

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании

Учебно-методическое пособие

Под редакцией В.А. Городничева



Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании

Учебно-методическое пособие

Под редакцией В.А. Городничева



УДК 744.43
ББК 30.11
Р17

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://bmstu.press/catalog/item/7706/>

Факультет «Радиоэлектроника и лазерная техника»
Кафедра «Элементы приборных устройств»

Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия

Авторы:

Е.А. Перминова, А.А. Буцев, С.Е. Иванов, Н.И. Нарыкова

Рецензенты:

В.Н. Герди, С.Ф. Коновалов

Р17 **Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании** : учебно-методическое пособие / [Е. А. Перминова и др.] ; под ред. В. А. Горюничева. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2022. — 138, [2] с.: ил.

ISBN 978-5-7038-5920-9

Представлены материалы, необходимые для оформления конструкторской документации на типовые конструкции приборных устройств в объеме задания курсового проекта.

Для студентов 3-го и 4-го курсов МГТУ им. Н.Э. Баумана приборостроительных специальностей.

УДК 744.43
ББК 30.11



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: info@bmstu.press

ISBN 978-5-7038-5920-9

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022

Учебное издание

Перминова Елена Александровна
Буцев Александр Алексеевич
Иванов Сергей Евгеньевич
Нарыкова Наталья Ивановна

Разработка конструкторской документации при курсовом проектировании

Редактор *О.М. Королева*
Художник *Я.М. Асинкритова*
Корректор *Н.В. Савельева*
Компьютерная верстка *Г.Ю. Молотковой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 30.10.2022. Формат 60×90/8.
Усл. печ. л. 17,5. Тираж 432 экз. Изд. № 1051-2021.

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
info@bmstu.press
<https://bmstu.press>

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.
baumanprint@gmail.com

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие разработано для методического обеспечения выполняемых студентами приборостроительных и машиностроительных специальностей заданий при курсовом проектировании по дисциплинам: «Основы конструирования приборов», «Конструирование ОЭП», «Детали машин и приборов», «Детали мехатронных модулей, роботов и основы конструирования».

Работа над курсовым проектом направлена на развитие у студентов инженерного мышления, исследовательского подхода к решению конструкторских задач, а также навыков проектирования с использованием вычислительной техники для расчетов, моделирования и разработки графических документов с использованием графических систем КОМПАС и др. Курсовой проект имеет характер творческой самостоятельной работы. Тематика курсовых проектов включает разработку электромеханических приводов, преобразователей, датчиков и других устройств, характерных для соответствующих специальностей и направлений подготовки.

В пособии в большом объеме приведены примеры выполнения чертежей и другой конструкторской документации, а также справочные данные по элементам передач приборных устройств, материалам, технологической обработке деталей, крепежных элементов и пр. (приложения 2 — 17).

ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Основные термины и определения по проектировочной, и в том числе конструкторской, проработке изделия устанавливаются стандартами ГОСТ 2.101–2016 и ГОСТ Р 21.101–2020.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Структура набора предметов производства по стандарту представляется в виде схемы, приведенной на рис. 1.

В стандартах установлены следующие виды изделий:

- детали;
- сборочные единицы;
- комплексы;
- комплекты.

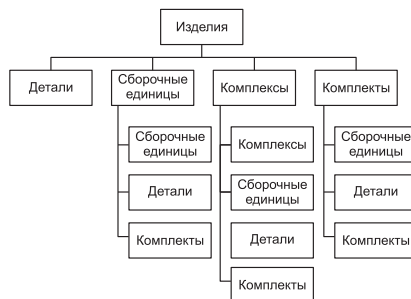


Рис. 1. Виды изделий и их структура

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: вал из одного куска металла, литой корпус (иногда деталью можно считать сварной корпус при нецелесообразности литья).

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями, например, редуктор.

Комплекс — два или более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций.

Комплект — два или более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т.п., комплект и комплект.

В объем курсового проекта не входит разработка комплектов и комплексов приборного устройства (ПУ).

Особенностью работы над курсовым проектом является использование терминов, относящихся к этапам выполнения работ по проектированию изделия как продукта производства.

При курсовом проектировании устройств точного приборостроения этапы выполнения работ можно заменить понятиями **проектирование** или **конструирование приборного устройства**, а термин **изделие** — названиями **приборное устройство** или **разрабатываемая конструкция**.

При работе над курсовым проектом применяется также стандартный термин **составная часть**, которой может быть названа любая деталь или сборочная единица, принадлежащая этой конструкции.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Источниками для разработки *технического задания курсового проекта* по указанным дисциплинам являются аналоги производственно-технической документации новейших разработок ведущих конструкторских бюро (КБ), техническая и учебная литература, а также патенты, авторские свидетельства и тематические инновационные разработки научно-исследовательских работ (НИР) конструкторских бюро факультетов МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ПЕРЕЧЕНЬ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНОГО КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Технические условия (ТУ) — документ, содержащий требования к разрабатываемому приборному устройству, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые указывают и в других конструкторских документах.

