

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ
ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению лабораторных и практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения*

Воронеж 2021

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Составители:

канд. техн. наук М. В. Кондратьев

Системы управления и программирование оборудования с ЧПУ: методические указания к выполнению лабораторных и практических работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. М. В. Кондратьев. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. – 36 с.

Методические указания содержат варианты девяти лабораторных работ, связанных с проектированием технологических процессов с использованием систем автоматизированного проектирования. Также приведены практические работы для применения студентом полученных знаний в производственных условиях.

Предназначены также для самостоятельной работы студентов с целью их подготовки к выполнению лабораторного практикума.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ СисУП.pdf.

Ил. 23; Табл. 2; Библиогр. 2 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.57

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

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

Общие положения и указания к самостоятельной работе студентов

Методические указания разработаны для девяти лабораторных работ, связанных с проектированием технологических процессов с использованием систем автоматизированного проектирования, позволяющей использовать высокопроизводительные способы моделирования, проверки и оптимизации технологических процессов изготовления деталей. Практические занятия направлены для закрепления студентом полученных навыков в условиях, приближенных к производственным.

Цель работ: закрепление теоретических знаний по курсу "Системы автоматизированного проектирования технологических процессов" и приобретение практических навыков в разработке технологических процессов, позволяющих значительно повысить производительность работы технолога и снизить вероятность возникновения ошибок.

Все лабораторные работы рассчитаны на выполнение каждым студентом индивидуальных заданий, выдаваемых преподавателем.

Время выполнения одной работы - 4 часа.

Практические работы выполняются под наблюдением преподавателя на металлорежущем станке с ЧПУ.

Время выполнения одной работы – 2 часа.

Не позднее, чем за две недели до проведения лабораторной работы, студент должен знать номер той работы, которую он должен выполнять на следующем занятии. За это время студент знакомится с описанием лабораторной работы, изучает теоретические вопросы, продумывает возможные варианты выполнения работы.

Отчет по лабораторным работам оформляется в отдельной тетради. Он должен отвечать требованиям, изложенным в п 4. описания каждой работы.

Отчет проводится в виде защиты проекта с обоснованием выданного варианта задания. Студент защищает проект в присутствии всех студентов подгруппы. Каждый присутствовавший может задавать вопросы и высказывать свое мнение по поводу проекта.

Лабораторная работа № 1

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СБОРКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ – ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам разработки технологических сборок, состоящих из детали и заготовки. Студент должен получить конструкторскую практику проектирования реальных заготовок и возможность обработки их для получения заданных деталей.

1. Теоретическая часть

NX – это интерактивная система, предназначенная для автоматизированного проектирования, изготовления и расчетов изделий. NX является системой трехмерного моделирования, в которой инженер может создавать изделия любой степени сложности. Для обозначения систем такого класса используется аббревиатура CAD/CAM/CAE.

Подсистема CAD (Computer-Aided Design) – проектирование с помощью компьютера.

Предназначена для разработки проектно-конструкторской документации (моделирование деталей и сборок, чертежи, анализ, оптимизация конструкции и т.д.).

Подсистема CAM (Computer-aided manufacturing) – изготовление с помощью компьютера.

Она предназначена для автоматизированной подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ на основе математической модели детали, созданной в CAD-подсистеме.

Подсистема CAE (Computer-aided engineering) – инженерный анализ. Эта подсистема позволяет при помощи расчетных методов (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод конечных объемов) оценить, как поведет себя цифровая модель изделия в реальных условиях эксплуатации. Она обеспечивает симуляцию процессов и проверку работоспособности изделия без больших затрат времени и средств.

NX относится к так называемым системам высокого уровня автоматизированного проектирования и обладает широким набором инструментальных средств. NX широко распространена во всем мире и используется для разработки продукции ведущими мировыми производителями в наукоемких отраслях промышленности. Основная задача системы в конечном итоге состоит в сокращении стоимости создания изделия, улучшении его качества и сокращении сроков выхода на рынок.

Все инструменты NX сгруппированы в приложениях (модулях), в которых можно выполнять различные действия, такие как создание геометрии детали или сборки, чертежа, расчет модели и т.д.

Базовый модуль NX. Этот модуль открывается при первом запуске системы.

Этот модуль является основным в системе. В нем не производится никаких геометрических построений или операций над моделями. Его главной функцией является обеспечение связи между всеми модулями NX, а также просмотр существующих моделей. Здесь можно производить следующие действия: создать новый файл, открыть существующий файл или запустить одно из приложений NX.

Базовый модуль позволяет просматривать и анализировать существующие детали (а также выполнять динамические сечения, проводить измерения и т.д.).

Моделирование. Этот модуль предназначен для создания трехмерной модели детали.

Он обладает широким набором инструментальных средств, при помощи которых можно построить геометрию любой сложности. Модуль содержит такие основные функции, как создание базовых и ассоциативных кривых, построение эскизов и твердотельных примитивов. В модуле имеются базовые операции над твердыми телами, такие как построение тел вращения, вытягивания заметаемых тел, булевы операции, работа с листовым металлом, моделирование поверхностей и ряд других.

Сборки. Этот модуль предназначен для конструирования сборочных единиц (узлов), моделирования отдельных деталей в контексте сборки.

Черчение. В этом модуле осуществляется построение различных видов чертежей деталей и сборок, сгенерированных из моделей, созданных в приложениях Моделирование и Сборки.

Чертежи, созданные в модуле Черчение, полностью ассоциативны модели, на основе которой они построены.

Для того чтобы создать новую сборку, необходимо перейти в среду «Сборки», нажать кнопку «Новый» для открытия соответствующего окна и из списка шаблонов выбрать «Сборка», затем указать имя файла и его расположение (в действительности сборку можно сделать из любого файла, однако использование шаблона сократит количество операций).

Автоматически откроется диалоговое окно «Добавить компонент», которое предназначено для включения компонентов в сборку. В окне присутствует несколько функциональных групп.

Группа «Деталь» предназначена для выбора файла компонента. При этом все детали текущей сессии (загруженные в память) отображаются в списке «Загруженные детали»; если нужная деталь еще не загружена, то необходимо воспользоваться кнопкой «Открыть», которая запустит стандартный диалог открытия файлов для выбора нужной детали.

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

2.1. Получить индивидуальное задание.

2.2. Создать твердотельную модель детали в САПР Siemens NX. Обратить особое внимание на метод получения заготовки для заданной детали. Дать его обоснование.

2.3. Создать твердотельную модель заготовки с учетом метода ее получения и припусков на обработку детали заданной точности и шероховатости.

2.4. Произвести выбор современного металлорежущего станка с ЧПУ для обработки детали. Описать конструкцию приспособления и схему закрепления заготовки в нем.

2.5. Разработать технологический маршрут обработки.

2.6. Создать технологическую сборку детали и заготовки.

2.7. Проверить припуски на обработку.

3. Индивидуальное задание

Таблица 1

№	ЗАДАНО		№ варианта
1	Количество наружных диаметральных поверхностей детали	2	1, 6
		3	2, 7
		4	3, 8
		5	4, 9
		1	5,0
2	Длина каждой поверхности	30	1
		50	2, 3
		75	4
		60	5
		40	6, 7, 8, 9
		15	0
3	Диаметры детали (по порядку)	30; 20	1, 6
		20; 30; 10	2, 7
		50; 40; 30; 20	3, 8
		50; 38; 40; 22; 25	4, 9
		35	5,0

Требуется создать технологическую сборку из детали и заготовки согласно выбранному варианту.

Примечание. Варианты задания выбираются по последней цифре номера зачетки.

4. Отчет по работе

Представляется технологическая сборка, маршрут обработки и обоснование параметров заготовки.

В разделе отчета, представляющем экспериментальную часть, дать описание проведенной работы и соответствующий анализ.

Лабораторная работа № 2

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СБОРКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам разработки технологических сборок, состоящих из детали и заготовки. Студент должен получить конструкторскую практику проектирования реальных заготовок и возможность обработки их для получения заданных деталей.

1. Теоретическая часть

Базой называют совокупность поверхностей, линий или точек детали, по отношению к которым ориентируются другие детали изделия или по отношению к которым ориентируются поверхности детали, обрабатываемые на данной операции.

При обработке деталей для их ориентировки могут быть использованы базы, состоящие из одной, двух или трех базирующих поверхностей и несущие в общей сложности три, четыре, пять или шесть опорных точек.

Чем проще установочная база, тем меньше в нее входит базирующих поверхностей и меньше содержится опорных точек, тем проще и дешевле приспособление для закрепления детали на станке. Поэтому при выборе базы для обработки детали необходимо стремиться использовать наименьшее число базирующих поверхностей с наименьшим числом опорных точек.

Схемы базирования зависят от формы поверхностей обрабатываемых заготовок, большинство которых, как правило, ограничено плоскими, цилиндрическими или коническими поверхностями, используемыми в качестве опорных баз.

Основными схемами базирования являются:

1. Базирование призматических деталей;
2. Базирование длинных цилиндрических деталей;
3. Базирование коротких цилиндрических деталей.

Схема базирования призматических деталей. Эта схема предусматривает базирование заготовок деталей типа плит, крышек и др. Каждая обрабатываемая заготовка призматической формы, если её рассматривать в системе трех взаимно перпендикулярных осей, имеет шесть степеней свободы: три перемещения вдоль осей Ox , Oy , Oz и три перемещения при повороте относительно этих осей. Положение заготовки в пространстве определяется шестью координатами.

Три степени свободы, т.е. возможность перемещения в направлении оси Oz и вращение вокруг осей Ox и Oy , ограничивается тремя координатами, определяющими положение заготовки относительно плоскости xOy .

Две степени свободы, т.е. возможность перемещаться в направлении оси Ox и вращаться вокруг оси Oz , ограничиваются двумя координатами, определяющими положение заготовки относительно плоскости yOz .

Шестая координата, определяющая положение заготовки относительно плоскости xOz , ограничивает её возможность перемещения в направлении оси Oy , т.е. лишает ее шестой – последней степени свободы.

Этот порядок установки заготовок призматической формы называется «правилом шести точек». Это правило распространяется не только на заготовки призматической формы, базируемые по их наружному контуру, но и на заготовки другой формы, при использовании для их установки любых поверхностей, выбранных для базирования.

Увеличение опорных точек сверх шести не только не улучшает, но и ухудшает условия установки, так как обрабатываемая заготовка, как правило, имеет отклонения от правильной геометрической формы, местные неровности поверхности, что может приводить к самопроизвольной установке заготовки в приспособлении.

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

2.1. Получить индивидуальное задание.

2.2. Создать твердотельную модель детали в САПР Siemens NX. Обратит особое внимание на метод получения заготовки для заданной детали. Дать его обоснование.

2.3. Создать твердотельную модель заготовки с учетом метода ее получения и припусков на обработку детали заданной точности и шероховатости.

2.4. Произвести выбор современного металлорежущего станка с ЧПУ для обработки детали. Описать конструкцию приспособления и схему закрепления заготовки в нем.

2.5. Разработать технологический маршрут обработки.

2.6. Создать технологическую сборку детали и заготовки.

2.7. Проверить припуски на обработку.

3. Индивидуальное задание

Таблица 2

№	ЗАДАНО		№ варианта
1	Профиль основания детали	Прямоугольный	0, 1, 2, 3, 4
		Круглый	5, 6, 7, 8, 9
2	Размер основания детали, мм	60x40	1
		100x120	2
		20x20	3
		1000x800	4

		d 300	5
		d 50	6
		d 125	7
		d 600	8
		d 275	9
		d 80	0
3	Высота детали, мм	30	1
		50	2
		10	3
		400	4
		65	5
		20	6
		55	7
		250	8
		300	9
		25	0
3	Точность по- верхности, IT	7	1
		8	2
		9	3, 4, 5, 6
		6	7, 8, 9, 0

Требуется создать технологическую сборку из детали и заготовки согласно выбранному варианту.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 1.

