

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки бакалавров
15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
очной и заочной форм обучения

Воронеж 2022

УДК 621.01 (07)

ББК 34.5я7

Составитель

ст. преподаватель Д. М. Черных

Информационное обеспечение систем проектирования технологических процессов автоматизированного производства:

методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Д. М. Черных. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 27 с.

В методических указаниях приводятся рекомендации и последовательность действий по разработке сопроводительной документации на изделие в САД системах. Даются в достаточном объеме сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ по дисциплине, а также примеры выполнения отдельных заданий.

Предназначены для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»).

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ЛР_ИОСПТПАП.pdf.

Ил. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.01 (07)

ББК 34.5я7

Рецензент - С. Ю. Жачкин, д-р техн. наук, профессор кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях изложены рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» студентами всех форм обучения.

Методические указания состоят из теоретических сведений и четырех лабораторных работ, в каждой из которых описана последовательность действий для выполнения соответствующей темы.

Основное содержание методических указаний по выполнению лабораторных работ ориентировано на освоение методики разработки сопроводительной документации на изделие в САД системах.

Приступая к выполнению лабораторной работы, необходимо внимательно прочитать цель, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме лабораторной работы, выполнить самостоятельные задания. При необходимости следует обратиться к преподавателю за разъяснениями.

Все задания к лабораторной работе должны выполняться в соответствии с инструкцией.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 МЕТОДОЛОГИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Цель работы: ознакомиться с основными принципами создания твердотельных моделей в Siemens NX. Выработать практические навыки использования геометрических примитивов и вспомогательной геометрии. Научиться использовать базовые операции создания твердотельных моделей.

1. Теоретические сведения

Siemens NX - это система трёхмерного твердотельного гибридного моделирования, в котором инженеру предоставляется полный набор функций работы с твёрдым телом, поверхностью и каркасной моделью. Гибридное моделирование позволяет строить модель с помощью компонентов, определяемых набором параметров-размеров, и с помощью созданных в пространстве модели элементов, которые в явном виде не определяются никакими числовыми параметрами. В первом случае модель составляется посредством операций с элементарными компонентами (типа параллелепипед, цилиндр, конус, сфера) в качестве базовых и дополнительными компонентами (типа карман, бобышка, проточка и т.п.). Кроме того, для операций

твердотельного моделирования может быть использован эскиз. Эскиз является полностью параметризованным объектом. Для точной привязки к модели эскиза либо дополнительных компонентов используются специальные объекты - ассоциативно связанные с этой моделью оси и плоскости. Модифицировать такую модель можно путём изменения значений параметров или через геометрическое редактирование имеющихся элементов, которые представляют собой набор отрезков, дуг окружностей и кривых.

Таким образом, в системе Siemens NX одна и та же модель может быть создана множеством способов, и от выбранного способа построения будет лёгкость её дальнейшего редактирования и использования в сборке. Если впоследствии эту модель необходимо будет редактировать в достаточно широком диапазоне, то используют только инструменты создания полностью параметризованной модели. С помощью булевых операций, построенное каким-либо образом базовое тело дополняется другими компонентами. При этом позиционировать их можно просто по пространственным координатам, без затраты времени на определение ассоциативно связанных с моделью осей и плоскостей.

Построенная модель ассоциативно зависит от всех элементов, на основе которых она была создана. Это означает, что при редактировании любого элемента будут изменяться результаты всех последующих построений вплоть до окончательной модели.

Принцип мастер-модели.

Один из основополагающих принципов работы в системе Siemens NX - это принцип мастер-модели. Заключается он в том, что любая модель детали или сборки создается один раз. Впоследствии, во всех приложениях используется именно эта модель. Необходимая нам модель вставляется в качестве единственного компонента в сборку. Эта модель является мастер-моделью.

Работая с моделью, можно в том же файле запустить любое приложение системы Siemens NX. Если работает специалист широкого профиля, знающий инструмент разных приложений, и нет ограничений на объем файла, все можно выполнить в этом файле. При групповой же работе над серьезным проектом обязательно существуют зоны ответственности, специализация между членами коллектива разработчиков. У модели есть свой крут инженеров-конструкторов, которые ее разработали и могут вносить в нее изменения. Другие инженеры, в частности: инженер-технолог, формирующий набор управляющих программ для станка с ЧПУ, имеют только право чтения на файл данной модели.

В соответствии с данным принципом, инженер-технолог создает свою сборку, вставляет данную модель в качестве компонента и в соответствующем

модуле Siemens NX выполняет свою часть работы. Теперь уже у него будут; полные права на свой файл и право чтения на остальные. При изменении мастер-модели во всех дочерних файлах результаты будут пересчитаны автоматически или по вызову функции обновления, поскольку все связанные с мастер-моделью файлы ассоциативно зависимы от нее.

Для проведения инженерного анализа интересующей нас модели она также вставляется в сборку. Теперь можно приступать к решению задач анализа. Здесь нет проблем согласования работы с одной моделью всех участников, поскольку подобный анализ выполняется, как правило, одним инженером. Но проанализировать чаще всего необходимо целый набор всевозможных случаев эксплуатации проектируемого изделия. Поэтому при работе с модулями инженерного анализа тот же принцип мастер-модели еще раз срабатывает в скрытом виде. Мастер-моделью служит та модель, в которой были открыты соответствующие модули. Далее, например для прочностного анализа каждого случая нагружения, назначается свой сценарий. Аналогично назначаются сценарии при анализе работы механизмов в различных условиях. Все сценарии ассоциативно зависимы от модели, на которой они были первоначально определены, но для нахождения оптимального решения в любом сценарии существует возможность изменить модель. Изменения остаются в данном сценарии. Мастер-модель будет находиться в первоначальном виде, пока не будут приняты решения о внесении в нее предлагаемых изменений.

