

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ NXOPEN

П.Ю. Белокрылов, К.В. Комиссаров, Е.Ю. Повереннов,
А.П. Цапаев, А.Н. Кузнецов (АО «ОКБМ Африкантов»)

На предприятии АО «ОКБМ Африкантов» генерация управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ на предприятии осуществляется с помощью ПО Concepts NREC. Для разработки трехмерных моделей колес и шнеков применяется система автоматизированного проектирования (CAD) NX. Представлено программное средство, обеспечивающее конвертацию геометрии деталей, созданных в системе NX, в исходные файлы, необходимые при создании УП в Concepts NREC. Данное программное средство сокращает время подготовки файлов описания геометрии, необходимых для создания управляющих программ в технологическом модуле дизайн-системы Concepts NREC.

Ключевые слова: ЧПУ, управляющая программа, САПР, конвертация, трехмерные модели, геометрия деталей.

Введение

В АО «ОКБМ Африкантов» проектируется и изготавливается насосное оборудование. Для изготовления такого оборудования широко используются станки с ЧПУ. Применение станков такого типа экономически оправданно, поскольку компоненты насосов (например, рабочие колеса), как правило, являются пространственно-сложными деталями с большим числом обрабатываемых поверхностей. Кроме того, указанные детали требуют обработки высокой точности и качества, которые не могут быть достигнуты на другом оборудовании.

Генерация управляющих программ (УП) для пятикоординатных станков с ЧПУ на предприятии осуществляется с помощью ПО для проектирования турбомашин (дизайн-система) Concepts NREC. Данное ПО позволяет успешно выполнять проектирование процесса обработки сложных по геометрии колес (например, имеющих двойную кривизну лопаток) без покрывного диска и колес с покрывным диском. При этом для разработки трехмерных моделей колес и шнеков в основном применяется система автоматизированного проектирования (CAD) NX. Однако созданные в среде NX модели нельзя напрямую использовать в технологическом модуле Concepts NREC из-за специфики его работы. Для работы данного ПО требуется подготовка текстовых файлов описания геометрии специального формата. В настоящий момент на предприятии наблюдается рост номенклатуры и числа колес, в связи с этим возникает необходимость оптимизации процессов проектирования таких изделий, в частности, уменьшения времени, затраченного на разработку управляющих программ для станков с ЧПУ.

В работе предлагается к рассмотрению подход к автоматизации конвертации геометрии деталей, созданных в системе NX, в исходные файлы, необходимые при создании УП в Concepts NREC.

Анализ текущего состояния

Повышению эффективности технологической подготовки производства и разработки УП обработки колес насосов уделяется большое внимание [1, 2, 3, 4]. Разработка управляющих программ механической

обработки колес насосов с лопатками двойной кривизны возможна в различных продуктах, в том числе системах Siemens NX, Concepts NREC [5, 6]. Пакет Siemens NX характеризуется широкой универсальностью и позволяет разрабатывать УП для большой номенклатуры деталей. Так, для обработки колес существует отдельный модуль Multi Blade, отличающийся удобством использования при программировании моноколес и блисков [7]. В то же время существует ряд деталей и задач, при работе с которыми в системе Siemens NX возникают трудности, которые успешно решаются в системе Concepts NREC. Среди таких деталей — закрытые колеса. Конструкция данных деталей позволяет исключить операции сварки рабочего колеса и покрывного диска, операции отдельной механической обработки колеса и покрывного диска, что сокращает трудоемкость и цикл производства. Кроме того, система Concepts NREC позволяет разрабатывать УП обработки лопаток бочкообразными фрезами, что значительно снижает время чистового этапа обработки за счет сокращения числа проходов фрезы.

Для генерации УП обработки колес с помощью технологического модуля Concepts NREC необходимо подготовить входные текстовые файлы описания геометрии модели, содержащие облако точек: файл описания геометрии рабочей и тыльной стороны лопатки (*.imp); файл, описывающий геометрию входной и выходной кромок лопатки (*.edg), а также файл геометрии ступицы и покрывного диска (*.bnd). Для получения данных файлов в интерфейсе CAD системы NX требуется выполнить большое число однотипных ручных операций для создания сетки точек с достаточной степенью детализации на существующей трехмерной модели колеса, что занимает значительное время. Данное положение дел непосредственно влияет на увеличение трудозатрат, а также сроки разработки технологической документации и формирования УП для технологического оборудования с ЧПУ, производящего обработку колес.

