Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 13.08.2026 10:35:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

Надарейшвили Г.Г., Курмаев Р.Х., Апелинский Д.В

ГРАФИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И МЕХАНИЗМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАШИН

Методические указания

по подготовке курсового проекта для студентов, обучающихся по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины».

Одобрено учебно-методической комиссией транспортного факультета

Москва 2026 г.

УДК 621.43
ББК 39.33-08
Н15

Рецензенты:
Малкин Илья Владимирович - Главный специалист отдела экологии энергоустановок ГНЦ РФ ФГУП “НАМИ”, г. Москва
Якунин Руслан Владимирович - Главный специалист отдела двигателей ГНЦ РФ ФГУП “НАМИ”, г. Москва

Авторский коллектив: Надарейшвили Г.Г., Курмаев Р.Х., Апелинский Д.В

Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин: Методические указания. – М.: Московский политехнический университет, 2026.– 77 с.

Методические указания содержат полный перечень требований к выполнению курсового проекта по разработке конструкторской документации на узел поршневого двигателя. В пособии подробно изложены этапы создания технического задания, эскизной компоновки, сборочного чертежа, спецификации и рабочих чертежей деталей в соответствии с ЕСКД. Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Поршневые двигатели и турбомашины».

УДК 621.43
ББК 39.33-08

Содержание

Введение **7**
Место дисциплины в образовательной программе 7
Роль дисциплины в сквозном проектировании 7
Связь с формируемыми компетенциями 9
Цель и задачи учебного пособия 9
Структура пособия 10
Раздел 1. Цели и задачи курсового проекта **10**
1.1. Цель выполнения курсового проекта 10
1.2. Задачи курсового проекта 11
1.3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения 12
1.4. Результат выполнения курсового проекта 13
Раздел 2. Требования к содержанию и структуре работы **14**
2.1. Примерный перечень тем курсовых проектов 14
2.2. Структура пояснительной записки 15
2.3. Состав графической части 17
2.4. Требования к электронному архиву 19
Раздел 3. Исходные данные и их получение **19**
3.1. Источники исходных данных 19
3.2. Связь с предшествующими дисциплинами 21
3.3. Порядок получения индивидуального задания и согласования темы 22
3.4. Сроки выполнения этапов 23
Раздел 4. Методические указания по выполнению курсового проекта **24**
4.1. Подготовительный этап 24
4.2. Разработка технического задания 25
4.3. Выполнение эскизной компоновки 26
4.4. Разработка сборочного чертежа 27
4.5. Выполнение рабочих чертежей деталей 29

4.6. Работа с CAD-системой (КОМПАС-3D) 30
4.7. Оформление пояснительной записки 31
4.8. Типичные ошибки и способы их предотвращения 32
4.9. Пример выполнения рабочего чертежа поршня (краткая иллюстрация) 33
Раздел 5. Требования к оформлению пояснительной записки 34
5.1. Общие требования к оформлению 34
5.2. Оформление текста 35
5.3. Оформление иллюстраций (рисунков) 36
5.4. Оформление таблиц 37
5.5. Оформление формул 37
5.6. Оформление ссылок и списка литературы 38
5.7. Оформление приложений 39
5.8. Контрольный список проверки оформления 40
Раздел 6. Требования к оформлению графической части . 40
6.1. Состав графической части 41
6.2. Выбор форматов и масштабов 41
6.3. Требования к выполнению чертежей 42
6.4. Особенности выполнения сборочного чертежа 43
6.5. Особенности выполнения рабочих чертежей деталей .. 44
6.6. Оформление спецификации 45
6.7. Требования к презентации (при наличии) 46
6.8. Контрольный список проверки графической части 47
Раздел 7. Программное обеспечение и инструменты 47
7.1. Основное программное обеспечение 47
7.2. Вспомогательное программное обеспечение 49
7.3. Учебные ресурсы по программному обеспечению 49
7.4. Требования к форматам сдаваемых файлов 50
Раздел 8. Организация выполнения и защиты курсового проекта 51
8.1. Календарный план выполнения курсового проекта 51

8.2. Взаимодействие с руководителем 52
8.3. Порядок сдачи курсового проекта 53
8.4. Защита курсового проекта 54
8.5. Критерии оценки 55
8.6. Рекомендации по подготовке к защите 55
Раздел 9. Критерии оценки курсового проекта 56
9.1. Оценка «отлично» 56
9.2. Оценка «хорошо» 57
9.3. Оценка «удовлетворительно» 58
9.4. Оценка «неудовлетворительно» 58
9.5. Порядок апелляции 59
Раздел 10. Список рекомендуемой литературы 59
10.1. Основная литература 60
10.2. Нормативно-техническая документация (стандарты ЕСКД) 61
10.3. Дополнительная литература 62
10.4. Периодические издания 63
10.5. Электронные ресурсы 64
10.6. Патентные базы данных 65
10.7. Рекомендации по работе с литературой 65
Приложения 66
Приложение А. Образец титульного листа пояснительной записки 66
Приложение Б. Образец индивидуального задания 67
Приложение В. Образец календарного плана 68
Приложение Г. Образец рабочего дневника студента 70
Приложение Д. Пример оформления чертежа в уменьшенном масштабе 71
Приложение Е. Пример расчёта с таблицами и формулами 72
Приложение Ж. Перечень вопросов для защиты курсового проекта 73

Приложение 3. Образец презентации (миниатюры слайдов).....74
Заключение.....75
Библиографический список.....76

Введение

Дисциплина Б1.1.9 «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» занимает ключевое место в структуре подготовки бакалавров по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (профиль «Поршневые двигатели и турбомашины»). Она относится к обязательной части блока Б1 учебного плана и изучается во втором семестре. Её значение определяется тем, что именно здесь студент впервые погружается в практическую проектную деятельность, осваивает язык конструкторской документации и делает первые шаги в создании технически грамотных чертежей — основы любого инженерного проекта.

Место дисциплины в образовательной программе

Дисциплина опирается на знания, полученные студентами при изучении таких дисциплин первого курса, как «Линейная алгебра» (понимание пространственных координат), «Математический анализ» (вычисления при нанесении размеров), а также «Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин» и «Прикладное двигателестроение», которые формируют первичное представление об устройстве и применении двигателей. В свою очередь, результаты освоения дисциплины «Графическое проектирование» являются фундаментом для последующего изучения целого ряда профильных дисциплин: «Автоматизированное проектирование в двигателестроении» (3 семестр), «Конструкция поршневых двигателей» (2 семестр), «Конструирование и расчет поршневых двигателей» (6 семестр), «Разработка конструкторской документации на двигатели и их компоненты» (7 семестр), а также для выполнения выпускной квалификационной работы.

Роль дисциплины в сквозном проектировании

Образовательная программа построена на принципе сквозного проектирования, который пронизывает все четыре года обучения. Единый сквозной проект, выполняемый студентом индивидуально

на протяжении 1–8 семестров, объединяет все профильные дисциплины и практики в единую логическую последовательность, результатом которой становится целостная выпускная квалификационная работа.

Курсовой проект по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» является формализованным отчётом по **первому этапу сквозного проекта — «Анализ и техническое предложение» (2 семестр)**. Результатом выполнения данного курсового проекта становится разработка **технического задания на проектирование** и **эскизной компоновки проектируемого узла** поршневого двигателя.

Техническое задание, сформулированное в ходе работы, содержит основные требования к проектируемому изделию: наименование и назначение, технические характеристики, требования к надёжности, условиям эксплуатации, массогабаритные ограничения. Эскизная компоновка, выполненная в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), представляет собой предварительное графическое решение, определяющее основные геометрические параметры, взаимное расположение элементов и принципиальную схему работы проектируемого узла.

Эти артефакты становятся основой для всех последующих этапов сквозного проектирования. На их базе в третьем семестре (дисциплина «Автоматизированное проектирование в двигателестроении») будут созданы параметрические 3D-модели деталей и сборочная единица. На пятом-шестом семестрах (дисциплины «Теория рабочих процессов», «Динамический расчет», «Конструирование и расчет») будут выполнены термодинамические, динамические и прочностные расчёты. На шестом-седьмом семестрах в рамках производственных практик будет разработана полная конструкторская и технологическая документация. И наконец, в восьмом семестре все эти материалы будут интегрированы в выпускную квалификационную работу.

Таким образом, данный курсовой проект — это не изолированное учебное задание, а первый и крайне важный шаг в длительной работе над единым инженерным проектом. Качество выполнения этого проекта во многом определяет успешность всего последующего обучения.

Связь с формируемыми компетенциями

Выполнение курсового проекта направлено на формирование следующих компетенций. В рамках общепрофессиональной компетенции ОПК-1 студент учится выполнять практические работы по настройке компьютерной техники (ИОПК-1.2), овладевает навыками работы с прикладным программным обеспечением — CAD-системами (ИОПК-1.3), а также понимает принципы работы современных информационных технологий и учится использовать их для решения задач проектирования энергетических установок (ИОПК-1.4). В рамках универсальной компетенции УК-2 студент учится формулировать совокупность задач в рамках поставленной цели (ИУК-2.1), определять связи между задачами, компонентами проекта и ожидаемыми результатами (ИУК-2.2), а также выбирать оптимальные способы планирования и решения задач с учётом действующих правовых норм (стандартов ЕСКД), имеющихся ресурсов и ограничений (ИУК-2.3).

Цель и задачи учебного пособия

Цель настоящего пособия — оказать методическую помощь студенту в выполнении, оформлении и защите курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» в контексте первого этапа сквозного проектирования.

Задачи пособия:

- разъяснить место и роль курсового проекта в структуре сквозного проектирования;
- дать рекомендации по выбору темы и формулировке технического задания;
- изложить требования к содержанию и структуре пояснительной записки и графической части;
- предоставить пошаговые методические указания по выполнению основных разделов работы (разработка технического задания, выполнение эскизной компоновки, оформление чертежей, заполнение спецификации);
- привести требования к оформлению конструкторской документации в соответствии с ЕСКД;

- описать порядок защиты курсового проекта и критерии оценки.

Структура пособия

Пособие состоит из следующих разделов. Введение, в котором описывается место дисциплины в образовательной программе и сквозном проекте. Раздел 1, посвящённый целям, задачам и планируемым результатам курсового проекта. Раздел 2, содержащий требования к содержанию и структуре работы. Раздел 3, в котором приведены примерные темы курсовых проектов. Раздел 4, содержащий методические указания по выполнению работы (поэтапно). Раздел 5, описывающий требования к оформлению пояснительной записки и графической части. Раздел 6, содержащий перечень рекомендуемого программного обеспечения и литературы. Раздел 7, описывающий организацию выполнения и защиты работы, а также критерии оценки. В приложениях приведены образцы оформления титульного листа, индивидуального задания, спецификации и других документов.

Пособие предназначено для студентов очной формы обучения по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и может быть использовано как при выполнении курсового проекта, так и при подготовке к экзаменам и зачётам по дисциплине.

Раздел 1. Цели и задачи курсового проекта

1.1. Цель выполнения курсового проекта

Целью курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» является формирование у студента практических навыков разработки конструкторской документации на узел поршневого двигателя в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), а также создание технического задания и эскизной компоновки как основы для первого этапа сквозного проекта «Анализ и техническое предложение».

Достижение поставленной цели предполагает выполнение комплекса взаимосвязанных задач, решение которых позволяет студенту не только освоить правила выполнения и оформления чертежей, но и научиться применять эти знания для решения реальной инженерной задачи — проектирования узла поршневого двигателя.

1.2. Задачи курсового проекта

Для достижения поставленной цели студент должен решить следующие задачи.

Первая задача — провести анализ существующих конструкций-прототипов выбранного узла поршневого двигателя, изучить их устройство, принцип работы, достоинства и недостатки. Результатом этого анализа становится обоснованный выбор прототипа для проектирования.

Вторая задача — разработать техническое задание на проектирование узла, включающее наименование и назначение изделия, технические требования (показатели назначения, требования к надёжности, условиям эксплуатации, массогабаритные характеристики), требования к конструкторской документации и требования к технологичности.

Третья задача — выполнить эскизную компоновку проектируемого узла, определив основные геометрические параметры, взаимное расположение элементов и принципиальную схему работы узла. Эскизная компоновка выполняется вручную или с использованием CAD-системы.

Четвёртая задача — освоить основные правила выполнения и оформления конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД: форматы, масштабы, типы линий, нанесение размеров, обозначение материалов, заполнение основной надписи.

Пятая задача — научиться правильно выбирать главный вид и необходимое количество изображений (виды, разрезы, сечения) для полного и однозначного отображения формы детали или сборочной единицы, а также выполнять соединение части вида и части разреза.

Шестая задача — освоить изображение и обозначение резьбовых и неразъёмных (сварных) соединений на чертежах, а также

выполнение эскизов деталей с натуры с нанесением размеров, обозначением шероховатости и указанием материала.

Седьмая задача — разработать сборочный чертёж проектируемого узла с необходимыми разрезами и сечениями, заполнить спецификацию на сборочную единицу, нанести номера позиций и оформить основную надпись.

Восьмая задача — выполнить деталирование — по сборочному чертежу разработать рабочие чертежи входящих в узел деталей, согласовать сопряжённые размеры, назначить допуски и посадки, указать шероховатость поверхностей.

1.3. Формируемые компетенции и индикаторы их достижения

В результате выполнения курсового проекта у студента формируются следующие компетенции.

Универсальная компетенция УК-2: «Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений».

Данная компетенция формируется в процессе разработки технического задания и эскизной компоновки. Индикаторы достижения:

- ИУК-2.1: студент формулирует совокупность задач в рамках поставленной цели проекта (анализ прототипов, разработка ТЗ, выполнение компоновки, оформление чертежей), решение которых обеспечивает достижение цели.
- ИУК-2.2: студент определяет связи между поставленными задачами, основными компонентами проекта (техническое задание, эскизная компоновка, сборочный чертёж, рабочие чертежи) и ожидаемыми результатами.
- ИУК-2.3: студент выбирает оптимальные способы планирования и решения задач с учётом действующих правовых норм (стандартов ЕСКД), имеющихся условий, ресурсов и ограничений.

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1: «Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности».

Данная компетенция формируется в процессе работы с CAD-системами для создания чертежей и эскизной компоновки. Индикаторы достижения:

- ИОПК-1.2: студент умеет выполнять практические работы по настройке компьютерной техники (настройка параметров CAD-системы, управление печатью чертежей).
- ИОПК-1.3: студент владеет навыками работы с прикладным программным обеспечением (CAD-системами КОМПАС-3D, AutoCAD или SolidWorks) для создания 3D-моделей и ассоциативных чертежей.
- ИОПК-1.4: студент понимает принципы работы современных информационных технологий и может использовать их для решения задач по разработке конструкторской документации на энергетические установки.

1.4. Результат выполнения курсового проекта

По завершении курсового проекта студент представляет следующий комплект материалов.

Пояснительная записка объёмом 15–25 страниц, оформленная в соответствии с требованиями ЕСКД и локальными нормативными актами университета. Пояснительная записка включает: титульный лист, индивидуальное задание на курсовой проект, введение, аналитический обзор с обоснованием выбора прототипа, техническое задание на проектирование, описание разработанной конструкторской документации, заключение и список использованных источников.