4. Отчет по работе

Представляется технологическая сборка, маршрут обработки и обоснование параметров заготовки.

В разделе отчета, представляющем экспериментальную часть, дать описание проведенной работы и соответствующий анализ.

Лабораторная работа № 3

ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам разработки управляющих программ обработки деталей – тел вращения. Студент должен получить конструкторскую практику проектирования и возможность аналитического анализа разработанных решений.

1. Теоретическая часть

Разработка управляющих программ в NX CAM производится в несколько этапов. Последовательность работы показана на рис. 1. Не все этапы являются обязательными. Работа начинается с Выбора окружения обработки (инициализации). Для разных видов обработки используются разные шаблоны для инициализации.

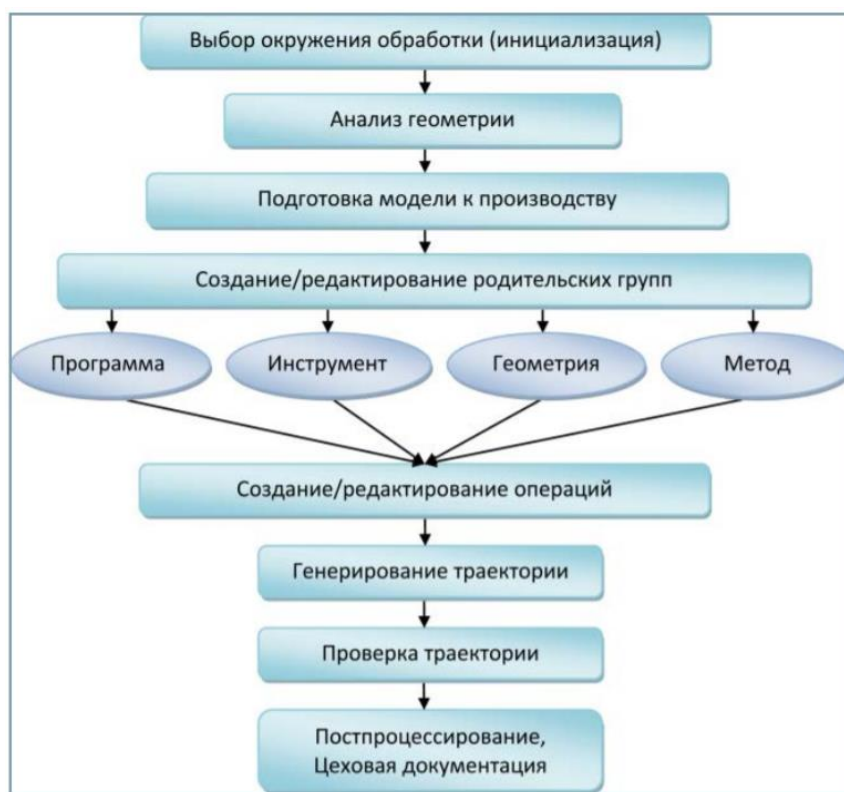


Рис. 1. Алгоритм создания управляющих программ

На этом этапе создаются те объекты, которые необходимы для данного вида обработки.

Следующий этап – Анализ геометрии. Этап необходим, если технолог модели не создавал, а получил ее от конструктора или стороннего заказчика. На этом этапе анализируются габаритные размеры детали, размеры элементов (ширина паза, диаметр отверстия и др.), радиус скругления элементов модели, наличие и величина уклонов (для оснастки).

Подготовка модели к обработке иногда необходима, на этом этапе можно убрать элементы, которые будут получены на других операциях (например, электроэрозионной обработкой), добавить уклоны, припуски, модифицировать элементы модели с учетом полей допусков размеров и т. д. Фактически это CAD-операции для задач CAM, они также будут рассмотрены далее. Правильный подход – модифицировать не саму конструкторскую модель, а ее ассоциативную копию.

Важный этап – Создание или редактирование родительских групп. Это отличительная особенность NX CAM; объекты, заданные в родительских группах, наследуются связанными с ними операциями. Такой подход позволяет управлять сразу всеми операциями, использующими конкретную родительскую группу, путем модификации объектов этой группы. Родительские группы определяются для 4 категорий: Программа, Инструмент, Геометрия, Метод.

Далее идет этап Создания или редактирования операций обработки. Операции бывают разного типа и используют разные родительские группы. На это обратим внимание при рассмотрении конкретных операций. Операции с конкретными параметрами можно сохранить в проекте, не генерируя их. Это полезно, если процесс генерации операций занимает значительное время.

Генерирование траекторий вынесено в отдельный этап, причем оно может осуществляться сразу для группы операций.

Проверка траекторий необходима для того, чтобы выявить возможные проблемы, например, резезы или столкновения инструмента с оснасткой. В NX CAM имеется несколько инструментов проверки траекторий, в том числе и симуляция работы станка, осуществляемая в кодах управляющей программы.

До этапа постпроцессирования траектории не зависят от конкретного станка. Для того чтобы траектория была отработана станком, она должна быть Постпроцессирована (или преобразована в формат конкретного станка). Именно на этом этапе получается управляющая программа (УП), причем одна УП может включать несколько траекторий, созданных различными операциями. Однако постпроцессор неправильно рассматривать как простой конвертор, он может выполнять дополнительные проверки, вычисления, может анализировать некоторые условия и в зависимости от этого модифицировать выводимую информацию.

Вместе с управляющей программой в цех обычно передается Цеховая документация. Обычно это карта наладки с указанием нулевой точки программы, порядка операций и различной атрибутивной информации (разработчик, дата, код детали, время обработки и т. д.), она также может включать список инструментов с указанием номеров ячеек магазина, что необходимо для правильной наладки станка.

Для работы с объектами обработки в NX служит специальный навигатор – Навигатор операций.

Навигатор операций играет очень важную роль, поэтому подробное знакомство с модулем обработки начнем с него. Одна из функций навигатора операций – отображать связи между объектами обработки. Важную роль при этом играет понятие родительских и дочерних объектов. Дочерние объекты наследуют информацию родительских объектов. Такой подход позволяет легко модифицировать один из параметров (например, припуск на обработку) сразу для нескольких дочерних объектов (операций), изменив его в родительском объекте. Активное использование родительских объектов позволит в дальнейшем более эффективно использовать модуль NX CAM.

Навигатор имеет 4 вида: вид программ, вид инструментов, вид геометрии и вид методов. Панель переключения видов показана на рис. 2, цифрами обозначены команды переключения видов: 1 – вид программ, 2 – вид инструментов, 3 – вид геометрии, 4 – вид методов обработки.



Рис. 2. Навигатор операций

На рис. 3 представлен вид геометрии навигатора операций. На данном этапе важно, что в нем отображаются объекты с учетом их родительских связей. Если вид не такой, разверните вложенные объекты.

На рисунке видно, что операция ROUGH_FOLLOW_PART наследует параметры от объекта WORKPIECE (который, в свою очередь, наследует параметры от объекта MCS_MILL). Как будет показано далее, в объекте (или родительской группе) MCS_MILL обычно задаются система координат станка и плоскость безопасности. Родительская группа WORKPIECE чаще всего описывает обрабатываемую геометрию, геометрию заготовки и некоторые другие геометрические объекты. Таким образом, видно, что все операции этого проекта используют одну и ту же обрабатываемую геометрию и систему координат.

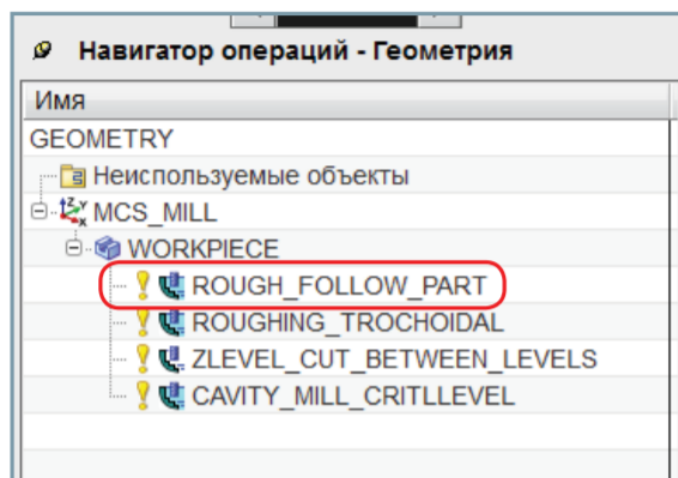


Рис. 3. Вид геометрии

Задание систем координат и геометрии.

Привяжем систему координат станка к правому торцу детали. Дважды щелкните по объекту MSC_SPINDLE для открытия диалогового окна задания СКС (рис. 4). Обычно плоскостью токарной обработки является плоскость ZX (как вы помните, к обозначению осей СКС добавляется символ М – machine), причем ZM совпадает с осью вращения детали, а XM направлена вверх.

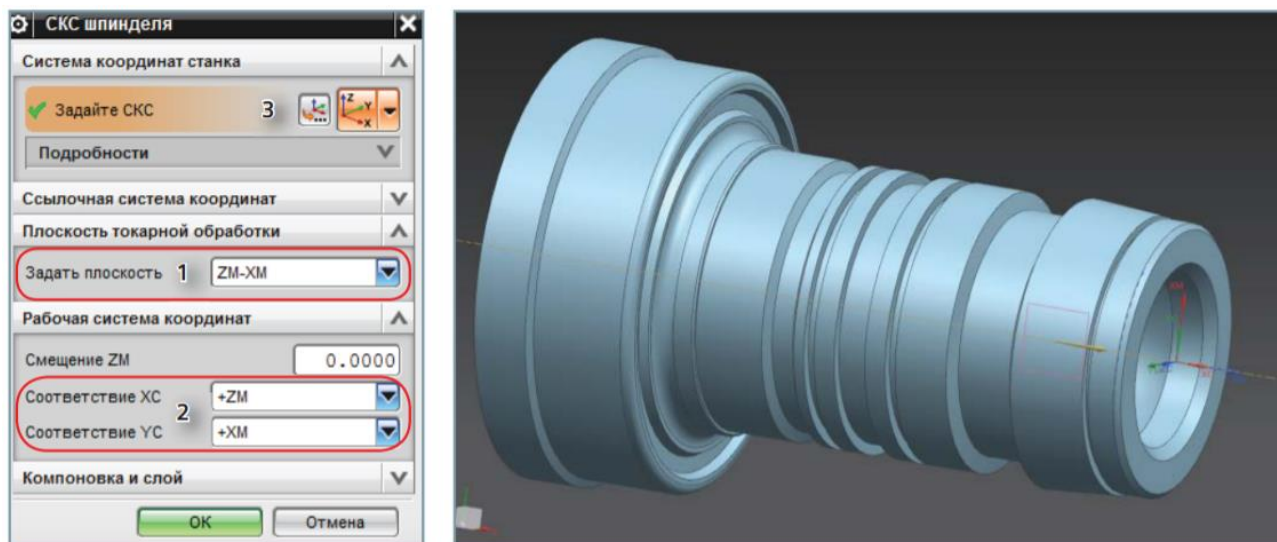


Рис. 4. Определение системы координат

В то же время для ввода координат используется РСК, причем ее плоскость XY должна совпадать с плоскостью ZX СКС. Правильное соответствие осей РСК и СКС показано в графической области и в диалоговом окне (2). Позиционируйте СКС, используя функцию (3) диалогового окна и динамические маркеры, как показано. Отобразите РСК и позиционируйте ее, как показано на рис. 4 (для позиционирования РСК используется общий функционал моделирования). Задайте деталь и заготовку в геометрической группе WORKPIECE. После этого выключите отображение компонентов в навигаторе сборки и выберите геометрическую группу TURNING_WORKPIECE.

