

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Методические рекомендации к курсовому проектированию  
для студентов специальности  
6-05-0722-05 «Производство изделий на основе  
трехмерных технологий»  
очной формы обучения*



Могилев 2026

УДК 621.91  
ББК 34.6  
О22

Рекомендовано к изданию  
учебно-методическим отделом  
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «23» февраля 2026 г.,  
протокол № 9

Составитель Е. Ю. Демиденко

Рецензент канд. техн. наук А. С. Федосенко

Методические рекомендации к курсовому проектированию предназначены для студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» очной формы обучения. Даны рекомендации по выполнению всех разделов проекта.

Учебное издание

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск | М. А. Рабыко     |
| Корректор               | А. Т. Червинская |
| Компьютерная верстка    | М. М. Дударева   |

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 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, 2026

## Содержание

|                                               |    |
|-----------------------------------------------|----|
| 1 Цели и задачи курсового проектирования..... | 4  |
| 2 Объем и содержание курсового проекта.....   | 4  |
| 3 Пояснительная записка.....                  | 5  |
| 4 Графическая часть.....                      | 9  |
| Список литературы.....                        | 13 |

## 1 Цели и задачи курсового проектирования

Цель курсового проектирования – научить студентов проектировать технологическое оборудование на основе современных достижений машиностроения в области трехмерных технологий.

Задачи курсового проектирования:

- подбор приводов подач, главного и вспомогательного движения технологического модуля на основе режимов обработки (печати) и исходных данных;
- расчет и проектирование узлов технологического модуля для обработки (печати) детали;
- разработка кинематической схемы и компоновки технологического модуля.

Следует отметить, что в ходе проектирования рекомендуется на основе анализа разработать рациональный технологический процесс, использовать современное высокопроизводительное оборудование, прогрессивные конструкции различных автоматических устройств и обрабатывающих (печатающих) инструментов.

## 2 Объем и содержание курсового проекта

Темой курсового проекта может быть разработка технологического модуля для обработки корпуса (штулки, основания и т. п.).

Курсовой проект включает в себя пояснительную записку и графическую часть.

Объем пояснительной записки составляет не менее 30–40 листов формата А4 без учета приложения.

Пояснительная записка включает следующее:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект;
- содержание;
- теоретическую часть:
  - а) введение;
  - б) назначение и конструкцию детали;
  - в) выбор технологий, обоснование принятых решений;
- практическую часть:
  - а) компоновку и кинематику технологического модуля;
  - б) расчет режимов и силовых параметров процесса обработки (3D-печати);
- проектную часть:
  - а) расчет элементов технологического модуля;
- заключение;
- список литературы;

– приложения.

Объем графической части проекта составляет четыре листа формата А1. Графическая часть, как правило, содержит следующее:

- чертеж детали (формат А1);
- чертеж кинематической схемы технологического модуля (формат А1);
- сборочный чертеж силового узла (формат А1);
- чертеж общего вида технологического модуля (формат А1).

Объем и содержание проекта на основе методических рекомендаций определяет руководитель проекта и записывает в задание на курсовой проект.

## **3 Пояснительная записка**

### ***3.1 Требования к оформлению пояснительной записки***

Пояснительная записка печатается на принтерном устройстве ЭВМ на листах формата А4 в соответствии с ГОСТ 2.105–95.

Первым листом документа является титульный лист, вторым – лист задания на курсовое проектирование, третьим – первый лист содержания документа с основной надписью, выполненной по форме 2 ГОСТ 2.104–2006. Все последующие листы, кроме чертежей, выполняются с основной надписью 2а того же ГОСТа. В графу 2 основной надписи записывается код (обозначение) документа. Порядок кодирования чертежей и пояснительной записки приведен в разд. 4 «Обозначение чертежей».

Слово «Содержание» записывается в виде заголовка (симметрично тексту) с прописной буквы. Названия разделов, включенных в содержание, записывают строчными буквами, начиная с прописной буквы.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строки – не менее 3 мм.

Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней линии рамки должно быть не менее 10 мм.