Графическая часть включает следующие документы, оформленные в соответствии с ЕСКД:

- сборочный чертёж проектируемого узла (формат А1 или А2) с необходимыми разрезами и сечениями;
- спецификация на сборочную единицу (формат А4);
- рабочие чертежи оригинальных деталей, входящих в узел (форматы А3 или А4), с простановкой размеров, допусков, посадок, шероховатости и технических требований;
- эскизная компоновка проектируемого узла (может быть представлена в составе пояснительной записки или отдельным листом).

Электронный архив содержит все разработанные чертежи в форматах исходной CAD-системы и в формате PDF, а также файл пояснительной записки.

Все эти материалы являются составной частью отчёта по первому этапу сквозного проекта «Анализ и техническое предложение» и в дальнейшем будут использованы при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Автоматизированное проектирование в двигателестроении», «Конструирование и расчет поршневых двигателей», а также при подготовке выпускной квалификационной работы.

Раздел 2. Требования к содержанию и структуре работы

2.1. Примерный перечень тем курсовых проектов

Тематика курсовых проектов по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» формируется таким образом, чтобы, с одной стороны, охватить основные разделы машиностроительного черчения, а с другой стороны, обеспечить преемственность со сквозным проектом. Студент выбирает тему в начале второго семестра и согласовывает её с руководителем. Все темы предполагают разработку конструкторской документации на узел поршневого двигателя.

Ниже приведён примерный перечень тем, сгруппированных по объектам проектирования.

По кривошипно-шатунному механизму:

- разработка комплекта конструкторской документации на поршневую группу рядного двигателя (чертежи поршня, поршневого пальца, поршневых колец, шатуна);
- выполнение рабочих чертежей коленчатого вала рядного двигателя с построением необходимых разрезов и сечений;
- деталирование сборочного чертежа узла «шатун в сборе» с выполнением рабочих чертежей шатуна, шатунной крышки и вкладышей;
- разработка сборочного чертежа шатунно-поршневой группы с соединением части вида и части разреза.

По газораспределительному механизму:

- разработка сборочного чертежа головки блока цилиндров с клапанным механизмом, с выполнением ступенчатого разреза;
- выполнение рабочего чертежа распределительного вала с изображением кулачков в разрезе;
- разработка чертежей деталей клапанной группы (клапан, направляющая втулка, седло, сухари, тарелка пружины);
- выполнение чертежа коромысла газораспределительного механизма с изображением наклонного разреза.

По системам двигателя:

- разработка сборочного чертежа масляного насоса шестеренчатого типа с местными разрезами и спецификацией;
- разработка гидравлической схемы системы смазки двигателя с условными графическими обозначениями;
- разработка сборочного чертежа водяного насоса (помпы) системы охлаждения;
- выполнение чертежа термостата с разрезами, показывающими положение клапана.

По турбомашинам и впускно-выпускным системам:

- оформление рабочей документации на корпус турбокомпрессора;
- выполнение сборочного чертежа впускного коллектора со сложным ломаным разрезом;
- разработка чертежа выпускного коллектора с изображением сварных соединений.

По топливной аппаратуре:

- разработка чертежей деталей топливной аппаратуры (плунжерная пара, форсунка);
- выполнение чертежа форсунки дизельного двигателя с разрезом по распылителю.

Выбранная тема становится основой для технического задания и эскизной компоновки, которые являются результатом первого этапа сквозного проекта.

2.2. Структура пояснительной записки

Пояснительная записка курсового проекта оформляется на листах формата А4 и должна иметь следующую структуру.

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки. Он оформляется в соответствии с установленным образцом (приводится в Приложении А) и содержит наименование университета, факультета, кафедры, направление подготовки, профиль, тему курсового проекта, сведения о студенте и руководителе, город и год выполнения. На титульном листе также указывается гриф «К защите на этапе 1 сквозного проекта».

Индивидуальное задание выдаётся руководителем и содержит перечень подлежащих разработке вопросов, сроки выполнения, исходные данные и требования к результатам. Задание подписывается студентом и руководителем.

Реферат представляет собой краткую характеристику работы объёмом 500–800 знаков. В реферате указываются: объём пояснительной записки, количество рисунков, таблиц, источников; перечень ключевых слов (5–7 слов); объект проектирования; цель работы; краткое содержание работы по разделам; основные результаты (состав разработанной конструкторской документации).

Содержание включает наименования всех разделов, подразделов и приложений с указанием номеров страниц. Содержание должно соответствовать тексту пояснительной записки и оформляться в виде автоматически генерируемого оглавления.

Введение (объёмом 1–2 страницы) содержит обоснование актуальности выбранной темы, описание объекта проектирования, формулировку цели и задач курсового проекта, а также краткую характеристику структуры работы.

Глава 1. Аналитический обзор и обоснование выбора прототипа (объёмом 5–7 страниц) включает: анализ существующих конструкций-прототипов (отечественных и зарубежных), их достоинства и недостатки; патентный обзор по теме проекта (не менее 3–5 патентных документов); обоснование выбора прототипа для проектирования с приведением количественных и качественных критериев сравнения; формулирование цели и задач сквозного проекта в целом.

Глава 2. Техническое задание на проектирование (объёмом 2–3 страницы) содержит разработанное техническое задание в соответствии с требованиями ЕСКД. Техническое задание включает: наименование и назначение изделия; технические требования (по-

казатели назначения, требования к надёжности, условиям эксплуатации, массогабаритные характеристики); требования к конструкторской документации; требования к технологичности; требования к безопасности; этапы разработки и сроки.

Глава 3. Эскизная компоновка и разработка конструкторской документации (объёмом 5–7 страниц) включает: описание эскизной компоновки проектируемого узла с обоснованием основных геометрических параметров; описание разработанной конструкторской документации (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи деталей); пояснения к выбору главного вида, разрезов и сечений; обоснование назначенных допусков, посадок и шероховатости. В тексте главы приводятся уменьшенные копии разработанных чертежей с пояснениями.

Заключение (объёмом 1 страница) содержит краткие выводы по результатам выполнения курсового проекта: оценку достижения поставленной цели и задач, соответствие разработанной документации техническому заданию, а также указание на то, как результаты данного этапа будут использованы на последующих этапах сквозного проекта.

Список использованных источников включает все источники, на которые имеются ссылки в тексте пояснительной записки (не менее 10–15 наименований). Список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 и ГОСТ 7.82.

Приложения содержат вспомогательные материалы: полные копии чертежей в уменьшенном масштабе (если они не приведены в основном тексте), распечатки 3D-моделей (при наличии), таблицы с размерами, ведомость покупных изделий (при необходимости). Приложения не входят в основной объём пояснительной записки.

2.3. Состав графической части

Графическая часть курсового проекта является обязательным элементом работы и выполняется на листах чертёжной бумаги форматов А1 (594×841 мм), А2 (420×594 мм) или А3 (297×420 мм) в зависимости от сложности узла. Допускается выполнение графи-

ческой части с использованием CAD-систем с последующим выводом на печать. Состав графической части включает следующие документы.

Сборочный чертёж проектируемого узла выполняется на формате А1 или А2. На чертеже должны быть представлены: изображение узла в сборе с необходимыми разрезами и сечениями, позволяющими понять внутреннее устройство и принцип работы; габаритные, установочные и присоединительные размеры; номера позиций всех составных частей изделия; технические требования к сборке (зазоры, натяги, способы стопорения и т.п.); основная надпись по форме 1 ГОСТ 2.104. Для узлов поршневого двигателя рекомендуется выполнять соединение части вида и части разреза для симметричных изображений, а также использовать ступенчатые или ломаные разрезы для сложных узлов (головка блока цилиндров, впускной коллектор).

Спецификация выполняется на формате А4 и оформляется по форме 1 ГОСТ 2.108. Спецификация содержит перечень всех составных частей, входящих в сборочную единицу, с указанием наименования, обозначения, количества и материала (для деталей). Спецификация заполняется в следующем порядке: документация (сборочный чертёж, пояснительная записка), сборочные единицы, детали, стандартные изделия (крепёж), прочие изделия, материалы. Спецификация подшивается в пояснительную записку (формат А4) или выпускается отдельным листом.

Рабочие чертежи деталей выполняются на форматах А3 или А4. Для каждой оригинальной детали, входящей в узел, разрабатывается отдельный рабочий чертёж. На чертеже должны быть представлены: необходимое количество видов, разрезов и сечений для полного представления геометрической формы детали; все размеры (габаритные, посадочные, конструктивные, справочные); предельные отклонения размеров (допуски) для сопрягаемых поверхностей; обозначения шероховатости поверхностей; допуски формы и расположения поверхностей (при необходимости); технические требования на изготовление (термообработка, покрытие и т.п.); основная надпись по форме 2 или 2а ГОСТ 2.104; указание материала детали с обозначением по ГОСТ.

Эскизная компоновка проектируемого узла может быть представлена либо отдельным листом формата А3 или А4, либо

включена в пояснительную записку в качестве иллюстрации. Эскизная компоновка выполняется вручную или с использованием CAD-системы и должна отображать основные геометрические параметры, взаимное расположение элементов и принципиальную схему работы узла.

Дополнительные материалы (по согласованию с руководителем) могут включать: кинематическую схему механизма (например, газораспределительного механизма); гидравлическую или пневматическую схему (системы смазки, охлаждения); трёхмерную модель узла в аксонометрической проекции (распечатка с экрана CAD-системы).

2.4. Требования к электронному архиву

Все материалы курсового проекта сдаются в электронном виде на флеш-накопителе или загружаются в систему электронного документооборота университета. Структура электронного архива должна быть следующей: папка «Чертежи» (файлы чертежей в формате исходной CAD-системы и в формате PDF); папка «Пояснительная записка» (файл в формате Microsoft Word и в формате PDF); папка «Приложения» (сканы дополнительных материалов). Именование файлов должно соответствовать обозначению чертежа или названию документа.

Раздел 3. Исходные данные и их получение

3.1. Источники исходных данных

Для успешного выполнения курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» студенту необходимо получить и проанализировать исходные данные, которые могут поступать из нескольких источников.

Первым источником являются дисциплины, изучаемые на первом курсе. Знания, полученные при освоении «Теоретиче-

ских основ поршневых двигателей и турбомашин» (Б1.1.11), позволяют студенту понимать физические процессы, происходящие в проектируемом узле, что необходимо для осознанного выбора прототипа и формулировки технического задания. Дисциплина «Прикладное двигателестроение в энергетическом машиностроении» (Б1.ЭД.1) даёт представление об областях применения различных типов двигателей, их технических характеристиках и эксплуатационных требованиях, что помогает обосновать выбор прототипа с учётом назначения двигателя. Дисциплина «Конструкция поршневых двигателей» (Б1.2.2), изучаемая параллельно со вторым семестром, предоставляет систематизированные знания об устройстве всех систем и механизмов двигателя, что является основой для разработки эскизной компоновки.

Вторым источником являются литературные и патентные источники. Студент должен изучить научно-техническую литературу по теме проекта: учебники и учебные пособия по конструкции двигателей, справочники по деталям машин, статьи в научно-технических журналах («Двигателестроение», «Автомобильная промышленность», «Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана»). Также обязательным является патентный поиск в базах данных Роспатента (ФИПС) и зарубежных патентных ведомств для анализа известных технических решений и обоснования новизны предлагаемой конструкции.

Третьим источником является нормативно-техническая документация. Основным документом здесь является Единая система конструкторской документации (ЕСКД) — комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые правила выполнения и оформления конструкторских документов. Студент должен руководствоваться следующими основными стандартами ЕСКД: ГОСТ 2.101 (виды изделий), ГОСТ 2.102 (виды и комплектность конструкторских документов), ГОСТ 2.104 (основные надписи), ГОСТ 2.105 (общие требования к текстовым документам), ГОСТ 2.109 (основные требования к чертежам), ГОСТ 2.301 (форматы), ГОСТ 2.302 (масштабы), ГОСТ 2.303 (линии), ГОСТ 2.304 (шрифты), ГОСТ 2.305 (изображения — виды, разрезы, сечения), ГОСТ 2.307 (нанесение размеров), ГОСТ 2.308 (допуски формы и расположения), ГОСТ 2.309 (шероховатость поверхностей), ГОСТ 2.311 (изображение резьбы), ГОСТ 2.312 (условные

изображения и обозначения швов сварных соединений), ГОСТ 2.315 (изображение крепёжных деталей), а также стандарты на конкретные типы изделий.

Четвёртым источником (при наличии) могут быть данные с предприятия-партнёра. Для студентов, проходящих практику на предприятиях-партнёрах (ПАО «КАМАЗ», АО «ОДК», АО «Трансмашхолдинг» и др.), исходными данными могут служить реальные конструкторские документы, технологические регламенты, корпоративные стандарты. В этом случае курсовой проект может выполняться на основе реальной производственной задачи, что повышает его практическую значимость.

3.2. Связь с предшествующими дисциплинами

Выполнение курсового проекта опирается на результаты, полученные студентом при изучении следующих дисциплин первого и второго семестров.

Б1.1.11 «Теоретические основы поршневых двигателей и турбомашин» даёт понимание термодинамических циклов, индикаторных и эффективных показателей, что необходимо для обоснования параметров проектируемого двигателя при выборе прототипа.

Б1.ЭД.1 «Прикладное двигателестроение в энергетическом машиностроении» (элективная дисциплина) предоставляет знания об областях применения двигателей, их технических характеристиках в зависимости от сферы эксплуатации (автомобильные, тракторные, судовые, стационарные установки), что используется при обосновании выбора прототипа.

Б1.2.2 «Конструкция поршневых двигателей» (изучается параллельно со вторым семестром) даёт систематизированные знания об устройстве кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, систем смазки, охлаждения, питания и выпуска. Эти знания непосредственно применяются при разработке эскизной компоновки и при выборе конструктивных решений.

Б1.1.26.1 «Линейная алгебра» и **Б1.1.26.2 «Математический анализ»** формируют математический аппарат для выполнения геометрических построений и расчётов при нанесении размеров.

Кроме того, навыки работы с CAD-системами, необходимые для выполнения чертежей, студент осваивает в рамках дисциплины «Графическое проектирование» через практические занятия и самостоятельную работу. Если студент уже имеет опыт работы с CAD-системами (например, в рамках факультатива ФТД.2 «3D-моделирование деталей энергоустановок»), это также может быть использовано при выполнении проекта.

3.3. Порядок получения индивидуального задания и согласования темы

Процедура получения задания и согласования темы курсового проекта включает несколько этапов.

Первый этап — предварительный выбор темы. В начале второго семестра (первые две недели) студент знакомится с примерным перечнем тем курсовых проектов, представленным в разделе 2 настоящего пособия, а также с перечнем тем, утверждённым на заседании кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики». Студент может выбрать тему из утверждённого перечня или предложить собственную тему по согласованию с руководителем. При выборе темы рекомендуется учитывать: собственные профессиональные интересы; направление последующих курсовых проектов и сквозного проекта в целом; возможность получения исходных данных на предприятии-партнёре (при наличии договорённости); наличие литературных и патентных источников по теме.