Создание операций. Усилия, потраченные на создание геометрических объектов ранее, будут экономить время при создании операций и в дальнейшем при их редактировании. С Turning_Exp доступны следующие операции (рис. 5):

- 1) Осевая центровка;
- 2) Осевое сверление;
- 3) Торцевание (подрезка торца);
- 4) Черновое наружное точение;
- 5) Черновое внутреннее точение;
- 6) Чистовое наружное точение;
- 7) Чистовое внутреннее точение;
- 8) Обработка наружных канавок;
- 9) Обработка внутренних канавок;

- 10) Обработка торцевых канавок;
- 11) Нарезание наружной резьбы;
- 12) Нарезание внутренней резьбы;
- 13) Отрезка;
- 14) Управление станком (операция, не связанная с траекторией).

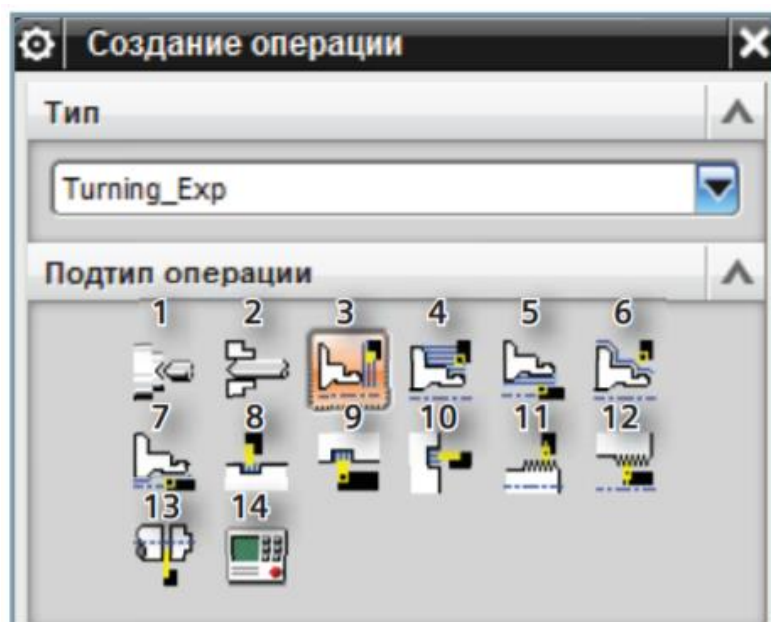


Рис. 5. Выбор токарной операции

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (берется из лабораторной работы №1).
- 2.2. По разработанному маршруту обработки детали (в л.р. №1) создать последовательность обработки детали.
- 2.3. Для каждого из переходов назначить режущий инструмент и определить регионы обработки.
- 2.4. Проверить траекторию на зарезы и недорезы.

3. Индивидуальное задание

Заданием служит созданная в лабораторной работе №1 технологическая сборка согласно варианту.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 1.

4. Отчет по работе

Представляется файл технологической сборки вместе с заданными переходами. Название переходов оформляются в тетради вместе с эскизами переходов.

Лабораторная работа № 4

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам выбора режущего инструмента и назначения режимов резания. Студент должен получить практику проектирования управляющих программ и возможность аналитического анализа разработанных решений.

1. Теоретическая часть

Для дальнейшей обработки необходимо создать новый инструмент. При создании нового инструмента появляется диалоговое окно (рис. 6). Отметим, что если тип установлен Turning_Exp, то доступны токарные инструменты разного типа, также доступны сверла для осевого сверления.

Выполните команду создания нового инструмента.

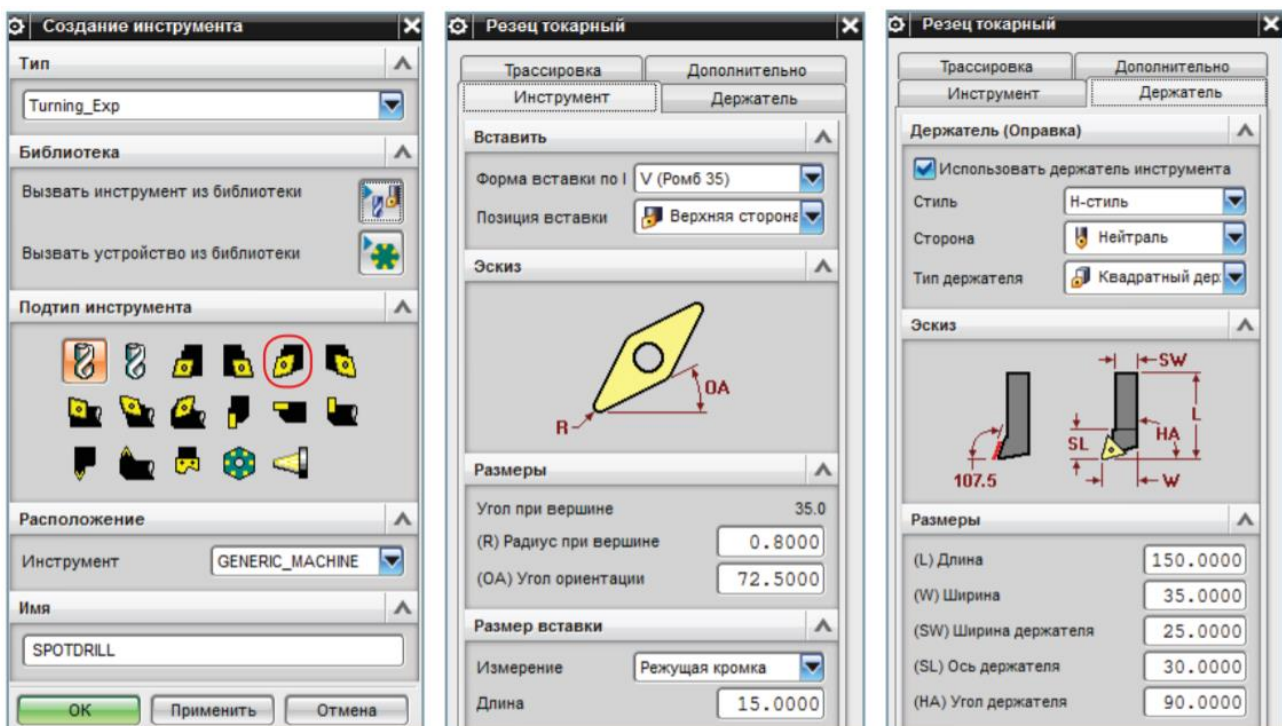


Рис. 6. Определение геометрии инструмента

Появится новое диалоговое окно. Окно имеет 4 вкладки, необходимы только три из них: Инструмент – где задается форма и размеры пластины, Держатель – где задается тип и размеры держателя, а также имеется параметр Использовать держатель инструмента (для программирования обработки он не обязателен, но нужен для контроля столкновений, например), Трассировка – где можно выбрать точку трассировки (координаты которой выводятся в УП).

Припуски задаются в Параметрах резания, причем отдельно различаются диаметральные и торцевые поверхности, для которых можно задать дополнительные припуски (рис. 7).

Есть отдельные параметры, определяющие, какие поверхности считать торцевыми (1) и диаметральными (2). По умолчанию задано ± 3 градуса от вертикали и горизонтали соответственно. На вкладке Припуск различают припуски для черновых проходов, для контурного прохода и припуск на заготовку. Для каждого из них задаются постоянный припуск (3) и припуски на торцевые (4) и диаметральные поверхности (5).

Припуски операции, заданные здесь, добавляются к припускам, заданным в параметрах границы.

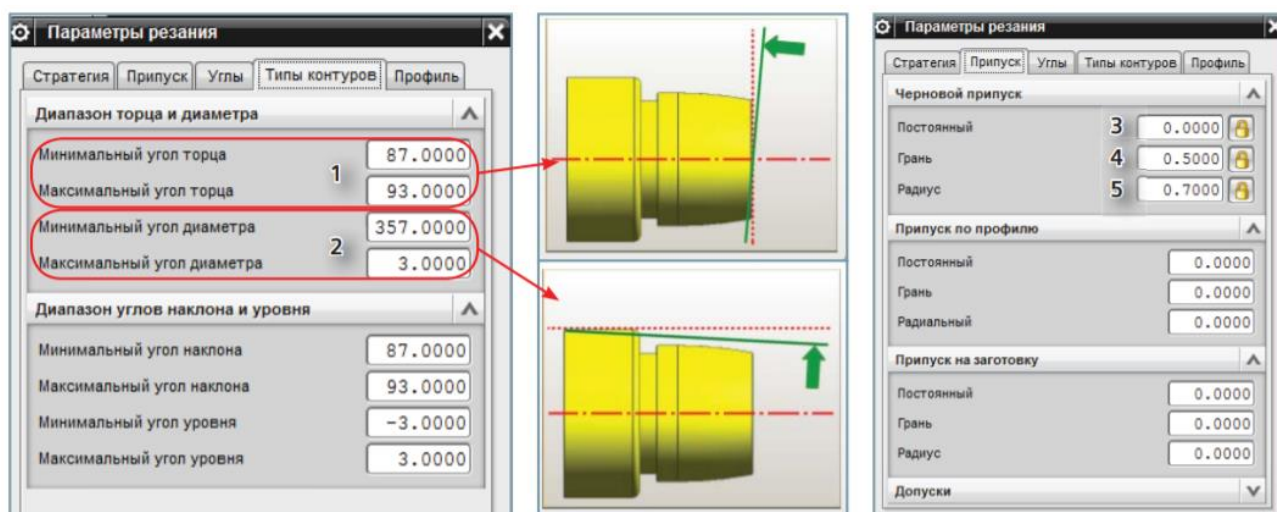


Рис. 7. Назначение припуска

Напомним, что границы состоят из сегментов, на которые можно назначать отдельные припуски. Так обычно учитываются разные поля допусков для разных элементов токарного контура. Доступ к параметрам границы обеспечивается командой Настройка данных границы детали в верхней части диалогового окна операции.

Подход к заданию скоростей и подач в целом аналогичен фрезерованию, однако токарная обработка накладывает некоторую специфику.

Помимо явного задания частоты вращения шпинделя (1), можно задавать и скорость резания (2, режим SMM – Surface Meters per Minute (сейчас MBM), SFM нам не актуально, так как задает футы, а не метры). При этом можно задать ограничение на частоту вращения – Макс. ЧВШ (3). Общее значение подачи по умолчанию измеряется в мм/об, как принято в токарной обработке. Разная подача может быть задана для разного типа движений, как при фрезеровании в группе Подачи – Дополнительно (4). Кроме того, можно независимо задавать подачи для разных движений резания, система различает подачи на черновой обработке (5), подачи дообработки (6), подачи на контуре (7), на погружении (8) и др. Отдельно можно задать параметры ускорения/замедления для

черновых движений и погружений, что улучшает динамику работы станка.

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (по л.р. 3).
- 2.2. Используя каталоги режущего инструмента задать модель режущего инструмента для каждого перехода, проверить геометрию с привязкой к детали.
- 2.3. Задать припуски на каждом из переходов.
- 2.4. Назначить режимы резания на токарные переходы.

3. Индивидуальное задание

Заданием является созданная в лабораторной работе обработка детали.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 3.

4. Отчет по работе

Представляются технологический файл, оформленные в виде конспекта алгоритмы выбора режущего инструмента и режимов резания.

