

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам  
для студентов специальности  
1-40 05 01 «Информационные системы и технологии  
(по направлениям)»  
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 658.512.011.56:621.9  
ББК 32.965:30.605  
А22

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты»  
«10» октября 2022 г., протокол № 3

Составитель канд. техн. наук, доц. Д. С. Галюжин

Рецензент канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине  
«Автоматизация технологического проектирования» предназначены для сту-  
дентов специальности 1-40 05 01 «Информационные системы и технологии (по  
направлениям)» дневной и заочной форм обучения.

Учебно-методическое издание

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ответственный за выпуск	С. Н. Хатетовский
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 38 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования  
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский  
университет, 2022

## Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Разработка 3D-моделей деталей в системе Siemens NX.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Разработка 3D-моделей сборок в системе SIEMENS NX.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Разработка управляющих программ для токарных станков с ЧПУ в системе SIEMENS NX.....	9
4 Лабораторная работа № 4. Разработка управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ в системе SIEMENS NX.....	10
Список литературы .....	12
Приложение А .....	13
Приложение Б.....	14
Приложение В.....	15
Приложение Г .....	16
Приложение Д.....	17

## Введение

В настоящее время трудно представить себе современное промышленное предприятие или конструкторское бюро без компьютеров и специальных программ, предназначенных для разработки конструкторской документации или проектирования различных изделий. Применение вычислительной техники в данной области стало свершившимся фактом и доказало свою высокую эффективность.

Переход на машинное проектирование позволяет существенно сократить сроки разработки конструкторской и технологической документации и тем самым ускорить начало производства новых изделий. Одновременно повышается качество документации. Чертежи самой конкурентоспособной продукции, выполненные вручну на кульмане, сегодня производят отрицательное впечатление на партнеров, ставя под вопрос заключение выгодных контрактов.

Падение цен на вычислительную технику сделало современный компьютер доступным для домашнего использования. Это позволяет учащимся работать с системами автоматизированного проектирования не только в рамках аудиторных занятий, но и на персональных компьютерах. В этом случае можно говорить не о поверхностном знакомстве с предметом, а о реальном освоении.

Для выполнения всех видов чертежей в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД) может быть использована система трехмерного моделирования Siemens NX.

Область применения системы Siemens NX определяется основным набором задач, которые она призвана решать. К ним относятся моделирование деталей с целью расчета их геометрических и массоцентровочных характеристик, разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ, а также создание изометрических изображений деталей (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации и т. д.).

# 1 Лабораторная работа № 1. Разработка 3D-моделей деталей в системе Siemens NX

**Цель работы:** ознакомление с основными принципами и практическое освоение методики проектирования 3D-моделей деталей в системе Siemens NX.

## *Краткие сведения*

Твердотельное моделирование представляет собой создание заполненного замкнутого геометрического объема, описывающего геометрию детали. Отдельного модуля твердотельного моделирования в системе Siemens NX нет, т. к. для этой цели применяются инструменты из разных приложений. Так, например, твердые тела можно получать заполнением замкнутого контура из поверхностей или путем придания толщины поверхности, созданной в приложении «Студия формы». Основная цель моделирования твердых тел – создание точного геометрического представления проектируемой детали, которая будет основой для выпуска документации, проведения расчетов и написания программ для станков с ЧПУ. Геометрическое представление детали является результатом связанной последовательности операций, составляющих дерево построения модели. Работа проектировщика сводится к добавлению операций в дерево построения, создающих те или иные конструктивные элементы модели или модифицирующих ее геометрию. Это справедливо для классического случая моделирования с историей построения. Система Siemens NX также поддерживает моделирование без истории построения. Для создания моделей можно использовать типовые конструктивные элементы или создавать тела на базе двумерных контуров, а также комбинировать эти два способа.

## *Порядок выполнения работы*

1 Получить сборочную единицу и номер варианта задания у преподавателя (приложения В–Д).

2 Изучить и проанализировать рабочие чертежи деталей.

3 Выбрать наиболее рациональную последовательность построения 3D-моделей деталей, при необходимости разбивают деталь на ряд элементарных геометрических объектов.

