Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 25.10.2023 14:38:37
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»

**А.В. Костюков, Д.В. Апелинский**

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

## *Методические указания*

*к выполнению выпускной квалификационной работы студентов по поршневым двигателям*

*Направление подготовки: 13.03.03 “Энергетическое машиностроение”*
*Образовательная программа: «Энергетические установки для транспорта и малой энергетики»*

*Текстовое электронное издание*

Москва
2023

УДК 621.43(075.8)

ББК31.365я73
К43

*Одобрено учебно-методической комиссией транспортного факультета*

*Рецензенты:*
*А.А. Лизунов; к.т.н., директор ООО «Мотор Техника».*
*Р.А. Малеев, к.т.н., профессор кафедры «Электрооборудование и промышленная электроника» Московского Политеха.*

**Костюков, А.В.**
**К 90** Выпускная квалификационная работа бакалавра: методические указания к выполнению выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» / А.В. Костюков, Д.В. Апелинский. –Москва: Московский Политех, 2023. – 1 CD-R. Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.
ISBN 978-5-2760-2668-8.

Приведены методология и последовательность действий при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра, структура и содержание основных разделов. Даны методические рекомендации к написанию введения, глав основной части и заключения, образцы аннотации и других документов, представляемых бакалавром к защите. Указаны требования к оформлению и защите квалификационной работы, правила ссылок на использованные источники, приведен пример списка таких источников.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики».

**УДК 621.43.068.3(075.8)**
**ББК 31.354я73**

*Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше. Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб. Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768. Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.*

**ISBN 978-5-2760-2668-8**

© Костюков А.В., Апелинский Д.В., 2023
© Московский Политех, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ


№ Стр.

**Введение**…..…….. **4**

**1. Цели, задачи и общие требования к выпускной квалификационной работе**…….. **4**

**2. Тематика выпускной квалификационной работы** ….……... **5**

**3. Структура и объем выпускной работы** ….…….. **7**

**4. Содержание пояснительной записки и графических листов**……... **8**

4.1 Титульный лист пояснительной записки…….……... **8**

4.2 Задание на выпускную квалификационную работу…….…….. **8**

4.3 Аннотация……... **9**

4.4 Оглавление (содержание)…….…… **9**

4.5 Введение……..……... **9**

4.6 Выбор исходных параметров проектируемого двигателя…… **10**

4.7 Мощностной баланс автомобиля (трактора)…….. **15**

4.8 Тепловой расчет двигателя…….. **19**

4.9 Динамический расчет двигателя…….…… **20**

4.10 Расчет на прочность деталей кривошипно-шатунного механизма……... **21**

4.11 Расчет механизма газораспределения и систем двигателя…… **23**

4.12 Специальная часть…….……..…….. **24**

4.13 Оценка технического уровня спроектированного двигателя…… **25**

4.14 Заключение……. **25**

4.15 Список использованных источников……... **26**

4.16 Приложения…… **26**

**5. Требования к оформлению выпускной квалификационной работы** **27**

5.1 Общие требования…… **27**

5.2 Оформление заголовков…… **28**

5.3 Правила оформления ссылок на использованные источники…….……..... **28**

**6. Подготовка к защите выпускной квалификационной работы** ……. **29**

6.1 Прохождение нормоконтроля…….. **30**

6.2 Рекомендации по составлению доклада……..... **31**

6.3 Рекомендации по составлению компьютерной презентации …….. **32**

**7. Процедура защиты выпускной квалификационной работы**……..…. **34**

**Список использованных источников**……. **34**

**Приложения**……..... **36**

# ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) выполняется студентом на завершающем этапе учебного процесса в университете и подлежит защите на Государственной аттестационной комиссии (ГАК), которая наделена правом присвоения (или неприсвоения) выпускникам бакалавриата степени бакалавра техники и технологии по соответствующему направлению. ГАК принимает своё решение, оценивая уровень качества представленной на защиту дипломной работы, квалифицированность доклада, сделанного выпускником, и компетентность его ответов на заданные ею вопросы.

Принимая положительное решение, ГАК признает тем самым готовность выпускника к самостоятельной деятельности на производстве в соответствующей конкретной области техники и дает оценку (отлично, хорошо, удовлетворительно) степени профессиональной зрелости выпускника.

На основании успешной защиты ВКР, выпускнику выдается диплом о высшем профессиональном образовании. Выпускникам, у которых в приложении к диплому нет оценок «удовлетворительно», а количество оценок «хорошо» не превышает 25% от общего количества оценок в этом приложении, выдается диплом с отличием при условии, что ВКР защищена ими на «отлично». Наиболее отличившихся в учебе студентов, представивших дипломные работы с реальной конструкторской или научной ценностью, ГАК вправе рекомендовать для поступления в магистратуру.