Текст записки делят на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится.

Разделы должны иметь заголовки. Заголовки следует печатать с прописной буквы без точки в конце, строчными буквами, полужирным шрифтом размером на 1–2 пункта больше, чем в основном тексте, не подчеркивая.

Заголовки подразделов печатают с абзацного отступа строчными буквами (кроме первой прописной) полужирным шрифтом размером шрифта основного текста.

Пункты, как правило, заголовков не имеют. При необходимости заголовков пункта печатают с абзацного отступа полужирным шрифтом размером шрифта основного текста.

Расстояние между заголовками (за исключением заголовка пункта) и текстом должно составлять 2 межстрочных интервала. Если между двумя заголовками текст отсутствует, то расстояние между ними устанавливается в 1,5–2 межстрочных интервала.

Каждую структурную часть документа следует начинать с нового листа. Страницы нумеруются арабскими цифрами, которые проставляют в последней графе основной надписи листа без точки в конце. Каждая из формул пишется в документе на отдельной строке симметрично основному тексту. Расчеты, выполненные по приведенной формуле, записываются на следующей строке. Промежуточные результаты не записываются.

Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулы, должны быть приведены непосредственно под формулами. Пояснение каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формулах. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

**Пример** – Минутная подача  $S_m$ , мм/мин, рассчитывается по формуле

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (3.1)$$

где  $S_o$  – подача на оборот детали, мм/об;

$n$  – частота вращения детали, мин<sup>-1</sup>.

Иллюстрации (пояснительные рисунки, схемы) должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Их следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать иллюстрации в пределах раздела. В этом случае номер иллюстрации состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают симметрично полю иллюстрации, например: Рисунок 3.1 – Схема расположения операционных припусков.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблицы.

Таблицы слева и справа, снизу и сверху ограничивают линиями. Линии, ограничивающие формат листа, не могут служить линиями таблицы.

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице.

Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны документа на отдельной странице.

Если строки или графы таблицы выходят за формат страницы, ее делят на части, помещая одну часть под другой или рядом, при этом в каждой части таблицы повторяют ее головку и боковик. При делении таблицы на части допускается ее головку или боковик заменять соответственно номером граф и строк. При этом нумеруют арабскими цифрами графы и (или) строки первой части таблицы.

Если в конце страницы таблица прерывается и ее продолжение будет на следующей странице, в первой части таблицы нижнюю горизонтальную линию, ограничивающую таблицу, не проводят.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается.

Слово «Таблица» указывают один раз слева над первой частью таблицы, над другими частями пишут «Продолжение таблицы» с указанием её номера.

Если все показатели в графах таблицы выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение необходимо помещать над таблицей справа, а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

### ***3.2 Введение***

Во введении приводятся особенности выполняемого проекта, технический уровень используемых приводов, датчиков и иных устройств. Дается авторская оценка уровня технологических и конструкторских разработок, их особенностей и отличительных характеристик. Приводятся исходные данные.

Введение, как правило, не должно превышать одной страницы текста.

### ***3.3 Назначение и конструкция детали***

В разделе приводятся служебное назначение детали, её место в сборочной единице, класс детали, основные конструктивные элементы и наиболее ответственные поверхности с указанием требуемой точности и шероховатости, а также марка материала.

### ***3.4 Выбор технологий, обоснование принятых решений***

В разделе приводятся обзор литературных источников и патентно-информационное исследование, а также обоснование выбора технологического маршрута обработки (3D-печати).

### ***3.5 Компонировка и кинематика технологического модуля***

На данном этапе формируются технологические переходы обработки (3D-печати), выбирается обрабатывающий (печатающий) инструмент, приспособления и определяется компоновка технологического модуля. На основании изученных патентов, информации, изложенной в периодических изданиях или в других источниках технической литературы, студент должен предложить компоновку технологического модуля. При разработке кинематической схемы устанавливают структуру, кинематические связи узлов и модуля в целом.