Второй этап — согласование темы с руководителем. После предварительного выбора темы студент обращается к руководителю (преподавателю кафедры, за которым закреплено руководство курсовыми проектами). Руководитель оценивает актуальность и реализуемость темы, её соответствие задачам сквозного проекта, а также сложность (тема должна быть посильной для выполнения в течение семестра). При необходимости тема уточняется или корректируется. Согласованная тема фиксируется в индивидуальном задании.

Третий этап — оформление и выдача индивидуального задания. Индивидуальное задание на курсовой проект оформляется

руководителем по установленной форме (образец приведён в Приложении Б). В задании указываются: тема курсового проекта; исходные данные для проектирования (тип двигателя, основные параметры, характеристики); перечень подлежащих разработке вопросов (конкретизация задач); состав графической части (перечень и форматы чертежей); сроки выполнения этапов (календарный план); рекомендуемая литература. Задание подписывается руководителем и студентом, после чего утверждается заведующим кафедрой.

Четвёртый этап — получение дополнительных исходных данных. В процессе выполнения курсового проекта студент может получать дополнительные исходные данные от руководителя: чертежи-аналоги, каталожные данные, справочные материалы. При наличии договорённости с предприятием-партнёром студент может запросить техническую документацию на реальные изделия (с соблюдением режима конфиденциальности). Все полученные материалы фиксируются в рабочем дневнике студента.

3.4. Сроки выполнения этапов

Выполнение курсового проекта рассчитано на второй семестр продолжительностью 18 недель. Рекомендуемый календарный план представлен ниже.

На первой-второй неделях студент получает индивидуальное задание, знакомится с требованиями к курсовому проекту, подбирает литературные и патентные источники.

На третьей-четвёртой неделях проводится анализ существующих конструкций-прототипов, выполняется патентный обзор, обосновывается выбор прототипа.

На пятой-шестой неделях разрабатывается техническое задание на проектирование, которое согласовывается с руководителем.

На седьмой-восьмой неделях выполняется эскизная компоновка проектируемого узла (вручную или в CAD-системе).

На девятой-двенадцатой неделях разрабатывается сборочный чертёж, спецификация и рабочие чертежи деталей. На этом этапе студент регулярно консультируется с руководителем.

На тринадцатой-пятнадцатой неделях оформляется пояснительная записка, формируется электронный архив, проводится проверка чертежей руководителем.

На шестнадцатой-восемнадцатой неделях работа сдаётся на проверку, проводится нормоконтроль, защита курсового проекта (дифференцированный зачёт).

Соблюдение календарного плана является обязательным требованием. При нарушении сроков без уважительной причины руководитель вправе снизить оценку.

Раздел 4. Методические указания по выполнению курсового проекта

Данный раздел является основным в пособии. Он содержит пошаговое описание всех этапов выполнения курсового проекта, от анализа исходных данных до оформления чертежей. Рекомендуется внимательно изучить весь раздел перед началом работы и обращаться к нему по мере выполнения отдельных этапов.

4.1. Подготовительный этап

Подготовительный этап является фундаментом всей дальнейшей работы. От того, насколько тщательно он будет выполнен, зависит качество курсового проекта в целом.

Анализ исходных данных. Первым делом необходимо внимательно изучить индивидуальное задание, полученное от руководителя. В задании указана тема проекта, тип двигателя (например, рядный четырёхцилиндровый бензиновый двигатель или V-образный шестицилиндровый дизель), основные параметры (рабочий объём, мощность, частота вращения), а также конкретный узел, подлежащий разработке. Если какие-либо данные в задании отсутствуют или вызывают вопросы, их необходимо уточнить у руководителя до начала работы.

Изучение литературы. Следующий шаг — подбор и изучение литературных и патентных источников. Рекомендуется ис-

пользовать следующие типы источников. Учебники по конструкции двигателей (например, «Двигатели внутреннего сгорания» под редакцией В.Н. Луканина, «Конструкция поршневых двигателей» В.А. Маркова) позволяют понять типовые конструктивные решения проектируемого узла. Справочники по деталям машин и нормализованным изделиям дают информацию о стандартных крепёжных изделиях, подшипниках, уплотнениях. Научно-технические журналы («Двигателестроение», «Автомобильная промышленность») содержат обзоры современных конструкций. Патентные базы (ФИПС, Google Patents) позволяют выявить новые технические решения и обосновать актуальность работы.

При изучении литературы рекомендуется делать выписки ключевых параметров, конструктивных особенностей, достоинств и недостатков аналогов. Эти материалы впоследствии войдут в аналитический обзор.

Составление плана работы. На основе индивидуального задания и изученных источников составляется детальный план работы. План должен включать: структуру пояснительной записки (разделы и подразделы); перечень чертежей с указанием форматов и содержания; сроки выполнения каждого этапа (с учётом календарного плана из раздела 3). План согласовывается с руководителем.

4.2. Разработка технического задания

Техническое задание (ТЗ) является основным документом, определяющим требования к проектируемому изделию. Оно разрабатывается на основе анализа прототипов и исходных данных из индивидуального задания.

Структура технического задания. ТЗ должно содержать следующие разделы.

Наименование и назначение изделия. Здесь указывается полное наименование проектируемого узла (например, «Поршневая группа рядного четырёхцилиндрового бензинового двигателя») и его назначение (преобразование давления газов во вращательное движение коленчатого вала).

Технические требования. Этот раздел включает: показатели назначения (для поршневой группы — диаметр цилиндра, ход

поршня, степень сжатия, масса поршневой группы); требования к надёжности (ресурс до первого ремонта, безотказность); требования к условиям эксплуатации (диапазон температур, вибрационные нагрузки); массогабаритные требования (ограничения по массе и габаритным размерам).

Требования к конструкторской документации. Указывается, что документация должна быть выполнена в соответствии с ЕСКД, в электронном виде, с определённым составом (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи деталей).

Требования к технологичности. Указываются требования к простоте изготовления, возможности применения стандартного инструмента и оборудования.

Требования к безопасности. Указываются требования, обеспечивающие безопасность при монтаже, эксплуатации и обслуживании.

Этапы разработки и сроки. Перечисляются этапы проектирования (эскизный проект, технический проект, рабочая документация) и сроки их выполнения.

Пример формулировки технического задания для поршневой группы. «Разработать поршневую группу рядного четырёхцилиндрового бензинового двигателя рабочим объёмом 1,6 литра. Диаметр цилиндра — 82 мм, ход поршня — 75 мм, степень сжатия — 10,5. Поршень должен быть изготовлен из алюминиевого сплава, поршневые кольца — из чугуна. Масса поршневой группы не должна превышать 600 граммов. Ресурс поршневой группы — не менее 200 000 км пробега. Конструкторская документация должна быть выполнена в соответствии с ЕСКД. Срок разработки — 18 недель».

Техническое задание согласовывается с руководителем и в дальнейшем может уточняться по мере выполнения проекта.

4.3. Выполнение эскизной компоновки

Эскизная компоновка — это предварительное графическое решение, определяющее основные геометрические параметры и взаимное расположение элементов проектируемого узла. Она может быть выполнена вручную на миллиметровой бумаге или с использованием CAD-системы.

Выбор главного вида и количества изображений. Главный вид должен давать наиболее полное представление о конструкции узла. Для поршневой группы главным видом обычно является разрез по оси цилиндра, показывающий поршень, шатун, поршневой палец и кольца. Дополнительно могут потребоваться: вид сверху (показывает форму днища поршня и расположение канавок под кольца); местные разрезы (детализируют соединение поршневого пальца с шатуном); вынесенные сечения (показывают профиль поршневого кольца).

Определение основных геометрических параметров. Основные размеры определяются на основе технического задания и справочных данных. Для поршня: диаметр головки (с учётом теплового зазора), высота поршня, высота компрессионной и маслосъёмной зон, диаметры канавок под кольца, диаметр бобышек под поршневой палец, толщина днища. Для шатуна: длина между осями, размеры сечений стержня, диаметры поршневой и шатунной головок. Для поршневого пальца: наружный и внутренний диаметры, длина. Размеры округляются до стандартных значений по ГОСТ 6636 (нормальные линейные размеры).

Пример определения толщины днища поршня. Для бензинового двигателя со степенью сжатия 10,5 максимальное давление сгорания составляет примерно 5–6 МПа. Толщина днища ориентировочно определяется по формуле: $\delta = (0{,}08 \ldots 0{,}12) \times D$, где D — диаметр цилиндра. При $D = 82$ мм, $\delta = 6{,}5 \ldots 9{,}8$ мм. Принимаем $\delta = 8$ мм. В эскизной компоновке этот размер проставляется и в дальнейшем будет уточнён по результатам прочностного расчёта.

Оформление эскизной компоновки. Эскизная компоновка выполняется в масштабе 1:1 или 2:1 (для мелких деталей). На ней должны быть проставлены все основные размеры, указаны сопрягаемые поверхности, обозначены зазоры (например, тепловой зазор между поршнем и гильзой цилиндра). Эскизная компоновка включается в пояснительную записку в качестве иллюстрации.

4.4. Разработка сборочного чертежа

Сборочный чертёж является основным графическим документом курсового проекта. Он выполняется в CAD-системе (КОМПАС-3D, AutoCAD, SolidWorks) на основе эскизной компоновки и уточнённых размеров.

Выбор формата и масштаба. Для сборочного чертежа поршневой группы или шатунно-поршневой сборки рекомендуется формат А2 (420×594 мм) или А1 (594×841 мм) в зависимости от сложности узла. Масштаб выбирается таким образом, чтобы изображение было чётким, но не занимало весь лист. Рекомендуемые масштабы: 1:1, 1:2, 2:1.

Построение изображений. На сборочном чертеже необходимо показать узел в собранном виде. Обязательно выполняется разрез по оси цилиндра, показывающий внутреннее устройство. Для симметричных деталей допускается соединение части вида и части разреза. Местные разрезы показывают соединение поршневого пальца с шатуном, конструкцию поршневых колец. Для сложных узлов (например, головки блока цилиндров) могут потребоваться ступенчатые или ломаные разрезы.

Нанесение размеров. На сборочном чертеже наносятся: габаритные размеры (высота, ширина, длина узла); установочные и присоединительные размеры (диаметр цилиндра, межосевое расстояние шатуна, посадочные диаметры); справочные размеры (хода поршня, рабочий объём). Размеры, относящиеся к отдельным деталям, на сборочном чертеже не наносятся — они указываются на рабочих чертежах.

Номера позиций и спецификация. На сборочном чертеже каждая составная часть узла обозначается номером позиции. Номера позиций наносятся на полках линий-выносок, проведённых от изображения детали. Номера располагаются по периметру чертежа в порядке возрастания. Затем заполняется спецификация — таблица, содержащая перечень всех деталей и сборочных единиц, входящих в узел. Спецификация выполняется на формате А4 и подшивается в пояснительную записку.

Пример спецификации для поршневой группы. Спецификация включает: позицию 1 — поршень (материал — алюминиевый сплав АЛ25, количество — 1); позицию 2 — палец поршневой (сталь 20Х, 1); позицию 3 — кольцо компрессионное верхнее (чугун, 1); позицию 4 — кольцо компрессионное нижнее (чугун, 1);

позицию 5 — кольцо маслосъёмное (чугун, 1); позицию 6 — шатун (сталь 40Х, 1); позицию 7 — втулка шатуна верхней головки (бронза, 1); позицию 8 — стопорное кольцо (пружинная сталь, 2). Стандартные изделия (болты, гайки, шайбы) выносятся в отдельный раздел спецификации.

Требования ЕСКД к сборочному чертежу. Основные требования: все изображения должны соответствовать ГОСТ 2.305; разрезы должны быть обозначены (сечение А-А, разрез Б-Б); штриховка соприкасающихся деталей в разрезе выполняется с наклоном в разные стороны или с разным шагом; толщина линий — в соответствии с ГОСТ 2.303; основная надпись — по форме 1 ГОСТ 2.104.

4.5. Выполнение рабочих чертежей деталей

После разработки сборочного чертежа выполняется деталирование — разработка рабочих чертежей каждой оригинальной детали, входящей в узел.

Выбор количества изображений. Для каждой детали выбирается минимальное, но достаточное количество изображений. Для деталей типа «тело вращения» (поршневой палец, клапан) достаточно одного-двух изображений. Для деталей сложной формы (поршень, шатун, коленчатый вал) могут потребоваться три и более изображения, а также местные разрезы и вынесенные сечения.

Пример для поршня. На рабочем чертеже поршня необходимо показать: главный вид (разрез по оси), вид сверху (показывает форму днища), местный разрез по канавкам колец, вынесенное сечение поршневого кольца.

Нанесение размеров. Размеры на рабочем чертеже должны быть нанесены с учётом конструктивных, технологических и измерительных баз. Конструктивная база — ось цилиндра или ось поршневого пальца. Технологическая база — поверхности, от которых удобно обрабатывать деталь (например, торец днища). Размерные цепи должны быть замкнуты. Не допускается наносить лишние или дублирующие размеры.

Назначение допусков и посадок. Для сопрягаемых поверхностей назначаются допуски и посадки в соответствии с ГОСТ

25346. Для поршня: диаметр юбки в сопряжении с гильзой — посадка с зазором (например, $H7/g6$ или $H7/f7$). Диаметр отверстия под поршневой палец — посадка с натягом или переходная (например, $H7/k6$ или $H7/m6$). Канавки под поршневые кольца — допуски по H11 или H12. Предельные отклонения указываются на чертеже в виде условных обозначений (например, 50H7) или числовых значений.

Обозначение шероховатости. Шероховатость поверхностей обозначается на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.309. Для юбки поршня, сопрягаемой с гильзой, назначается шероховатость Ra $0{,}32 \ldots 0{,}63$ мкм. Для днища поршня, не сопрягаемого с другими деталями — Ra $2{,}5 \ldots 5$ мкм. Для канавок под кольца — Ra $1{,}25 \ldots 2{,}5$ мкм. Знак шероховатости ставится на линии контура, на линии-выноске или на полке.

Технические требования. В технических требованиях указываются: материал детали (с полным обозначением по ГОСТ), термообработка (например, «закалка + высокий отпуск до твёрдости 28…32 HRC»), покрытие (при наличии), неуказанные предельные отклонения размеров, неуказанные допуски формы и расположения, требования к заусенцам, клеймению и т.п.

Пример оформления технических требований для поршня. «1. Материал — АЛ25 (ГОСТ 1583-93). 2. Твёрдость после закалки и искусственного старения — 100…130 НВ. 3. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий — $H14$, валов — $h14$, остальных — $\pm IT14/2$. 4. Радиусы скруглений и фаски — 1×45°. 5. Допуск плоскостности днища — 0,05 мм. 6. Допуск соосности отверстия под палец относительно оси юбки — 0,02 мм. 7. Острые кромки притупить. 8. Маркировать диаметр цилиндра на днище».