## 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Цель дипломного проектирования заключается в выявлении уровня профессиональной подготовки выпускника, в определении степени его подготовленности к самостоятельной работе в условиях современного производства, в его умении использовать теоретические знания и практические навыки, полученные в ВУЗе, при решении конкретных конструкторских задач с учетом новейших достижений науки и техники.

В связи с этим можно сформулировать следующие задачи дипломного проектирования, стоящие перед выпускниками:

- систематизация, закрепление и углубление теоретических знаний и практических навыков по профилю «Двигатели внутреннего сгорания» (ДВС) при их использовании для решения конкретных задач, возникающих в процессе выполнения ВКР;
- проведение самостоятельной инженерной работы, умение практически оценивать возможные конструктивные и технологические решения с использованием современных методов расчета;
- знание основ экономики и организации производства, понимание вопросов техники безопасности, а также противопожарной и

экологической безопасности на машиностроительных предприятиях и транспорте.

Следует иметь в виду, что за принятые в ВКР технические решения и правильность всех вычислений отвечает студент - выпускник. Руководитель дипломной работы не дает готовых решений, а лишь подвергает критическому анализу во время консультации решения, принятые самим студентом. Самыми общими требованиями к ВКР являются следующие:

- актуальность избранной темы;
- соответствие содержания заявленной теме работы;
- чёткость построения разделов и логическая последовательность представления материала;
- полнота освещения вопросов и глубина проработки специальной части работы;
- доказательность выводов и обоснованность рекомендаций;
- краткость и точность формулировок, ясность и строгость языка при изложении материала;
- аккуратное оформление пояснительной записки и графической части ВКР.

Разработанные в ВКР технические решения должны обеспечивать:

- повышение технического уровня и снижение массо-габаритных характеристик проектируемого двигателя по сравнению с прототипом;
- повышение конкурентоспособности двигателя в целом и разрабатываемого узла в частности;
- повышение производительности труда водителя или оператора транспортного средства;
- сохранение или повышение надежности и долговечности изделия в процессе эксплуатации;
- обеспечение безопасности дорожного движения при применении проектируемых конструкций;
- снижение трудоемкости обслуживания в процессе эксплуатации;
- более высокий уровень технологических процессов при производстве, техническом обслуживании и ремонте изделия;
- учет требований экономики, экологии и безопасности.

Несоответствие ВКР перечисленным требованиям может служить основанием для снижения оценки, выставляемой выпускнику Государственной аттестационной комиссией.

## 2. ТЕМАТИКА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Началом выпускной работы фактически является производственная практика. Перед направлением на практику формулируется ориентировочная тема дипломной работы, тогда же намечается и руководитель этой темы.

Тема выпускной работы должна быть, как правило, предложена самим студентом, который выбирает ее на основании своих предпочтений, своего интереса к какой-либо тематике, ценности имеющегося у него по этой тематике

материала и с учетом мнения будущего руководителя, который должен оценить актуальность выбранной темы. В отсутствие предложений со стороны студента тема его выпускной работы и ее руководитель предлагаются заведующим (заместителем заведующего) кафедрой «АТД», который при этом должен учитывать возможности студента.

Успех будущей выпускной работы во многом зависит от ценности материала, собранного на производственной практике, и сведений по выбранной теме, найденных студентом в литературных источниках за время учебы. Залогом такого успеха является также вдумчивое, творческое выполнение курсовых заданий по динамике, теории рабочих процессов и конструированию и расчету ДВС, предшествующих выпускной работе.

Окончательно тема и руководитель дипломной работы утверждаются приказом ректора по факультету. После выхода приказа тема выпускной работы может быть изменена только в самых исключительных случаях, поскольку для этого нужен новый приказ, исправляющий прежний.

Тематика дипломной работы должна быть в значительной степени увязана с конкретными задачами, которые решаются в рамках использования и технической эксплуатации транспортных средств, для которых предназначается проектируемый двигатель. Наибольший интерес представляют выпускные работы, темы которых заказаны предприятиями. Такого рода работы, как правило, носят реальный характер и могут быть использованы для практических целей.

Дипломная работа может иметь и научно-исследовательский уклон. В таких работах предусматривается обзор научных исследований в соответствующей области двигателестроения и использование их результатов в целях повышения технического уровня проектируемого двигателя. Наибольшую ценность имеют работы, в которых представлены и использованы результаты научных исследований, проведенных в университете самими студентами, как правило, участниками студенческих научно-технических конференций.

Тематика ВКР может быть направлена на:

- разработку новой конструкции двигателя, удовлетворяющего перспективным требованиям к его параметрам;
- модернизацию существующей модели двигателя, направленную на повышение его технико-экономических показателей (мощности, экономичности, долговечности, экологических характеристик);
- совершенствование существующих и разработку новых узлов и агрегатов двигателя;
- разработку экспериментальной установки для исследования работы двигателя или его узлов и систем, свойств топлив и масел и т.п.;
- совершенствование существующих и разработку новых методов расчетов (теплового, прочностных, расчетов на тепловую напряженность и т.д.);

- исследование отдельных вопросов повышения надежности, прочности и долговечности двигателя или его узлов и систем.