### ***3.6 Расчет режимов и силовых параметров процесса обработки (3D-печати)***

В данном разделе подробно рассчитываются режимы обработки (3D-печати) на технологических переходах, выполнение которых предусмотрено с использованием проектируемого технологического модуля. Расчет режимов резания можно произвести при помощи калькуляторов режимов резания от производителей режущего инструмента, доступных в сети Интернет ([www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com), [www.iscar.com](http://www.iscar.com), [www.mitsubishicarbide.com](http://www.mitsubishicarbide.com), [www.walter-tools.com](http://www.walter-tools.com) и др.). Расчет режимов 3D-печати можно произвести при помощи программ-слайсеров (Cura, Creaality Print и др.)

Расчет режимов обработки (3D-печати) для технологических переходов начинается с описания исходных условий обработки (3D-печати), которые включают:

- наименование и краткое содержание технологического перехода;
- наименование обрабатывающего (печатающего) инструмента или узла и его основные характеристики.

Силы и мощности, действующие при обработке (3D-печати), рассчитываются с учетом режимов обработки (3D-печати). По полученным значениям режимов и силовых параметров процесса обработки (3D-печати) подбирается привод главного движения на технологическом переходе.

После выбора модели привода главного движения в пояснительной записке приводится его техническая характеристика.

### ***3.7 Расчет элементов технологического модуля***

Основные параметры передач, предложенных при проектировании технологического модуля, рекомендуется рассчитывать по [1–8]. Производится кинематический расчет силовых модулей.

При разработке технологического модуля изучают конструкцию аналогичных отечественных и зарубежных обрабатывающих (печатающих) модулей, стандарты, регламентирующие основные размеры узлов, их точность, а также источники литературы, в которых рассмотрены вопросы проектирования обрабатывающих (печатающих) модулей.

При согласовании с руководителем проекта можно произвести подбор некоторых элементов технологического модуля из готовых решений. После выбора элемента технологического модуля в пояснительной записке приводится его техническая характеристика.

В подбор элементов технологического модуля включается выбор промышленного робота, если это предусмотрено разработанной компоновкой.

### ***3.8 Заключение***

В разделе содержатся общие выводы по курсовому проекту. Отражается использование новых высокопроизводительных методов обработки (3D-печати), нового автоматизированного оборудования, инструмента и приспособлений.

## 4 Графическая часть

### 4.1 Обозначение чертежей

В курсовом проекте принята следующая структура обозначения чертежей (рисунок 4.1).

| КП.             | 000.                         | 00.                                               | 00.           | 00                     | XX                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Курсовой проект | Номер группы (231, 241, ...) | Шифр (две последние цифры номера зачетной книжки) | Номер чертежа | Номер детали (позиции) | Вид конструкторского документа:<br>КЗ – схема кинематическая;<br>СБ – сборочный чертеж;<br>ВО – чертеж общего вида. |

Рисунок 4.1 – Схема обозначения чертежей

Номера чертежей (предпоследняя группа цифр) присваиваются следующим образом:

- чертеж детали – 01;
- чертеж кинематической схемы технологического модуля – 02;
- сборочный чертеж силового узла – 03;
- чертеж общего вида технологического модуля – 04.

Например, студент гр. ПИТТ-231, имеющий зачетную книжку № 041242, выполняющий проект на тему «Разработка технологического модуля для обработки корпуса 11.22.33», обозначает чертежи курсового проекта следующим образом.

КП.231.42.01.00 – Корпус.

КП.231.42.02.00 КЗ – Модуль технологический. Схема кинематическая.

КП.231.42.03.00 СБ – Узел силовой. Сборочный чертеж.

КП.231.42.04.00 ВО – Модуль технологический. Вид общий.

В пояснительной записке на всех листах записывается обозначение детали и буквы ПЗ, например, КП.231.42.01.00 ПЗ.

### 4.2 Чертеж детали

Чертеж детали должен соответствовать требованиям действующих стандартов ЕСКД.

Перед вычерчиванием исходный чертеж детали, выданный с заданием на курсовой проект, должен быть тщательно отредактирован в одной из систем автоматизированного проектирования (AutoCAD, КОМПАС-3D или др.).

