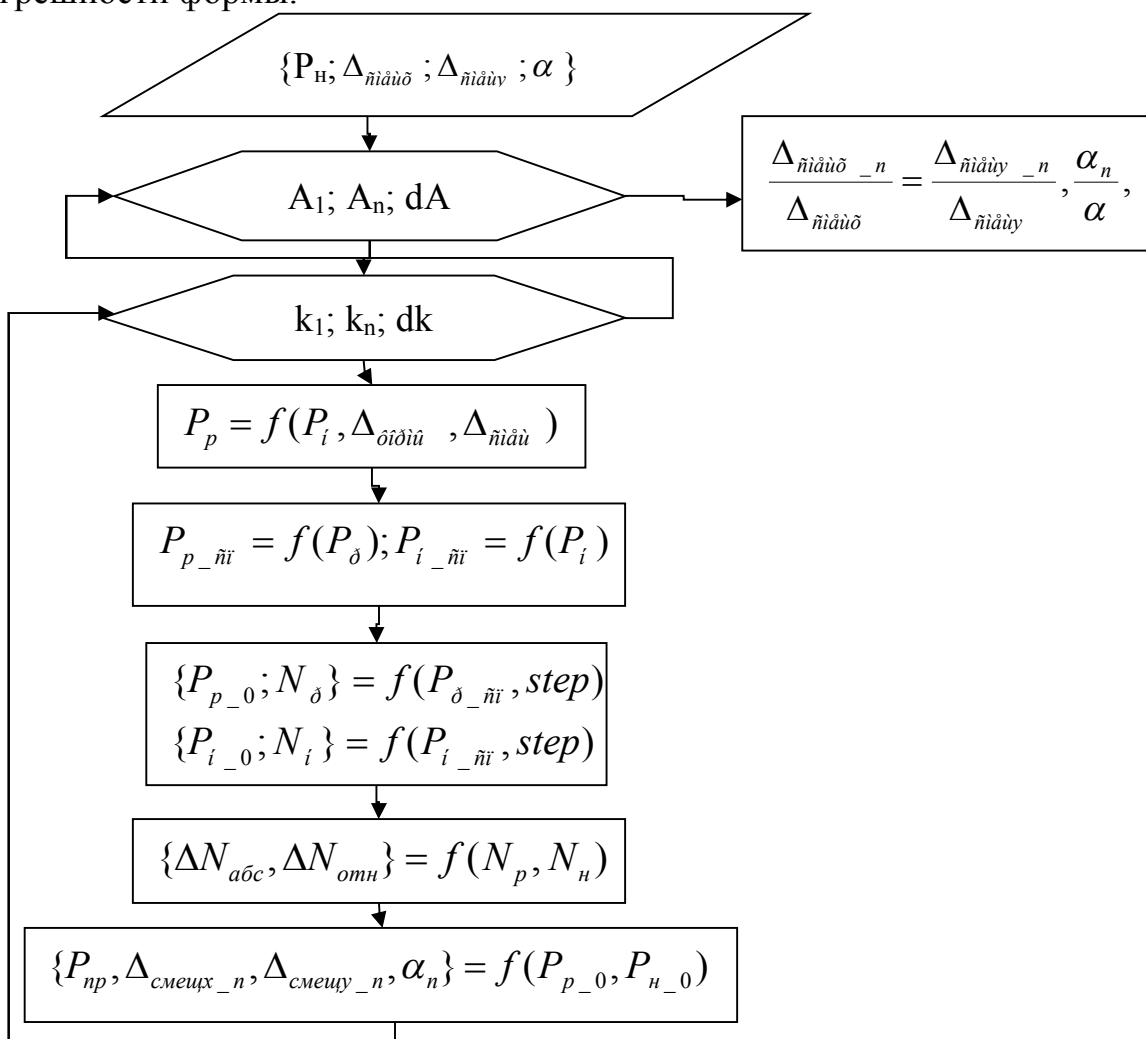


Рис. 4. Блок-схема модуля анализа зависимостей параметров припасовки от параметров формы измеряемого профиля



В процессе анализа было установлено, что изменение параметров гармонической составляющей погрешности формы влияет на получаемые параметры припасовки. Так, увеличение амплитуды ( $A$ ) и частоты ( $k$ ) гармонической составляющей, выражаемой отклонением углов наклона нормалей номинального и реального профилей влечет за собой снижение точности припасовки профилей. Разработанная информационная система позволит производить проводить более точные измерения деталей, имеющих сложные поверхности, важные с точки зрения функциональности (таких как лопатки компрессора и турбины, элементы камеры сгорания в ГТД).

### Литература

1. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики [Текст]/Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
2. Вермель, В.Д. Геометрическое обеспечение оценки точности изготовления изделий сложной формы по материалам измерений на программируемых контрольно-измерительных машинах [Текст]/ В.Д.Вермель, В.Ф.Забалуев, П.М.Николаев // Computer Graphics & Geometry. – 1999. – Т.1. № 1 – 50-74 с.
3. Rajamohan, G. Effect of probe size and measurement strategies on assessment of freeform profile deviations using coordinate measuring machine [Text]/ G. Rajamohan, M.S. Shunmugam, G.L. Samuel // Measurement. – 2011. – № 44. – Pp. 832-841.

А.Н. Полушин, А.О. Дмитриев, Р.Р. Халиулин

### ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ (ПАКЕТА ПРОГРАММ NX) ДЛЯ АНАЛИЗА НАГРУЗОК НА ДЕТАЛИ ГТД

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ)

NX предлагает систему для проектирования, инженерного анализа, создания документации, оснастки и подготовки производства для всех областей промышленности. Применение NX позволяет значительно сократить время выхода нового и технологичного изделия на рынок, повысить качество, снизить стоимость, повысить коммерческую привлекательность. NX позволяет повторно использовать опыт по всем процессам создания изделия.

В настоящее время главным требованием для бизнеса является непрерывное применение инноваций. Разработка изделия с применением цифровых методов позволяет предлагать заказчикам широкий спектр того, что им требуется. Это обеспечивает успешную конкуренцию на рынке с получением максимальной прибыли. Это обеспечивает лидерство в своей области.

NX для цифрового анализа. Преимущества перед другими программами

1. Повышение производительности инженерного анализа на 70 %;
2. Повышение качества изделий;