4 Выбрать размеры по своему варианту, построить 3D-модели деталей в системе Siemens NX.

4.1 Во вкладке «Файл» выбрать пункт «Новый».

4.2 Расположить новый эскиз в одной из ортогональных плоскостей, выбрав пункты главного меню «Вставить» > «Эскиз в среде задач» и указав соответствующую плоскость. В диалоге создания эскиза принимают все предложенные значения опций и нажимают «ОК» для перехода в среду редактирования эскиза.

4.3 Пользуясь функциями инструментальной панели (профиль, отрезок, окружность и др.), построить эскиз, необходимый для создания 3D-модели «заготовки» первой детали, после чего нажать **«Закончить эскиз»**.

4.4 На инструментальной панели выбрать необходимую операцию (вытягивание, вращение) и приступить к построению «заготовки» 3D-модели детали на основании построенного ранее эскиза.

4.5 Произвести построение всех конструктивных элементов детали, используя вышеуказанную последовательность и выбирая для построения эскизов плоскости на теле 3D-модели. Для добавления конструктивных элементов к «заготовке» 3D-модели использовать операцию **«Объединение»** в разделе **«Булевы операции»**, для получения отверстий и вырезов – операцию **«Вычитание»**.

5 Сохранить все модели в компьютере в отдельной папке, выбирая последовательно **«Файл» > «Сохранить как ...»**. В названиях файлов и папок использовать буквы только английского алфавита.

6 Составить отчет. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист, цель выполнения работы, сведения о программном и техническом обеспечении, номер варианта задания, графическое представление результатов моделирования, выводы по работе. Результаты моделирования сохраняют на компьютере в отдельной папке.

### ***Контрольные вопросы***

1 Каким образом осуществляется создание новых файлов моделей в Siemens NX?

2 В чем заключаются особенности создания эскизов в Siemens NX?

3 Как производится коррекция автоматически задаваемых размеров эскиза?

4 В чем заключаются особенности построения твердотельных элементов на основе команды **«Вытягивание»** в Siemens NX?

5 Для чего предназначена команда **«Проецирование кривой»** в режиме построения эскиза?

6 Каким образом осуществляется принудительное наложение ограничений на геометрические объекты эскиза?

7 Как осуществляется сохранение файлов моделей в Siemens NX?

8 В чем заключаются особенности построения твердотельных элементов на основе команды **«Вращение»** в Siemens NX?

9 В чем заключаются особенности построения вырезов на существующей твердотельной геометрии в Siemens NX?

10 Каким образом осуществляется скругление ребер твердотельных элементов в Siemens NX?

## 2 Лабораторная работа № 2. Разработка 3D-моделей сборок в системе Siemens NX

**Цель работы:** ознакомление с основными принципами и практическим освоением методики проектирования 3D-моделей сборок в системе Siemens NX с применением библиотеки повторного использования.

### *Краткие сведения*

Моделирование сборочных единиц и их анализ являются одними из важных составляющих процесса проектирования изделий с использованием САПР. На данном этапе все модели деталей (возможно, созданные разными проектировщиками) собираются и увязываются в общий состав изделия. Для решения подобных задач в системе Siemens NX имеется два модуля – «Сборки» и «Расширенные сборки», входящие в состав одного приложения.

Модуль «Сборки» включает в себя инструменты по созданию моделей сборочных единиц, позиционированию компонентов и наложению связей между ними, а модуль «Расширенные сборки» позволяет производить анализ массы, создавать последовательности сборки и разборки и т. д.

Модель сборочной единицы в системе Siemens NX представляет собой файл, содержащий ссылки на другие модели, являющиеся компонентами сборки. При этом любая модель детали технически может содержать элементы сборки, также как и любая модель сборочной единицы может включать в себя не только ссылки на ранее созданные компоненты, но и конструктивные элементы, созданные непосредственно в модели сборки.

Загрузка компонентов сборки – их состояния, используемые версии, а также, как они отображаются на экране, – определяется опциями загрузки, которые задаются во время открытия сборки или предопределяются для конкретной сборки в виде файла с опциями.