С учетом основных требований к содержанию разделов ТУ добавляют следующую информацию:

а) в раздел «Назначение и область применения разрабатываемого изделия» — краткую характеристику области и условий применения изделия;

б) в раздел «Расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции» — ориентировочные расчеты, подтвержда-

ющие работоспособность и надежность изделия (расчеты показателей долговечности, ремонтопригодности, сохранемости и др.).

Техническое предложение (ТП) — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документов ПУ на основании анализа технического задания и различных вариантов возможных решений конструкции с учетом эксплуатационных особенностей разрабатываемого ПУ и существующих аналогов конструкций на основании патентных исследований.

Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного (технического) проекта. Перечень работ, выполняемых на стадии технического предложения, устанавливается на основе технического задания и определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия. Конструкторские документы, разрабатываемые для изготовления макетов, в комплект документов технического предложения не включают. В техническое предложение включают конструкторские документы, предусмотренные техническим заданием по ГОСТ 2.102–2013; объем работ по ГОСТ 2.103–2013, ГОСТ 2.118–2013.

Эскизный проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструкторские решения и давать общее представление об устройстве и принципе работы ПУ, а также данные, определяющие значения основных параметров и габаритных размеров разрабатываемой конструкции. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта и рабочей конструкторской документации. В комплект документов эскизного проекта включают конструкторские документы, в соответствии с ГОСТ 2.102–2013 предусмотренные техническим заданием и техническим предложением, объем работ по ГОСТ 2.119–2013.

Эскизный проект разрабатывается для установления принципиальных (конструктивных, схемных и др.) решений, дающих общее представление о принципе работы и требований. Перечень необходимых работ определяется разработчиком в зависимости от характера и назначения изделия и согласовывается с заказчиком.

При разработке эскизного проекта проводят следующие работы:

- поиск вариантов возможных решений, установление особенностей вариантов (характеристики вариантов составных частей и т. п.);

их конструкторскую проработку (глубина такой проработки должна быть достаточной для сопоставления рассматриваемых вариантов);

- разработку и обоснование технических решений, направленных на обеспечение показателей надежности, установленных техническим заданием и техническим предложением; оценку изделия на технологичность и выбор оптимального варианта (вариантов) изделия, обоснование выбора; принятие принципиальных решений; подтверждение (или уточнение) предъявляемых к изделию требований (технических характеристик, показателей качества и др.), установленных техническим заданием и техническим предложением, и определение технико-экономических характеристик и показателей, не установленных техническим заданием и техническим предложением.

Технический проект — совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения отдельных составных частей и всей конструкции. При разработке технического проекта выполняют работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к ПУ требований и позволяющие получить полное представление о разрабатываемой конструкции, оценить ее соответствие требованиям технического задания, а также технологичность, степень сложности изготовления, способы упаковки, возможности транспортирования и монтажа на месте применения, удобство эксплуатации, целесообразность и возможность ремонта. Технический проект служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации. Технический проект содержит конструкторские документы в соответствии с ГОСТ 2.102–2013, предусмотренные техническим заданием, а также рассмотрения технического предложения и эскизного проекта. Объем работ по ГОСТ 2.120–2013, ГОСТ 2.119–2013.

В общем случае при разработке технического проекта проводят следующие работы:

- разработку конструктивных решений изделия и его основных составных частей;
- выполнение необходимых расчетов, установленных техническим заданием;
- выполнение необходимых принципиальных схем, схем соединений и др.;
- разработку и обоснование технических решений, обеспечивающих показатели надежности, установленные техническим заданием и предшествующими стадиями разработки;

- анализ конструкции изделия на технологичность в условиях данного конкретного производства, в том числе по использованию имеющегося на предприятии оборудования, а также учета в данном проекте требований нормативно-технической документации, действующей на предприятии-изготовителе; выявление необходимого для производства изделий нового оборудования; разработку метрологического обеспечения (выбор средств и методов измерения);

- оценку возможности транспортирования, хранения, а также монтажа изделия на месте его применения;

- оценку эксплуатационных данных изделиям (взаимозаменяемости, удобства обслуживания, ремонтопригодности, устойчивости против воздействия внешней среды, возможности быстрого устранения отказов, контроля качества работы изделия, обеспеченности средствами контроля технического состояния и др.).

Изображения на чертежах выполняют с упрощениями, предусмотренными стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) для рабочих чертежей конструкторской документации (КД). Покупные и заимствованные составные части ПУ изображают в виде контурных очертаний, если при этом обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемой конструкции, взаимодействия ее составных частей и принципа работы ПУ. Расчетно-пояснительную записку технического предложения выполняют по ГОСТ Р 2.102–2019.