Тема дипломной работы должна быть сформулирована так, чтобы в ней содержалась конкретная информация о типе двигателя (бензиновый, дизель...), его эффективной мощности, типе транспортного средства, для которого предназначен двигатель, об узле, подлежащем разработке. Тема дипломной работы, имеющей научно-исследовательский уклон, формулируется так, чтобы из нее было понятно, какой проблеме посвящено данное исследование.

Примерные темы выпускной квалификационной работы:

- «Бензиновый двигатель мощностью 145 кВт для легкового автомобиля среднего класса с разработкой механизма газораспределения с переменным ходом клапанов».
- «Дизель мощностью 125 кВт для грузового автомобиля полной массой 7 тонн с разработкой насос-форсунки».
- «Двигатель мощностью 40 кВт для легкового автомобиля малого класса с гибридной силовой установкой, работающей на гомогенных смесях, с воспламенением от сжатия».

## 3. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ

После выхода приказа о темах дипломной работы выпускник должен согласовать со своим руководителем содержание и объем отдельных разделов работы, а также сроки их выполнения.

Дипломная работа включает в себя пояснительную записку формата А4 и графическую часть формата А1. Рекомендуемый объем пояснительной записки составляет 70…90 страниц машинописного текста, напечатанного через 1,5 интервала (шрифт №14, Times New Roman Cyr), без учета списка использованной литературы, а также приложений, объем которых не ограничивается.

Текст пояснительной записки должен быть разграничен разделами (главами), в случае необходимости – пунктами и подпунктами. Введение следует считать первым разделом, заключение – последним. Аннотация не считается разделом и не нумеруется как раздел. Разделы (главы), пункты и подпункты должны иметь свое наименование и отражаться в оглавлении.

Для графической части оптимальным считается объем в 9-10 листов, при этом в случае необходимости допускается использование формата большего, чем А1.

# 4. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКИХ ЛИСТОВ

Пояснительная записка включает в себя:

- титульный лист;
- задание на выпускную квалификационную работу;
- аннотацию;
- оглавление (содержание);
- введение;
- выбор исходных параметров проектируемого двигателя;
- мощностной баланс автомобиля (трактора);
- тепловой расчет двигателя;
- динамический расчет двигателя;
- расчет на прочность;
- расчет механизма газораспределения и систем двигателя;
- специальную часть;
- оценку технического уровня спроектированного двигателя;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Графическая часть работы иллюстрирует мощностной баланс автомобиля (трактора), тепловой и динамический расчет двигателя, конструкцию спроектированного двигателя, специальную часть выпускной работы.

## 4.1 Титульный лист пояснительной записки

На титульном листе (см. приложение А) указывается тема выпускной работы, которая должна точно соответствовать теме, сформулированной в приказе ректора. Здесь же впоследствии расписываются сам дипломник, подтверждая свое авторство и свою ответственность за представленный в выпускной работе материал, а также руководитель работы и нормоконтролер кафедры «АТД», выражая согласие считать работу отвечающей заявленной теме, выполненной на приемлемом уровне и оформленной в соответствии с требованиями ГОСТ. В заключение титульный лист подписывает заведующий (заместитель заведующего) кафедрой «АТД», который тем самым допускает дипломника к защите его работы на Государственной аттестационной комиссии.

## 4.2 Задание на выпускную квалификационную работу

Задание на дипломную работу составляется на двух страницах (см. приложение Б). На первой странице указывается тема дипломной работы, сформулированная точно в соответствии с приказом ректора и подписанная руководителем и самим студентом - дипломником. Подписи сторон означают

согласие соответственно на руководство и выполнение дипломной работы с заявленной темой. Подпись заведующего (заместителя заведующего) кафедрой "АТД" в верхней части первой страницы относится ко всему заданию, которое этой подписью утверждается и становится обязательным для всех сторон, подписавших его.

На второй странице задания приводится содержание графической части дипломной работы в виде перечня графических листов с указанием их точного названия и сроков исполнения. Эта страница подписывается дипломником и руководителем в знак согласия с содержанием и сроками исполнения графической части работы.

### 4.3 Аннотация

Аннотация описывает в самой сжатой форме содержание пояснительной записки, например:

«Представлена конструкция бензинового двигателя мощностью 90 кВт, спроектированного для легкового автомобиля малого класса определен мощностной баланс автомобиля, выполнены тепловой, динамический и прочностной расчеты двигателя, описаны конструкция, принцип действия и технология сборки разработанного для двигателя механизма изменения фаз газораспределения, предложены меры, позволяющие повысить экологическую безопасность автомобиля».