### *Порядок выполнения работы*

1 На основании построенных деталей и приложения А произвести сборку деталей, включая элементы библиотеки стандартных изделий.

2 В системе Siemens NX во вкладке «Файл» выбрать пункты «Новый» > «Сборка» > «ОК».

3 Во вкладке «Добавить компонент», расположенной на инструментальной панели «Сборки», задать позиционирование компонента (для первой модели – «Начало абсолютной системы координат», для последующих – «Выберите начало») и во вкладке «Открыть» указать место хранения компонента, после чего вставить компонент в сборку. Таким образом, последовательно вставляются все модели, построенные при выполнении первой лабораторной работы, в рабочее пространство программы, совместив начало координат первой детали с началом координат сборки.

4 Активизировать вкладку «**Сопряжения сборки**», расположенную на инструментальной панели «**Сборки**», после чего последовательно наложить сопряжения на компоненты сборки таким образом, чтобы получилась сборочная единица.

5 Открыть навигатор «**Библиотека повторного использования**» на панели ресурсов. Последовательно разворачивают вкладки «**Reuse Examples**» > «**Standard Parts**» > «**ANSI Metric**».

6 Сохранить модель сборки на компьютере в папку, где хранятся модели деталей, выбирая последовательно «**Файл**» > «**Сохранить как ...**». В названии файла использовать буквы только английского алфавита.

7 Составить отчет. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист, цель выполнения работы, сведения о программном и техническом обеспечении, номер варианта задания, графическое представление результатов моделирования, выводы по работе. Результаты моделирования сохраняют на компьютере в папке, где находятся файлы 3D-моделей деталей, входящих в сборку.

### *Контрольные вопросы*

- 1 Что представляет собой панель быстрого доступа в Siemens NX?
- 2 Что собой представляют верхняя и нижняя панели инструментов в рабочем окне Siemens NX?
- 3 Каким образом осуществляется вставка компонентов в сборку в режиме ее создания «снизу-вверх»?
- 4 Какие инструменты Siemens NX используются для позиционирования компонентов сборки относительно друг друга?
- 5 Как осуществляется вставка подборок в текущий файл сборки Siemens NX?
- 6 Что представляет собой библиотека повторного использования в Siemens NX?
- 7 Какими способами можно переместить компонент сборки в Siemens NX?
- 8 Применение сопряжения «**Угол**» в системе Siemens NX.
- 9 Применение сопряжения «**Центр**» в системе Siemens NX.
- 10 Каким образом зафиксировать компонент сборки в системе Siemens NX?
- 11 Каких степеней свободы компонента лишает сопряжение «**Концентричность**»?
- 12 Каких степеней свободы компонента лишает сопряжение «**Расстояние**»?



### **3 Лабораторная работа № 3. Разработка управляющих программ для токарных станков с ЧПУ в системе Siemens NX**

**Цель работы:** ознакомление с основными принципами и практическое освоение методики разработки управляющих программ для токарных станков с ЧПУ в системе Siemens NX.

#### ***Краткие сведения***

Усложнение деталей, а также появление нового класса станков – токарно-фрезерных многофункциональных обрабатывающих центров – ведет к высокой концентрации операций, меняющей традиционную технологию токарной обработки. Эффективная эксплуатация таких станков требует и эффективного их программирования, что невозможно без использования САМ-системы. Актуальным становится контроль столкновений инструмента, детали, узлов станка, отслеживание текущего состояния заготовки (ЗвПО) между операциями, ассоциативная передача ЗвПО между токарными и фрезерными операциями, операции управления узлами станка, не содержащими траектории перемещения инструмента (перехват детали в контршпиндель, управление люнетом и др.).

#### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Получить задание от преподавателя (наименование детали, 3D-модель которой была разработана на предыдущих занятиях).
- 2 Разработать 3D-модель заготовки.
- 3 Разработать программу обработки детали в системе Siemens NX.
- 4 Постпроцессировать разработанную программу в формат G-кода токарного станка.
- 5 С помощью учебного мастера подготовить токарный центр к обработке (загрузить выбранный преподавателем вариант управляющей программы, установить режущие инструменты и др.).
- 6 Произвести механическую обработку заготовки на токарном центре.
- 7 Произвести замеры линейных размеров полученной детали и сравнить полученные значения с чертежом детали.
- 8 Составить отчет. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист, цель выполнения работы, сведения о программном и техническом обеспечении, чертежи детали и заготовки, управляющую программу в формате G-кода, результаты замера обработанной на токарном центре детали, выводы.

#### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каким образом можно задать систему координат токарного станка в системе Siemens NX?
- 2 Каким образом можно задать заготовку и деталь в системе Siemens NX?

- 3 Создание сечения токарной обработки в системе Siemens NX.
- 4 Какие данные указываются во вкладке «Маневрирование»?
- 5 Каким образом наложить 3D-модель заготовки на деталь?
- 6 Перечислите основные виды токарных переходов (операций), доступных в системе Siemens NX.
- 7 Последовательность создания перехода (операции) на примере черного наружного точения.
- 8 Последовательность создания инструмента для токарной обработки в системе Siemens NX.
- 9 Изменение траектории подвода и отвода резца в системе Siemens NX.
- 10 Задание режимов резания токарной обработки в системе Siemens NX.

#### **4 Лабораторная работа № 4. Разработка управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ в системе Siemens NX**

**Цель работы:** ознакомление с основными принципами и практическое освоение методики разработки управляющих программ для фрезерных станков с ЧПУ в системе Siemens NX.

##### ***Краткие сведения***

Часто корпусные детали требуют механической обработки с разных сторон, при этом обработка может выполняться как за несколько установов на разных станках, так и за один установ при наличии 5-осевого станка. В последнем случае речь идет о 5-осевой позиционной механической обработке или о 3 + 2-осевой обработке. При этом методика проектирования операций в системе Siemens NX не меняется, отличия проявляются только в иерархии геометрических групп и их параметрах. Как показывает статистика, около 70 % 5-осевых станков используются именно для 5-осевой позиционной обработки. Производителей привлекает возможность обработки сложных изделий с одного установа, что существенно повышает производительность, точность, исключает возможность ошибок при смене программ и перепозиционировании, а необходимыми условиями для этого послужили снижение цен на 5-осевые станки и доступное программирование таких операций в системах подготовки программ для станков с ЧПУ. При этом виде обработки поворотные движения выполняются вне процесса резания. Это как бы набор 3-осевых траекторий, выполняемых для разного положения оси инструмента. В этом случае жесткость технологической системы существенно выше, т. к. поворотные оси зажаты в процессе резания.

Однако данные станки могут использоваться и для 3-координатной обработки. Такой вид обработки очень востребован для изготовления формообразующих элементов оснастки – пресс-форм и штампов, при этом для разработки управляющей программы (УП) применяют так называемые контурные опера-

ции. Контурные операции используют управляющую геометрию, которая задается самыми различными объектами (поверхностями, кривыми/ребрами, точками и др.). На основе управляющей геометрии система формирует набор точек, называемых «**Массивом управляющих точек**» или «**Управляющим шаблоном**». Далее поочередно в эти точки помещается инструмент и проецируется вдоль заданного направления на обрабатываемую геометрию (деталь). В процессе проецирования осуществляется поиск точки контакта инструмента с деталью. В траекторию движения инструмента (и далее в управляющую программу) выводится центральная точка инструмента. Эти точки и формируют траекторию. Важно понимать, что эти точки не обязательно лежат на обрабатываемой геометрии. Проецирование может выполняться различными способами. В 3-осевой обработке ось инструмента обычно параллельна оси Z, и проецирование чаще выполняется вдоль оси Z. Эти операции еще называют операциями с фиксированной осью инструмента (отсюда и префикс FIXED в названии операции).