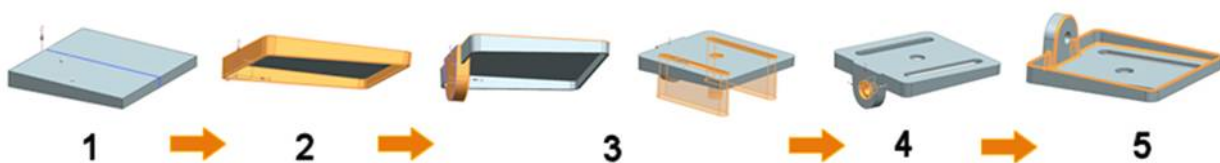
Ассоциативные связи в модели.

Ассоциативностью называют способность системы запоминать логические связи между операциями построения и геометрическими объектами, которые использовались в этих операциях. В процессе построения модели создается связь, зависимость одних объектов (дочерних) от первоначальных объектов (родительских). Любые изменения родительских элементов приводят к автоматическому обновлению операции построения. Ассоциативность дает возможность без прохождения всего пути создания конечного объекта получать измененный конечный объект путем редактирования его родительских объектов. Сколько бы ни было уровней между родительскими и дочерними объектами, редактирование родителя повлечет изменение всех дочерних объектов на всех уровнях. Такая зависимость напоминает параметризацию объекта, когда изменение начальных параметров приводит к изменению конечного построения. Сочетание функционала параметрического моделирования с отслеживанием ассоциативных зависимостей открывает широкие возможности быстрого создания измененной модели на основе базовой.

Инженерная практика устанавливает требования на ассоциативную зависимость между различными объектами. Одно дело, когда должна меняться поверхность при изменении кривой, по которой она была определена, и все построение было выполнено в одном файле. Совсем другое дело, когда в одном файле необходимо построить объект и связать его с объектом из другого файла. Механизмы реализации таких зависимостей различны. Первый случай реализован «по умолчанию»: при этом сохраняется возможность управлять, т.е. принять или отказаться от сохранения ассоциативных зависимостей между объектами. Для второго случая разработан специальный модуль Siemens NX/WAVE, который позволяет связать объекты, находящиеся в различных файлах, и задействовать их в последующих построениях, управлять этими связями и анализировать результаты, к которым приведут изменения родительских объектов.

Моделирование деталей.

Прежде чем разрабатывать твердотельную модель детали, необходимо продумать, какие элементы будут использоваться и в каком порядке. Создание элементов в логическом порядке создает полезную ассоциативность, которая облегчает дальнейшее изменение моделей.



Последовательность моделирования детали

Следующий порядок элементов использовался для детали, представленной на рисунке:

1. Создание базовых форм.
2. Добавление элементов оболочки и уклона.
3. Добавление элементов конструкции.
4. Создание отверстий.
5. Добавление скруглений ребер и фасок.

При создании новой твердотельной модели детали целесообразно использовать базовую систему координат как основу для расположения других элементов. Для создания базовых форм модели используют эскизы, чтобы задать сечения для операций вытягивания или вращения. Эскизы содержат кривые, размеры и ограничения в плоскости.

Сначала создайте эскиз геометрии, чтобы отобразить базовую форму. Используйте команды **Профиль**, **Окружность** и **Прямоугольник** для создания

базовых форм. Затем добавьте размеры, чтобы придать эскизу нужный размер. При необходимости добавьте ограничения, чтобы эскиз сохранял корректность при изменении размеров.

Чтобы использовать кривые как геометрию построения, которая не является частью операции **Вытягивание** или **Вращение**, преобразуйте их в ссылочные кривые.

2. Пример решения типовых задач

1. Запустите Siemens NX. Создайте новую модель.
2. Создайте новый эскиз и укажите плоскость ZX.
3. В эскизе создайте контур вращения. Контур должен быть замкнут и не иметь самопересечений. Также он должен быть полностью определен при помощи размеров и геометрических ограничений.
4. Создайте операцию вращения.
5. Создайте эскиз, содержащий контур вращения для канавок для выхода шлифовального круга в соответствии с ГОСТ 8820-69.
6. Создайте операцию вращения. Тип булевой операции укажите вычитание.
7. Создайте касательную плоскость для создания шпоночного паза. Создайте эскиз и постройте профиль паза в соответствии с ГОСТ 23360-78.
8. Выполните операцию вытягивание. Тип булевой операции укажите вычитание. Аналогично создайте второй шпоночный паз.
9. Постройте необходимые фаски и скругления.
10. Сохраните файл детали.

3. Виды и материалы контроля выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен: изучить теоретический материал; получить допуск у преподавателя к выполнению лабораторной работы; предоставить результаты своей работы, отчитаться у преподавателя по исполненному заданию; подготовить отчет по лабораторной работе, ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия и номера лабораторной работы, группы и фамилии студента.
2. Цель работы.
3. Последовательность действий при выполнении работы.
4. Выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: ознакомиться с основными методами создания ассоциативных чертежей в Siemens NX. Выработать практические навыки оформления ассоциативных чертежей. Научиться создавать дополнительные виды, разрезы и выносные элементы.

1. Теоретические сведения

Модуль «Черчение» предназначен для создания различного вида чертежей, которые создаются на основе построенных трехмерных моделей, созданных в приложениях для разработки изделий. Чертежи, полученные в модуле «Черчение», благодаря концепции мастер-модели полностью ассоциативны со своими родителями. Благодаря этой ассоциативности можно вносить изменения в исходную модель, не беспокоясь о чертеже, для внесения изменений в чертеж достаточно просто обновить вид.