4.6. Работа с CAD-системой (КОМПАС-3D)

Большинство чертежей курсового проекта выполняется в CAD-системе. На кафедре используется КОМПАС-3D (версия v20 или выше), но допускается использование SolidWorks, AutoCAD или Siemens NX. Ниже приведены основные рекомендации для работы в КОМПАС-3D.

Создание нового чертежа. При создании нового чертежа необходимо правильно выбрать формат (А1, А2, А3 или А4) и ориентацию (горизонтальную или вертикальную). Основная надпись выбирается в соответствии с типом чертежа: для сборочного чертежа — форма 1, для рабочего чертежа детали — форма 2 или 2а.

Построение видов и разрезов. Виды строятся с использованием инструментов «Проекционный вид», «Разрез/Сечение», «Местный разрез». Для создания разреза необходимо сначала начертить линию разреза на исходном виде, затем выполнить команду «Разрез». При построении сложных (ступенчатых) разрезов используется команда «Разрез по ломаной линии». Важно правильно обозначать разрезы (А-А, Б-Б) и подписывать их в соответствии с ЕСКД.

Штриховка. Штриховка в разрезах выполняется автоматически. Для соприкасающихся деталей штриховка должна быть направлена в разные стороны или иметь разный шаг. Для этого в КОМПАС-3D можно изменить угол или шаг штриховки у выбранной детали. Материал детали задаётся в свойствах, и штриховка автоматически подбирается в соответствии с ГОСТ.

Нанесение размеров. Размеры наносятся с использованием инструментов «Линейный размер», «Диаметральный размер», «Радиальный размер», «Угловой размер». Для простановки допусков используется команда «Допуск» в свойствах размера. Шероховатость наносится командой «Знак шероховатости». Важно следить, чтобы размерные линии не пересекались и не накладывались на изображение.

Типичные ошибки при работе в CAD-системе. Неправильно выбран формат или масштаб — чертёж не помещается на листе или выглядит слишком мелко. Отсутствует обозначение разреза (линия и надпись) — чертёж считается неполным. Штриховка соприкасающихся деталей направлена одинаково — нарушение ЕСКД. Размеры нанесены без соблюдения цепочек (размерные линии пересекаются). Отсутствует основная надпись или заполнена неправильно. Отсутствуют номера позиций на сборочном чертеже. Спецификация не соответствует сборочному чертежу.

4.7. Оформление пояснительной записки

Пояснительная записка оформляется в текстовом редакторе Microsoft Word или LibreOffice Writer. Требования к оформлению: формат А4, поля: левое — 30 мм, правое — 10 мм, верхнее — 15 мм, нижнее — 20 мм; шрифт — Times New Roman, 14 кегль, полуторный межстрочный интервал; абзацный отступ — 1,25 см; нумерация страниц — в правом верхнем углу, начиная с титульного листа (номер не проставляется). Заголовки разделов — полужирный шрифт, по центру. Заголовки подразделов — полужирный шрифт, с абзацного отступа.

Рисунки и таблицы нумеруются и подписываются. Ссылки на литературу оформляются в квадратных скобках [1, с. 45]. Список литературы оформляется по ГОСТ 7.1.

4.8. Типичные ошибки и способы их предотвращения

В таблице ниже приведены наиболее частые ошибки, допускаемые студентами при выполнении курсового проекта, и рекомендации по их предотвращению.

Ошибка: Несоответствие чертежей техническому заданию (неправильные размеры, не тот узел). **Как избежать:** Перед началом черчения внимательно изучить техническое задание и индивидуальное задание, уточнить все параметры у руководителя.

Ошибка: Неправильный выбор главного вида или недостаточное количество изображений. **Как избежать:** Изучить правила выбора главного вида по ГОСТ 2.305. Посоветоваться с руководителем перед началом черчения.

Ошибка: Отсутствие разрезов или неправильное их выполнение. **Как избежать:** Помнить, что большинство деталей поршневого двигателя имеют внутренние полости, которые должны быть показаны в разрезе. Изучить правила выполнения простых и сложных разрезов.

Ошибка: Неправильная штриховка (соприкасающиеся детали заштрихованы одинаково). **Как избежать:** При создании чертежа в CAD-системе задать разный угол или шаг штриховки для разных деталей.

Ошибка: Пропущены размеры, допуски или шероховатость. **Как избежать:** Составить контрольный список для каждого типа

чертежа: все ли размеры проставлены, все ли сопрягаемые поверхности имеют допуски, все ли поверхности имеют обозначение шероховатости.

Ошибка: Неправильное заполнение спецификации (несоответствие позиций, пропущены детали). **Как избежать:** Сверять спецификацию со сборочным чертежом: каждому номеру позиции должна соответствовать строка в спецификации.

Ошибка: Пояснительная записка оформлена небрежно, нет ссылок на рисунки, список литературы оформлен неправильно. **Как избежать:** Внимательно изучить требования к оформлению. После завершения работы выполнить проверку по чек-листу.

4.9. Пример выполнения рабочего чертежа поршня (краткая иллюстрация)

Для наглядности рассмотрим основные этапы выполнения рабочего чертежа поршня.

Первый этап — анализ формы детали. Поршень состоит из днища (верхняя часть), канавок под компрессионные и маслосъёмные кольца (средняя часть) и юбки (нижняя направляющая часть). Внутри поршня имеются бобышки с отверстием под поршневой палец.

Второй этап — выбор главного вида. Главным видом является разрез по оси поршня. На этом виде видны днище, все канавки, юбка, бобышки и отверстие под палец.

Третий этап — выбор дополнительных изображений. Вид сверху показывает форму днища (плоское, выпуклое или с вытеснителем). Местный разрез по канавкам колец уточняет их профиль. Вынесенное сечение поршневого кольца показывает его форму в свободном и сжатом состоянии.

Четвёртый этап — нанесение размеров. На главном виде: диаметр юбки (с допуском), диаметр головки (с зазором), диаметр отверстия под палец (с допуском), высота поршня, высота компрессионной части, высота юбки, высота канавок, расстояние от днища до оси отверстия под палец. На виде сверху: диаметр днища, расположение и размеры вытеснителя (при наличии). На местном разрезе: ширина и глубина канавок, радиусы скруглений.

Пятый этап — оформление технических требований. Указывается материал (АЛ25), твёрдость (100…130 НВ), неуказанные предельные отклонения ($H14, h14, \pm IT14/2$), допуски формы и расположения (соосность, параллельность), маркировка.

Шестой этап — проверка чертежа. Все ли размеры проставлены? Все ли сопрягаемые поверхности имеют допуски? Все ли поверхности имеют обозначение шероховатости? Заполнена ли основная надпись? Соответствуют ли изображения ЕСКД?

После выполнения чертежа поршня аналогичным образом выполняются чертежи других деталей: шатуна, поршневого пальца, поршневых колец, а затем — сборочный чертёж и спецификация.

Раздел 5. Требования к оформлению пояснительной записки

5.1. Общие требования к оформлению

Пояснительная записка курсового проекта является текстовым документом, который оформляется в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и локальными нормативными актами Московского политехнического университета. Соблюдение изложенных ниже требований является обязательным. Небрежно оформленная записка может быть возвращена на доработку даже при правильном содержании.

Формат и поля. Пояснительная записка выполняется на листах белой бумаги формата А4 (297×210 мм). Текст печатается на одной стороне листа. Поля страницы должны иметь следующие размеры: левое поле — 30 мм (для подшивки), правое поле — 10 мм, верхнее поле — 15 мм, нижнее поле — 20 мм.

Шрифты и межстрочный интервал. Основной текст печатается шрифтом Times New Roman, 14 кегль, полуторный межстрочный интервал. Цвет шрифта — чёрный. Допускается использование шрифтов других гарнитур в таблицах и приложениях, но при этом должен обеспечиваться хороший контраст и читаемость.

Выравнивание текста. Основной текст выравнивается по ширине страницы. Заголовки выравниваются по центру. Абзацный отступ (красная строка) должен быть одинаковым по всему тексту и составлять 1,25 см. Отступ задаётся средствами текстового редактора, использование пробелов для создания абзацного отступа не допускается.

Нумерация страниц. Страницы пояснительной записки нумеруются сквозной нумерацией арабскими цифрами. Номер страницы проставляется в правом верхнем углу без точки, без дополнительных знаков (тире, скобок). Титульный лист включается в общую нумерацию, но номер страницы на нём не проставляется. Нумерация начинается со второй страницы (номер 2). Приложения включаются в общую нумерацию страниц.

5.2. Оформление текста

Заголовки. Заголовки разделов (например, «Введение», «Глава 1. Аналитический обзор», «Заключение», «Список литературы») печатаются полужирным шрифтом, 14 кегль, по центру строки. Точка в конце заголовка не ставится. Заголовки отделяются от последующего текста одной пустой строкой. Заголовки подразделов печатаются полужирным шрифтом, 14 кегль, с абзацного отступа. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Абзацы и отступы. Каждый абзац начинается с красной строки (абзацный отступ 1,25 см). Интервал между абзацами не устанавливается (регулируется полуторным межстрочным интервалом). Не допускается использование пустых строк между абзацами внутри одного раздела.

Списки. Перечисления оформляются в виде маркированных или нумерованных списков. Маркеры списков — тире или кружки. При нумерации используются арабские цифры с точкой. Каждый пункт списка начинается с новой строки. После маркера или номера ставится пробел. Текст пункта списка может начинаться со строчной буквы (если пункт не является законченным предложением) или с прописной буквы (если пункт представляет собой законченное предложение). В конце каждого пункта ставится точка с запятой, кроме последнего пункта, после которого ставится точка.

Выделения в тексте. Важные термины, названия, ключевые слова могут быть выделены полужирным шрифтом или курсивом. Подчёркивание текста не допускается. Цветные выделения не допускаются (за исключением цветных иллюстраций). Следует избегать избыточных выделений.

5.3. Оформление иллюстраций (рисунков)

Виды иллюстраций. В пояснительной записке могут быть представлены рисунки различных типов: схемы (кинематические, гидравлические), эскизы, графики, диаграммы, скриншоты 3D-моделей, уменьшенные копии чертежей. Все иллюстрации именуются рисунками.

Нумерация рисунков. Рисунки нумеруются арабскими цифрами. Возможны два варианта нумерации: сквозная нумерация по всей записке (рисунок 1, рисунок 2, …) или нумерация в пределах раздела (рисунок 1.1, рисунок 1.2, …). Второй вариант предпочтителен для больших работ. Номер рисунка указывается после его подписи.

Подписи рисунков. Подпись располагается под рисунком по центру строки. Подпись начинается со слова «Рисунок» (без сокращений), затем указывается номер рисунка, затем ставится тире и приводится наименование рисунка. Точка в конце подписи не ставится. Пример: «Рисунок 1.1 — Эскизная компоновка поршневой группы».

Ссылки на рисунки в тексте. В тексте записки должны быть ссылки на все рисунки. Ссылка оформляется в виде «(рисунок 1.1)» или «как показано на рисунке 1.1». Не допускается использовать обороты «на следующем рисунке», «на рисунке ниже».

Требования к качеству иллюстраций. Все иллюстрации должны быть чёткими, с читаемыми надписями. Скриншоты с экрана CAD-системы должны быть сделаны с достаточным разрешением, чтобы мелкие детали (размеры, обозначения) были различимы. Уменьшенные копии чертежей должны быть выполнены в масштабе, обеспечивающем читаемость основной надписи и основных размеров.

5.4. Оформление таблиц

Нумерация таблиц. Таблицы нумеруются арабскими цифрами аналогично рисункам: сквозная нумерация (таблица 1, таблица 2, …) или нумерация в пределах раздела (таблица 1.1, таблица 1.2, …). Номер таблицы указывается в её заголовке.

Заголовок таблицы. Каждая таблица должна иметь заголовок, который располагается над таблицей слева, без абзацного отступа. Заголовок начинается со слова «Таблица», затем указывается номер таблицы, затем ставится тире и приводится наименование таблицы. Точка в конце заголовка не ставится. Пример: «Таблица 1.1 — Сравнительные характеристики прототипов».

Оформление шапки таблицы. Заголовки граф (шапка таблицы) печатаются полужирным шрифтом, выравниваются по центру. Единицы измерения величин указываются в заголовках граф после запятой. Пример: «Диаметр цилиндра, мм».

Большие таблицы. Если таблица не помещается на одной странице, её переносят на следующую страницу. При переносе на следующую странице над продолжением таблицы пишут «Продолжение таблицы 1.1» (выравнивание по правому краю). Заголовок таблицы на следующей странице не повторяется, но повторяется шапка (заголовки граф). Допускается нумеровать графы и на следующей странице приводить только их номера.

Ссылки на таблицы в тексте. В тексте записки должны быть ссылки на все таблицы. Ссылка оформляется в виде «(таблица 1.1)» или «как показано в таблице 1.1».

5.5. Оформление формул

Набор формул. Формулы набираются с использованием редактора формул (Microsoft Equation, MathType или встроенный редактор LibreOffice Math). Не допускается вставка формул в виде изображений. Переменные в формулах обозначаются курсивом (латинскими или греческими буквами), а константы, индексы и пояснения — прямым шрифтом.

Нумерация формул. Формулы нумеруются арабскими цифрами. Номер указывается в круглых скобках у правого края

строки, на уровне формулы. Возможна сквозная нумерация (1, 2, 3, …) или нумерация в пределах раздела (1.1, 1.2, …). Пример:

$$S = \pi \times D^2 / 4 \qquad (1.1)$$

Расположение формул. Формула располагается на отдельной строке, выравнивается по центру. Выше и ниже формулы оставляется по одной пустой строке. Пояснения символов (расшифровка буквенных обозначений) приводятся после формулы под словом «где» (без двоеточия). Пояснения располагаются столбиком: сначала указывается символ, затем тире, затем расшифровка. Пример:

$$S = \pi \times D^2 / 4, \qquad (1.1)$$

где S — площадь поршня, мм²; D — диаметр цилиндра, мм.

Ссылки на формулы в тексте. В тексте записки должны быть ссылки на все формулы. Ссылка оформляется в виде «в формуле (1.1)» или «по формуле (1.1)».

5.6. Оформление ссылок и списка литературы

Ссылки на литературу в тексте. Библиографические ссылки в тексте оформляются в квадратных скобках. В скобках указывается номер источника по списку литературы. При необходимости указывается номер страницы через запятую. Пример: «…согласно данным [5, с. 44]» или «…в работе [7] показано, что…». Не допускается использование ссылок вида «(Иванов, 2020)» или «[Иванов, 2020]».

Состав списка литературы. Список литературы должен включать все источники, на которые есть ссылки в тексте. Рекомендуемое количество источников — не менее 10–15. Список оформляется в алфавитном порядке: сначала отечественные источники, затем иностранные. Внутри каждого блока — по алфавиту фамилий авторов или названий.

Оформление библиографических записей. Библиографические записи оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 (для книг, статей, патентов) и ГОСТ 7.82-2001 (для электронных ресурсов). Примеры оформления:

Для книги: Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. Двигатели внутреннего сгорания: учебник для вузов. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2015. — 479 с.

Для статьи из журнала: Шатров М.Г., Зленко М.А., Якушев М.В. Метод параметрического синтеза системы нейтрализации отработавших газов дизеля // Двигателестроение. — 2019. — № 2. — С. 14–20.