### ***Порядок выполнения работы***

- 1 Получить задание от преподавателя.
- 2 На основании методики, предложенной преподавателем, разработать программу обработки детали в системе Siemens NX.
- 3 Постпроцессировать разработанную программу в формат G-кода фрезерного станка.
- 4 С помощью учебного мастера подготовить вертикально-фрезерный обрабатывающий центр к обработке (загрузить выбранный преподавателем вариант управляющей программы, установить режущие инструменты и др.).
- 5 Произвести механическую обработку заготовки на вертикально-фрезерном обрабатывающем центре.
- 6 Произвести замеры линейных размеров полученной детали и сравнивают полученные значения со значениями на чертеже детали.
- 7 Составить отчет. Отчет по лабораторной работе должен содержать титульный лист, цель выполнения работы, сведения о программном и техническом обеспечении, чертежи детали и заготовки, управляющую программу в формате G-кода, результаты замера детали, обработанной на вертикально-фрезерном обрабатывающем центре DMU 50 ecoline, выводы.

### ***Контрольные вопросы***

- 1 Каким образом задать систему координат фрезерного станка в системе Siemens NX?
- 2 Способы задания геометрии заготовки в системе Siemens NX.
- 3 Перечислите основные виды фрезерных переходов (операций), доступных в системе Siemens NX.
- 4 Последовательность создания перехода (операции) на примере глубинного фрезерования.

- 5 Последовательность создания инструмента для фрезерной обработки в системе Siemens NX.
- 6 Задание режимов резания фрезерной обработки в системе Siemens NX.
- 7 Верификация (проверка траектории) в системе Siemens NX.
- 8 Редактирование переходов (операций) в системе Siemens NX.
- 9 Постпроцессирование в системе Siemens NX.
- 10 Создание цеховой документации в системе Siemens NX.

### **Список литературы**

- 1 **Берлинер, Э. М.** САПР технолога-машиностроителя: учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2017. – 336 с.
- 2 **Сазонов, Г. Г.** Основы автоматического управления : учебное пособие / Г. Г. Сазонов. – Старый Оскол : ТНТ, 2016. – 236 с.
- 3 **Данилов, Ю. В.** Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
- 4 **Ведмидь, П. А.** Программирование обработки в NX CAM / П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. – Москва: ДМК Пресс, 2014. – 304 с.