К основным возможностям модуля «Черчение» относятся:

- удобный и легкий в освоении интерфейс;
- настройка чертежного стандарта по ЕСКД;
- возможность настройки в соответствии со стандартами предприятия;
- возможность автоматического прямоугольного выравнивания видов;
- возможность создания полностью автоматических видов, видов сечения, местных видов с автоматическими настройками визуализации скрытых линий, плавных ребер и штриховки;
- возможность полуавтоматического создания и редактирования различных чертежных объектов, что значительно сокращает время работы.

Модуль «Черчение» предлагает большое количество разнообразных функций, направленных на облегчение создания чертежа любой степени сложности по любым стандартам. Среди этих функций: автоматическое построение ортогональных и дополнительных видов с удалением невидимых линии: автоматическое простановка размеров на геометрии, построенной по эскизам; интерактивная настройка графических атрибутов: ассоциированные с геометрией спецсимволы (сварка, чистота поверхности, допуски на геометрические отклонения): удобные функции задания и редактирования текста.

Существует возможность управлять изображением вида, скрывая или показывая отдельные чертёжные объекты согласно заданным условиям.

При оформлении сборочных чертежей можно быстро указать, следует ли выполнять сечение той или иной детали, пересекаемой секущей плоскостью, например, не выполнять разрезы болтов и валов: а также автоматически создавать спецификации состава изделия.

Методы черчения NX и рабочий процесс мастер-модели.

В NX доступны различные методы создания чертежей. Можно использовать:

- Процесс двухмерного черчения, начинающийся с нового чертежа без связи с геометрией 3D модели.
- Процесс трехмерного черчения с размещением чертежа непосредственно в файле сборки или детали, который содержит трехмерные данные.
- Рабочий процесс с использованием мастер-модели и управление файлами модели отдельно от файлов чертежей. Это рекомендуемый рабочий процесс при работе с трехмерными данными.

3D черчение с использованием рабочего процесса с мастер-моделью.

Процесс конструирования изделия обычно подразумевает участие многих людей, работающих над одной моделью в разных приложениях NX. Этот коллективный подход к процессу проектирования известен как параллельное проектирование. Рабочий процесс с мастер моделью поддерживает этот тип среды параллельного проектирования, позволяя команде одновременно работать над деталью, компонентом детали или чертежом детали.

Мастер модель является файлом детали, который содержит геометрию модели для обрабатываемой детали или сборки. В приложении "Черчение" можно применить рабочий процесс с мастер-моделью при создании новой детали чертежа, которая содержит данные чертежа, и последующем добавлении мастер модели в деталь чертежа в качестве компонента. Это позволяет получать доступ к геометрии модели на чертеже, хотя сама по себе она не является частью файла чертежа. Мастер модель и чертеж находятся в отдельных файлах детали.

Поскольку чертеж содержится в отдельном файле, пользователям по цепочке не нужно иметь доступ на запись к геометрии. Это предотвращает случайное изменение и сохраняет целостность модели.

В рабочем процессе без использования мастер-модели чертеж является частью детали.

В рабочем процессе с использованием мастер-модели деталь добавляется в файл чертежа в качестве компонента.

Рабочий процесс автономного черчения.

Рабочий процесс автономного черчения используется для того, чтобы поместить данные чертежа в один файл детали. Он рекомендуется для двухмерного черчения, когда для создания чертежа используется только двухмерная геометрия. Двухмерные кривые могут помещаться непосредственно на лист чертежа или на виды чертежа, а также использоваться для генерации геометрии трехмерной модели.

Рабочий процесс черчения на основе модели.

Рабочий процесс черчения на основе модели использует существующую трехмерную геометрию для генерации двухмерных данных чертежа. В этом рабочем процессе можно:

Поместить чертеж прямо в файл, который содержит геометрию трехмерной модели. Чертежные данные связаны с трехмерной геометрией и будут обновляться при обновлении геометрии модели.

Использовать архитектуру мастер-модели, в которой вы помещаете данные чертежа в файл, отделенный от файла, содержащего геометрию модели. Этот рабочий процесс рекомендуется для процесса трехмерного черчения. Данные чертежа напрямую связаны с геометрией трехмерной модели и обновляются при обновлении модели, однако разные пользователи могут работать одновременно над одними и теми же данными модели.

Чертежные виды.

Приложение «Черчение» при создании чертежных видов позволяет:

- автоматически создать стандартные ортогональные виды по видам модели или пустые виды;
- создать все стандартные виды, включая детализацию, сечение, виды местного разреза и виды с разрывом;
- просмотреть и изменить виды при их помещении;
- использовать для выравнивания видов ассоциативные или временные вспомогательные линии;
- создать виды с произвольной ориентацией;
- изменить перспективу базового вида;
- получить доступ к параметрам создания и изменения через диалоговые окна, контекстные меню или через **Навигатор детали**.

Базовый вид

В процессе черчения на основе модели первый вид, помещаемый на лист чертежа, называется базовым видом. Базовый вид может быть отдельным видом или родителем для других видов. Базовый вид создается от вида модели

детали или сборки. При расположении вида на листе чертежа появляется окно просмотра, которое позволяет просмотреть, изменить настройки стиля и переориентировать вид до его добавления в чертеж. При добавлении базового вида можно:

- изменить выбранный вид модели (сверху, слева и т.д.);
- изменить ориентацию вида при помощи инструмента **Ориентация вида**;
- изменить масштаб вида;
- изменить настройки вида;
- управлять отображением и масштабом меток;
- выбрать расположение сборки для отображения;
- показывать или скрывать компоненты на виде;
- сделать выбранные компоненты нерассекаемыми на виде.