Для патента: Патент РФ № 1234567. Способ управления двигателем внутреннего сгорания / Иванов И.И., Петров П.П. ; заявл. 10.02.2018 ; опубл. 20.03.2019, Бюл. № 8.

Для электронного ресурса: ГОСТ 2.104-2006. Единая система конструкторской документации. Основные надписи. — URL: http://docs.cntd.ru/document/1200072512 (дата обращения: 01.02.2026).

5.7. Оформление приложений

Назначение приложений. В приложения выносятся вспомогательные материалы, которые загромождают основной текст. К таким материалам относятся: большие таблицы с исходными данными; копии чертежей (в уменьшенном масштабе); распечатки 3D-моделей; ведомости покупных изделий; копии нормативных документов; акты внедрения (при наличии).

Оформление приложений. Каждое приложение начинается с новой страницы. Вверху страницы по центру пишется слово «Приложение» с заглавной буквы, затем указывается обозначение приложения (прописными буквами русского алфавита, например, А, Б, В). Приложения могут обозначаться также латинскими буквами (A, B, C) или арабскими цифрами. Пример: «Приложение А».

Заголовок приложения. Ниже обозначения приложения на отдельной строке по центру помещается заголовок приложения (содержательное наименование). Пример: «Приложение А» (на первой строке), «Спецификация на поршневую группу» (на второй строке).

Нумерация страниц приложений. Приложения включаются в общую нумерацию страниц пояснительной записки. На страницах приложений номера проставляются в правом верхнем углу.

Ссылки на приложения в тексте. В основном тексте должны быть ссылки на все приложения. Ссылка оформляется в виде «(приложение А)» или «как показано в приложении А».

5.8. Контрольный список проверки оформления

Перед сдачей курсового проекта рекомендуется проверить выполнение следующих требований.

По общему оформлению: соблюдены ли поля (левое 30 мм, правое 10 мм, верхнее 15 мм, нижнее 20 мм)? Шрифт Times New Roman, 14 кегль? Полуторный межстрочный интервал? Нумерация страниц начинается со второй страницы?

По тексту: заголовки выделены полужирным шрифтом и выровнены по центру? Абзацный отступ везде одинаковый (1,25 см)? Нет ли пустых строк между абзацами внутри разделов?

По иллюстрациям: каждый рисунок имеет подпись (Рисунок X.X — наименование)? Есть ли в тексте ссылки на все рисунки? Рисунки не выходят за поля страницы?

По таблицам: каждая таблица имеет заголовок? Есть ли в тексте ссылки на все таблицы? Шапка таблицы отделена от основной части?

По формулам: формулы набраны в редакторе формул? Формулы имеют номера? Есть ли в тексте ссылки на формулы? Расшифровка символов приведена после формулы?

По ссылкам и списку литературы: все ссылки в тексте оформлены в квадратных скобках? Список литературы оформлен по ГОСТ? Все источники из списка имеют ссылки в тексте?

По приложениям: каждое приложение имеет обозначение и заголовок? Есть ли в тексте ссылки на приложения? Приложения включены в общую нумерацию страниц?

Раздел 6. Требования к оформлению графической части

Графическая часть курсового проекта является обязательным элементом работы, наравне с пояснительной запиской. Именно по чертежам руководитель и комиссия оценивают умение студента применять правила ЕСКД на практике. Графическая часть выполняется на листах чертёжной бумаги с использованием CAD-системы (КОМПАС-3D, AutoCAD, SolidWorks) с последующим выводом на печать. Допускается выполнение чертежей вручную на

ватмане, но этот способ требует особой тщательности и аккуратности.

6.1. Состав графической части

Состав графической части курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» включает следующие документы.

Сборочный чертёж проектируемого узла выполняется на формате А1 или А2. На чертеже показывается узел в сборе с необходимыми разрезами и сечениями, наносятся габаритные, установочные и присоединительные размеры, проставляются номера позиций, оформляется основная надпись.

Спецификация на сборочную единицу выполняется на формате А4 и подшивается в пояснительную записку. В спецификации перечисляются все детали и сборочные единицы, входящие в узел, с указанием наименования, обозначения, количества и материала.

Рабочие чертежи оригинальных деталей выполняются на форматах А3 или А4 (в зависимости от размеров детали). Для каждой оригинальной детали, входящей в узел, разрабатывается отдельный рабочий чертёж с простановкой всех необходимых размеров, допусков, шероховатости и технических требований.

Эскизная компоновка проектируемого узла может быть представлена отдельным листом формата А3 или А4 либо включена в пояснительную записку в качестве иллюстрации. Эскизная компоновка отображает основные геометрические параметры и взаимное расположение элементов узла.

6.2. Выбор форматов и масштабов

Форматы чертежей. Основные форматы чертежей установлены ГОСТ 2.301. При выполнении курсового проекта рекомендуется использовать следующие форматы: А1 (594×841 мм) — для крупных сборочных чертежей (головка блока цилиндров, коленчатый вал в сборе); А2 (420×594 мм) — для сборочных чертежей средней сложности (поршневая группа, масляный насос, турбо-

компрессор); А3 (297×420 мм) — для сборочных чертежей простых узлов и для крупных рабочих чертежей деталей; А4 (210×297 мм) — для рабочих чертежей небольших деталей (поршневой палец, клапан, поршневые кольца) и для спецификации.

Выбор формата определяется размерами изображаемого изделия, сложностью конструкции и количеством необходимых изображений. Не следует выбирать слишком большой формат для простой детали — это приведёт к неоправданному увеличению объёма работы. И наоборот, на слишком маленьком формате сложный узел будет нечитаем.

Масштабы. Масштабы чертежей выбираются по ГОСТ 2.302 из стандартного ряда: масштабы уменьшения — 1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10 и т.д.; натуральная величина — 1:1; масштабы увеличения — 2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1 и т.д. Для сборочных чертежей поршневых двигателей чаще всего используются масштабы 1:1, 1:2 или 1:2,5. Для рабочих чертежей мелких деталей (поршневые кольца, клапаны) может потребоваться масштаб увеличения (2:1 или 4:1). Масштаб указывается в основной надписи чертежа в соответствующей графе. На одном чертеже может быть использован один масштаб для всех изображений. Допускается для отдельных элементов (выносных элементов) указывать другой масштаб рядом с изображением элемента.

6.3. Требования к выполнению чертежей

Типы линий. На чертежах применяются типы линий, установленные ГОСТ 2.303. Основная сплошная толстая линия (толщина 0,5…1,4 мм) используется для видимых контуров деталей, рамки чертежа, основной надписи. Сплошная тонкая линия (в 2–3 раза тоньше основной) применяется для размерных и выносных линий, линий штриховки. Штриховая линия (тонкая, с короткими штрихами) используется для изображения невидимых контуров. Штрихпунктирная тонкая линия применяется для изображения осевых и центровых линий. Разомкнутая линия (с утолщениями на концах) используется для обозначения линий разрезов и сечений.

Важно помнить, что на чертежах, выполняемых в CAD-системе, толщина линий автоматически задаётся в соответствии с типом элемента, но при печати необходимо убедиться, что все линии отображаются правильно.

Основная надпись. Каждый чертёж должен иметь основную надпись, расположенную в правом нижнем углу. Для сборочных чертежей и чертежей общего вида используется основная надпись по форме 1 ГОСТ 2.104 (размер 185×55 мм). Для рабочих чертежей деталей используется основная надпись по форме 2 (для формата А4) или форме 2а (для форматов А3 и более). Основная надпись заполняется следующим образом: графа 1 — наименование изделия (например, «Шатун»); графа 2 — обозначение чертежа (например, «МПУ.13.03.03.ПД.241-111.002»); графа 3 — обозначение материала детали (для рабочего чертежа детали); графа 4 — литер документа (для курсового проекта — «У» — учебный); графа 5 — масса изделия; графа 6 — масштаб; графа 7 — номер листа; графа 8 — общее количество листов; графа 9 — наименование университета, факультета, кафедры; графа 10 — должности и фамилии разработчика, проверяющего, нормоконтролёра; графа 11 — подписи и даты.

Обозначение чертежей. Обозначение чертежа (код) строится по следующему принципу: университет (МПУ), код направления подготовки (13.03.03), код профиля (ПД — поршневые двигатели), номер учебной группы, порядковый номер чертежа. Пример: МПУ.13.03.03.ПД.241-111.001 — сборочный чертёж поршневой группы. Единая система обозначений упрощает учёт и поиск чертежей в электронном архиве.

6.4. Особенности выполнения сборочного чертежа

Сборочный чертёж должен давать полное представление о конструкции узла и взаимодействии его деталей. Для этого необходимо выполнить следующие требования.

На сборочном чертеже показывается узел в собранном виде. Внутреннее устройство узла раскрывается с помощью разрезов и сечений. Для сложных узлов (головка блока цилиндров, впускной коллектор) применяются ступенчатые или ломаные разрезы. Для

симметричных узлов (поршневая группа) допускается соединение половины вида и половины разреза.

Сопрягаемые детали в разрезах штрихуются с наклоном в разные стороны или с разным шагом. Угол наклона штриховки обычно составляет 45 градусов к горизонтали. Для смежных деталей угол может быть изменён на 30 или 60 градусов. Толщина деталей, попадающих в разрез, должна быть не менее 2 мм в масштабе чертежа.

Номера позиций наносятся на полках линий-выносок. Линии-выноски проводятся от изображения детали и заканчиваются точкой на поверхности детали (на видимых контурах). Полка линии-выноски располагается параллельно основной надписи. Номера позиций располагаются по периметру чертежа в порядке возрастания. Номера позиций наносятся один раз на каждый вид или разрез, где деталь видна. Шрифт для номеров позиций должен быть на 1–2 размера больше шрифта размерных чисел.

Габаритные размеры на сборочном чертеже даются для общего представления о размерах узла (длина, ширина, высота). Установочные и присоединительные размеры показывают, как узел крепится к другим узлам (диаметры отверстий, расстояния между осями). Эксплуатационные размеры указывают характеристики узла (ход поршня, рабочий объём). Размеры отдельных деталей на сборочном чертеже не наносятся.

6.5. Особенности выполнения рабочих чертежей деталей

Рабочий чертёж детали должен содержать всю информацию, необходимую для её изготовления и контроля. Количество изображений на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного понимания геометрической формы детали.

Для деталей типа тел вращения (поршневой палец, клапан, распределительный вал) достаточно одного изображения (главного вида) с указанием диаметральных размеров и нескольких местных разрезов. Для деталей сложной формы (поршень, шатун, коленчатый вал) требуется несколько видов, разрезов и сечений.

Размеры на рабочем чертеже наносятся с учётом конструктивных и технологических баз. Не допускается нанесение лишних или дублирующих размеров. Размерные цепи должны быть замкнуты.

Размеры, не имеющие допусков, считаются выполненными по свободным допускам (указывается в технических требованиях).

Предельные отклонения размеров (допуски) указываются для всех сопрягаемых поверхностей. Допуски могут быть указаны условными обозначениями (например, 50H7) или числовыми значениями (например, 50+0,025). Способ указания должен быть единым на всём чертеже.

Шероховатость поверхностей обозначается знаком, над которым указывается значение параметра (Ra или Rz). Знак шероховатости ставится на линии контура, на линии-выноске или на полке. Если для большинства поверхностей детали задана одинаковая шероховатость, её указывают в правом верхнем углу чертежа, а для остальных поверхностей — непосредственно на изображении.

Допуски формы и расположения поверхностей указываются в прямоугольной рамке, разделённой на части. В первой части помещается знак допуска, во второй — числовое значение, в третьей — буквенное обозначение базы (при необходимости). Допуски указываются для ответственных поверхностей (посадочные диаметры, торцы, оси).

6.6. Оформление спецификации

Спецификация выполняется на формате А4 по форме 1 ГОСТ 2.108. Заполняется спецификация в следующем порядке разделов: документация (сборочный чертёж, пояснительная записка), сборочные единицы (если узел входит в состав более крупной сборки), детали (оригинальные детали, разработанные студентом), стандартные изделия (крепёжные детали — болты, гайки, шайбы, винты, шпильки; подшипники; уплотнения), прочие изделия (неметаллические изделия, пружины), материалы (материалы, непосредственно входящие в изделие, например, припой).

В разделе «Стандартные изделия» запись ведётся по алфавиту: сначала болты, затем винты, гайки, шайбы, шпильки, затем подшипники, затем уплотнения. В пределах одной группы — по возрастанию диаметра. Пример записи: «Болт М10×1,5×40.58 ГОСТ 7798-70». Здесь М10 — диаметр, 1,5 — шаг резьбы (для мелкой), 40 — длина, 58 — класс прочности.

В графе «Формат» для деталей, на которые выпущены чертежи, указывается формат чертежа (А3, А4). Для стандартных изделий ставится «ГОСТ». Для сборочных единиц — «СБ». В графе «Обозначение» для оригинальных деталей указывается присвоенный код (например, МПУ.13.03.03.ПД.241-111.002). Для стандартных изделий обозначение не пишется.

6.7. Требования к презентации (при наличии)

В некоторых случаях (по требованию руководителя) результаты курсового проекта могут быть представлены в виде презентации. Презентация не заменяет чертежи, но может быть использована при защите для наглядной демонстрации основных результатов.

Количество слайдов. Рекомендуемое количество слайдов для защиты курсового проекта по первому этапу сквозного проектирования — 8–12 слайдов.

Структура презентации. Титульный слайд содержит тему курсового проекта, фамилию студента и руководителя. Слайд «Актуальность и цель» обосновывает актуальность выбранной темы и формулирует цель работы. Слайд «Анализ прототипов» представляет результаты сравнения существующих конструкций. Слайд «Техническое задание» показывает основные требования к проектируемому узлу. Слайд «Эскизная компоновка» демонстрирует предварительное графическое решение узла. Слайд «Сборочный чертёж» содержит изображение разработанного сборочного чертежа (уменьшенная копия). Слайд «Рабочие чертежи деталей» показывает основные рабочие чертежи. Слайд «Выводы» суммирует результаты работы. Заключительный слайд содержит благодарность за внимание.

Оформление презентации. Единый стиль оформления всех слайдов (фон, шрифты, цветовая гамма). Фон — светлый (белый или светло-серый), текст — тёмный (чёрный или тёмно-синий). Шрифт для заголовков — 28–32 пункта, для основного текста — 20–24 пункта. Текст должен быть кратким, тезисным (не более 50–70 слов на слайд). Изображения (скриншоты чертежей, цветовые

карты) должны быть чёткими и читаемыми. Анимация допускается минимальная (появление текста и изображений), избыточная анимация (вращение, вылетание) не рекомендуется.

6.8. Контрольный список проверки графической части

Перед сдачей курсового проекта рекомендуется проверить выполнение следующих требований.

По общим требованиям: все ли чертежи из состава графической части выполнены? Соответствуют ли форматы выбранному масштабу и сложности узла? Имеется ли на каждом чертеже основная надпись и правильно ли она заполнена?