## Приложение А (обязательное)

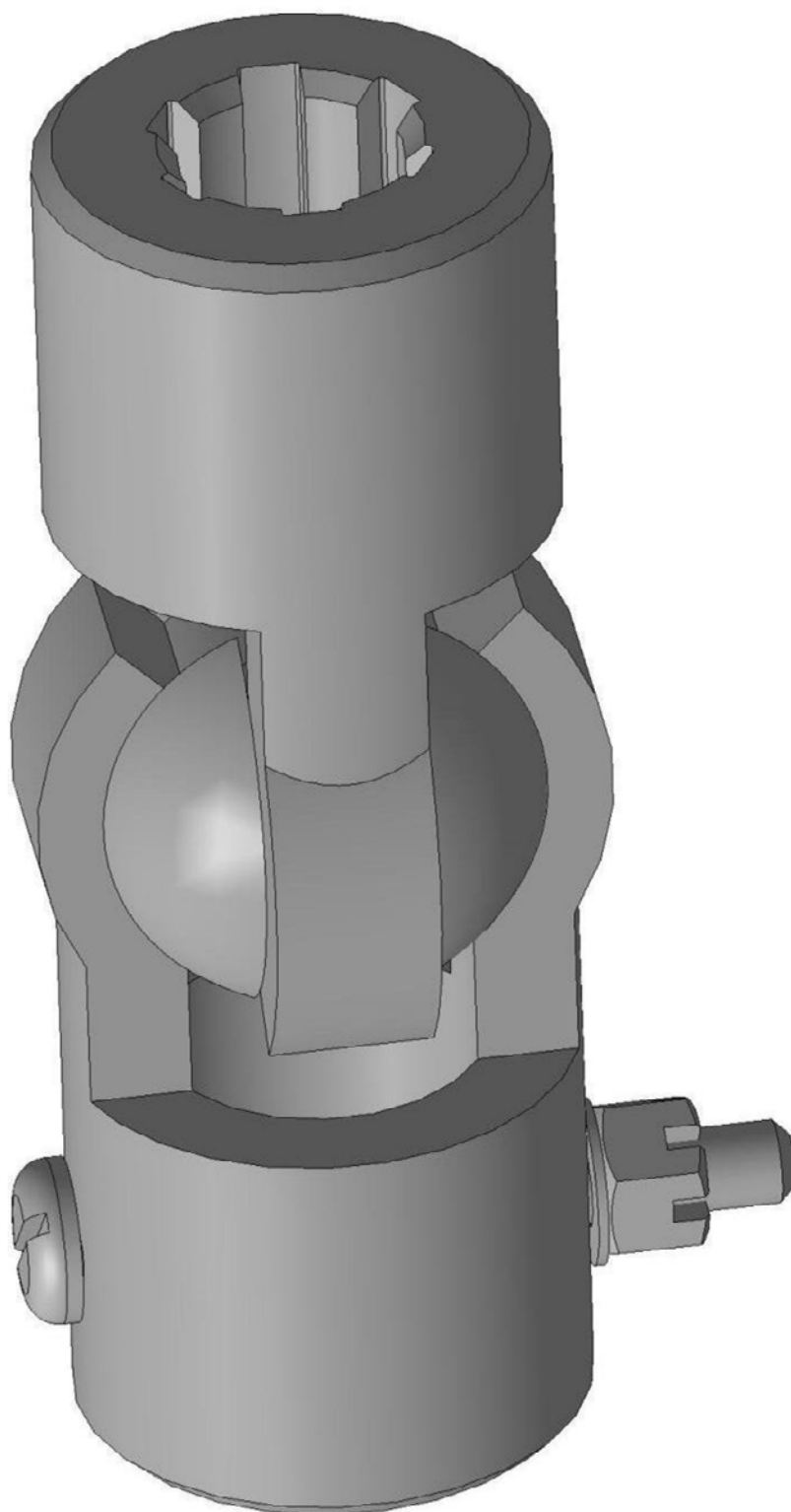


Рисунок А.1 – 3D-модель сборочной единицы «Узел шарнирный»

## Приложение Б (обязательное)

Таблица Б.1 – Варианты заданий для сборочной единицы «Узел шарнирный»

Номер варианта	Размер, мм						
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
1	20	35	18	28	25	8	23
2	21	37	19	29	26	8	24
3	22	39	20	30	27	8	25
4	23	40	21	31	28	8	26
5	24	42	22	32	29	8	27
6	25	44	23	33	30	8	28
7	26	46	24	34	31	8	29
8	27	48	25	35	32	8	30
9	28	50	26	36	33	8	31
10	29	52	27	37	34	8	32
11	30	54	28	38	35	9	33
12	31	56	29	39	36	9	34
13	32	58	30	40	37	9	35
14	33	60	31	41	38	9	36
15	34	62	32	42	39	9	37
16	35	64	33	44	40	9	38
17	36	66	34	46	42	9	40
18	37	68	35	48	44	9	42
19	38	70	36	50	46	9	44
20	39	72	37	52	48	9	46
21	40	74	38	54	50	10	48
22	41	76	39	56	52	10	50
23	42	78	40	58	54	10	52
24	43	80	41	60	56	10	54
25	44	82	42	62	58	10	56
26	45	84	43	64	60	10	58
27	46	86	44	66	62	10	60
28	47	88	45	68	64	10	62
29	48	90	46	70	66	10	64
30	49	92	47	72	68	10	66