Спроецированный вид

Спроецированный вид основывается на правилах ортогональной проекции. При черчении на основе модели невозможно добавлять виды проекций непосредственно на лист чертежа, они должны быть получены как дочерние виды, производные от существующего вида. Спроецированные виды наследуют масштаб и отображение скрытых ребер от родительского вида.

Процесс создания нового чертежа.

Перед созданием нового чертежа рекомендуется задать чертежный стандарт, установить настройки чертежного вида и аннотаций. После выполнения всего этого все виды и аннотации будут созданы в соответствии с заданными визуальными параметрами и обозначениями.

Нажмите **Меню**→**Инструменты**→**Стандарты** черчения и выберите соответствующий стандарт черчения.

Откройте вкладку **Файл**→**Черчение**→**Настройки** и задайте параметры для видов чертежа, размеров и аннотаций в диалоговом окне **Настройки чертежа**.

Для создания чертежа выберите команду **Создать** и вкладку **Чертеж**. Выберите шаблон. Укажите:

- Имя папки, в которой будет храниться чертеж.
- Имя нового чертежа.
- Имя детали или сборки, для которой создается чертеж.

Доступ к большинству команд Черчение можно получить, нажав правой кнопкой мыши на узел Чертеж в Навигаторе модели или на границе видов.

- Чтобы добавить на лист базовые виды, в **Навигаторе модели** нажмите на лист правой кнопкой мыши и выберите **Добавить базовый вид**.

- Чтобы добавить сечения и выносные виды, нажмите правой кнопкой мыши на границу вида и выберите один из типов вида.
- Используйте команды на ленточной панели для добавления аннотаций и размеров.

2. Пример решения типовых задач

1. Создайте файл чертежа на базе файла модели.
2. Укажите формат листа А3.
3. Создайте базовый вид для модели детали. Масштаб базового вида укажите 2:1.
4. Создайте выносные элементы и разрезы. Для выносных элементов укажите масштаб 4:1, для разрезов – 2:1.
5. Укажите оси и проставьте размеры с указанием отклонений.
6. Проставьте шероховатость поверхностей и неуказанную шероховатость.
7. Укажите базы.
8. Создайте допуски формы и расположения поверхностей.
9. Заполните основную надпись и технические требования.
10. Сохраните файл чертежа.

3. Виды и материалы контроля выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен: изучить теоретический материал; получить допуск у преподавателя к выполнению лабораторной работы; предоставить результаты своей работы, отчитаться у преподавателя по исполненному заданию; подготовить отчет по лабораторной работе, ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия и номера лабораторной работы, группы и фамилии студента.
2. Цель работы.
3. Последовательность действий при выполнении работы.
4. Выводы по работе.

Контрольные задания

Для создания чертежа используйте модель, созданную в ходе выполнения лабораторной работы №1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель работы: ознакомиться с основными способами создания поверхностей в Siemens NX. Выработать практические навыки создания сложных поверхностей различными методами.

1. Теоретические сведения

Siemens NX предлагает богатый набор инструментов для формирования и редактирования поверхностей различной формы. Эти инструменты включают в себя построение поверхностей по набору поперечных сечений, по сетке кривых, заметаемых или «кинематических» поверхностей, по набору продольных образующих и определенным законам изменения поперечного сечения и т.д.

Поверхность можно рассматривать как твердое тело нулевой толщины, состоящее из отдельных элементов и граничных кромок и не образующее замкнутого объема. Твердотельный объект в результате построений может быть создан при выполнении следующих условий:

- если в результате операции образуется объем, замкнутый во всех направлениях;
- если в результате образуется объем, замкнутый в одном направлении, ограниченный в другом направлении плоскими торцами.

Параметр, определяющий вид создаваемого в таких случаях примитива (поверхность или твердотельный объект), можно задать в разделе главного меню при выполнении операции.

Некоторые операции поверхностного моделирования формируют результирующую поверхность с определенным приближением к исходным объектам - точкам, кривым и т.п. Параметр **Допуск** регламентирует максимальное отклонение результирующей поверхности от исходной геометрии.

При использовании приближенных способов построения поверхностей необходимо указывать разумные значения параметра **Допуск** - слишком малое значение этой переменной приведет к созданию объектов со значительным объемом описываемой информации. Существует определенный максимальный объем данных, описывающий поверхность или твердотельный объект. При превышении этого объема системой будет выдано соответствующее сообщение и поверхность не будет построена. При возникновении подобных ситуаций следует увеличить значение параметра **Допуск** до приемлемых значений.

Все поверхности Siemens NX представляют собой NURBS-поверхности, каждая точка которой в зависимости от параметров u и v определяется следующим уравнением:

$$P(u, v) = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{k=0}^L w_{i,k} P_{i,k} N_{i,m}(u) N_{k,n}(v)}{\sum_{i=0}^M \sum_{k=0}^L w_{i,k} N_{i,m}(u) N_{k,n}(v)},$$

где P - вершины управляющего (характеристического) многогранника, w - весовые коэффициенты при соответствующих контрольных точках, $N(u)$ и $N(v)$ - базисные B-сплайн функции.

При интерактивном построении NURBS-поверхности в Siemens NX система автоматически назначает весовые коэффициенты при соответствующих полюсах, однако программным способом, используя функции NX/Open можно получить полный контроль над геометрией формируемой поверхности.

Степень поверхности.