Технические требования в отредактированном виде записываются в такой

последовательности:

- требования к материалу детали, заготовке и термической обработке;
- требования к качеству поверхности детали, покрытию, отделке, окраске и др.;
- некоторые размеры с их допускаемыми предельными отклонениями от номинальных размеров;
- отклонения формы и взаимного расположения поверхностей детали, не имеющие условных обозначений;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила транспортирования и хранения;
- особые условия эксплуатации;
- ссылки на другие документы, содержащие технические требования к данному изделию, но не приведенные на чертеже (стандарты, технические условия, инструкции и т. п.);
- сведения о неуказанных предельных отклонениях размеров и неуказанных технических требованиях записывают в виде: «Общие допуски по ГОСТ 30893.1–2002:  $H14$ ,  $h14$ ,  $\pm IT14/2$ », «Остальные технические требования по СТБ 1014–95».

Заголовок «Технические требования» на чертеже не пишут.

### ***4.3 Чертеж кинематической схемы технологического модуля***

Схема – графический конструкторский документ, на котором условными изображениями и обозначениями показывают составные части изделия и связи между ними. Схемы выполняют в соответствии с требованиями, установленными ГОСТ 2.701–2008.

В зависимости от характера элементов, входящих в состав изделия, и связей между ними, схемы делят на виды: кинематическая – К; электрическая – Э; гидравлическая – Г; пневматическая – П и др.

Под элементом схемы понимают составную часть схемы, которая выполняет определенную функцию в изделии, не может быть разделена на части, имеет самостоятельное функциональное назначение.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба и без учета действительного пространственного расположения составных частей изделия. Элементы схем изображают условными графическими знаками.

Графические обозначения элементов и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии ее составных частей.

Связь между элементами показывают линиями связи, которые условно представляют валы, трубопроводы, кабели и т. д. Как правило, схемы вычерчивают в виде развертки с совмещением всех осей в одной плоскости, но допускается вычерчивание схем в аксонометрических проекциях.

Кинематические схемы выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.703–2011. В зависимости от основного назначения кинематические схемы подразделяют на следующие типы:

- структурные, обозначение 1;
- функциональные, обозначение 2;
- принципиальные, обозначение 3.

При обозначении схемы буквы пишут перед цифрами.

Наибольшее распространение имеют принципиальные кинематические схемы. На них должна быть представлена вся совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления, регулирования, управления и контроля заданных движений исполнительных органов; должны быть отражены кинематические связи (механические и немеханические), предусмотренные внутри исполнительных органов, между отдельными парами, цепями и группами, а также связи с источником движения.

Все элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями или упрощенно в виде контурных очертаний. Взаимное расположение элементов на кинематической схеме должно соответствовать исходному, среднему или рабочему положению исполнительных органов механизма.

Допускается, не нарушая ясности схемы:

- переносить элементы вверх или вниз от их истинного положения, выносить их за контур изделия, не меняя положения;
- поворачивать элементы в положения, наиболее удобные для изображения.

В этих случаях сопряженные звенья (пары), вычерченные отдельно, соединяют штриховой линией.

Механизмы, отдельно собираемые и самостоятельно регулируемые, как правило, изображают на принципиальных кинематических схемах изделия без внутренних связей (например, электродвигатель, насос). Схему каждого такого механизма изображают в виде выносного элемента на принципиальной схеме изделия или выполняют отдельным документом, ссылку на который помещают на схеме изделия.

Каждому кинематическому элементу, изображенному на схеме, присваивают порядковый номер, начиная с источника движения или буквенно-цифровые позиционные обозначения, в которых буквой указывают группу элементов, а цифрой – порядковый номер элемента в группе. Например, буквы можно присваивать: В – валам; М – источникам движения; Х – муфтам; Т – элементам зубчатых и фрикционных механизмов; К – элементам рычажных механизмов и т. д.