Постановка задачи

После всестороннего анализа выявленной проблемы подразделением, занимающимся разработкой УП, было предложено максимально автоматизиро-

вать ручные операции генерации облака точек по заданной модели колеса в системе NX. Для решения данной задачи было разработано программное обеспечение, интегрированное в среду трехмерного моделирования системы NX. Данный программный продукт решает следующие основные задачи:

- автоматизация получения сеточного разбиения трехмерной модели колеса в системе NX;
- автоматизация записи входных файлов Concepts NREC на основании построенного облака точек в CAD системе NX.

Предпосылки создания программы

Программный пакет NX является системой автоматизированного проектирования высокого уровня, предназначенной для цифровой разработки изделий, обладает широким набором интегрированных и полностью взаимосвязанных CAD/CAM/CAE приложений. Являясь законченным решением для цифрового создания изделия, NX предлагает интегрированные инструменты для выполнения задач проектирования, инженерного анализа, создания документации, оснастки и подготовки производства любой сложности для всех областей промышленности.

Данная система также обладает программным интерфейсом приложения — Application Programming Interface (API), который предоставляет инструменты для написания собственных программ на современных языках программирования. Отметим ряд работ, описывающих применение данных возможностей для решения прикладных задач [8, 9, 10]. Один из примеров использования данного интерфейса — написание УП, выполняющих те же операции, что и при интерактивной (ручной) работе в NX, с целью их автоматизации. Также, наличие API позволяет внедрить в CAD-систему дополнительный инструментарий для решения своих специфичных задач. В целом, активное использование технологии разработки собственных приложений для CAD/CAM/CAE систем позволяет существенно повысить автоматизацию работ в этих системах, снизить временные затраты на разработку и технологическое сопровождение производственных процессов и изделий.

Одним из способов разработки собственных инструментов и приложений в системе NX является применение модуля NXOpen API. Данный модуль обладает набором инструментальных средств для гибкой интеграции пользовательских приложений с CAD-системой, позволяя вести разработку на наиболее известных на сегодняшний день языках про-

граммирования Visual Basic, C++, C#, Java и Python. Модуль обеспечивает свободно расширяемую модель данных. Существует возможность создания собственного объекта на базе стандартных объектов NX. Этот объект будет изображаться, управляться и храниться в базе данных NX, как и любой стандартный объект. Разработанное таким образом приложение может работать либо как полностью интегрированная «внутренняя» функция NX, или как самостоятельно выполняемая программа, при компиляции и сборке которой используются библиотеки NX.

В первом случае данное приложение запускается из уже запущенной CAD-системы и реализуется в виде файла с расширением (*.exe) или еще чаще в виде пользовательской библиотеки (*.dll). Такой тип реализации пользовательской программы подходит в случае, когда в процессе ее работы пользователю необходимо выполнять операции с основными и пользовательскими графическими функциями NX (ввод, сохранение данных, выборка геометрических объектов по заданным фильтрам, выполнение операций проектирования). Разработанное таким образом приложение часто представляет собой набор команд меню в одном из модулей NX.

Второй вид приложения реализуется в виде файла с расширением (*.exe), и в общем случае для его работы запуск графического интерфейса NX не требуется. Данный тип пользовательской программы эффективен в том случае, когда в процессе ее работы не требуется запуска NX и, соответственно, выполнение пользователем операций в графическом интерфейсе. В связи с тем, что архитектура разраба-



Рис. 1. Интерфейс основного окна программы

тываемого приложения при этом может быть упрощена до консольной программы, ее работа с объектами NX может выполняться в batch-режиме¹. Данное обстоятельство позволяет существенно сэкономить вычислительные графические ресурсы персонального компьютера, затрачиваемые при работе в интерфейсе NX с файлами, содержащими значительное число деталей.

Таким образом, с целью автоматизации интерактивных (ручных) операций пользователя с интерфейсом NX при подготовке входных данных для ПО Concepts NREC разработано Windows-приложение «Модуль конвертации геометрии из NX в Concepts NREC» в виде пользовательской библиотеки (*.dll) и интегрированное в виде команды меню модуля NX «Моделирование». В качестве средства разработки использовался язык разработки — C#. Вид приложения показан на рис. 1.

¹ Пакетным называется режим работы компьютера, реализующий многозадачность (мультипрограммность), когда система обрабатывает заранее сформированный пакет заданий пользователя без вмешательства последнего в процесс обработки.