Еще один пример аннотации с указанием объема выпускной работы приведен в приложении В.

### 4.4 Оглавление (содержание)

В оглавлении приводятся наименования глав (разделов), пунктов и подпунктов пояснительной записки и их постраничное расположение в ней. Страницы записки должны быть для этого пронумерованы. Номера страниц вносятся в содержание после одобрения руководителем и консультантами всех разделов записки, т.е. в отсутствие вероятности каких-либо исправлений в тексте, которые могли бы вызвать изменение постраничного расположения разделов (пунктов, подпунктов).

Если разделы записки не именуются словом «глава», то рассматриваемый пункт 4.4 должен называться "содержание", а не "оглавление".

### 4.5 Введение

Введение должно отражать основные задачи, поставленные действующим законодательством и практикой эксплуатации перед автомобильным транспортом (тракторным парком), и вытекающие из них главные направления развития двигателестроения, призванные обеспечить высокий технический уровень подвижного состава. Во введении следует показать необходимость модернизации объекта, который мог бы служить прототипом проектируемого

двигателя. В качестве прототипа обычно выбирают двигатель, устанавливаемый на отечественный автомобиль (трактор) соответствующего класса и стоящий на производстве в течение 5...10 лет, то есть двигатель, созданный во времена менее жестких требований к его технико - экономическим показателям и меньших технологических возможностей автомобильной (тракторной) промышленности, чем те, что определяют качество конструкции двигателя в настоящее время.

Во введении следует указать также возможные пути и конкретные решения, позволяющие спроектировать двигатель заданного класса на современном уровне.

В случае если компоновочная схема отечественного двигателя не устраивает дипломника, он вправе выбрать в качестве прототипа двигатель, устанавливаемый на автомобиль зарубежного производства.

### 4.6 Выбор исходных параметров проектируемого двигателя

Данный раздел содержит обоснование общей конструкции спроектированного дипломантом двигателя, которая связана в первую очередь с его компоновочной схемой - расположением и числом цилиндров.

*Компоновочная схема* проектируемого двигателя, как указывалось, должна быть аналогичной схеме двигателя – прототипа или близкой к этой схеме. Необходимо обосновать выбор такой схемы, указав ее достоинства. Следует также перечислить недостатки выбранной схемы и объяснить, как будут смягчены негативные последствия, вызванные этими недостатками.

Наиболее распространены рядные конструкции с числом цилиндров до шести, V-образные двигатели встречаются почти в три раза реже. Совсем редко используются оппозитные и W-образные компоновочные схемы. Достоинства и недостатки основных компоновочных схем указаны в таблице 1.

Таблица 1

| Схема компоновки двигателя | Достоинства | Недостатки |
|---|---|---|
| Однорядная: вертикальная, горизонтальная, наклонная (число цилиндров 2-6) | Простота конструкции, технологии изготовления и обслуживания двигателя. | Значительные габаритные размеры двигателя (особенно по длине), пониженная жесткость блока цилиндров и коленчатого вала, повышенная масса двигателя. |
| V-образная (число цилиндров 4-12) | Уменьшение габаритов и массы двигателя, увеличение жесткости блока цилиндров и коленчатого вала, повышение надежности | Усложнение конструкции и технологии изготовления, повышение стоимости двигателя, усложнение технического обслуживания и ремонта. |

| | | |
|---|---|---|
| | двигателя. | |
| Оппозитная ( число цилиндров 4-8) | Уменьшение габаритов блока цилиндров в вертикальном направлении, снижение массы двигателя, увеличение жесткости коленчатого вала, повышение надежности двигателя. | Повышение стоимости двигателя вследствие усложнения конструкции и технологии изготовления, усложнение технического обслуживания и ремонта. |
| W-образная (число цилиндров 6-8) | Уменьшение габаритов и массы двигателя, увеличение жесткости блока цилиндров и коленчатого вала, повышение надежности двигателя. | Увеличение стоимости двигателя вследствие повышенной сложности конструкции и технологии изготовления, усложнение технического обслуживания и ремонта. |

При выборе числа цилиндров следует иметь в виду, что с его увеличением повышаются равномерность крутящего момента и равномерность хода двигателя, уменьшается требуемая масса маховика, облегчается пуск двигателя, снижаются динамические нагрузки на детали кривошипно - шатунного механизма (КШМ) и, соответственно, повышаются возможности форсирования двигателя по частоте вращения. Увеличение числа цилиндров может также во многих случаях улучшить реальную уравновешенность двигателя благодаря, в частности, уменьшению амплитуды колебаний суммарного реактивного (опрокидывающего) момента, создаваемого двигателем.