Лабораторная работа № 5

ФРЕЗЕРНАЯ И СВЕРЛИЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам разработки управляющих программ обработки корпусных деталей. Студент должен получить конструкторскую практику проектирования и возможность аналитического анализа разработанных решений.

1. Теоретическая часть

Операция CAVITY_MILL (в NX переводится как глубинное фрезерование) служит для удаления основного объема материала. Глубинное фрезерование идеально подходит для черновой обработки формообразующей оснастки, но используется и для деталей других классов. Операция удаляет материал плоскими уровнями, перпендикулярными фиксированной оси инструмента, то есть это 2.5-осевая операция. В некоторых случаях ее используют и как чистовую. Операция имеет очень много параметров, их освоение лучше выполнить поэтапно. Многие параметры в дальнейшем встретятся и в других типах операций. Команды операций черновой обработки находятся в группе mill_contour

(рис. 8). Таких команд четыре, а операций – две (команды 3 и 4 являются разновидностью базовой операции): 1 – операция глубинного фрезерования CAVITY_MILL; 2 – операция погружного фрезерования PLUNGE_MILLING; 3 – операция CORNER_ROUGH является разновидностью операции CAVITY_MILL, с предустановленным параметром поиска необработанных углов; 4 – операция REST_MILLING является разновидностью операции CAVITY_MILL, она учитывает изменение заготовки, произведённое предыдущими операциями.

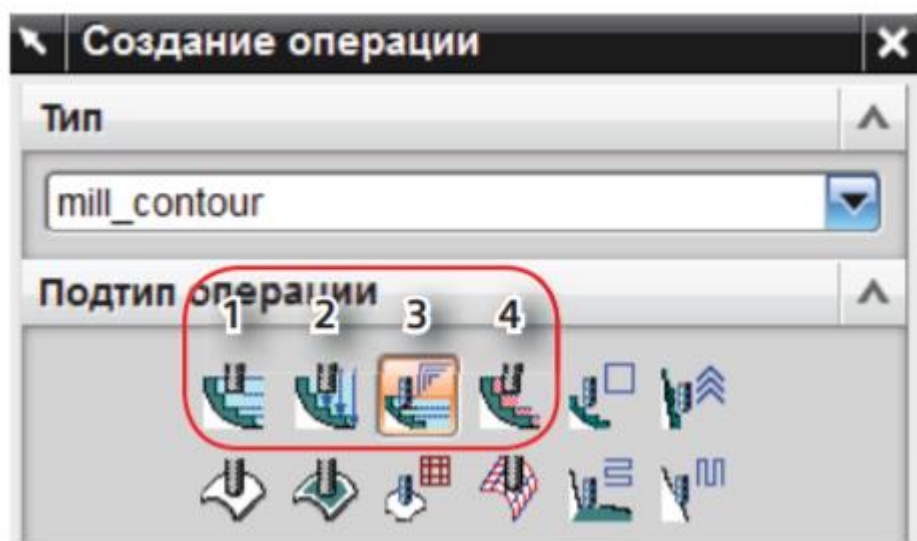


Рис. 8. Выбор шаблона

Операция CAVITY_MILL: основы Операция удаляет материал по уровням, то есть операция относится к 2.5-координатной обработке. Операция имеет гибкие способы задания как уровней, так и шаблона резания, используемого на этих уровнях. Откройте файл `game_remote_setup_1.prt`. В нем уже создана одна операция типа CAVITY_MILL. Теперь разберем ее подробнее. Дважды щелкните по операции в навигаторе операций. Откроется диалоговое окно операции (рис. 9). Группа параметров Геометрия (1) задает различные объекты геометрии, с которыми работает операция. Обычно необходимо, чтобы деталь и заготовка были заданы. Остальные геометрические объекты часто необязательны.

В нашем случае деталь и заготовка уже заданы в родительской группе WORKPIECE. О том, что деталь задана, свидетельствует активный фонарик в строке Задать деталь. Этой командой можно подсветить заданный объект. На то, что деталь задана не в самой операции, а наследуется из родительской группы, указывает неактивная команда перед фонариком в строке Задать деталь. То же справедливо и для заготовки. Три другие геометрические группы не заданы, и фонарик в соответствующих строках неактивен. Это необязательные объекты. В диалоговых окнах параметры организованы блоками. Блок параметров можно свернуть или развернуть (стрелочкой, расположенной справа в заголовке блока). Сверните блок Геометрии и разверните блоки Инструмент и Ось инстру-

мента. В блоке Инструмент (2) указан заданный инструмент. Он также наследуется из родительской группы. Но рядом с названием имеются команды Изменить и Создать новый, чтобы создать или изменить инструмент можно, не закрывая окна операции.

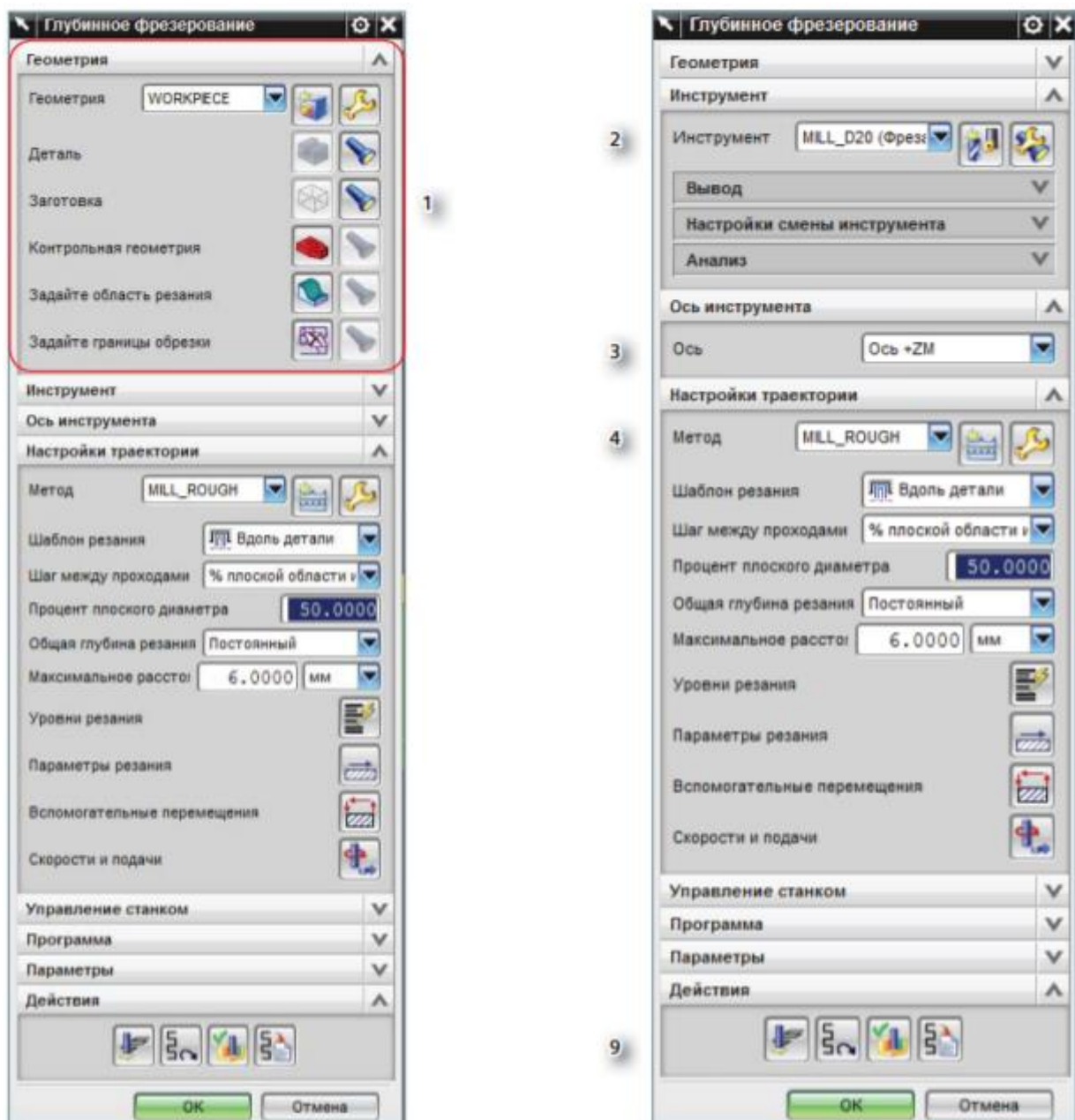


Рис. 9. Параметры операции

В блоке Ось инструмента (3) указана Ось +ZM. Это основной режим операции, ось инструмента расположена по оси Z системы координат станка (СКС). Самый обширный блок – это блок Настройки траектории (4). Ряд параметров настраивается прямо в блоке, но так как параметров много, то Уровни резания (5), Параметры резания (6), Вспомогательные перемещения (ранее Параметры без резания) (7) и Скорости и подачи (8) вынесены в отдельные диалоговые окна

и вызываются из основного окна операции. Блок параметров Действие (9) содержит команды Генерировать, Отобразить, Проверка, Список. Причем для новой операции активна только команда Генерировать. Если операция уже сгенерирована и вызвана на редактирование, то доступны все команды.

2.Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (берется из лабораторной работы №2).
- 2.2. По разработанному маршруту обработки детали (в л.р. №2) создать последовательность обработки детали.
- 2.3. Для каждого из переходов назначить режущий инструмент и определить регионы обработки.
- 2.4. Проверить траекторию на зарезы и недорезы.

3.Индивидуальное задание

Заданием служит созданная в лабораторной работе №2 технологическая сборка согласно варианту.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 2.

4.Отчет по работе

Представляется файл технологической сборки вместе с заданными переходами. Название переходов оформляются в тетради вместе с эскизами переходов.

Лабораторная работа № 6

НАЗНАЧЕНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам выбора режущего инструмента и назначения режимов резания. Студент должен получить практику проектирования управляющих программ и возможность аналитического анализа разработанных решений.

1. Теоретическая часть

Прежде чем создавать инструмент, проведем измерение, чтобы определиться с требуемым диаметром инструмента. Выполните Анализ – Локальный радиус. Появится диалоговое окно (рис. 10). Последовательно укажите курсором несколько точек на указанной поверхности, информация о кривизне по-

верхности в соответствующей точке будет отображаться в диалоговом окне. Как можно убедиться, значение минимального радиуса меняется в диапазоне от 11 до 14 мм. Такие поверхности часто удобно анализировать именно описанным способом. Что касается инструмента, то делаем вывод, что диаметр 20 мм нас устроит.