Математическое ядро Parasolid, на котором базируется Siemens NX, позволяет создавать поверхности до 24 порядка. Это означает, что полиномы $N(u)$ и $N(v)$ максимально могут достигать 24-й степени. Порядок поверхности может быть различным по направлениям u и v . Еще один важный момент: математически поверхность может быть описана одним элементом (patch) или может состоять из нескольких гладко состыкованных элементов.

Если же вы строите поверхность, математически состоящую из нескольких элементов, необходимо задать их порядок (степень) соответственно по u и по v . Внешне поверхность, состоящая из одного элемента или составленная из сопряженных элементов заданной степени, абсолютно ничем не отличаются, и узнать их внутреннее математическое устройство можно, только прибегнув к процедурам анализа объектов. Несмотря на то, что Siemens NX позволяет работать с поверхностями до 24-го порядка, рекомендуем использовать в построениях поверхности более низких степеней, например, кубические. Это значительно повышает производительность системы при отображении поверхностных объектов и при операциях с ними (например, при расчете траектории инструмента для станка с числовым программным управлением). Использование высоких степеней может затруднить передачу геометрии через обменные форматы в другие САД-системы, которые могут не поддерживать поверхности столь высоких порядков. Кроме этого, поверхности высоких порядков крайне чувствительны к определяющей геометрии и даже весьма незначительные возмущения в координатах базовых точек могут привести к значительным осцилляциям поверхности.

При создании элементов поверхности более предпочтительно использовать нечетные степени (кубическая парабола более «подвижна», нежели квадратичная).

Поверхность по точкам.

Рассмотрим более подробно способы построения поверхностей. Самый простой и самый первый способ - это построение поверхности, проходящей через заданные точки в пространстве.

Такой способ построения поверхности удобен в тех случаях когда, поверхность таблично задана каким-то разумным количеством контрольных точек, которые могут быть результатом расчета, получены экспериментальным путем или появились в результате контрольных измерений. В этом случае достаточно построить в Siemens NX точки по имеющимся координатам и построить по ним поверхность. Качество результирующей поверхности будет определяться исходной геометрией - поверхность в точности пройдет через все опорные точки. В общем случае точки каждого ряда не обязательно должны лежать в одной плоскости и количество точек в каждом ряду может не быть одинаковым.

Линейчатая поверхность.

Линейчатая поверхность определяется двумя образующими кривыми (не обязательно плоскими), соответствующие точки которых соединяются отрезками прямой линии. Линейчатую поверхность можно также трактовать как образуемую кинематическим перемещением отрезка прямой линии по двум направляющим по определенному закону. Очевидно, что для линейчатой поверхности порядок поверхности (или степень) в одном из направлений равен 1.

Линейчатые поверхности очень широко используются в процессе моделирования. Их поведение хорошо предсказуемо, а область применения трудно однозначно определить - это может быть теоретическая поверхность крыла самолета, лопасть колеса турбокомпрессора и т.п.

Соединить две образующие прямолинейными отрезками можно бесчисленным количеством способов и в зависимости от выбранного способа мы получим линейчатые поверхности, отличающиеся друг от друга геометрией (для одного и того же набора образующих кривых координаты точек поверхностей, построенных разными способами, могут не совпадать), или узором изопараметрических линий. Узор изопараметрических линий - это не просто внешний вид поверхности: именно этого «узора» будет придерживаться инструмент при расчете управляющих станочных программ.

В качестве опорного сечения для построения линейчатой поверхности может выступать грань твердого тела. При выборе этого пункта меню с указанной грани автоматически выделяется замкнутый контур граничных

кривых. В качестве одного из опорных сечений может выступать отдельная точка.

После определения второго сечения (для линейчатой поверхности их не может быть больше) следующим этапом будет определение способа соединения двух образующих отрезками прямых линий. На этом шаге поверхности будет придана требуемая форма.

Выравнивание.

Параметр. Образующие сечения внутренним математическим аппаратом представляются в виде $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$ и точки с равными значениями параметра каждого из образующих сечений соединяются отрезком прямой линии. Этот метод соответствия предлагается по умолчанию.

Длина дуги. Длина каждого сечения приводится к безразмерной единичной длине и прямолинейный сегмент соединяет точки с равным процентом от этой единичной длины.

Длина дуги по кривой и распределение параметра по кривой совпадают только для очень простых кривых (окружности и прямые линии). Для более сложных кривых изменение безразмерного параметра скорее соответствует изменению не длины дуги, а радиуса кривизны.

Отличия двух рассмотренных методов выравнивания видны, если одна из образующих кривых - прямая линия, а вторая - кривая со значительным изменением радиуса кривизны по длине кривой. Различия еще более заметны, если в качестве опорных кривых выбраны кривые со значительными отличиями в кривизне.

Для этих двух способов вся информация для построения поверхности заключена в самих образующих, и дополнительно повлиять на поведение поверхности при использовании этих методов невозможно.

Рассмотрим методы **Расстояние**, **Под углом**, **Опорная кривая**. Их объединяет следующая общая идея построения поверхности: определяется траектория движения виртуальной бесконечной сканирующей плоскости, и если на пули ее движения в плоскости сечения оказываются оба образующих сечения, то соответствующие точки (результат пересечения кривой и виртуальной плоскости) соединяются отрезком прямой линии.

Расстояние. Виртуальная плоскость движется из бесконечности в бесконечность вдоль заданного направления. Для определения этого направления пользователю предлагается задать вектор. Знак направления особого значения не имеет, т. е. при выборе вектора $+X$ или $-X$ будут построены одинаковые поверхности. Стоит отметить, что внутренние отличия у таких поверхностей все-таки будут: у них будут по-разному ориентированы направления параметров U и V .