Оборотной стороной увеличения числа цилиндров являются повышенные механические потери, худшие топливно-экономические показатели двигателя, опасность увеличения крутильных колебаний коленчатого вала.

Количество цилиндров в большой степени зависит от литража (рабочего объема) двигателя, который для проектируемого двигателя определяется по результатам теплового расчета. В свою очередь тепловой расчет производится с учетом особенностей конструкции двигателя, от которых зависят значения многих параметров и коэффициентов в этом расчете. В связи с этим тепловой расчет должен выполняться, а затем и уточняться параллельно с собственно конструированием двигателя.

К числу важнейших параметров, характеризующих конструкцию двигателя, относятся также средняя скорость поршня, частота вращения коленчатого вала, отношение хода поршня к диаметру цилиндра, сами ход поршня и диаметр цилиндра. Некоторые из этих параметров следует задать, другие должны быть определены.

*Средняя скорость поршня* определяет быстроходность двигателя, которая характеризует его конструкцию с точки зрения тепловой и динамической напряженности.

Напряжения растяжения, сжатия, изгиба и кручения, вызываемые в деталях двигателя силами инерции, пропорциональны квадрату средней

скорости поршня. Тепловая напряженность деталей двигателя так же зависит от средней скорости поршня, величина которой поэтому подлежит ограничению. С другой стороны, чем выше принятая скорость поршня, тем большим может быть значение номинальной частоты вращения вала двигателя и тем, следовательно, большей будет литровая мощность двигателя. Это объясняет стремление конструктора установить верхнюю планку средней скорости поршня на максимально возможном уровне. Последний принимается с учетом типа и назначения двигателя, качества используемых в двигателестроении материалов, точности изготовления и сборки двигателя, качества применяемых масел и характеризуется значениями, указанными в таблице 2.

Таблица 2

| Тип и назначение двигателя | Средняя скорость поршня на режиме максимальной мощности, м/с |
|---|---|
| Двигатель с искровым зажиганием для легкового автомобиля | 12...20 |
| Двигатель с искровым зажиганием для грузового автомобиля | 9...16 |
| Автомобильный дизель | 7...13 |
| Тракторный дизель | 6...11 |

Установив для проектируемого двигателя предельное значение средней скорости поршня, дипломник должен учитывать это ограничение при выборе других параметров двигателя.

*Частота вращения коленчатого вала* непосредственно влияет на литровую мощность двигателя, поэтому на протяжении длительного времени существовала тенденция повышения ее значений.

Однако с увеличением частоты вращения возрастают инерционные силы в КШМ, ухудшается наполнение цилиндров, повышается износ деталей и узлов двигателя, снижается срок его службы. В связи с этим значения номинальной частоты вращения стабилизировались (см. таблицу 3), и форсирование двигателей в настоящеее время осуществляется в основном с помощью наддува.

Таблица 3

| Тип и назначение двигателя | Номинальная частота вращения, $мин^{-1}$ |
|---|---|
| Двигатель с искровым зажиганием для легкового автомобиля | 5000...7000 |
| Двигатель с искровым зажиганием для грузового автомобиля | 4000...6000 |

| | |
|---|---|
| Дизель для легкового автомобиля | 3500...4500 |
| Дизель для грузового автомобиля | 2000...3200 |
| Тракторный дизель | 1500...2500 |

*Отношение хода поршня к диаметру цилиндра (S/D)* - параметр, непосредственно связанный со скоростью поршня. В высокооборотных двигателях значение *S/D* целесообразно снижать до определенного предела для получения умеренной скорости поршня, повышения механического КПД, снижения износа поршневых колец, уменьшения размеров в направлении оси цилиндра и повышения жесткости коленчатого вала. Последнее достигается за счет увеличения перекрытия шатунных и коренных шеек вследствие уменьшения радиуса кривошипа. При меньших значениях *S/D* улучшаются условия размещения клапанов и создаются предпосылки для увеличения их размеров.

Однако с уменьшением *S/D* возрастают нагрузки на детали КШМ от газовых сил и сил инерции, не наблюдается снижения износа зеркала цилиндров (зависит, главным образом, от частоты вращения вала), в рядных двигателях увеличивается длина двигателя, а нередко и его масса.

Низкие значения *S/D* целесообразны в V - образных и оппозитных двигателях, которые получаются в этом случае более компактными. Наименьшие значения *S/D* (до 0,7) характерны для бензиновых двигателей такой компоновки; у дизелей всегда $S/D > 0{,}9$ , так как чрезмерное уменьшение этого параметра приводит к ухудшению процесса смесеобразования в них.

Из конструктивных параметров и особенностей двигателя, подлежащих обоснованию, отметим еще степень сжатия двигателя, число клапанов на цилиндр, тип камеры сгорания, наличие наддува и его особенности, фазы газораспределения и наличие механизма изменения этих фаз, а также все неординарные конструктивные решения (например, воздушную систему охлаждения двигателя).