## Приложение В (обязательное)

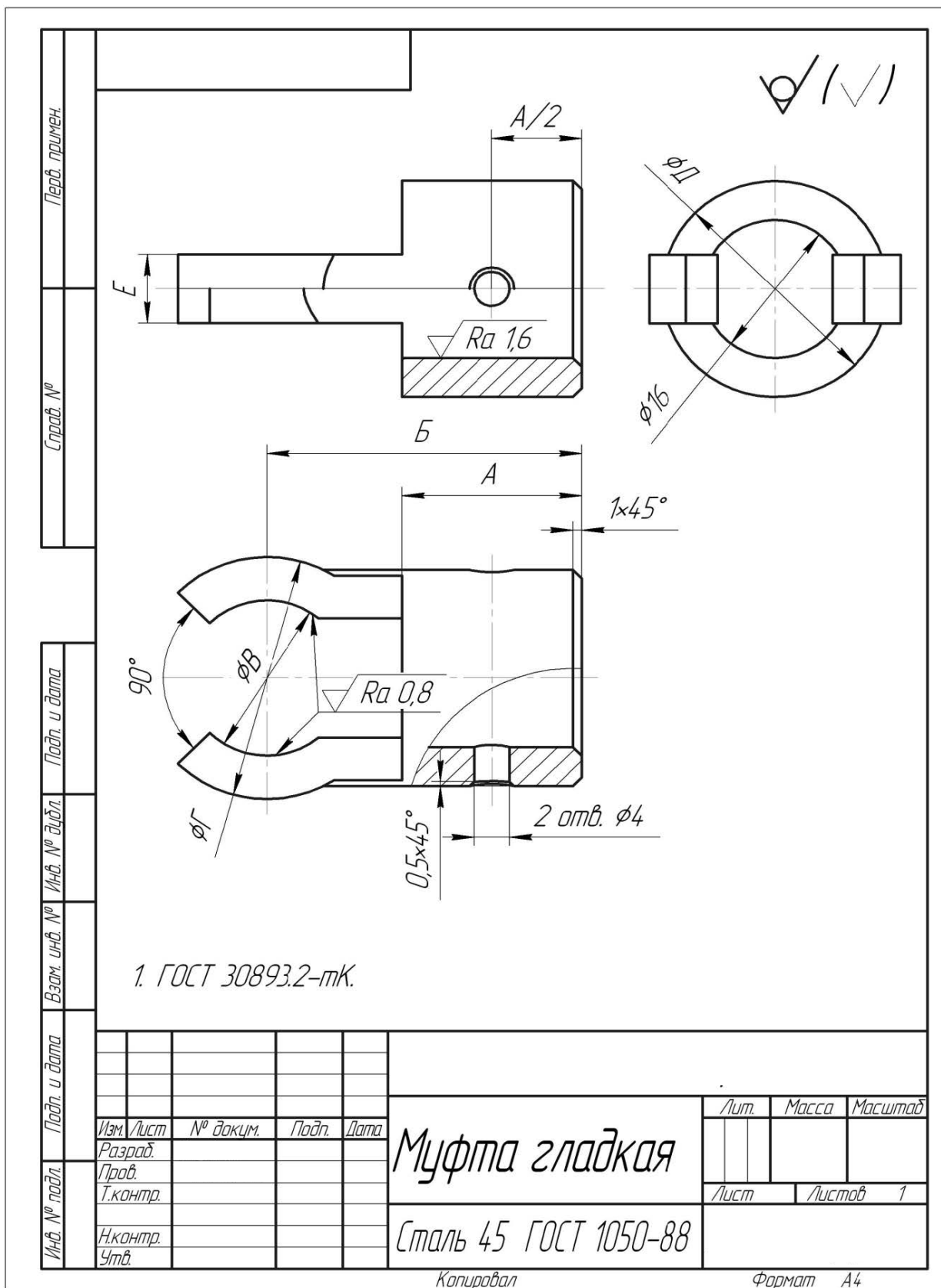


Рисунок В.1 – Образец задания «Муфта гладкая»

## Приложение Г (обязательное)

Перв. примен.					Справ. №					Подп. и дата					Инв. № дилл.					Взам инв. №	1. ГОСТ 30893.2-МК.				Инв. № подл.				
✓ (✓)																													
Подп. и дата																													
Инв. № подл.																													
Н.контр.																													
Утв.																													
<b>Шарик</b>										Лист		Масса		Масштаб															
										0,03		2,5:1																	
Сталь 45 ГОСТ 1050-88										Лист		Листов		1															
Копировал										Формат		А4																	

Рисунок Г.1 – Образец задания «Шарик»