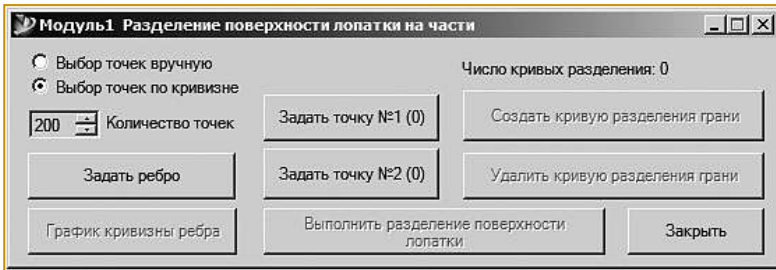
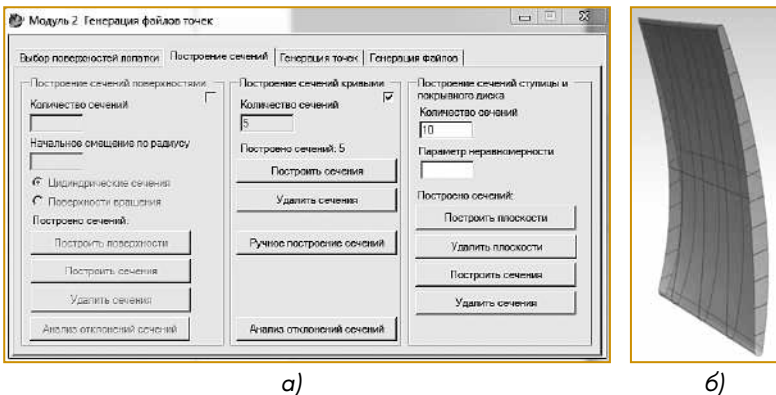


Рис. 2. Интерфейс окна модуля 1



Рис. 3. Интерфейс окна модуля 2



а)

б)

Рис. 4. Построение сечений

Алгоритм работы программного обеспечения

Программа функционально состоит из двух модулей. Модуль 1 предназначен для выполнения операций автоматического разбиения поверхности лопатки на шесть частей (если такого разбиения в исходной трехмерной модели нет): рабочая поверхность, тыльная поверхность, входная кромка, выходная кромка, покрывной диск, ступица. Каждая из этих частей с точки зрения геометрии, созданной в системе NX, представ-

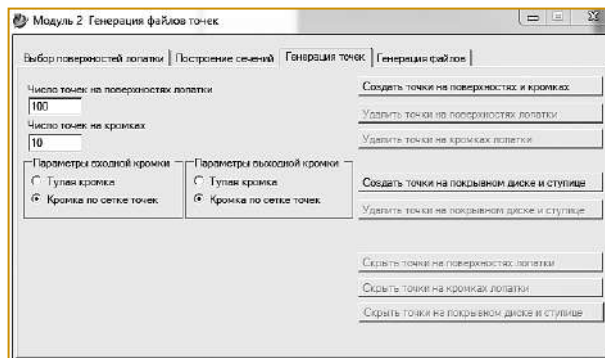
ляет собой одну или несколько граней. Данное представление геометрии модели необходимо для корректной работы технологического модуля Concepts NREC: для каждой части геометрии лопатки должно быть сгенерировано свое облако точек и соответственно файл. Фактически модуль 1 выполняет необходимое разбиение путем добавления ребер в геометрию лопатки. Построение указанных ребер осуществляется заданием двух точек, определяющих начало соответствующей кромки и поверхности, которую необходимо разделить. Интерфейс окна модуля 1 представлен на рис. 2.

Модуль 2 предназначен для генерации текстовых файлов геометрии лопатки в следующих форматах (рис. 3):

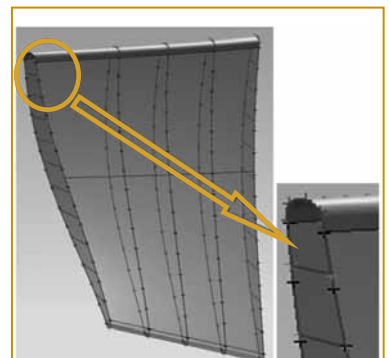
- imp — файл геометрии лопатки (рабочая и тыльная сторона);
- edg — файл геометрии кромки лопатки (входная и выходная кромки);
- bnd — файл геометрии ступицы и покрывного диска.

Для генерации файлов геометрии лопатки в требуемых форматах необходимо выбрать поверхности колеса: рабочую поверхность, тыльную поверхность, входную кромку, выходную кромку, покрывной диск, ступицу нажатием на соответствующую кнопку первой вкладки «Выбор поверхностей лопатки» модуля 2 (рис. 3). Далее с помощью набора инструментов вкладки «Построение сечений» выполняется построение сечений (кривых) на выбранных ранее частях лопатки (рис. 4 а). Реализовано несколько алгоритмов построения сечений в зависимости от типа лопатки (осевая, радиальная, радиально-осевая и т.д.), допускающих минимальное отклонение полученных кривых от поверхностей исходной геометрии. Финальный результат данной команды изображен на рис. 4 б.