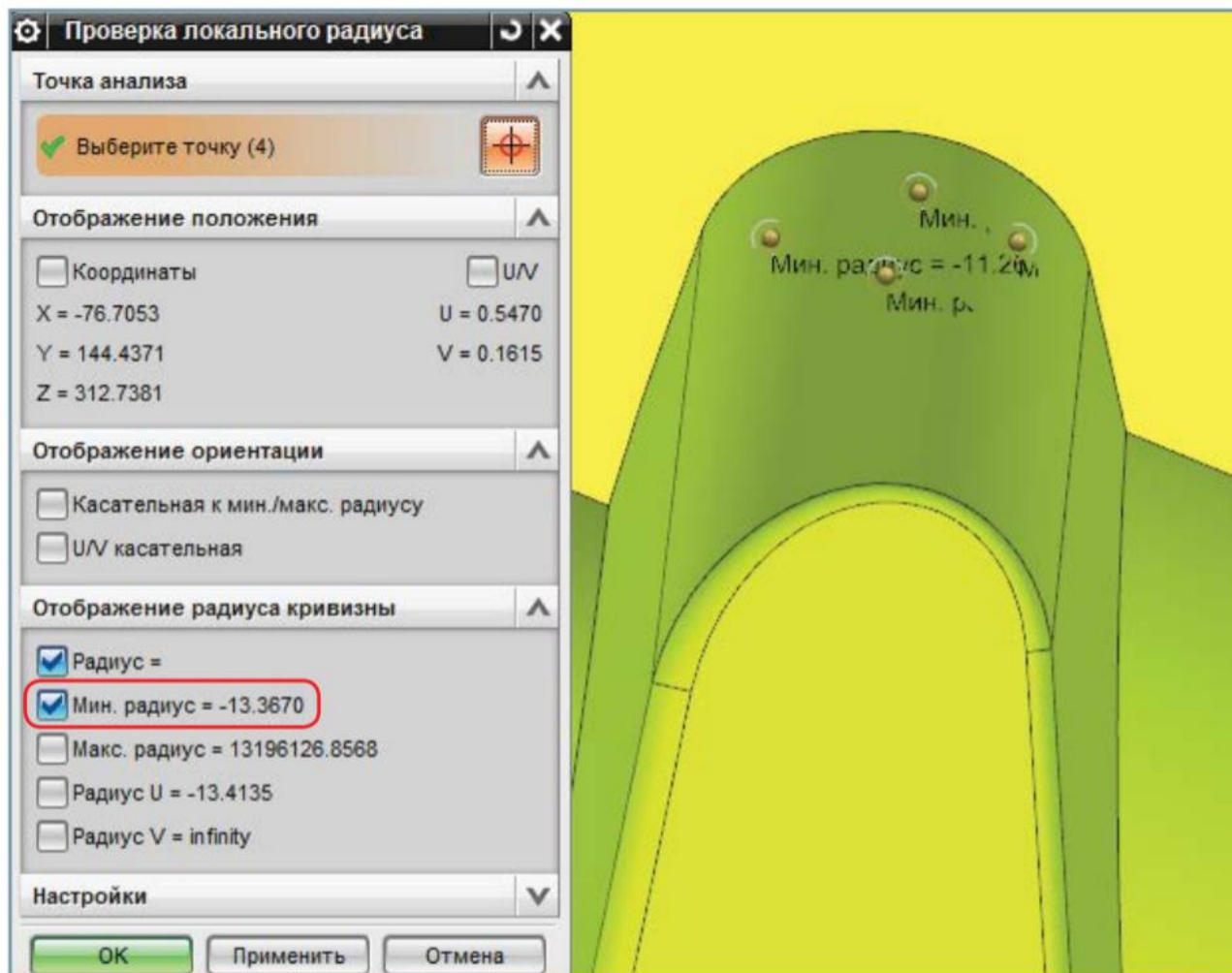


Рис.10. Измерение радиуса скругления

Теперь необходимо создать новый объект. Команды создания новых объектов расположены в начале ленточной панели, если в меню установлен режим Исходная (рис. 11).

1. Создать инструмент.
2. Создать геометрическую группу.
3. Создать операцию.
4. Создать группу программ.
5. Создать метод обработки. Значки команд, которые реже используются, показаны более мелкими.

Задайте режущий инструмент, используя команду Создать инструмент. Инструменты сгруппированы по типам. Тип `mill_planar` подходит. Подтип ука-

жем END_MILL (концевая фреза). В качестве места расположения укажите POCKET_01, задайте имя MILL_D20. Нажмите ОК.

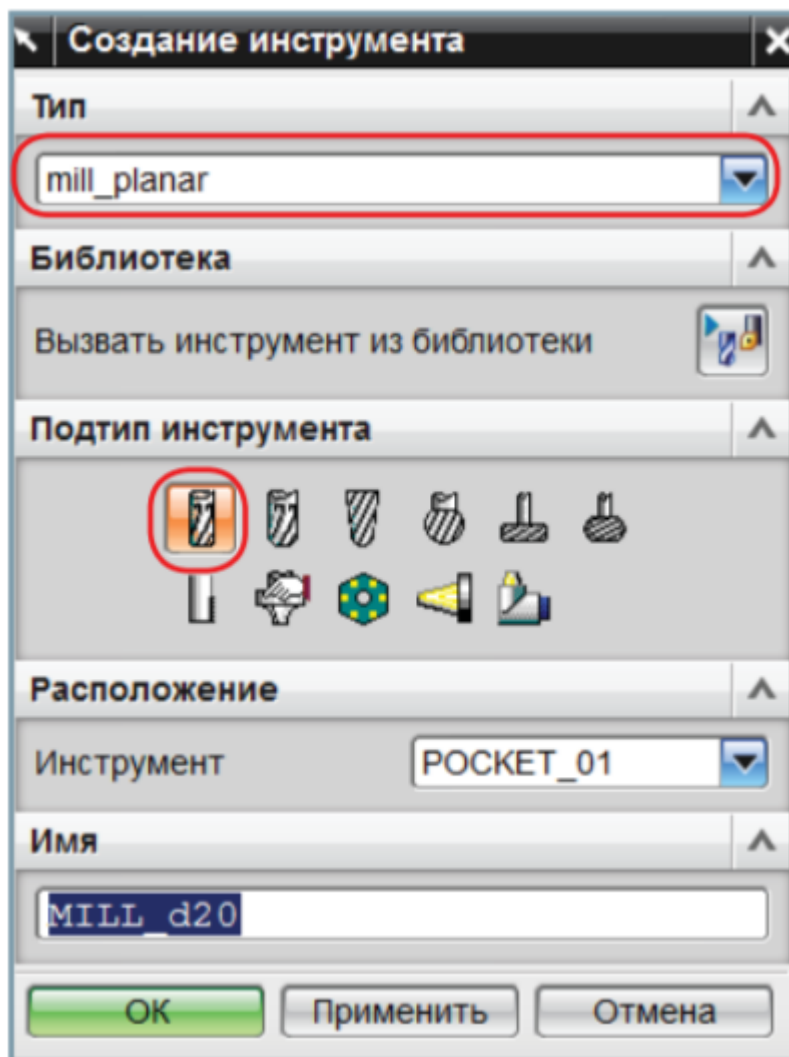


Рис. 11. Выбор режущего инструмента

Отметим также, что в поля Номер инструмента и Регистр коррекции занесено значение 1, а рядом с этими полями отображается закрытый замок. Это признак того, что параметр наследуется (в данном случае номер наследуется из ячейки магазина). Вы можете изменить номер инструмента явно, при этом замок будет показан открытым. Но это нежелательное действие, особенно для серийного производства, когда проект может часто модифицироваться. В навигаторе операций на Виде инструментов можно увидеть новый объект, вложенный в POCKET_01. В родительских группах Программа и Метод будем использовать уже созданные при инициализации объекты. Заметим, что метод обычно задает допуск и припуск на обработку, поэтому выбором метода можно сразу задать тип обработки: черновая, получистовая или чистовая. Все необходимые для создания операции обработки объекты созданы, перейдем к созданию операции обработки.

Рабочими движениями или движениями резания являются движения, при которых инструмент контактирует с деталью, в отличие от вспомогательных движений (движений без резания), к которым относим врезание, отвод, переход и некоторые другие типы движений между движениями резания. Движения резания по умолчанию показываются голубым цветом. При выборе команды Параметры резания открывается новое диалоговое окно (рис. 12).

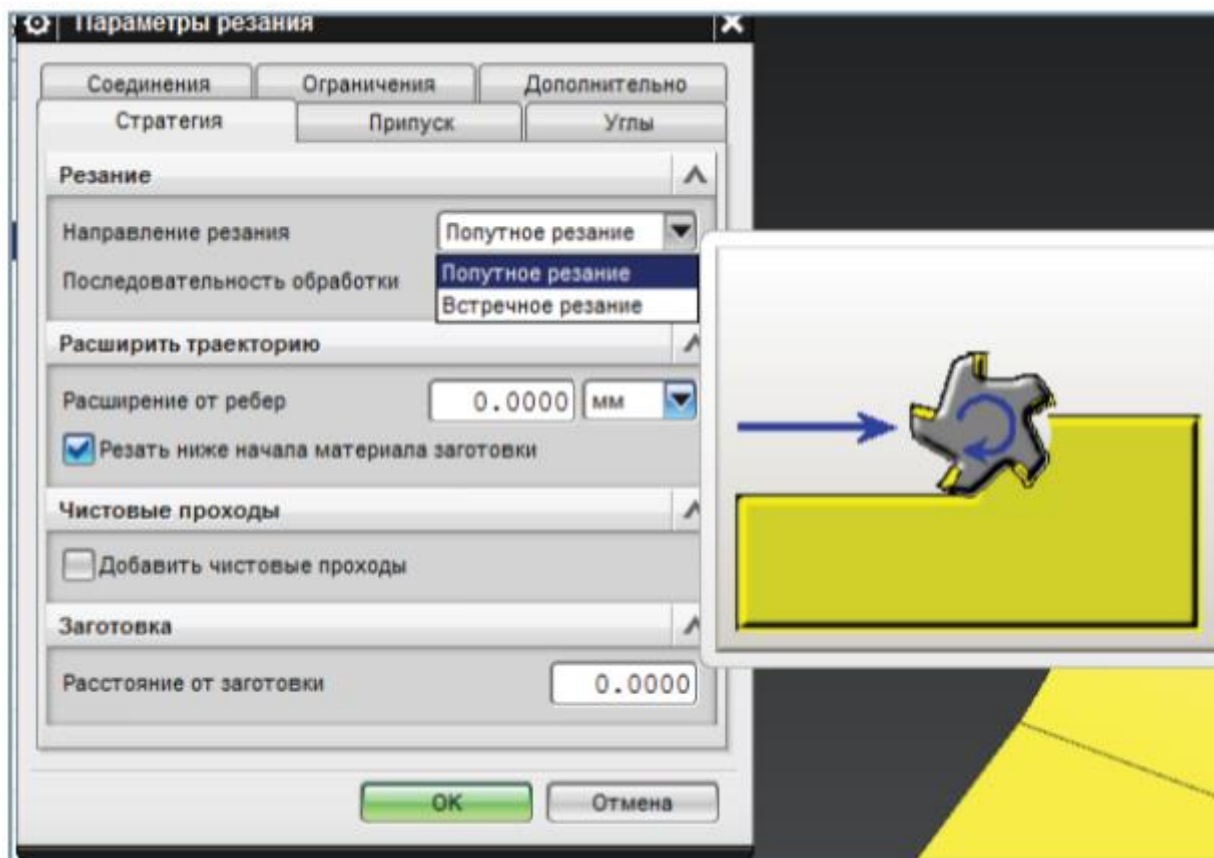


Рис. 12. Параметры резания

Диалоговое окно имеет несколько вкладок, организованных в привычном стиле Windows. Большинство параметров сопровождается контекстно-зависимыми рисунками, в текущей версии NX эти рисунки стали всплывающими. Чтобы появилась подсказка, надо курсор задержать на названии или значении параметра. Первая вкладка Стратегия задает дополнительные параметры шаблона резания. В данном случае задано попутное направление резания, что иллюстрируется соответствующим рисунком. Остальные параметры этой вкладки пока можно не рассматривать. Вкладка Припуск очень важна (рис. 13). В ней задаются Допуски и Припуски. Допуск – это точность, с которой выполняется расчет. В NX используются 2 значения допуска: допуск внутрь и наружу. Для криволинейных поверхностей расчет ведется как последовательность прямолинейных движений, отстоящих от кривой на величину допуска, возможно как отклонение в тело модели (Допуск внутрь), так и от модели (Допуск наружу). Чрезмерная точность сильно увеличивает время расчета, размер про-

грамм. Поэтому точность обычно определяется технологическими соображениями. Припуск – это толщина материала, который вы хотите оставить на модели для последующей обработки. В операции Cavity_Mill вы можете задавать разный припуск на дно и на стенки. Имеются еще и другие типы припуска, например контрольный припуск, он будет рассмотрен, когда речь пойдет о контрольной геометрии.