ВИДЫ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

К конструкторским документам (КД) относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство конструкции ПУ и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления.

Графическая часть КД включает в себя:

- технические условия — документ, содержащий требования к разрабатываемому приборному устройству, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые указывают и в других конструкторских документах;

- чертеж общего вида — документ, определяющий конструкцию разрабатываемого ПУ, взаимодействие составных частей конструкции и поясняющий принцип работы изделия;

- габаритный чертёж — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение ПУ с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

- кинематическую схему — документ, содержащий графическое изображение конструкции в произвольном масштабе с использованием стандартных условных обозначений конструкции и ее составных частей, отражающий связь между ними; кинематическая схема может быть выполнена либо в аксонометрической, либо в ортогональной проекции по ГОСТ 2.703–2011, ГОСТ 2.770–68 и ГОСТ 2.721–74;

- сборочный чертёж — документ, содержащий изображение чертежа сборки ПУ или чертежей сборочных единиц, а также список технологических рекомендаций, необходимый для сборки (изготовления) и контроля;

- спецификацию — документ, определяющий состав конструкции на последнем этапе сборки или состав сборочной единицы;

- чертежи деталей — документы, содержащие изображение деталей и другие текстовые документы и условные обозначения, соответствующие стандартам, необходимые для ее изготовления и контроля;

- расчетно-пояснительную записку — документ, содержащий описание разрабатываемого ПУ и его принципа действия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений на основании всех необходимых расчетов ГОСТ Р 2.102–2019.

СОДЕРЖАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ТРЕБОВАНИЯ К НЕЙ

Графическая часть курсового проекта включает:

- 1) эскизно-компоновочный чертёж общего вида (формат А1);
- 2) чертёж принципиальной кинематической схемы (формат А2);
- 3) габаритный чертёж (формат А2);
- 4) чертёж общего вида технического проекта (формат А1);
- 5) таблицы перечня составных частей конструкции (формат А4);
- 6) структурную схему сборки (форматы А4, А3);
- 7) общий сборочный чертёж (форматы А2, А1);

- 8) спецификацию чертежа общего сборочного чертежа (формат А4);

- 9) чертежи сборочных единиц (формат А2 или А3);

- 10) спецификации чертежей сборочных единиц (формат А4);

- 11) чертежи деталей (форматы А4, А3).

Общий объем графической части курсового проекта составляет 5 листов формата А1. Состав чертежей в этом объеме определяется в процессе консультаций, согласования и окончательного утверждения консультантом по курсовому проекту.

Таблицы спецификаций к сборочным чертежам помещают в расчетно-пояснительную записку (РПЗ) в разделе «Приложение».

ЭСКИЗНО-КОМПОНОВОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА ПРИБОРНОГО УСТРОЙСТВА

Чертёж эскизно-компоновочного проекта является черновиком работы студента при проектировании конструкции. Этот чертёж выполняется на миллиметровой бумаге формата А1 и предназначен для работы студента над различными вариантами всей конструкции и отдельных ее составных частей. Компоновка эскизно-компоновочного чертежа начинается с разработки *развертки* редуктора.

Разверткой называют сложный ломаный разрез (осевое сечение) конструкции в плоскостях, проходящих последовательно через геометрические оси валов на плане редуктора ПУ.

Взаимное расположение элементов привода в конструкции с учетом конструкторско-технологических соображений и в соответствии с габаритно-монтажными требованиями технического задания называют *компоновкой конструкции*. При решении задачи компоновки предусматривают пространственное расположение элементов редуктора, конструкцию корпуса с соответствующими элементами его монтажа, размещение электродвигателей, датчиков, муфт, микровыключателей, потенциометров, электрических разъемов и других составных частей конструкции.

Так как размеры отдельных частей привода находят расчетным путем (размеры зубчатых колес, муфт, опор и т. п.), то задача компоновки в комплексе является весьма сложной задачей со множеством разнородных параметров и решение ее не может быть однозначным.