Под углом. Следующий способ приведения в соответствие точек одного опорного сечения точкам другого. При таком методе виртуальная секущая плоскость вращается вокруг определенной оси (в этом случае большое значение имеет не только направление оси, но и точка, через которую эта ось проходит) и точки пересечения опорных сечений с виртуальной плоскостью соединяются прямолинейным сегментом.

После указания опорных сечений пользователю будет предложено определить пространственное положение оси вращения виртуальной плоскости (по двум точкам, по существующей линии, по существующей точке и направлению). Изопараметрические линии линейчатой поверхности в этом случае распределяются равномерно, с равными углами.

Опорная кривая. При выборе этого способа построения поверхности необходимо предварительно построить опорную кривую, которая определит траекторию перемещения виртуальной секущей плоскости. Закон перемещения очень прост: в каждой точке опорной кривой секущая плоскость остается перпендикулярной к ней. В качестве опорной кривой может выступать любая плоская или пространственная кривая без разрывов. Единственное ограничение: эта кривая должна состоять из сопряженных по касательной сегментов. Кроме этого, опорная кривая или ее сегменты не должны быть перпендикулярны плоскостям опорных сечений (в противном случае секущая плоскость не будет иметь пересечений с опорными сечениями).

Желательно избежать перегибов на опорной кривой - они могут привести к «перехлестам» поверхности. В целом, способ построения поверхности с использованием опорной кривой позволяет максимально управлять соответствием точек одного опорного сечения точкам другого, но пользоваться им следует очень аккуратно.

По точкам (Указание соответствующих точек на опорных сечениях). Последний способ построения линейчатой поверхности. Он применим в том случае, если опорные сечения составлены из сегментов кривых, имеют острые углы, или образуют замкнутые контуры.

После определения опорных сечений и выбора метода **По точкам** необходимо последовательно указать соответствующие пары точек на опорных сечениях (при этом нельзя указывать стартовые точки - стартовая точка первого сечения автоматически соответствует стартовой точке второго сечения; это можно учесть в процессе выбора контуров). Если в опорных сечениях имеются острые углы, а целью построения является твердотельный объект, укажите в поле ввода **Допуск** значение 0.

Поверхность по сечениям.

Этот класс поверхностей можно смело назвать самым популярным: поверхность «натягивается» на последовательность опорных сечений, а рассмотренные нами ранее линейчатые поверхности - это частный случай поверхностей, построенных по сечениям. В основном при построении поверхностей по кривым применяются те же методы, что и при создании линейчатых поверхностей, но имеются и свои особенности.

Прежде всего, при наличии более двух опорных сечений порядок поверхности в любом из направлений в общем случае превышает 1. Пользователю предлагается выбор: формировать поверхность одним элементом или же совокупностью элементов заданного порядка. При выборе совокупности элементов предоставляется возможность создать замкнутую поверхность в направлении V .

К уже знакомым по линейчатым поверхностям способам приведения в соответствие точек на опорных сечениях добавился еще один – **По сегментам**. Для использования этого метода соответствия все опорные кривые (сечения) должны быть представлены B -сплайнами с одинаковым количеством определяющих точек. Результирующая поверхность будет проходить через все определяющие точки опорных кривых с сохранением касательной к опорным кривым в этих точках, но в общем случае может иметь отклонения от опорных сечений на участках между определяющими точками. Соответственно, при таком способе построения параметр **Допуск** (величина отклонения от опорных кривых) не учитывается. Метод **По сегментам** можно сравнить с ранее рассмотренным классом поверхностей **По точкам**, если в качестве опорных точек рассматривать определяющие точки сплайнов. Этот способ часто применяется при построении таблично заданных поверхностей (лопасть турбинной лопатки, импеллера).

При создании поверхности по опорным сечениям очень часто требуется обеспечить гладкое сопряжение результирующей поверхности с уже имеющимися поверхностными объектами. Siemens NX позволяет задать подобные граничные условия для первого и последнего сечений, причем граничные условия могут быть двух типов: сохранение касательности (непрерывность первых производных по U и V для сопрягаемых поверхностей) или же сохранение кривизны или радиуса кривизны (непрерывность вторых производных по U и V для сопрягаемых поверхностей). Второе условие более жесткое, но оно обеспечивает более качественное сопряжение. Непрерывность вторых производных на стыке обеспечивает не только визуальную «гладкость» поверхности.

Однако построение с сохранением кривизны сопрягаемых поверхностей не всегда возможно из-за особенностей геометрии исходных поверхностей, или же не дает желаемого результата. Дело в том, что для «сшивки» поверхностей по первой производной достаточно обеспечить стыковку граничных рядов вершин характеристических многогранников поверхностей. Сохранение же второй производной требует соблюдения жестких правил формирования уже двух рядов вершин характеристического многогранника выстраиваемой поверхности в соотношении с вершинами определяющей поверхности. Поэтому поверхность, «зажатая» в жесткие рамки граничных условий, тем не менее может давать нежелательные «всплески».

Поверхность по сетке кривых.

Этот способ построения поверхностей не менее популярен, чем предыдущий, и позволяет ещё более гибко управлять поведением поверхности. Суть метода состоит в том, что кроме набора поперечных сечений, в определяющую геометрию добавляются продольные сечения.

При построении поверхности таким способом следует для себя определить, какой набор сечений будет главным, а какой - вторичным.

В качестве сечения из набора продольных сечений может выступать точка. В этом случае на соответствующих участках поверхность стягивается в точку. Необходимость в построении таких элементов очень часто возникает в судо- или авиастроении.

При наличии наборов как продольных, так и поперечных сечений следует определить, какие сечения «главнее». Математический аппарат NX отдаст им предпочтение, и поверхность будет выстроена с минимизацией отклонений от этого «главного» набора сечений.