Валы допускается нумеровать римскими цифрами, остальные кинематические элементы нумеруют только арабскими цифрами. Порядковый номер элемента проставляют на полке линии-выноски. Под полкой линии-выноски указывают основные характеристики и параметры кинематического

элемента, где приведен перечень элементов, их позиционные обозначения, количество и зона расположения на чертеже.

Условные графические обозначения элементов машин и механизмов, а также характер и направление движения в схемах, изображенных в ортогональных проекциях, определяются соответствующими стандартами.

#### ***4.4 Сборочный чертеж силового узла***

Сборочный чертеж – это конструкторский документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

Сборочный чертеж силового узла должен соответствовать требованиям действующих стандартов ЕСКД. Студент по согласованию с руководителем выполняет чертеж одного из рассчитанных в пояснительной записке приводов.

Сборочный чертеж силового узла должен содержать:

- изображение сборочной единицы;
- необходимые размеры:

а) габаритные размеры изделия (размеры, определяющие внешние очертания изделия);

б) установочные и соединительные размеры (размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливается на месте монтажа или присоединяется к другому изделию);

в) размеры и другие параметры, выполняемые или контролируемые по данному чертежу;

г) размеры, определяющие положение составных частей изделия относительно друг друга (например, при сварке, клейке, пайке);

д) другие необходимые справочные размеры;

- номера позиций;
- технические требования;
- техническую характеристику изделия (при необходимости).

Количество изображений должно быть наименьшим, но достаточным для представления расположения и взаимной связи составных частей и обеспечивающим возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

Сборочные чертежи выполняют, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД.

#### ***4.5 Чертеж общего вида технологического модуля***

Чертеж общего вида – это проектный документ, в котором зафиксирована информация, необходимая для понимания общего вида и расположения элементов проектируемой конструкции.

Чертеж общего вида, согласно ГОСТ 2.119–2013 и ГОСТ 2.120–2013, должен иметь:

- изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;
- наименования, а также обозначения (если они имеются) тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале, принципе работы и др.) или ссылка на которые необходима для пояснения изображений чертежа общего вида, описания принципа работы изделия, указания о составе и др.;
- размеры и другие, наносимые на изображения, данные (при необходимости);
- схему (электрическую, гидравлическую и др.), если она необходима, но оформлять ее отдельным конструкторским документом нецелесообразно;
- технические характеристики изделия;
- указания о выбранных посадках деталей (размеры и предельные отклонения сопрягаемых поверхностей следует наносить по ГОСТ 2.307);
- технические требования к изделию.

## Список литературы

- 1 **Демидов, А. В.** Прототипирование деталей машин : учеб. пособие / А. В. Демидов. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 100 с.
- 2 **Овтов, В. А.** Детали машин. Курсовое проектирование : учеб. пособие / В. А. Овтов. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 323 с.
- 3 **Чернавский, С. А.** Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2025. – 414 с.
- 4 **Гуревич, Ю. Е.** Расчет и основы конструирования деталей машин : учебник : в 2 т. Т. 1 : Исходные положения. Соединения деталей машин. Детали передач / Ю. Е. Гуревич, А. Г. Схиртладзе. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2024. – 240 с.
- 5 **Гуревич, Ю. Е.** Расчет и основы конструирования деталей машин : учебник : в 2 т. Т. 2 : Механические передачи / Ю. Е. Гуревич, А. Г. Схиртладзе. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2026. – 248 с.
- 6 **Жуков, В. А.** Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач : учеб. пособие / В. А. Жуков. – 2-е изд. – М. : ИНФРА-М, 2025. – 416 с.
- 7 **Гусев, В. В.** Основы мехатронных систем : учеб. пособие / В. В. Гусев, А. Д. Молчанов, С. А. Поезд ; под общ. ред. д. т. н., проф. В. В. Гусева. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 128 с.
- 8 **Мехатроника и робототехника** : учеб. пособие / И. А. Несмиянов, А. Г. Иванов, А. С. Матвеев, Н. С. Воробьева. – Волгоград : Волгоград. гос. аграр. ун-т, 2024. – 88 с.