*Степень сжатия* – один из важнейших термодинамических параметров двигателя. С увеличением степени сжатия растут термический, индикаторный и эффективный КПД двигателя, однако чем больше степень сжатия, тем слабее влияет она на КПД двигателя, тем больше нагрузки на детали КШМ, выше вероятность детонации (в бензиновом двигателе). Степень сжатия дизеля, где от нее зависит надежность самовоспламенения топлива, выбирают в зависимости от способа смесеобразования, марки применяемого топлива, материалов деталей цилиндро-поршневой группы и типа системы охлаждения с учетом формы камеры сгорания, степени наддува дизеля и его быстроходности.

При выборе степени сжатия бензинового двигателя учитывают октановое число применяемого бензина, форму камеры сгорания и расположение свечи зажигания, место впрыскивания топлива, наличие и степень наддува, диаметр цилиндра, тип системы охлаждения.

*Число клапанов на цилиндр* в современных двигателях чаще всего равно 4. Тем не менее двухклапанная схема, уступающая четырехклапанной по наполнению цилиндров двигателя при высокой частоте вращения вала,

удерживает определенные позиции благодаря простоте конструкции, меньшей суммарной массе клапанов, лучшему наполнению цилиндров на низких частотах вращения и благоприятному протеканию кривой крутящего момента по внешней скоростной характеристике двигателя. К тому же достоинства двухклапанной схемы можно удачно сочетать с наддувом двигателя или с регулированием механизма газораспределения для формирования необходимой характеристики крутящего момента.

*Тип камеры сгорания* оказывает большое влияние на протекание рабочих процессов в цилиндрах двигателя, особенно в дизелях. Тип камеры сгорания во многом определяет конструкцию поршня и головки цилиндров, а также способ смесеобразования. Так, например, объемное смесеобразование в дизелях, обусловливающее их наибольшую экономичность, осуществляется с помощью неразделенных камер сгорания. Полузакрытые камеры сгорания дизелей позволяют реализовать в них объемно-пленочное и пристено-пленочное смесеобразование, обеспечивающее более мягкую работу двигателя по сравнению с объемным смесеобразованием.

В бензиновых двигателях с четырьмя клапанами на цилиндр применяется шатровая камера сгорания. В двигателях с двумя клапанами на цилиндр возможны также полисферическая, полусферическая, клиновая, полуклиновая и плоскоовальная камеры сгорания. Выбор типа камеры сгорания связан в таких двигателях обусловлен в первую очередь расположением клапанов и свечи зажигания.

*Наличие наддува* (в дизелях - обязательное) обеспечивает форсирование двигателя и улучшение его удельных энергетических показателей и массо-габаритных параметров. Для дизеля оптимальным является турбонаддув, позволяющий, кроме указанных возможностей, снизить удельный эффективный расход топлива, жесткость работы двигателя и излучаемый им шум, уменьшить содержание токсичных компонентов в отработавших газах и предотвратить значительное снижение мощности двигателя при работе в высокогорных условиях. Дизели без наддува, имея намного более скромные показатели, в настоящее время уже не проектируются. Альтернативой дизелю с турбонаддувом является только турбокомпаундный двигатель, то есть дизель с турбокомпрессором и силовой турбиной, вал которой связан с коленчатым валом двигателя. Такая конструкция, однако, будучи сложной, целесообразна только для дизелей тяжелых грузовиков и тракторов.

В бензиновых двигателях применяют и турбонаддув, и наддув механический; возможен и комбинированный наддув. У каждого из них есть достоинства и недостатки, которые, как указывалось, дипломник должен рассмотреть, обосновывая свой выбор (среди недостатков – отбор мощности от коленчатого вала на привод нагнетателя при механическом наддуве и экстремально высокая температура выпускных газов двигателя, направляемых на колесо турбины, при турбонаддуве).

Наддув дает возможность создать двигатель с заданной формой кривой крутящего момента на внешней скоростной характеристике двигателя. Потребностям наземных транспортных средств хорошо отвечает кривая

крутящего момента двигателя, которая включает участок постоянного крутящего момента, начиная с минимально возможной для этого частоты вращения, переходящий в участок постоянной мощности при частотах вращения выше средних (вплоть до номинальной).

*Фазы газораспределения* в большой степени определяют наполнение цилиндров и потери индикаторной работы на осуществление газообмена в двигателе. От наполнения цилиндров, в свою очередь, зависит характер протекания кривой крутящего момента на внешней скоростной характеристике двигателя.