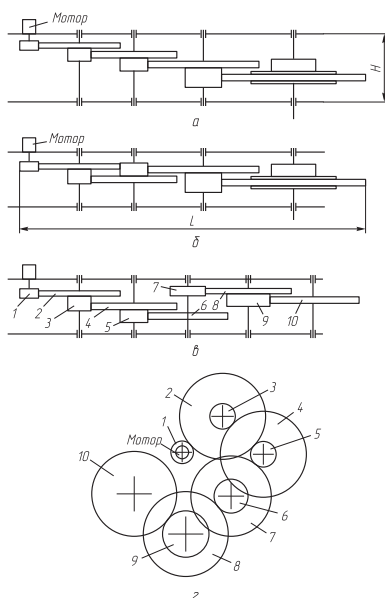


Рис. 2. Варианты компоновки редукторов приводов:
 а — лестничная; б — двухрядная; в — трехрядная; г — вид в плане
 трехрядной компоновки

Поиск наиболее рационального варианта компоновки начинается на первых этапах проектирования. Как уже отмечалось, кинематиче-

ские расчеты редукторов в приводах ведутся по функциональным критериям (минимизация габаритов, погрешности, приведенного момента инерции, равнопрочность и др.). После выполнения основных расчетов, которые заканчиваются расчетом геометрических параметров колес, шестерен и межосевых расстояний между ними в паре зацепления, производится поиск вариантов оптимальной компоновки. Однако при компоновке привода приходится корректировать рассчитанные размеры колес и межосевых расстояний для более рационального размещения зубчатых пар в корпусе редуктора. Часто составные части предохранительных муфт силовых приводов выполняют совмещенными с выходным зубчатым колесом, что также влияет на общую компоновку редуктора. На рис. 2 в качестве примера представлены часто встречающиеся варианты компоновки редукторов (а — лестничная, б — двухрядная, в, г — трехрядная). Из приведенного примера видно, что лестничное расположение зубчатых пар при достаточно большом числе ступеней приводит к увеличению размера корпуса и увеличению длин валов. При двухрядной компоновке (см. рис. 2, б) валы становятся короткими, что делает конструкцию более компактной по высоте H , уменьшает ее массу, увеличивает жесткость валов. Однако при этом увеличивается размер L и ухудшаются условия параллельности осей валов, так как при малой базе расположения опор увеличиваются углы перекоса валов при допускаемых зазорах в опорах.

Трехрядная компоновка (см. рис. 2, в, г), как видно из сравнения всех трех вариантов, является компромиссным вариантом. На рис. 2, г показан вид в плане относительно вала двигателя компоновки редуктора привода, выполненного по рис. 2, в.

Эскизно-компоновочный чертеж также должен содержать изображения основных проекций всей конструкции, необходимые виды, разрезы и сечения. Изображения выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД. Покупные элементы ПУ изображают в виде контурных очертаний, если при этом обеспечено понимание конструкции всего устройства.

Текстовая часть эскизно-компоновочного чертежа может содержать:

- технические характеристики, необходимые для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида;
- размеры и другие надписи, наносимые на изображения по согласованию с преподавателем.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Основные термины и определения	3
Техническое задание на курсовой проект	4
Перечень конструкторской документации, необходимой для выполнения учебного курсового проекта	4
Виды конструкторских документов	5
Содержание конструкторской документации курсового проекта и требования к ней	6
Эскизно-компоновочный чертеж общего вида приборного устройства	6
Примерный порядок расчета и проектирования привода	8
Оформление основных надписей в соответствии с требованиями ЕСКД	8
Кинематическая схема разрабатываемой конструкции приборного устройства	8
Чертеж общего вида технического проекта	9
Структурная схема сборки	10
Общий сборочный чертеж	10
Габаритный чертеж	11
Спецификация	11
Простановка номеров позиций на сборочном чертеже	12
Чертежи сборочных единиц	12
Чертежи деталей	12
Расчетно-пояснительная записка курсового проекта	13
Литература	13
<i>Приложение 1. Примеры рабочих чертежей курсового проекта</i>	<i>15</i>
<i>Приложение 2. Выбор допусков и посадок. Предельные отклонения размеров</i>	<i>57</i>
<i>Приложение 3. Особенности назначения допусков и посадок подшипников качения и скольжения</i>	<i>63</i>
<i>Приложение 4. Обозначения шероховатости поверхности, отклонение формы и расположения поверхностей на чертежах</i>	<i>66</i>
<i>Приложение 5. Основные параметры элементов зубчатых и червячных передач</i>	<i>74</i>

Приложение 6. Шпоночные, штифтовые соединения	77
Приложение 7. Механические характеристики и рекомендации по применению некоторых конструкционных материалов	80
Приложение 8. Общие требования к выполнению конструкций приборов	89
Приложение 9. Рекомендации по применению крепежных деталей резьбовых соединений в приборных устройствах	92
Приложение 10. Основные параметры стержневых упругих элементов и рекомендации по их применению	99
Приложение 11. Основные параметры и характеристики элементов передачи «винт–гайка» с трением скольжения.....	112
Приложение 12. Геометрические параметры различных конструкций подшипников качения	115
Приложение 13. Центровые отверстия	121
Приложение 14. Рекомендации по назначению предельных отклонений межосевого расстояния	122
Приложение 15. Механические характеристики материалов с особыми свойствами. Рекомендации по их применению	125
Приложение 16. Вспомогательные материалы	128
Приложение 17. Герметики и покрытия	130