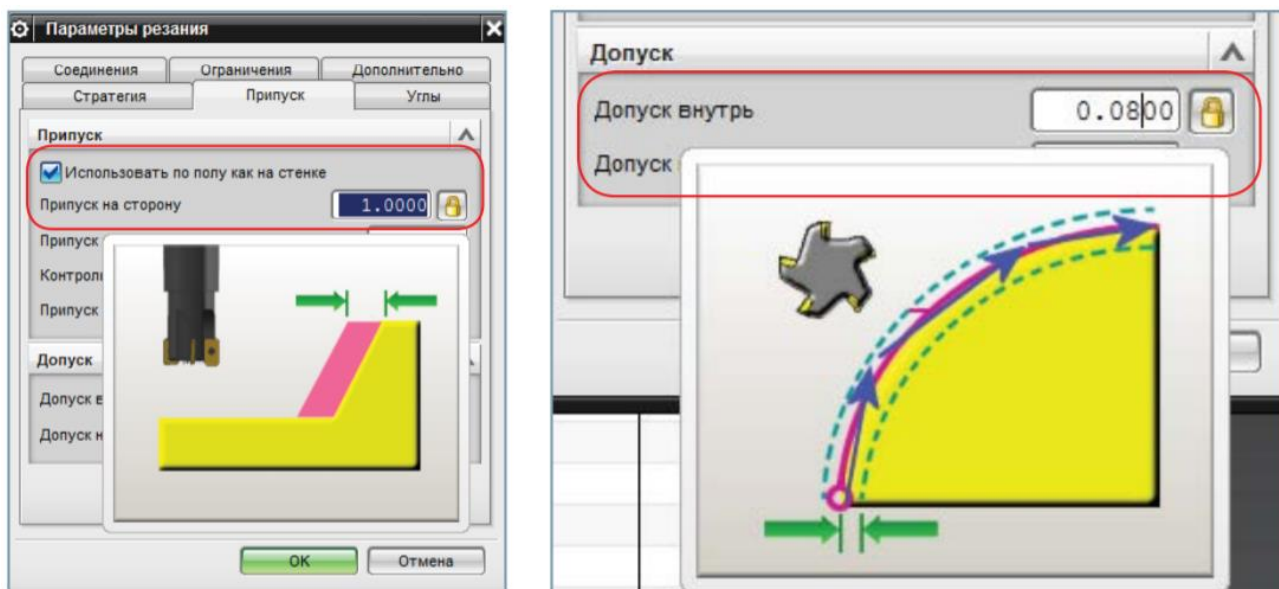


Рис. 13. Допуск и припуск

В операциях фрезерования должны быть заданы частота вращения шпинделя и подача. Причем по умолчанию подача задана некоторым ненулевым значением, а частота шпинделя равна 0. Не забывайте задавать частоту вращения шпинделя. Некоторые параметры диалогового окна связаны между собой формулами. Например, можно задать скорость резания, при этом частота вращения будет рассчитана автоматически. То же касается подачи на зуб и минутной подачи. Для разного типа движений можно задавать свою подачу (рис. 14). Обычно можно задавать ее в процентах от рабочей подачи. Имеется возможность автоматического выбора режимов обработки.

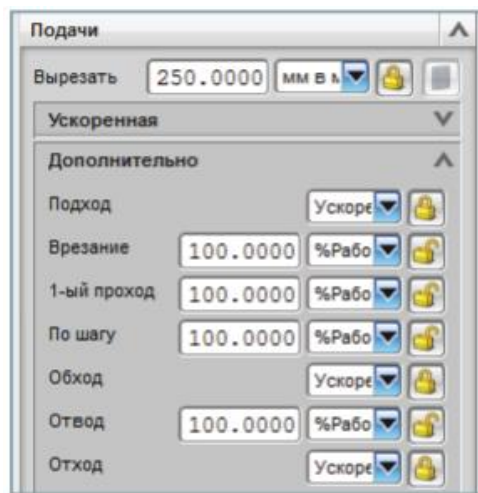


Рис. 14. Режимы резания

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (по л.р. 5).
- 2.2. Используя каталоги режущего инструмента задать модель режущего инструмента для каждого перехода, проверить геометрию с привязкой к детали.
- 2.3. Задать припуски на каждом из переходов.
- 2.4. Назначить режимы резания на токарные переходы.

3. Индивидуальное задание

Заданием является созданная в лабораторной работе обработка детали.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 5.

4. Отчет по работе

Представляются технологический файл, оформленные в виде конспекта алгоритмы выбора режущего инструмента и режимов резания.

Лабораторные работы № 7-8

ВЕРИФИКАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам проверки управляющих программ. Студент должен получить практические навыки проектирования и верификации управляющих программ, и возможность анализа

разработанных решений, а также получить практические навыки работы по исправлению зарезов при программировании оборудования с ЧПУ.

1. Теоретическая часть

Верификацией называем проверку операций, которая выполняется без учета конкретного станка и выполняется на основе траектории. Это быстрый и наглядный способ проверки операций. Он позволяет выявить ошибки в порядке следования программ, типе инструмента, врезании в материал на ускоренной подаче, большом припуске на обработку в конкретной операции и т. д. В простых случаях позволяет обойтись без симуляции работы станка в целом, в сложных случаях может считаться предварительной проверкой для выявления грубых ошибок и помогает принятию правильных решений на стадии расчета операций. Для проверки операций на станке будем использовать термин «симуляция работы станка».

Для отдельной операции можно запускать верификацию из диалогового окна операции. При изучении влияния предыдущих операций (учет ЗвПО) верификацию будем запускать из Навигатора операций (1) или из ленточной панели (2). Из контекстного меню операции выполните Траектория – Проверка (рис. 15). Появится новое диалоговое окно (рис. 16).

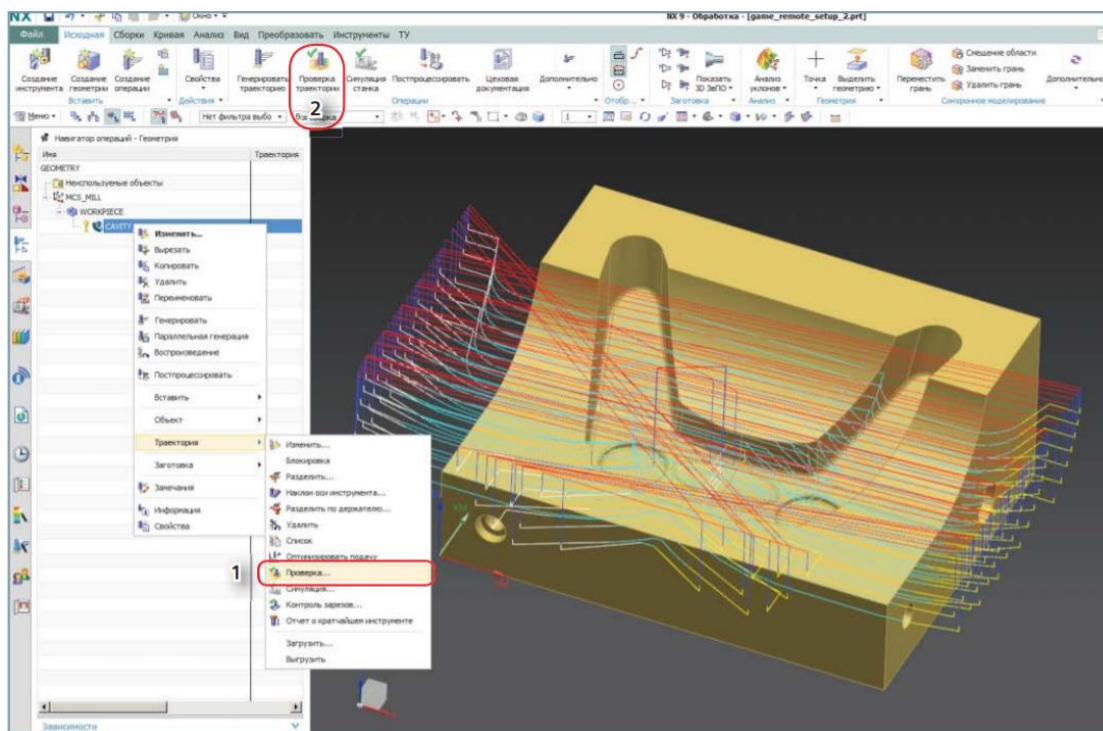


Рис. 15. Проверка траектории

В верхней части окна имеется поле, которое отображает тип движения и координаты во внутреннем представлении траектории (1). После постпроцессирования каждая строка этого окна превратится в кадр управляющей программы. Средняя часть диалогового окна содержит три вкладки: Воспроизвести (2), 3D

динамика (3) и 2D динамика (4). Остальные параметры средней части зависят от активной вкладки. В нижней части имеется регулятор скорости анимации (воспроизведения) (5) и команды управления анимацией (6), которые очень похожи на кнопки музыкального плеера. Выделим команды Пуск (7), Стоп (8), Вперед пошагово (9), Назад пошагово (10).

Для вкладки Воспроизвести доступны параметры отображения инструмента (11), где наиболее интересные значения параметра – это Тело, Точка, Ось. А также параметры Отображение перемещений (12), где можно указать, будет ли траектория отрисовываться полностью, по уровням или по заданному количеству перемещений. Отрисовка по уровням как раз очень актуальна для операции CAVITY_MILL.

Установите скорость анимации 2. Переключите параметр Отобразить в значение Текущий уровень и выполните команду Пуск. Траектория отрисовывается по уровням, при отрисовке следующего уровня предыдущий уровень скрывается. Можно многократно использовать команды Пуск, Стоп, Пошагово. В момент остановки можно просто мышью позиционировать инструмент в любую точку траектории и продолжить с этой позиции. Используйте команды Стоп, Пуск. Чтобы закончить анимацию, нажмите на ОК. Вкладки 3D динамика и 2D динамика отображают текущий сьем материала. Нам для дальнейшего изложения необходимо иметь в проекте хотя бы две операции.

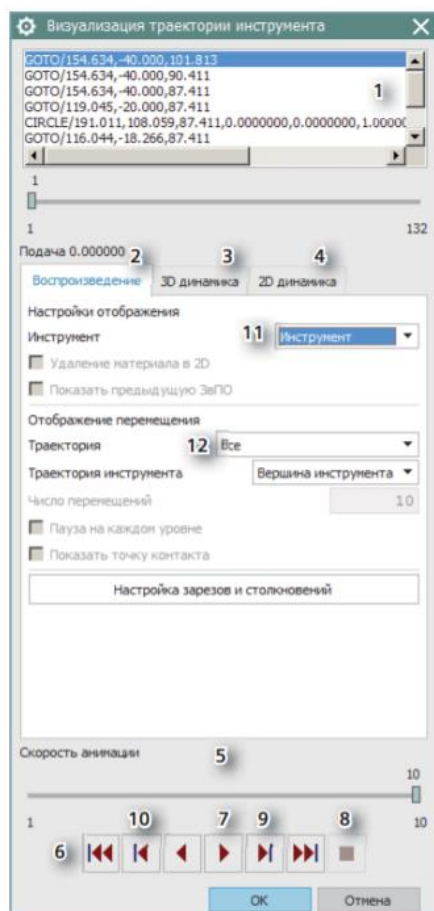


Рис. 16. Воспроизведение обработки

2D динамика – исторически более ранний вид верификации. Она выполняется быстрее, чем 3D динамика, показывает разным цветом материал, снятый разными операциями, но не позволяет вращать модель в графической области. NX 9.0 и в 3D окрашивает разным цветом материал, снятый разными операциями (режим 2D может исчезнуть в следующих версиях). 3D динамика – более современный алгоритм, который поддерживает вращение и масштабирование заготовки в процессе проверки.