По сборочному чертежу: имеются ли необходимые разрезы и сечения? Правильно ли выполнена штриховка соприкасающихся деталей? Нанесены ли габаритные, установочные и присоединительные размеры? Проставлены ли номера позиций? Соответствует ли спецификация сборочному чертежу?

По рабочим чертежам деталей: достаточное ли количество изображений? Нанесены ли все размеры? Указаны ли допуски на сопрягаемые поверхности? Обозначена ли шероховатость поверхностей? Заполнены ли технические требования? Указан ли материал детали в основной надписи?

По спецификации: правильно ли заполнены все графы? Соблюдён ли порядок разделов (документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия)? Соответствуют ли номера позиций в спецификации номерам позиций на сборочном чертеже?

Раздел 7. Программное обеспечение и инструменты

7.1. Основное программное обеспечение

Для выполнения курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» студенту необходимо освоить одну из современных CAD-систем. Выбор конкретной системы зависит от предпочтений студента и рекомендаций руководителя, однако все перечисленные

ниже программы обеспечивают выполнение требуемого объёма работ.

КОМПАС-3D (рекомендуемая версия — v20 или выше). Это наиболее распространённая CAD-система в российских конструкторских бюро. КОМПАС-3D полностью ориентирована на требования ЕСКД, что делает её идеальным инструментом для выполнения учебных и реальных проектных задач в области двигателестроения. Программа позволяет создавать параметрические 3D-модели деталей, формировать сборочные единицы с заданными геометрическими сопряжениями и автоматически генерировать ассоциативные чертежи, соответствующие всем стандартам. Для студентов доступна бесплатная учебная версия. Для её получения необходимо зайти на официальный сайт kompas.ru, выбрать вкладку «Продукты», затем пункт «КОМПАС-3D Учебная версия», нажать кнопку «Скачать», заполнить и отправить форму, после чего дождаться ответного письма с дистрибутивом программы .

SolidWorks (рекомендуемая версия — 2022 Education Edition или выше). Это одна из наиболее популярных CAD-систем в мировом машиностроении. SolidWorks отличается интуитивно понятным интерфейсом, мощными инструментами параметрического моделирования и хорошей интеграцией с CAE-пакетами. Студенческая версия (SolidWorks Student Edition) предоставляется бесплатно при подтверждении статуса студента. Пользователи с образовательной лицензией могут устанавливать SOLIDWORKS начиная с версии SP0 . В программе имеются встроенные пошаговые учебные пособия (Tutorials), доступные через вкладку Learn. Существует также обширная учебная литература, например, книга «SolidWorks. Оформление проектной документации» под редакцией Н. Дударевой и Ю. Загайко, которая посвящена вопросам оформления чертежей согласно требованиям ЕСКД .

Siemens NX (студенческая версия). Это профессиональная CAD/CAM/CAE-система, широко используемая в авиа- и автомобилестроении. Отличается мощными инструментами синхронного моделирования и управления данными об изделии. Для студентов доступна бесплатная NX Student Edition на сайте Siemens. Однако

в рамках курсового проекта по графическому проектированию использование этой системы рекомендуется только студентам, уже имеющим опыт работы в ней, так как порог входа выше, чем у КОМПАС-3D и SolidWorks.

AutoCAD (студенческая версия). Хотя AutoCAD исторически является одной из первых CAD-систем, для машиностроительного черчения сегодня предпочтительнее использовать параметрические системы (КОМПАС-3D или SolidWorks), так как они обеспечивают ассоциативность между 3D-моделью и чертежами. Однако AutoCAD может быть использован как вспомогательный инструмент или если у студента есть устойчивые навыки работы в нём. Студенческая версия доступна на сайте Autodesk.

7.2. Вспомогательное программное обеспечение

Для оформления пояснительной записки и подготовки презентации потребуется следующий набор вспомогательного программного обеспечения.

Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint) или LibreOffice. Пояснительная записка оформляется в текстовом редакторе (Word или Writer). Для расчётов и построения таблиц может использоваться Excel или Calc. Для подготовки презентации к защите (если требуется) используется PowerPoint или Impress. Студенты Московского политехнического университета имеют доступ к бесплатной подписке Microsoft Office 365 Education.

Adobe Acrobat Reader или любой другой PDF-просмотрщик. Для просмотра и проверки готовых чертежей и пояснительной записки в формате PDF.

PDF-принтер (например, PDF Creator или встроенный в Windows «Microsoft Print to PDF»). Необходим для конвертации чертежей и пояснительной записки в формат PDF для сдачи в электронном архиве.

Архиватор (7-Zip, WinRAR). Для упаковки электронного архива при сдаче работы (если требуется).

7.3. Учебные ресурсы по программному обеспечению

Для самостоятельного освоения CAD-систем студент может использовать следующие ресурсы.

По КОМПАС-3D: официальный сайт АСКОН содержит раздел «Обучающие материалы» со статьями и видеоуроками. В самой программе доступно встроенное учебное пособие «Азбука КОМПАС-3D». Также широко распространены книги-самоучители, например «Самоучитель КОМПАС-3D V20» А.А. Герасимова.

По SolidWorks: в программе имеются встроенные пошаговые учебные пособия (Tutorials), доступные через вкладку Learn. На официальном сайте SolidWorks в разделе поддержки есть видеоуроки (Online Tutorials). Книга «SolidWorks. Оформление проектной документации» (Дударева Н., Загайко Ю.) детально рассматривает оформление чертежей в соответствии с ЕСКД .

По общим вопросам оформления чертежей: основным источником являются стандарты ЕСКД (Единая система конструкторской документации). В частности, ГОСТ 2.104-2006 устанавливает правила оформления основной надписи . Также существуют учебно-методические пособия по инженерной графике, например, «Инженерная графика. Чертежи деталей, сборочные чертежи — правила выполнения», в которых рассмотрены правила оформления рабочей конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД .

7.4. Требования к форматам сдаваемых файлов

Все материалы курсового проекта сдаются в электронном виде. Состав и форматы файлов приведены ниже.

Чертежи (графическая часть): каждый чертёж должен быть сохранён в двух форматах. Исходный формат CAD-системы, в которой выполнялся чертёж: для КОМПАС-3D — .cdw, .a3d, .m3d; для SolidWorks — .slddrw, .sldasm, .sldprt; для AutoCAD — .dwg. Также универсальный формат для просмотра — .pdf (один файл на один чертёж, многостраничные PDF не допускаются).

Пояснительная записка: файл в исходном формате текстового редактора (.docx для Word или .odt для LibreOffice) и файл в формате .pdf.

Презентация (при наличии): файл в исходном формате (.pptx или .odp) и при необходимости в формате .pdf.

Электронный архив должен иметь следующую структуру папок. Корневая папка называется по фамилии студента и номеру группы (например, «Иванов_241-111»). Внутри неё располагаются папки: «Чертежи» (содержит все файлы чертежей в исходных форматах и PDF), «Пояснительная записка» (содержит файлы ПЗ в .docx и .pdf), «Презентация» (если требуется). Все файлы должны быть названы в соответствии с обозначением чертежа или названием документа. Недопустимы названия файлов типа «чертеж1.dwg», «новый файл.pdf». Пример правильного названия: «МПУ.13.03.03.ПД.241-111.001_Сборочный_чертеж.pdf».

Перед сдачей все файлы должны быть проверены на открываемость и отсутствие вирусов. Студент обязан иметь резервную копию всех материалов на отдельном носителе или в облачном хранилище.

Раздел 8. Организация выполнения и защиты курсового проекта

8.1. Календарный план выполнения курсового проекта

Курсовой проект выполняется во втором семестре, продолжительность которого составляет 18 недель. Для обеспечения систематической работы и своевременной сдачи проекта рекомендуется придерживаться приведённого ниже календарного плана. Конкретные даты могут корректироваться руководителем в соответствии с расписанием учебного процесса.

1–2 недели. Получение индивидуального задания от руководителя, ознакомление с требованиями к курсовому проекту, выбор и согласование темы. На этом этапе студент должен понять объём предстоящей работы, уточнить все неясные вопросы и составить предварительный план выполнения.

3–4 недели. Поиск и сбор литературных и патентных источников по теме проекта. Изучение существующих конструкций-прототипов. Составление аналитического обзора. Студент должен

проанализировать не менее 10–15 источников и подготовить черновик аналитической главы.

5–6 недели. Проведение патентного поиска, обоснование выбора прототипа, формулирование цели и задач сквозного проекта. Разработка технического задания на проектирование. Все разработанные материалы согласовываются с руководителем.

7–8 недели. Выполнение эскизной компоновки проектируемого узла. Компоновка может быть выполнена вручную на миллиметровой бумаге или с использованием CAD-системы. Эскизная компоновка должна содержать основные геометрические параметры и взаимное расположение элементов узла.

9–12 недели. Разработка сборочного чертежа узла в CAD-системе. Оформление спецификации. Разработка рабочих чертежей оригинальных деталей. Это наиболее трудоёмкий этап, требующий регулярных консультаций с руководителем. На каждой консультации студент показывает промежуточные результаты и получает замечания для исправления.

13–14 недели. Оформление пояснительной записки. Подготовка электронного архива чертежей. Передача материалов на проверку руководителю. Студент должен предоставить руководителю полный комплект чертежей и черновик пояснительной записки.

15–16 недели. Устранение замечаний руководителя. Прохождение нормоконтроля. Нормоконтроль проверяет соответствие оформления чертежей и пояснительной записки требованиям ЕСКД и локальным нормативным актам университета.

17–18 недели. Окончательная сдача курсового проекта. Защита проекта (дифференцированный зачёт). Защита проводится в назначенное время в присутствии руководителя или комиссии кафедры.

8.2. Взаимодействие с руководителем

Руководитель курсового проекта назначается кафедрой. Основной формой взаимодействия являются регулярные консультации, которые проводятся в соответствии с графиком, утверждённым на кафедре. Рекомендуемая частота консультаций — не реже одного раза в две недели, а в периоды интенсивной работы (9–12 недели) — еженедельно.

На каждой консультации студент должен показывать результаты выполнения этапа в соответствии с календарным планом. К консультации необходимо готовиться: заранее продумывать вопросы, подготавливать материалы для показа (скриншоты, распечатки, файлы). Не следует приходить на консультацию с вопросами «что делать дальше», не имея собственных наработок.

Формы промежуточной отчётности могут включать: проверку черновика аналитического обзора (4 неделя), проверку технического задания (6 неделя), проверку эскизной компоновки (8 неделя), проверку сборочного чертежа и спецификации (10–11 недели), проверку рабочих чертежей деталей (12–13 недели), проверку черновика пояснительной записки (14 неделя). Результаты каждой проверки фиксируются руководителем в рабочем дневнике студента.

При возникновении серьёзных трудностей (болезнь, семейные обстоятельства) студент обязан незамедлительно информировать руководителя для корректировки календарного плана. Систематическое нарушение сроков без уважительных причин является основанием для снижения оценки.

8.3. Порядок сдачи курсового проекта

После завершения всех этапов работы и устранения замечаний руководителя студент сдаёт курсовой проект для прохождения нормоконтроля. Нормоконтроль проводится назначенным кафедрой преподавателем (нормоконтролёром) или самим руководителем. Нормоконтролёр проверяет соответствие оформления чертежей и пояснительной записки требованиям ЕСКД и локальным нормативным актам университета. При обнаружении ошибок работа возвращается на доработку. После исправления ошибок нормоконтролёр ставит свою подпись в соответствующей графе чертежей и на титульном листе пояснительной записки.

Для сдачи курсового проекта студент предоставляет следующие документы. Пояснительная записка в сброшюрованном виде (распечатанная и подписанная) и в электронном виде (в форматах .docx и .pdf). Комплект чертежей, распечатанных на бумаге (согласно составу графической части) и в электронном виде (исход-

ные файлы CAD-системы и файлы .pdf). Рабочий дневник студента с отметками руководителя о выполнении этапов (при ведении бумажного дневника). Электронный архив на флеш-накопителе с полной структурой папок.

Срок сдачи работы устанавливается кафедрой и указывается в индивидуальном задании. Опоздание с сдачей без уважительной причины может привести к снижению оценки.

8.4. Защита курсового проекта

Защита курсового проекта проводится в форме дифференцированного зачёта во второй половине семестра (обычно на 17–18 неделях). Защита может быть индивидуальной или в присутствии комиссии кафедры. Продолжительность защиты на одного студента составляет 10–15 минут.

Порядок защиты. Студент выступает с кратким докладом (5–7 минут), в котором освещает следующие вопросы: тема и цель курсового проекта; обоснование выбора прототипа; основные требования технического задания; разработанная конструкторская документация (сборочный чертёж, спецификация, рабочие чертежи); какие трудности возникли в процессе выполнения и как они были преодолены; как результаты данного этапа будут использованы в дальнейшем сквозном проекте.

Доклад должен быть чётким, структурированным и лаконичным. Рекомендуется подготовить тезисы доклада и отрепетировать выступление. Для наглядности может использоваться презентация (8–12 слайдов) или демонстрация чертежей на планшете.

После доклада руководитель (или члены комиссии) задают вопросы по содержанию работы. Вопросы могут касаться выбора прототипа, обоснования конструктивных решений, правил оформления чертежей, знания стандартов ЕСКД, а также связи данной работы со сквозным проектом в целом. Студент должен дать аргументированные ответы. При затруднениях допускается обращение к пояснительной записке и чертежам.

По результатам защиты выставляется оценка по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии оценки подробно описаны в разделе 9 настоящего пособия.

8.5. Критерии оценки

Оценка «отлично» выставляется, если задание выполнено в полном объёме и в установленный срок, отчёт оформлен в полном соответствии с требованиями ЕСКД, все чертежи выполнены грамотно и аккуратно, техническое задание и эскизная компоновка полностью соответствуют теме проекта, студент демонстрирует глубокое понимание материала, свободно ориентируется в чертежах, аргументированно отвечает на все вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если задание выполнено в полном объёме, но имеются незначительные замечания по содержанию или оформлению (отдельные ошибки в простановке размеров, незначительные отступления от ЕСКД, неполнота отдельных разделов пояснительной записки). Студент уверенно отвечает на вопросы, но допускает незначительные неточности.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если задание выполнено в основном, но с нарушениями сроков или с существенными отклонениями от требований (чертежи выполнены небрежно, есть ошибки в разрезах и сечениях, техническое задание сформулировано неполно). Студент испытывает затруднения при ответах на вопросы, требует наводящих вопросов руководителя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если задание не выполнено или выполнено с грубыми нарушениями (отсутствуют основные чертежи, техническое задание не соответствует теме, пояснительная записка отсутствует или не соответствует элементарным требованиям). Студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы. В этом случае курсовой проект подлежит переделке, а студент не допускается к защите этапа 1 сквозного проекта до устранения недостатков.