Генерация облака точек на построенных ранее кривых сечениях осуществляется с помощью набора



а)



б)

Рис. 5. Генерация точек

инструментов вкладки «Генерация точек» (рис. 5 а). Задаваемое число требуемых точек непосредственно влияет на время выполнения программы и точность аппроксимации геометрии в ПО Concepts NREC. Именно за счет автоматизации генерации точек в NX достигается сокращение общего времени подготовки данных. Результат выполнения данной операции представлен на рис. 5 б.

После построения облака точек командами вкладки «Генерация файлов» происходит запись требуемых трех файлов с расширениями *.imp, *.edg, *.bnd, описывающих геометрию лопатки. Полученные файлы импортируются в систему генерации управляющих программ для станков с ЧПУ Concepts NREC.

Заключение

Описано создание модуля конвертации геометрии из системы Siemens NX в ПО Concepts NREC с помощью NXOpen API. В результате внедрения разработанного модуля в производственную деятельность подразделения, ответственного за разработку УП для станков с ЧПУ, удалось существенно сократить время подготовки требуемых данных геометрии (более чем в 10 раз). Тем самым удалось снизить сроки разработки технологической документации и формирования УП для технологического оборудования с ЧПУ, выполняющего обработку колес насосов в АО «ОКБМ Африкантов».

Отклонения геометрии модели, полученной в Concepts NREC, от конструкторской модели на основании данных, подготовленных по описанной технологии, не превысили требуемые допуски.

Список литературы

1. Лунев А.Н., Моисеева Л.Т., Курьлев Д.В. Моделирование глубинного фрезерования пространственно-сложных поверхностей деталей из условия обеспечения заданной высоты межстрочечных гребешков в CAD/CAM

системе NX // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2014. №2. с. 185-188.

2. Петрунин В.В., Банкрутенко В.В., Комиссаров К.В., Большаков А.А., Цапаев А.П. Исследование и совершенствование процесса конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) изделий, изготавливаемых на оборудовании с ЧПУ в производстве АО «ОКБМ Африкантов» // Автоматизация в промышленности. 2015. №9. с. 41-44.
3. Yong, H.-T., Chuang, L.-C. An integrated machining approach for a centrifugal impeller. Int. J. Advd Mfg Technol., 2003, 21, 556-563.
4. Chen, S.-L., Wang, W.-T. Computer aided manufacturing technologies for centrifugal compressor impellers. J. Mater. Processing Technol., 2001, 115, 284-293.
5. Булгаков, Е.А., Садовский Н.И. Создание методики оптимизации проточной части центробежного компрессора в программном комплексе Axcnt Concepts NREC // Сборник: Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием. 2016. с. 149-151.
6. Шевяков А.О., Косач Л.А., Дементьев А.А., Костюков А.В. Влияние величины зазора между корпусом и колесом компрессора на интегральные характеристики ступени // Научоград. Наука производство общество. 2017. №2. с. 34-37.
7. Ведмидь, П.А., Сулинов А.В. Программирование обработки в NX CAM // М.: ДМК Пресс, 2014. — 304 с.
8. Тихомиров В.А. Разработка приложений для Unigraphics на языке С.— Издательство: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. — 462 с.
9. Печенин В.А., Рузанов Н.В., Болотов М.А. Модель и программный модуль для прогнозирования погрешностей координатных измерений в NX Open API // Сб.: Информационные технологии и нанотехнологии. Сб. трудов ИТНТ-2018. Самарский национальный исследовательский университет им. ак. С.П. Королева, 2018, с. 1454-1460.
10. Лаврентьева М.В., Чимитов П.Е., Карлина Ю.И. Реализация алгоритма распознавания 3D модели изделий авиационного строения // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. №2 (54). с. 54-60.

Белокрылов Петр Юрьевич — начальник бюро разработки программного обеспечения,

Комиссаров Кирилл Витальевич — начальник отдела развития систем поддержки жизненного цикла изделий,

Повереннов Евгений Юрьевич — ведущий инженер по информационным технологиям,

Цапаев Алексей Петрович — начальник бюро разработки управляющих программ,

Кузнецов Алексей Николаевич — инженер-технолог, программист станков с ЧПУ АО «ОКБМ Африкантов».

Контактный телефон (831) 246-94-96.

E-mail: komissarov@okbm.nnov.ru

Надо признать, что попытка трактовать естественные проблемы без геометрии есть попытка сделать невозможное.

Галилео Галилей