По окончании проверки доступны дополнительные возможности. Поэтому рассмотрим диалоговое окно подробнее. Параметры Инструмент и Отобразить управляют отображением траектории и аналогичны вкладке Воспроизвести. Блок параметров Разрешение ЗвПО (1) задает качество визуализации, цвет, прозрачность. Не стоит увлекаться слишком высоким качеством, это скажется на производительности проверки. Блок параметров ЗвПО и Фасетное тело (2) позволяет сохранить результат визуализации как фасетное тело. Его можно сохранить прямо в файле детали или сохранить в отдельный файл, как компонент сборки. Параметры этого блока изначально неактивны, они становятся активными после окончания визуализации. Команда Показать толщину в цвете (3) активна сразу.

При использовании этой функции толщина остаточного материала на ЗвПО показывается разным цветом в зависимости от ее величины (рис. 17).

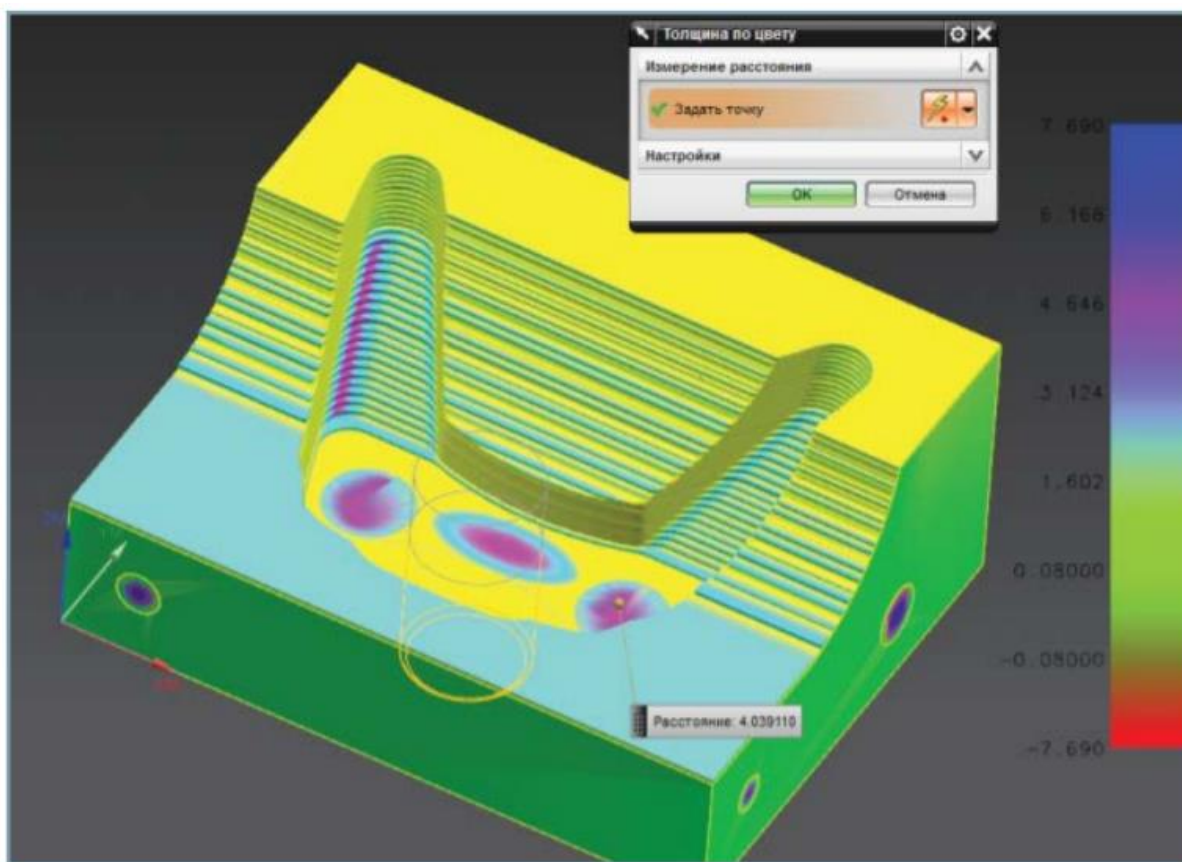


Рис. 17. Анализ оставшегося припуска

При этом возможно определить величину остаточного материала непосредственно в указанной точке. Выполните команду Показать толщину в цвете. При открытом диалоговом окне Толщина по цвету укажите точку на ЗвПО. Измерение толщины осуществляется с привязкой к фасетной модели, измерение осуществляется по кратчайшему расстоянию к детали. Эта функция может быть вызвана из контекстного меню выбранной операции (рис. 18), что позволяет визуализировать ЗвПО в цвете после конкретной операции. Нажмите ОК в диалоговом окне Толщина по цвету. Диалоговое окно визуализации снова появится на экране.

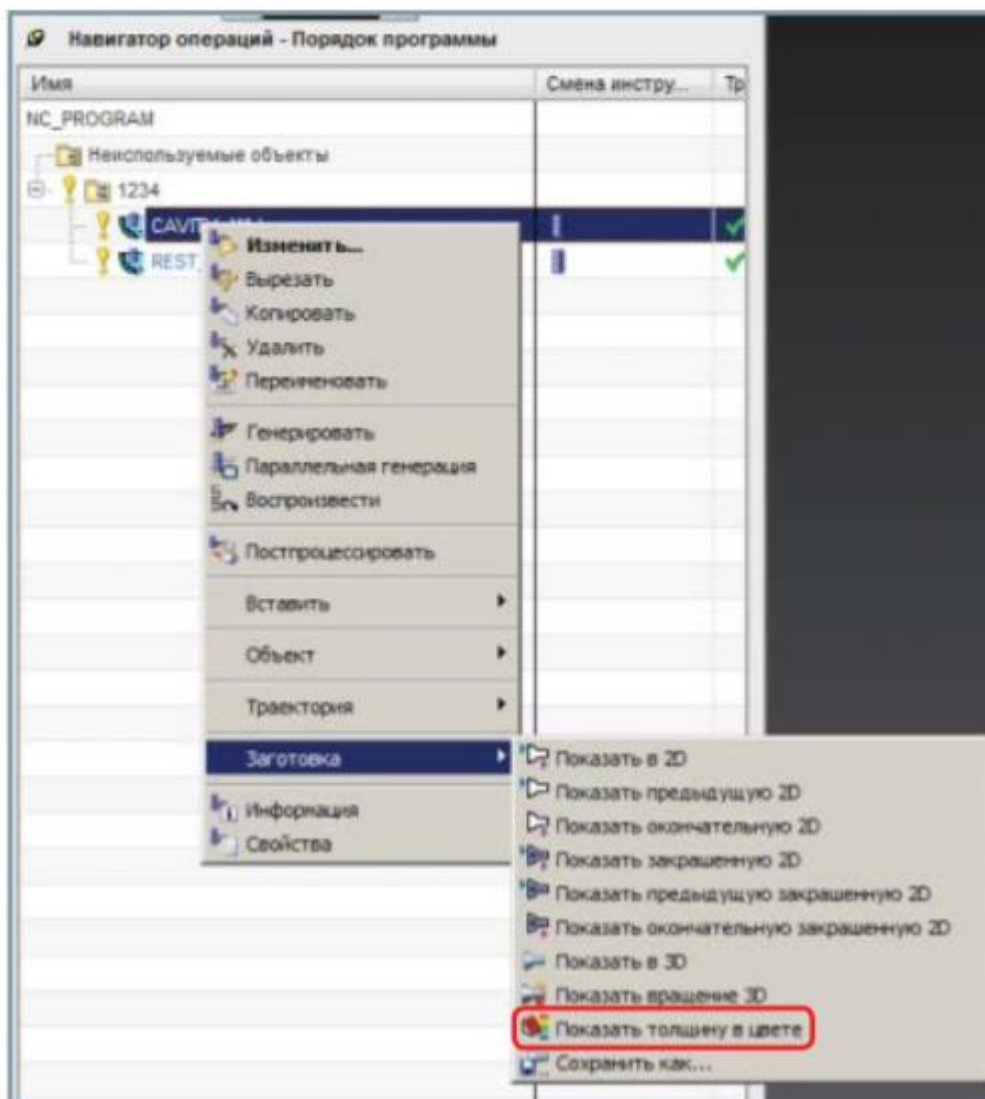


Рис. 18. Запуск анализа

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

2.1. Получить индивидуальное задание (по лабораторной работе № 4 и 6).

2.2. Проверить остаточный припуск по каждому из переходов. Сохранить результаты в отдельный файл с расширением .jrg для отчета

2.3. Провести анализ качества обработки детали.

2.4. Дать рекомендации для улучшения управляющей программы обработки детали.

3. Индивидуальное задание

Лабораторная работа выполняется по созданным ранее результатам лабораторных работ.

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторной работой № 4 и № 6.

4. Отчет по работе

Представляется результат анализа остаточного припуска по каждому из переходов. Дается анализ разработанной управляющей программы и рекомендации по улучшению управляющей программы.

В работе №7 проводится анализ управляющей программы по лабораторной работе №4.

В работе №8 проводится анализ управляющей программы по лабораторной работе №6.

Лабораторная работа № 9

ПОСТПРОЦЕССИРОВАНИЕ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам разработки управляющих программ, получения с помощью выбранного постпроцессора G-кодов программы и умению их чтения.

1. Теоретическая часть

Чтобы получить управляющую программу (УП), траектория инструмента должна быть обработана постпроцессором. Именно постпроцессор учитывает особенности кинематики и формат кадра конкретного станка или системы ЧПУ.

Выберите операцию CAVITY_MILL в Навигаторе операций и выполните команду Постпроцессировать (3 на рис. 19).

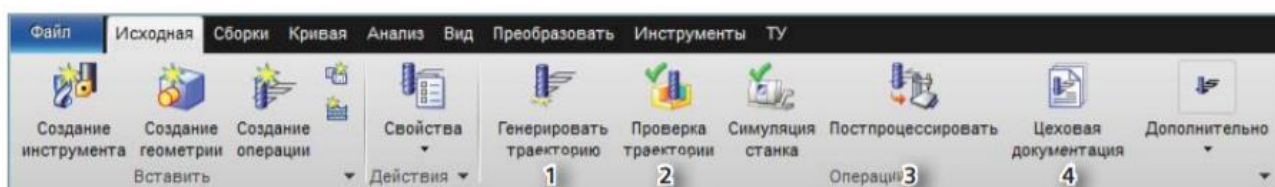


Рис. 9. Постпроцессирование

Появится диалоговое окно постпроцессирования (рис. 20). Выберите постпроцессор, как на рисунке, и нажмите ОК. Результат будет записан в текстовый файл с расширением, принятым для конкретной системы ЧПУ (для Sinumerik это mpf). Кроме того, если включен режим Вывод листинга, текст УП выводится и в информационное окно (рис. 21). Операция, выведенная на постпроцессор, получит статус Закончена, который отображается в навигаторе операций (рис. 22). Текст УП получен.