Для поверхности, создаваемой по двум наборам опорных сечений, можно определить соответствующие граничные условия сохранения касательности или кривизны как для первого и последнего продольного сечения, так и для первого и последнего поперечного сечения. Следует отметить, что задание граничных условий по всем краевым сечениям создает очень жесткие условия для моделируемой поверхности, и поэтому накладывать ограничения нужно очень обоснованно.

2. Пример решения типовых задач

1. Создайте новый файл модели.
2. Постройте профиль сечения лопасти. Для этого необходимо предварительно рассчитать координаты опорных точек в соответствии с заданием.

3. Постройте совокупность смещенных плоскостей.
4. Последовательно на каждой из плоскостей создайте эскиз, спроецируйте исходный профиль, выполните операции масштабирования и поворота.
5. При помощи операции **По сечениям** создайте твердое тело.
6. Измените форму лопатки в соответствии с заданием.
7. Создайте массив компонентов.
8. Создайте основание винта и выполните операцию Объединение с ранее полученными лопастями.

3. Виды и материалы контроля выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен: изучить теоретический материал; получить допуск у преподавателя к выполнению лабораторной работы; предоставить результаты своей работы, отчитаться у преподавателя по исполненному заданию; подготовить отчет по лабораторной работе, ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия и номера лабораторной работы, группы и фамилии студента.
2. Цель работы.
3. Последовательность действий при выполнении работы.
4. Выводы по работе.

Контрольные задания

Задание выдается индивидуально преподавателем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 УПРАВЛЕНИЕ АССОЦИАТИВНЫМИ ЗАВИСИМОСТЯМИ МЕЖДУ ДЕТАЛЯМИ В СБОРКАХ

Цель работы: ознакомиться с основными понятиями процесса создания сборки в Siemens NX. Выработать практические навыки создания сборок с элементами параметризации и использованием модуля NX/WAVE.

1. Теоретические сведения

В системе Siemens NX реализована разработка сборок большого размера, причём обеспечивается создание сборочной модели как сверху вниз, так и

снизу вверх. Иначе говоря, сборка формируется либо из готовых деталей, либо в одном файле создаются модели разных деталей, а затем они определяются в качестве составляющих данную сборку разноуровневых компонентов. При этом нет нужды заранее определять данный файл в качестве сборочного - в случае необходимости он будет определён таковым де-факто в ходе работы над проектом. Можно создавать сборку любой глубины вложенности, состоящую из неограниченного количества компонентов.

Контекстный поиск, управление изменениями, обнаружение пересечений, мощные средства визуализации, управление данными - все это гарантирует сохранение целостности данных на протяжении всего процесса проектирования. При моделировании сборок предусмотрены такие средства и процессы, с помощью которых согласованная работа всего коллектива разработчиков осуществляется в рамках единой концепции и единых требований к разрабатываемому изделию в целом. В зависимости от текущих задач разработчик может оперативно настроить рабочую среду сборки, контролировать загрузку компонентов при открытии сборки. Использование фильтров по атрибутам, именам компонентов и их пространственному положению позволяет определить и затем загрузить в сборку только те детали, которые находятся в определённой области, или детали с определёнными атрибутами. Таким образом, детали, входящие в сборку, создаются и изменяются в контексте данной сборки. Это позволяет обнаружить ошибки на ранних этапах проектирования, оперативно провести необходимые изменения и сделать стоимость подобных изменений менее дорогой.

Ассоциативная связь между деталями приводит к тому, что при изменении одной детали остальные детали, связанные с ней, автоматически перемещаются или даже меняют свою геометрию. Существует возможность упрощать точные модели, заменяя их условными телами, что особенно удобно при анализе вариантов, когда важны лишь примерные очертания объекта, обозначающие место его расположения. При работе со сборкой графический навигатор поможет быстро найти нужный компонент или изменить способ его изображения.

Система моделирования сборок располагает собственными средствами контроля пересечений деталей и расчета массовых и инерционных характеристик сборочных узлов. Эти средства контроля оптимизированы на работу с большим количеством деталей в сборке. Такие расчёты можно итеративно проводить по мере проектирования изделия.

Трёхмерная модель большой сборки позволяет разработчику оценить проектируемое изделие без затрат на создание сложных полноразмерных макетов (выполненных из дерева или других материалов) для оценки возможности доступа, монтажа и демонтажа различных агрегатов. Всё это

вместе с ранним обнаружением взаимных пересечений деталей позволяет, помимо повышения качества проекта, сокращения времени на разработку и уменьшения материальных затрат, исключить целые этапы создания изделия.

Терминология модуля WAVE

Проектирование сложных изделий - процесс итерационный. Зачастую разработка начинается тогда, когда представление о составляющих данное изделие компонентах носит еще очень приблизительный характер. По мере увеличения степени наших знаний об этом изделии приходится возвращаться к начальным этапам работы и вносить изменения для получения оптимального, а порою, просто возможного конструкторского решения. Для уменьшения объема повторной выполняемой работы имеет смысл затратить время на создание связей между отдельными частями (файлами компонентов конечного изделия или его узлов и агрегатов), чтобы внесенные изменения автоматически распространялись на все связанные части.

Возможность построения ассоциативных зависимостей между отдельными частями обеспечивается инструментами модуля NX/WAVE и специальной технологией организации дерева зависимостей. Именно технологии работ нужно уделить особое внимание. WAVE-инструментарий позволяет копировать тела, поверхности, грани и т.д. в другие части, в которых эти объекты используются в определении дополнительной геометрии. Таким образом, можно связать геометрию отдельных элементов двух частей, а можно эффективно управлять большими сборками сложнейших изделий. Продумав и правильно построив связи между объектами, можно многократно уменьшить время разработки изделия.