Так, например, увеличенный угол опаздывания закрытия впускного клапана при высокой частоте вращения способствует интенсивной дозарядке и хорошему наполнению цилиндров, обеспечивая высокие значения крутящего момента и мощности двигателя на номинальном режиме. Последний к тому же перемещается при этом в область б*о*льших значений частоты вращения. Однако при малых и средних частотах вращения такой увеличенный угол приводит к обратному выбросу и, соответственно, недостаточному наполнению цилиндров, обусловливая тем самым снижение величины крутящего момента на этих режимах.

Фазы газораспределения устанавливают, таким образом, с учетом назначения транспортного средства, используя при этом данные двигателей - аналогов. При выборе фаз следует учитывать особенности конструкции проектируемого двигателя, прямо влияющие на наполнение: наличие механизма изменения фаз, использование настроенных систем впуска и выпуска, количество клапанов на цилиндр, возможность управления высотой подъема клапанов, наличие и вид наддува, обеспечение продувки камер сгорания.

В частности, продувка камер сгорания наддувочным воздухом, возможная в дизелях и бензиновых двигателях с впрыскиванием бензина непосредственно в цилиндры, требует существенного увеличения угла перекрытия клапанов (до 140° поворота коленчатого вала при высоком наддуве), что должно быть предусмотрено назначенными фазами газораспределения.

### 4.7 Мощностной баланс автомобиля (трактора)

Как правило, мощностной баланс составляется с целью определения мощности двигателя, необходимой для обеспечения движения автомобиля с заданной максимальной скоростью, и подтверждения достаточной его «приемистости».

Если мощность двигателя, как в нашем случае, назначена техническим заданием, мощностной баланс позволяет установить максимальную скорость транспортного средства и оценить его «приемистость». Попутно решается задача по определению передаточного числа главной передачи трансмиссии.

Мощностной баланс автомобиля представляет собой график, на котором изображается мощностная характеристика автомобиля на всех передачах прямого хода и суммарная мощность сопротивления качению и

аэродинамического сопротивления при равномерном движении на асфальтовом или асфальтобетонном шоссе. Кривую, выражающую суммарную мощность сопротивления при движении на грунтовой дороге, строить не обязательно, однако дипломнику необходимо знать, как она протекает на графике мощностного баланса.

Мощностная характеристика автомобиля выражает зависимость мощности на ведущих колесах автомобиля от скорости его движения. При этом мощность на ведущих колесах определяют по внешней скоростной характеристике двигателя, учитывая потери в трансмиссии, а скорость автомобиля вычисляют с учетом передаточных чисел главной передачи и включенной передачи в коробке передач.

Для легкового автомобиля и междугородного автобуса целесообразно, чтобы максимальная скорость достигалась при работе двигателя на режиме максимальной мощности и на наиболее часто используемой при движении передаче. КПД такой передачи должен быть максимально возможным. Этому условию отвечает прямая передача, а в случае ее отсутствия – передача, передаточное число которой наиболее близко к единице. Принимая во внимание эти обстоятельства, находят передаточное число главной передачи трансмиссии.

Полученное значение передаточного числа главной передачи необходимо проверить на «приемистость» автомобиля при движении его на передаче, на которой достигается максимальная скорость. Наиболее объективным показателем «приемистости» является величина максимального динамического фактора при движении на этой передаче по асфальтовому горизонтальному шоссе. Принято считать, что этот максимальный динамический фактор должен составлять не меньше 0,05.

Максимальный динамический фактор имеет место при работе двигателя на режиме максимального крутящего момента, поэтому сначала по частоте вращения коленчатого вала на этом режиме определяют соответствующую скорость автомобиля, затем последовательно вычисляют условную силу тяги на ведущих колесах, силу аэродинамического сопротивления и значение искомого фактора.

Если условие «приемистости» не выполняется, можно несколько увеличить значение передаточного числа главной передачи, но лучше внести изменения в конструкцию или настройки двигателя с целью повышения запаса его крутящего момента.

Для грузовых автомобилей, для которых двигатель выбирается из условия движения с так называемой номинальной скоростью, «приемистость» обеспечивается превышением "номинальной" мощности над минимальной.

Номинальной скоростью грузового автомобиля называется основная рабочая скорость движения при выполнении им транспортной работы. В настоящее время большинство производителей грузовых автомобилей считают такой скоростью 80 км/час. Мощность, необходимая для равномерного движения с этой скоростью, называется минимальной. Двигатель развивает эту мощность при неполной цикловой подаче топлива.

Мощность, которую может развить двигатель грузового автомобиля при полной цикловой подаче топлива при движении с номинальной скоростью, называется то же "номинальной". При этой скорости, чтобы водитель мог чувствовать себя уверенно, автомобиль должен обладать некоторым запасом мощности и (если последнего все же недостаточно) возможностью сохранить скорость при переходе на понижающую передачу, а для этого необходим запас по частоте вращения коленчатого вала. Отсюда общепризнанными являются следующие требования к двигателю грузового автомобиля: "номинальная" мощность для одиночного грузовика должна превышать минимальную мощность не менее, чем на 30%, а для автопоезда – не менее, чем на 50%; частота вращения коленчатого вала, соответствующая номинальной скорости, должна составлять 60% от частоты вращения, при которой достигается максимальная мощность.