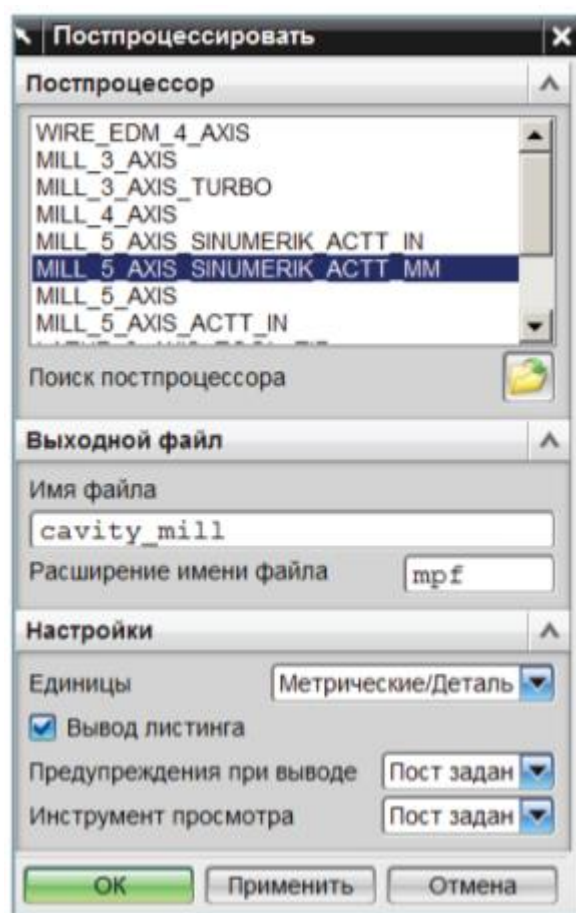


Рис. 20. Выбор постпроцессора

```

Информация
Файл(F)  Изменить(E)
N400 ;
N410 ;Initial Move
N420 CYCLE832(_camtolerance,0,1)
N430 TRAORI
N440 G500
N450 ;
N460 ORIWKS
N470 ORIAXES
N480 G0 A0.0 C0.0
N490 G0 X153.31671 Y-19.99801 Z101.81319 S1000 D1 M3
N500 ;Approach Move
N510 Z90.41083
N520 ;Engage Move
N530 G1 Z87.41083 M8 F250.
N540 X132.99767 Y-9.99801
N550 ;Cutting
N560 X128.72444 Y-7.88748
N570 X124.56872 Y-5.55246
N580 X120.54361 Y-3.00034
N590 X99.37113 Y-3.00358
N600 X95.33957 Y-5.55496
N610 X91.17745 Y-7.88889
N620 X86.89789 Y-9.99801
N630 ;Retract Move
N640 X66.5337 Y-19.99801
N650 Z90.41083

```

Рис. 21. Код программы

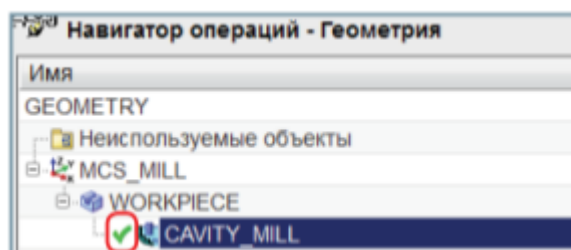


Рис. 22. Статус перехода

Если бы вся обработка детали задавалась одной операцией, то вряд ли имело бы смысл создавать столько объектов обработки – все можно было бы задать в одной операции. Но реальные проекты обработки могут содержать десятки и сотни операций. В этом случае использование идеологии родительских групп позволяет легко модифицировать параметры сразу для группы операций (например, припуск на чистовую обработку). Если вы задавали припуск в операциях (а это тоже возможно), то вам пришлось бы заходить в каждую операцию, менять в ней припуск и пересчитывать. Это не только дольше, но и не так наглядно, в случае если нам предстоит снова поработать с этим проектом спустя некоторое время. Многие команды модуля обработки можно вызвать из контекстного меню объектов обработки. При этом некоторые команды дублируются с пунктами меню, а некоторые могут быть выполнены только из контекстного меню.

Контекстное меню (меню, вызываемое правой кнопкой мыши, когда курсор позиционирован на объекте) дублирует многие функции меню и инструментальных панелей. Выберите операцию в навигаторе операций и нажмите правую кнопку мыши. Функции Генерировать (1), Постпроцессировать (2), Проверка (3) идентичны инструментам на панели. Все подменю Вставить (4) (новый объект) идентично панели. В то же время часть функций доступна толь-

ко из контекстного меню. К ним относятся: Разделить, Разделить по держателю (5), Контроль зарезов, Отчет о кратчайшем инструменте (6). Эти функции будут рассмотрены позднее при описании конкретных операций. Если вызвать контекстное меню из навигатора операций, не выбирая никаких объектов, то появится еще одно меню (рис. 23), в котором представлены команды переключения видов навигатора операций (7), команды Раскрыть все, Свернуть все в дереве объектов обработки (8). Команда Столбцы (9) служит для настройки колонок навигатора операций.

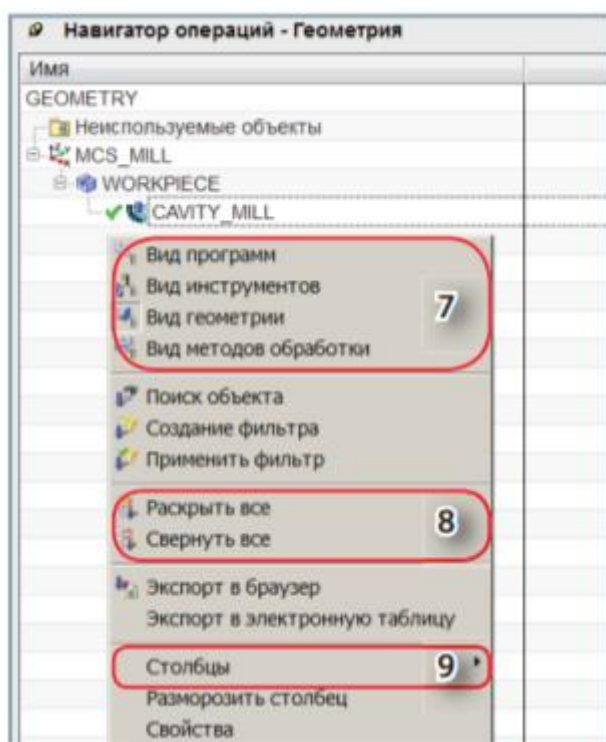


Рис. 23. Опционал ЧПУ перехода

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (в соответствии с л.р. 4 и 6).
- 2.2. В соответствии с выбранной моделью станка определить необходимый постпроцессор.
- 2.3. Провести постпроцессирование каждой операции.
- 2.4. Проверить полученные G-коды программы.
- 2.5. Загрузить управляющую программу на станок и провести ее проверку средствами ЧПУ стойки.
- 2.6. По управляющей программе обработать деталь.

3. Индивидуальное задание

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторными работами № 4 и № 6.

4. Отчет по работе

Представляется текст управляющей программы в G-кодах и технологический файл обработки детали программы NX.

Практическая работа № 1

НАЛАДКА СТАНКА С ЧПУ

Цель работы - обучение студентов практическим навыкам наладки станков с ЧПУ для обработки детали по разработанным управляющим программам.

1. Теоретическая часть

Наладка станка с ЧПУ — это финальный этап настройки автоматической системы, которая осуществляется или после установки оборудования, или при настройке станка на производство новых деталей. Эту задачу выполняет квалифицированный специалист, который знаком с программированием конкретной модели станка. Это важно, поскольку в процессе наладки потребуется скорректировать управляющую программу или даже всё программное обеспечение станка.

Процесс наладки выполняют в несколько этапов:

- Установка оборудования (если это новый станок на предприятии);
- Монтаж необходимых механизмов (опционально);
- Калибровка;
- Ввод управляющей программы (УП);
- Тестовая обработка изделия;
- Анализ работы и корректировка УП.

Проводить полномасштабную работу при каждом обновлении выполняемых задач — ресурсоемкий процесс. Чтобы ускорить работу по наладке станка используются два метода актуализации данных: создание карты наладки и комментарии к УП.

Карта наладки станка с ЧПУ — это специальный чертеж, в котором зафиксированы все изменения в производственном процессе на определенном станке. Документ представляет собой расчетно-технологическую карту, где наглядно отображены все действия по наладке аппарата. Карты наладки нужны наладчикам, чтобы выполнить задание, и комплектовщикам — для быстрой подготовки станка к выполнению установленных задач.

В карте наладки фрезерного станка с ЧПУ обязательно должны содержаться следующие сведения:

- Применяемый инструмент;
- Порядок смены и способ установки инструмента на станке;
- Размерная цепь системы на каждой стадии рабочего процесса;
- Заданные технологические режимы;
- Параметры системы после выполнения задания;
- Исполнительные размеры.

Разработкой карты наладки токарных или фрезерных станков занимается технологическая служба предприятия. Использование картотеки позволяет оператору подготовить станок к выполнению конкретной задачи в кратчайшие сроки.

Комментарии в карте наладки фрезерного станка — это пояснительный текст, который наладчик указывает для оператора и наладчика. Чтобы операционная система станка не воспринимала комментарий как часть команды, перед текстом ставят «;» или заключают текст в круглые скобки.

В комментариях чаще всего указывают следующие данные:

- Наименование изделия;
- Порядок выполнения технологических операций;
- Используемый инструмент;
- Применяемый материал;
- Дата составления карты.

Зачастую на станках установлен лимит для одного комментария в 32 символа. Иногда операционная система станка позволяет вводить данные только латиницей, что предполагает использование транслитерации.

Чтобы карта наладки фрезерного станка была понятна для всех специалистов, кто будет её использовать, следует корректно вносить следующие данные:

- Модель станка;
- Наименование изготавливаемой детали;
- Перечень обрабатываемых поверхностей, в порядке их обработки;
- Перечень используемых инструментов;
- Указание на использование дополнительного оборудования, при необходимости;
- Вылеты по осям;
- Порядок выполнения операций;
- Координаты исходных точек рабочих органов в начале обработки.

2. Порядок выполнения работы

В процессе выполнения задания студент должен:

- 2.1. Получить индивидуальное задание (в соответствии с л.р. 4 и 6).
- 2.2. Загрузить созданную управляющую программу в стойку ЧПУ станка.
- 2.3. Провести анализ управляющей программы, используя средства станка.
- 2.4. По управляющей программе обработать деталь.

3. Индивидуальное задание

Примечание. Варианты выбираются по аналогии с лабораторными работами № 4 и № 6.

4. Отчет по работе

Представляется текст управляющей программы в G-кодах и технологический файл обработки детали программы NX.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ведмидь П.А., Сулинов А.В. В26 Программирование обработки в NX CAM. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 304 с.: ил.
2. Материалы сайта media.plm.automation.siemens.com.
3. Материалы сайта top3dshop.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие положения и указания к самостоятельной работе студентов.....	3
Лабораторная работа № 1. Формирование технологической сборки при обработке деталей – тел вращения.....	3
Лабораторная работа № 2. Формирование технологической сборки при обработке корпусных деталей.....	7
Лабораторная работа № 3. Токарная обработка деталей.....	9
Лабораторная работа № 4. Назначение режущего инструмента и режимов резания.....	15
Лабораторная работа № 5. Фрезерная и сверлильная обработка деталей.....	17
Лабораторная работа № 6. Назначение режущего инструмента и режимов резания фрезерной обработки.....	20
Лабораторные работы № 7-8. Верификация операций.....	25
Лабораторная работа № 9. Постпроцессирование.....	30
Практическая работа № 1. Наладка станка с ЧПУ.....	34
Библиографический список.....	36

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных и практических работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составитель:
Кондратьев Михаил Вячеславович

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 15.11.2021
Уч.-изд. л. 2,25

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14