8.6. Рекомендации по подготовке к защите

Для успешной защиты рекомендуется выполнить следующие действия. Подготовить тезисы доклада (не более 2 страниц) и отрепетировать выступление с замером времени. Убедиться, что доклад укладывается в 5–7 минут. Подготовить ответы на возмож-

ные вопросы. Для этого полезно ещё раз просмотреть пояснительную записку и чертежи, обратив внимание на наиболее важные конструктивные решения. Распечатать чертежи в хорошем качестве (или подготовить их для демонстрации на экране). Прийти на защиту заранее, чтобы настроить презентацию (если она требуется) и успокоиться. Внимательно выслушать вопросы, не перебивать отвечающего. Если вопрос непонятен, попросить уточнить. Отвечать чётко, по существу, без лишних отступлений. В случае ошибки не бояться её признать и тут же исправить. Помнить, что цель защиты — не «отчитаться», а показать, что студент действительно разобрался в теме и способен применять полученные знания на практике.

Раздел 9. Критерии оценки курсового проекта

Оценка курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» осуществляется по четырёхбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При выставлении оценки учитываются качество выполнения графической части, полнота и правильность оформления пояснительной записки, соблюдение сроков выполнения этапов, а также уровень владения материалом, демонстрируемый студентом при защите.

9.1. Оценка «отлично»

Оценка «отлично» выставляется при выполнении следующих условий.

Задание выполнено в полном объёме, в установленный календарным планом срок. Разработанная конструкторская документация полностью соответствует теме курсового проекта и техническому заданию. Сборочный чертёж выполнен на высоком уровне: правильно выбраны главный вид, необходимое количество разрезов и сечений, обеспечивающих полное представление о конструкции узла. Штриховка соприкасающихся деталей выполнена в со-

ответствии с требованиями ЕСКД. Все размеры (габаритные, установочные, присоединительные) нанесены правильно и в полном объёме. Номера позиций расположены по периметру чертежа в порядке возрастания. Спецификация заполнена без ошибок, все разделы (документация, детали, стандартные изделия) оформлены правильно. Рабочие чертежи деталей содержат все необходимые изображения, размеры, допуски, шероховатость и технические требования. Материал деталей указан правильно. Пояснительная записка оформлена безупречно в соответствии с требованиями ЕСКД и локальными нормативными актами университета: правильные поля, шрифты, абзацные отступы, нумерация страниц. Рисунки и таблицы имеют подписи и ссылки в тексте. Список литературы оформлен по ГОСТ. При защите студент демонстрирует глубокое понимание материала, свободно ориентируется в чертежах, аргументированно отвечает на все вопросы, показывает понимание связи данной работы с последующими этапами сквозного проекта.

9.2. Оценка «хорошо»

Оценка «хорошо» выставляется при выполнении следующих условий.

Задание выполнено в полном объёме, в установленный срок. Разработанная конструкторская документация в целом соответствует теме курсового проекта и техническому заданию. Однако имеются незначительные замечания по содержанию или оформлению. К таким замечаниям могут относиться: отдельные ошибки в простановке размеров (пропущен один-два размера, неправильно выбрана размерная цепь); незначительные отступления от ЕСКД в оформлении линий или штриховки; неполнота спецификации (пропущена одна-две позиции, незначительные ошибки в заполнении граф); неполнота рабочих чертежей (отсутствует один-два размера, не указана шероховатость на нескольких поверхностях); пояснительная записка оформлена с небольшими нарушениями (незначительные ошибки в оформлении списка литературы, пропущена одна-две ссылки на рисунки). При защите студент демонстрирует уверенное владение материалом, отвечает на вопросы, но

допускает незначительные неточности, которые может исправить после уточняющих вопросов руководителя.

9.3. Оценка «удовлетворительно»

Оценка «удовлетворительно» выставляется при выполнении следующих условий.

Задание выполнено в основном, но имеются существенные замечания по содержанию или оформлению. Сроки выполнения отдельных этапов могли быть нарушены без уважительных причин. К существенным замечаниям относятся: неправильный выбор главного вида или недостаточное количество изображений на сборочном чертеже (узел изображён не полностью, внутренние полости не раскрыты); грубые ошибки в разрезах и сечениях (отсутствие обозначения разреза, неправильная штриховка); пропущены важные размеры (габаритные или присоединительные); спецификация заполнена с ошибками (неправильный порядок разделов, несоответствие номеров позиций); рабочие чертежи деталей выполнены небрежно, отсутствуют допуски на сопрягаемые поверхности, не указан материал; пояснительная записка оформлена с грубыми нарушениями (неправильные поля, отсутствие нумерации страниц, нет ссылок на иллюстрации). При защите студент испытывает затруднения при ответах на вопросы, отвечает неуверенно, требует наводящих вопросов руководителя, допускает ошибки в понимании конструктивных решений.

Оценка «удовлетворительно» является минимальной положительной оценкой. Студент, получивший эту оценку, считается выполнившим курсовой проект, но с существенными недостатками.

9.4. Оценка «неудовлетворительно»

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в следующих случаях.

Задание не выполнено в целом (отсутствуют основные чертежи или пояснительная записка). Либо задание выполнено, но с грубыми нарушениями, которые не позволяют считать работу удовлетворительной. К грубым нарушениям относятся: сборочный

чертёж не соответствует теме или техническому заданию; отсутствуют необходимые разрезы и сечения, узел изображён в виде внешнего вида без раскрытия внутреннего устройства; на чертеже не нанесены номера позиций; спецификация отсутствует или совершенно не соответствует сборочному чертежу; рабочие чертежи деталей отсутствуют или выполнены с грубыми ошибками (размеры не соответствуют сборочному чертежу); пояснительная записка отсутствует или не соответствует элементарным требованиям (объём менее 10 страниц, отсутствуют основные разделы). При защите студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы или ответы полностью неверные.

Оценка «неудовлетворительно» означает, что курсовой проект не засчитан. Студент обязан устранить все выявленные недостатки и представить работу к повторной защите в установленные кафедрой сроки. Без положительной оценки по курсовому проекту студент не может быть допущен к следующему этапу сквозного проекта и к последующим дисциплинам, опирающимся на результаты данной работы.

9.5. Порядок апелляции

Студент имеет право на апелляцию результатов оценки курсового проекта в порядке, установленном локальными нормативными актами Московского политехнического университета. Апелляция подаётся в письменной форме на имя заведующего кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» не позднее трёх рабочих дней после объявления оценки. Апелляция рассматривается комиссией, создаваемой приказом декана транспортного факультета. По результатам рассмотрения комиссия может оставить оценку без изменения либо изменить её (повысить или понизить). Решение апелляционной комиссии является окончательным и обжалованию не подлежит.

Раздел 10. Список рекомендуемой литературы

Для успешного выполнения курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» студенту необходимо использовать различные источники информации: учебную и справочную литературу, нормативно-техническую документацию (стандарты ЕСКД), периодические издания и электронные ресурсы. Ниже приведён перечень рекомендуемой литературы, сгруппированный по категориям.

10.1. Основная литература

Основная литература включает учебники и учебные пособия, в которых систематически изложены теоретические основы начертательной геометрии, правила выполнения машиностроительных чертежей и требования ЕСКД. Эти источники являются базовыми для изучения дисциплины и выполнения курсового проекта.

Чекмарев А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 396 с. — (Среднее профессиональное образование). В учебнике изложены правила изображения на чертеже деталей и собираемых из них изделий. Рассмотрены примеры и даны предложения, облегчающие выполнение самостоятельных работ студентами .

Буланже Г.В., Гончарова В.А., Гущин И.А., Молокова Т.С. Инженерная графика: учебник. — Москва: ИНФРА-М, 2026. — 381 с. В простой и доступной форме изложены теоретические положения начертательной геометрии. На примерах простых геометрических тел приведена методика построения рабочих чертежей. Рассмотрены основные виды, примеры построения разверток и наклонных сечений. В разделе машиностроительного черчения рассмотрены стандартные детали, резьба, резьбовые соединения. Приведены сведения по стандартам ЕСКД, разобраны разъемные и неразъемные соединения. Рассмотрены основные требования к чертежам и эскизам .

Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. Двигатели внутреннего сгорания: учебник для вузов. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2015. — 479 с. В учебнике изложены основы теории рабочих процессов

поршневых двигателей, что необходимо для понимания конструктивных особенностей проектируемых узлов при выполнении аналитического обзора и технического задания.

Марков В.А. Конструкция поршневых двигателей: учебник для вузов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 456 с. В учебнике систематизированы сведения об устройстве кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, систем смазки, охлаждения, питания и выпуска. Эти знания необходимы при разработке эскизной компоновки и сборочного чертежа.

10.2. Нормативно-техническая документация (стандарты ЕСКД)

Стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) являются обязательными для выполнения и оформления чертежей. Ниже приведён перечень основных стандартов, которые необходимо использовать в курсовом проекте. Стандарты сгруппированы по тематическим разделам.

Общие положения и форматы:

ГОСТ 2.101-2016 ЕСКД. Виды изделий.

ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.301-68* ЕСКД. Форматы. Устанавливает размеры основных форматов чертежей: А0 (841×1189 мм), А1 (594×841 мм), А2 (420×594 мм), А3 (297×420 мм), А4 (210×297 мм) .

ГОСТ 2.302-68* ЕСКД. Масштабы. Устанавливает ряд масштабов уменьшения (1:2, 1:2,5, 1:4, 1:5, 1:10 и т.д.), натуральной величины (1:1) и увеличения (2:1, 2,5:1, 4:1, 5:1, 10:1 и т.д.) .

ГОСТ 2.303-68* ЕСКД. Линии. Устанавливает типы линий: сплошная толстая основная, сплошная тонкая, сплошная волнистая, штриховая, штрихпунктирная тонкая, разомкнутая и др., а также их начертание и толщину .

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные. Устанавливает начертание и размеры шрифтов для надписей на чертежах.

Основные надписи и оформление чертежей:

ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи. Устанавливает формы, размеры, номенклатуру реквизитов и порядок заполнения основной надписи (штампа) на чертежах. Приказом Росстандарта

от 08.11.2023 № 1356-ст на территории РФ с 01.03.2024 действует ГОСТ Р 2.104-2023, однако для учебных целей может использоваться прежняя редакция .

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Устанавливает правила оформления пояснительной записки.

Изображения (виды, разрезы, сечения):

ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения. Устанавливает правила изображения предметов на чертежах. В стандарте определены основные виды (главный вид, вид сверху, вид слева), местные и дополнительные виды, простые и сложные разрезы (ступенчатые, ломаные), вынесенные и наложенные сечения, а также условности и упрощения .

Нанесение размеров, допусков и шероховатости:

ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.308-2011 ЕСКД. Указание допусков формы и расположения поверхностей.

ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.

Изображение соединений:

ГОСТ 2.311-68 ЕСКД. Изображение резьбы.

ГОСТ 2.312-72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

ГОСТ 2.315-68 ЕСКД. Изображения упрощённые и условные крепёжных деталей.

Спецификация и схемы:

ГОСТ 2.108-68 ЕСКД. Спецификация. Устанавливает форму и порядок заполнения спецификации.

ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

10.3. Дополнительная литература

Дополнительная литература включает справочники, методические пособия и издания, которые могут быть полезны при углублённом изучении отдельных вопросов.

Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. — М.: Машиностроение, 2017. Справочник содержит сведения о конструкционных материалах, стандартных деталях, посадках и допусках, а также рекомендации по оформлению чертежей.

Дударева Н.Ю., Загайко Ю.А. SolidWorks. Оформление проектной документации. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. Пособие посвящено вопросам оформления чертежей в CAD-системе SolidWorks в соответствии с требованиями ЕСКД.

Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D V20. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. Подробное руководство по настройке, моделированию и оформлению чертежей в системе КОМПАС-3D.

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин» (настоящее пособие).

10.4. Периодические издания

Периодические издания позволяют ознакомиться с современными конструктивными решениями и тенденциями в области двигателестроения. Эти источники полезны при выполнении аналитического обзора и патентного поиска.

«Двигателестроение». Межотраслевой научно-технический и производственный журнал, старейшее в России научно-техническое издание в области двигателестроения. Основан в 1979 году. Журнал включён в перечень ВАК и индексируется в РИНЦ. ISSN: 0202-1633. В журнале всесторонне освещаются проблемы и вопросы всего жизненного цикла двигателей .

«Автомобильная промышленность». Научно-технический журнал, освещающий вопросы проектирования, производства и эксплуатации автомобилей и двигателей. Публикует статьи о новых конструктивных решениях, технологиях и материалах.

«ДВИГАТЕЛЬ». Журнал создан для научно-аналитического и информационного обеспечения создания, применения и восстановления двигателей. Основан в 1997 году. Публикуются матери-

алы на научно-технические, экономические, экологические, юридические и другие темы, актуальные для двигателестроения. Журнал включён в перечень ВАК и индексируется в РИНЦ .

«Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение». Научный журнал, публикующий результаты исследований в области машиностроения и двигателестроения. Включён в перечень ВАК.

10.5. Электронные ресурсы

Электронные ресурсы включают официальные сайты разработчиков программного обеспечения, электронные библиотечные системы и образовательные порталы. Эти ресурсы доступны через интернет и могут быть использованы для самостоятельного изучения.

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

Znanium.com — электронно-библиотечная система, содержащая учебную и научную литературу по инженерной графике и двигателестроению. Доступ предоставляется через университетскую подписку. В ЭБС доступен учебник «Инженерная графика. Машиностроительное черчение» А.А. Чекмарева, а также другие издания .

eLIBRARY.RU — научная электронная библиотека, содержащая полнотекстовые статьи из российских научных журналов, включая «Двигателестроение» и «Автомобильную промышленность».

Официальные сайты производителей CAD-систем:

КОМПАС-3D (АСКОН) — официальный сайт: https://kompas.ru. В разделе «Обучающие материалы» доступны статьи, видеоуроки, а также возможность скачать учебную версию программы.

SolidWorks — официальный сайт: https://www.solidworks.com. В разделе поддержки доступны видеоуроки (Online Tutorials), а также студенческая версия программы (SolidWorks Student Edition).

Siemens NX — официальный сайт: https://www.siemens.com/nx. Доступна студенческая версия NX Student Edition.

Образовательные ресурсы:

NormaCS.info — информационный портал по стандартизации. Содержит актуальную информацию о стандартах ЕСКД, включая комментарии разработчиков стандартов .

Электронное учебное пособие по ЕСКД (Сибирский государственный университет путей сообщения) — ресурс для самостоятельного изучения требований стандартов к конструкторским документам и правилам их оформления. Пособие включает разделы по основным положениям ЕСКД, классификации и обозначению изделий, общим правилам выполнения чертежей, а также контрольные вопросы и словарь терминов .

10.6. Патентные базы данных

Для выполнения патентного обзора (анализ не менее 3–5 патентных документов) студенту необходимо использовать следующие патентные базы данных.

ФИПС (Федеральный институт промышленной собственности) — официальный сайт: https://www.fips.ru. Содержит базы данных патентов РФ, полезных моделей, промышленных образцов. Доступ к базам бесплатный.

Google Patents — международная патентная база данных: https://patents.google.com. Позволяет осуществлять поиск патентов по всему миру (США, Европа, WIPO и др.).

Espacenet — патентная база Европейского патентного ведомства: https://worldwide.espacenet.com. Содержит более 140 миллионов патентных документов из различных стран.