Для управления большими сборками сложных изделий предлагается следующая технология. Создается так называемая Control Structure - управляющая схема или управляющая структура. Управляющая схема, в которой используются координатные плоскости, оси и точки, содержит основную информацию об изделии: форме основных компонентов, положении компонентов, геометрии сопряжения и т.п. Дерево управляющей схемы является файлом верхнего уровня, который можно сопоставить с файлом сборки. Он создает основу для управления частями. Из этого файла объекты копируются в отдельные файлы, составляющие следующий уровень управляющей схемы. Каждый из этих отдельных файлов педиком копируется еще раз, формируя нижний уровень управляющей схемы. Файлы нижнего уровня называются исходными частями (start part). Такой способ формирования исходных частей позволяет создать изоляционный слой, т.е. границу, на которой обновление частей остановится (с использованием функции «замораживания» связей между частями).

Объекты, содержащиеся в исходных частях, копируются в файлы, в которых непосредственно моделируются отдельные детали. В свою очередь, эти части носят название связанных частей (linked parts). Из них формируется обзорная сборка (Review Assembly), в которой детально представлено проектируемое изделие.

Используя такой метод, можно быстро просмотреть различные варианты конструкторских решений, найти оптимальный набор параметров в выбранном варианте решения. Конструктор имеет возможность управлять детальным представлением сборки посредством изменения параметров, хранящихся в файле верхнего уровня управляющей схемы. В результате изменения всего лишь несколько ключевых параметров в управляющей схеме можно значительно изменить конструкцию изделия.

Также использование инструментария модуля NX/WAVE совместно с синхронным моделированием позволяет инженерам-технологам создавать технологические сборки для дальнейшей разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Команды Синхронного моделирования позволяют изменять модель независимо от ее исходной природы, ассоциативности или истории построения. При работе непосредственно с моделью, ее геометрия не перестраивается или не конвертируется. С помощью Синхронного моделирования конструкторы могут изменять геометрию деталей независимо от проектного замысла в сохраненной истории построения. Таким образом, можно создать геометрию заготовки ассоциативно связанную с геометрией детали.

2. Пример решения типовых задач

1. Создайте твердотельную модель детали.
2. Создайте файл сборки.
3. В сборку добавьте геометрию детали. Расположение в сборке укажите – Абсолютная СК рабочей детали.
4. Создайте в контексте сборки новую модель для заготовки и сделайте ее текущей.
5. При помощи редактора геометрических связей wave создайте ассоциативную связь с геометрией модели детали.
6. При помощи инструментов синхронного моделирования создайте на базе геометрии детали геометрию заготовки. Добавьте припуски и напуски.
7. Создайте твердотельную модель трехкулачкового патрона и добавьте ее в сборку.
8. Создайте необходимые сопряжения в сборке.

3. Виды и материалы контроля выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы студент должен: изучить теоретический материал; получить допуск у преподавателя к выполнению лабораторной работы; предоставить результаты своей работы, отчитаться у преподавателя по исполненному заданию; подготовить отчет по лабораторной работе, ответить на дополнительные вопросы преподавателя.

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист с указанием названия и номера лабораторной работы, группы и фамилии студента.
2. Цель работы.
3. Последовательность действий при выполнении работы.
4. Выводы по работе.

Контрольные задания

Для выполнения данной лабораторной работы используйте модель, созданную в ходе выполнения лабораторной работы №1.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях даны теоретические сведения и описаны практические действия, необходимые для освоения методики разработки чертежей, твердотельных моделей, поверхностей и оформления сопроводительной документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большаков В. П. Инженерная и компьютерная графика. Практикум. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 592 с.: ил. ISBN 5-94157-479-7
2. Стриганова, Л. Ю. Основы работы в КОМЕІАС-3D: практикум/Л. Ю. Стриганова, Н. В. Семенова ; [под общ. ред. Н. В. Семеновой]; Мин-во науки и высшего образования РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал, ун-та, 2020. — 156 с. ISBN 978-5-7996-2991-5
3. Конакова, И. П. Основы оформления конструкторской документации: учеб.-метод. пособие / И.П. Конакова, Э.Э. Истомина, В.А. Белоусова.— Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2014. — 74 с. — ISBN 978-5-7996-1152-1.
4. Попова, Г. Н. Машиностроительное черчение : справочник / Г. Н. Попова, С. Ю. Алексеев. — 5-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Политехника, 2011. - 478 с. - ISBN 978-5-7325-0993-9.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. МЕТОДОЛОГИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	3
1. Теоретические сведения.....	3
2. Пример решения типовых задач.....	7
3. Виды и материалы контроля выполнения работы.....	7
Контрольные задания	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. СОЗДАНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ	9
1. Теоретические сведения.....	9
2. Пример решения типовых задач.....	13
3. Виды и материалы контроля выполнения работы.....	13
Контрольные задания	13
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ПОВЕРХНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	14
1. Теоретические сведения.....	14
2. Пример решения типовых задач.....	20
3. Виды и материалы контроля выполнения работы.....	21
Контрольные задания	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 УПРАВЛЕНИЕ АССОЦИАТИВНЫМИ ЗАВИСИМОСТЯМИ МЕЖДУ ДЕТАЛЯМИ В СБОРКАХ	21
1. Теоретические сведения.....	21
2. Пример решения типовых задач.....	24
3. Виды и материалы контроля выполнения работы.....	25
Контрольные задания	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	25
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	25

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки бакалавров
15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
очной и заочной форм обучения

Составитель

Черных Дмитрий Михайлович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 31.05.2022.

Уч.-изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84