10.7. Рекомендации по работе с литературой

При работе с литературными источниками рекомендуется придерживаться следующих правил. При изучении учебников и пособий следует делать краткие выписки ключевых положений,

формул, таблиц с указанием источника для последующего цитирования в пояснительной записке. При работе со стандартами ЕСКД необходимо обращать внимание на действующие редакции (следует проверять дату введения стандарта). Особое внимание следует уделить стандартам на оформление чертежей — ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.305, ГОСТ 2.307, ГОСТ 2.309, так как они наиболее востребованы при выполнении курсового проекта. При работе с периодическими изданиями рекомендуется обращать внимание на статьи, описывающие конструкцию конкретных узлов двигателей (поршневая группа, шатун, коленчатый вал, газораспределительный механизм), так как они наиболее близки к тематике курсового проекта. При использовании электронных ресурсов следует фиксировать дату обращения к ресурсу для корректного оформления ссылки в списке литературы.

Приложения

В приложениях к учебному пособию размещаются образцы документов, шаблоны и примеры, которые студент может использовать в качестве ориентира при выполнении курсового проекта. Приложения не входят в основной объём пособия, но являются его неотъемлемой частью. Рекомендуемый объём приложений — от 5 до 15 страниц.

Ниже приведено описание содержания каждого приложения. В реальном пособии после каждого описания должны следовать соответствующие образцы, шаблоны и примеры, оформленные в соответствии с требованиями ЕСКД.

Приложение А. Образец титульного листа пояснительной записки

Титульный лист является первой страницей пояснительной записки. Он должен содержать полное наименование университета, факультета и кафедры, направление подготовки и профиль, тему курсового проекта, сведения о студенте (фамилия, имя, отчество, номер учебной группы), сведения о руководителе (должность, учёная степень, учёное звание, фамилия и инициалы), город и год выполнения. Также на титульном листе указывается гриф «К защите на этапе 1 сквозного проекта».

Ниже приведён шаблон титульного листа. В реальном пособии этот шаблон приводится в виде полностью оформленного образца на отдельной странице.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Транспортный факультет

Кафедра «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Профиль: «Поршневые двигатели и турбомашины»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин»

на тему: «Разработка комплекта конструкторской документации на поршневую группу рядного четырёхцилиндрового двигателя»

Студент: Иванов Иван Иванович, группа 241-111

Руководитель: доцент, к.т.н. Петров П.П.

К защите на этапе 1 сквозного проекта

Москва — 2026

Приложение Б. Образец индивидуального задания

Индивидуальное задание выдаётся руководителем и содержит перечень подлежащих разработке вопросов, исходные данные,

сроки выполнения и требования к результатам. Задание подписывается студентом и руководителем, после чего утверждается заведующим кафедрой.

Ниже приведён шаблон индивидуального задания. В реальном пособии этот шаблон приводится в виде заполненного образца для конкретной темы.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 1

на выполнение курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин»

Студент: Иванов Иван Иванович, группа 241-111

Тема курсового проекта: Разработка комплекта конструкторской документации на поршневую группу рядного четырёхцилиндрового двигателя

Исходные данные: двигатель бензиновый, рядный, четырёхцилиндровый, рабочий объём — 1,6 л, диаметр цилиндра — 82 мм, ход поршня — 75 мм, степень сжатия — 10,5.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

- провести анализ существующих конструкций поршневых групп;
- разработать техническое задание на проектирование поршневой группы;
- выполнить эскизную компоновку поршневой группы;
- разработать сборочный чертёж поршневой группы (формат А2);
- разработать рабочие чертежи поршня, поршневого пальца, поршневых колец (форматы А3 и А4);
- оформить спецификацию на сборочную единицу.

Срок сдачи проекта: 15 мая 2026 г.

Руководитель: Петров П.П.

Задание принял: Иванов И.И.

Утверждаю: заведующий кафедрой Сидоров С.С.

Приложение В. Образец календарного плана

Календарный план содержит перечень этапов выполнения курсового проекта с указанием сроков начала и окончания каждого этапа. Календарный план составляется студентом совместно

с руководителем в начале семестра и служит инструментом контроля за ходом выполнения работы.

Ниже приведён образец календарного плана в виде таблицы. В реальном пособии таблица приводится с конкретными датами для текущего учебного года.

Таблица В.1

Календарный план выполнения курсового проекта студента Иванова И.И., группа 241-111

№ п/п	Наименование этапа	Срок начала	Срок окончания	Отметка о выполнении
1	Получение задания, подбор литературы	01.02.2026	14.02.2026	
2	Анализ прототипов, патентный обзор	15.02.2026	28.02.2026	
3	Разработка технического задания	01.03.2026	14.03.2026	
4	Эскизная компоновка	15.03.2026	28.03.2026	
5	Сборочный чертёж и спецификация	29.03.2026	25.04.2026	

№ п/п	Наименование этапа	Срок начала	Срок окончания	Отметка о выполнении
6	Рабочие чертежи деталей	26.04.2026	10.05.2026	
7	Оформление пояснительной записки	11.05.2026	18.05.2026	
8	Сдача работы на проверку	19.05.2026	22.05.2026	
9	Защита курсового проекта	01.06.2026	05.06.2026	

Приложение Г. Образец рабочего дневника студента

Рабочий дневник служит для фиксации хода выполнения курсового проекта. В дневнике студент отражает даты выполнения работ, затраченное время, возникшие трудности и рекомендации руководителя. Дневник предоставляется руководителю при сдаче проекта.

Ниже приведён образец рабочего дневника в виде таблицы. В реальном пособии приводится форма дневника на несколько страниц.

Таблица Г.1

Рабочий дневник студента Иванова И.И., группа 241-111, по курсовому проекту на тему «Разработка комплекта конструкторской документации на поршневую группу»

Дата	Вид выполненной работы	Затраченное время (часы)	Возникшие трудности	Рекомендации руководителя	Отметка о выполнении
05.02	Подбор литературы в библиотеке	3	Не найдены свежие патенты	Использовать базу ФИПС	+
10.02	Консультация с руководителем	1	—	Уточнить тип двигателя	+
15.02	Анализ прототипов	4	Нет	—	+
...	...	...	...	...	...

Приложение Д. Пример оформления чертежа в уменьшенном масштабе

В данном приложении приводится пример оформления одного из чертежей, разрабатываемых в рамках курсового проекта, в уменьшенном масштабе. Это позволяет студенту визуально оценить правильность компоновки чертежа, расположение видов и разрезов, оформление основной надписи.

В реальном пособии на отдельной странице (или нескольких страницах) помещается уменьшенная копия сборочного чертежа поршневой группы или рабочего чертежа поршня. Размер изображения должен быть достаточным для того, чтобы можно было

разобрать основные элементы: разрезы, размеры, номера позиций. Обязательно указывается масштаб изображения (например, «Рисунок Д.1 — Сборочный чертёж поршневой группы (масштаб 1:2)»).

Приложение Е. Пример расчёта с таблицами и формулами

В данном приложении приводится пример выполнения расчётной части, которая может потребоваться при обосновании параметров проектируемого узла. Например, расчёт основных размеров поршня или расчёт допусков и посадок для сопрягаемых поверхностей.

Ниже приведён фрагмент такого расчёта. В реальном пособии приводится полный расчёт с подробными пояснениями.

Пример. Расчёт основных размеров поршня

Исходные данные: диаметр цилиндра D = 82 мм; ход поршня S = 75 мм; степень сжатия ε = 10,5.

Высота поршня $H = (0{,}8 \dots 1{,}2) \times D = 0{,}9 \times 82 = 73{,}8$ мм. Принимаем $H = 74$ мм.

Высота компрессионной части $H_{к} = (0{,}5 \dots 0{,}6) \times D = 0{,}55 \times 82 = 45{,}1$ мм. Принимаем $H_{к} = 45$ мм.

Высота юбки $H_{ю} = H - H_{к} = 74 - 45 = 29$ мм.

Толщина днища $\delta = (0{,}08 \dots 0{,}12) \times D = 0{,}1 \times 82 = 8{,}2$ мм. Принимаем $\delta = 8$ мм.

Диаметр отверстия под поршневой палец $d_{п} = (0{,}25 \dots 0{,}35) \times D = 0{,}3 \times 82 = 24{,}6$ мм. Принимаем $d_{п} = 25$ мм.

Результаты расчёта сведены в таблицу Е.1.

Таблица Е.1

Основные размеры поршня

Параметр	Обозначение	Значение, мм
Высота поршня	H	74
Высота компрессионной части	$H_{к}$	45

Параметр	Обозначение	Значение, мм
Высота юбки	$H_{\text{ю}}$	29
Толщина днища	δ	8
Диаметр отверстия под палец	$d_{\text{п}}$	25

Приложение Ж. Перечень вопросов для защиты курсового проекта

В данном приложении приводится примерный перечень вопросов, которые могут быть заданы руководителем или комиссией при защите курсового проекта. Студент может использовать этот перечень для самопроверки при подготовке к защите.

Примерные вопросы для защиты курсового проекта:

1. Какова цель вашего курсового проекта и как он связан со сквозным проектом?
2. На основании каких критериев вы выбрали прототип поршневой группы?
3. Какие основные требования содержит разработанное вами техническое задание?
4. Почему вы выбрали главный вид и именно такие разрезы на сборочном чертеже?
5. Какие зазоры предусмотрены между поршнем и гильзой цилиндра? Как они обеспечиваются?
6. Какие допуски и посадки назначены для сопряжения «поршневой палец — поршень» и «поршневой палец — шатун»?
7. Какие материалы выбраны для поршня, поршневых колец и пальца? Почему именно эти?
8. Какие требования ЕСКД необходимо соблюдать при оформлении рабочего чертежа детали?
9. Какие трудности возникли при выполнении курсового проекта и как вы их преодолели?

10. Как результаты данного курсового проекта будут использованы на следующих этапах сквозного проекта?

Приложение З. Образец презентации (миниатюры слайдов)

В данном приложении приводится образец презентации для защиты курсового проекта в виде миниатюр слайдов. Студент может использовать эту структуру для подготовки собственной презентации. Рекомендуемое количество слайдов — 8–12.

Ниже приведено описание содержания слайдов. В реальном пособии каждый слайд представляется в виде уменьшенной копии (скриншота) с указанием номера слайда и его содержания.

Слайд 1 (титульный): тема курсового проекта, фамилия студента и руководителя.

Слайд 2: актуальность темы и цель работы.

Слайд 3: результаты анализа прототипов, обоснование выбора.

Слайд 4: основные требования технического задания.

Слайд 5: эскизная компоновка проектируемого узла (изображение).

Слайд 6: сборочный чертёж узла (уменьшенная копия).

Слайд 7: рабочие чертежи основных деталей (поршень, палец, кольца).

Слайд 8: спецификация (фрагмент).

Слайд 9: выводы по работе, связь со сквозным проектом.

Слайд 10: благодарность за внимание.

В реальном пособии на отдельной странице (или нескольких страницах) приводятся миниатюры всех слайдов с указанием их номеров и кратким описанием содержания. Например: «Рисунок З.1 — Слайд 1. Титульный слайд», «Рисунок З.2 — Слайд 2. Актуальность и цель» и т.д. Это позволяет студенту наглядно представить структуру презентации и подготовить доклад в соответствии с ней.

Заключение

Настоящее учебное пособие предназначено для оказания методической помощи студентам при выполнении курсового проекта по дисциплине «Графическое проектирование деталей и механизмов энергетических машин». В пособии последовательно изложены все этапы работы: от выбора темы и анализа прототипов до оформления чертежей, пояснительной записки и защиты проекта.

Особое внимание уделено месту данного курсового проекта в структуре сквозного проектирования. Результаты этой работы — техническое задание и эскизная компоновка — являются фундаментом для всех последующих этапов: 3D-моделирования, прочностных расчётов, разработки конструкторской и технологической документации, а также для выпускной квалификационной работы в целом. Поэтому качественное выполнение курсового проекта по графическому проектированию во многом определяет успешность всего обучения.

Успех в выполнении курсового проекта зависит от трёх составляющих: внимательного изучения теоретического материала, своевременного и регулярного обращения за консультациями к руководителю, а также аккуратности и терпения при выполнении чертежей. Не откладывайте работу на последние недели семестра — это неизбежно приведёт к снижению качества и, как следствие, к более низкой оценке. Помните, что черчение требует времени и сосредоточенности, а ошибки, обнаруженные на поздних этапах, исправлять значительно труднее.

Регулярно консультируйтесь с руководителем, показывайте промежуточные результаты, не стесняйтесь задавать вопросы. Руководитель заинтересован в вашем успехе и готов помочь вам разобраться в сложных вопросах оформления чертежей и конструкторской документации.

Желаем вам успешного выполнения курсового проекта, глубокого освоения принципов ЕСКД и получения удовольствия от создания грамотной и аккуратной конструкторской документации.

Пусть этот первый этап сквозного проекта станет прочным фундаментом вашей будущей инженерной квалификации.

Библиографический список

1. Машиностроение. Энциклопедия. Ред совет: К.В. Фролов (пред.) и др. — М.: Машиностроение. Двигатели внутреннего сгорания. Т. IV-14 / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков и др.; Под общ. ред. А.А. Александрова и Н.А. Иващенко. 2013. 784 с.: ил.

2. Тракторы. Конструкция: учебник для студентов вузов. 3-е изд., перераб. и доп. /|В.М. Шарипов|, А.В. Акимов, Д.В. Апелинский и др.; под общ. ред. В.М. Шарипова. — М.: Инновационное машиностроение, 2019. —804 с.: ил.

3. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 720 с.: ил.

4. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: Учеб, пособие для вузов,- 3-е изд., перераб. и доп,- М., 2003.

5. Олисевич О.В. Разработка математических моделей и расчетно-экспериментальное исследование дизельных аккумуляторных топливных систем с электрогидравлическими форсунками. Диссер. на соиск. учен. степ. кандид. техн. наук. – М. 2008, 161 стр.

6. Покровский Г.П. Электроника в системе подачи топлива автомобильных двигателей / Г.П. Покровский. – М.: Машиностроение, 1990. – 176 стр., ил.

7. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. — 480 с.: ил.

8. Системы управления бензиновыми двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. — М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. — 432 с.: ил.

9. Райков И. Я., Макаров А. Р., Сергиевский А. В. Конструкция автомобиля: учебник для вузов: в 4 т. / Райков И. Я., Макаров А. Р., Сергиевский А. В. [и др.]; ред. Райков И. Я.; общ. ред. Карунин

А. Л. – М. : Изд-во МГТУ "МАМИ", 2001. Т. 2 : Двигатель. - 2001. - 567 с. : ил.

10. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура системы управления дизелей: учебник для вузов.- М., 2004.

11. Eichlseder H., Baumann E., Muller P., Neugebauer S. Chansen und Risiken von Ottomotoren mit Direkteinspritzung // MTZ. N 3. 2000. S.144-152.

12. Hoppe N., Weberbauer F., Woschni G., Zeilinger K. Experimentel-le Erfassung und Simulation des Betriebsverhaltens von Ottomotoren mit Direkteinspritzung // MTZ. N 7/8. 2003. S. 628-635.