Последнее требование позволяет однозначно определить передаточное число трансмиссии при движении с номинальной скоростью. Поскольку номинальная скорость предполагает включенной прямую передачу в коробке передач (и раздаточной коробке), то найденное передаточное число будет относиться к главной передаче трансмиссии.

Учитывая по-прежнему соотношение частот вращения, отвечающих номинальной скорости автомобиля и максимальной мощности двигателя, и зная из теплового расчета двигателя значения среднего эффективного давления для этих частот вращения, вычисляют "номинальную" мощность и проверяют, удовлетворяет ли ее величина указанным выше требованиям.

В случае, если эти требования не выполняются, следует внести изменения в конструкцию или настройки двигателя для повышения запаса его крутящего момента.

Для городских автобусов двигатель выбирается непосредственно из условия обеспечения заданной «приемистости», которая здесь характеризуется, согласно правилам ЕЭК ООН, ускорением 1 м/с$^2$ при скорости транспортного средства 50 км/час. Мощностной баланс в данном случае должен выражать это условие, связывая необходимую мощность двигателя с массой транспортного средства и его ускорением.

Поскольку при разгоне автобуса максимальная мощность двигателя реализуется на скорости 50 км/час, то этой скорости должна соответствовать частота вращения коленчатого вала двигателя, отвечающая такой мощности. Отсюда однозначно определяется передаточное число трансмиссии, необходимое для движения автобуса в заданном режиме ускорения. Оценив по прототипу транспортного средства с помощью найденного значения передаточного число включенной передачи коробки передач автобуса, можно теперь уточнить передаточное число его главной передачи.

При известном значении передаточного числа главной передачи трансмиссии мощностой баланс, составленный для условий движения без ускорения по горизонтальному шоссе, позволит проверить достаточность мощности двигателя для достижения автобусом максимальной разрешенной скорости, которая по современному законодательству равна 90 км/час.

Для тракторов сельскохозяйственного назначения двигатель выбирается из условия обеспечения номинального тягового усилия трактора в соответствии с его классом.

Под номинальным тяговым усилием понимается усилие, которое трактор развивает на стерне средней плотности при нормальной влажности почвы (от 8 до 18%) в зоне максимального значения тягового КПД при эксплуатационной массе, предусмотренной технической характеристикой (для колесных тракторов - с балластным грузом) при предельных значениях буксования: 18% и 16% для колесных тракторов соответственно с двумя и четырьмя ведущими колесами, 5% для гусеничных тракторов.

Одним из требований, предъявляемых к машино-тракторному агрегату технологическим процессом обработки почвы, является поддержание постоянной рабочей скорости трактора. Это требование с учетом возможных колебаний силы сопротивления движению агрегата обусловливает необходимость работы двигателя на регуляторной ветви его внешней скоростной характеристики с редким выходом на саму внешнюю характеристику в случае большой перегрузки двигателя. Отсюда следует, что мощностной баланс трактора должен подтвердить достаточность заданной мощности двигателя при неполном ее использовании для создания трактором номинального тягового усилия при движении агрегата с регламентированной рабочей скоростью.

Каждому классу тракторов отвечает некоторый диапазон значений номинального тягового усилия, поэтому мощностной баланс позволяет одновременно уточнить конкретную величину этого усилия для выбранного значения коэффициента использования мощности двигателя при работе на регуляторной ветви его внешней скоростной характеристики.

Таким образом, мощностной баланс легкового автомобиля и междугородного автобуса должен установить максимальную скорость транспортного средства и максимальный динамический фактор на передаче, на которой достигается эта скорость; для грузового автомобиля мощностной баланс позволяет оценить превышение "номинальной" мощности над минимальной; для городских автобусов с помощью мощностного баланса проверяются возможности двигателя по регламентированному ускорению транспортного средства при регламентированной скорости, а также по достижению им максимальной разрешенной скорости; мощностной баланс трактора определяет конкретное значение номинального тягового усилия, которое должно отвечать заявленному классу трактора.

Результаты рассмотрения мощностного баланса должны быть отражены в резюме по данной части расчетно-пояснительной записки, где им должна быть дана со стороны дипломанта соответствующая оценка.

Мощностной баланс иллюстрируется первым листом графической части выпускной работы. Для автомобиля в нем изображают в виде графиков мощность сопротивления движению транспортного средства и мощность, подводимую к колесам со стороны двигателя при полной подаче топлива. Для трактора мощностной баланс обычно сводят к балансу сил сопротивления и

движущих сил, приложенных к ведущим колесам или гусеницам трактора, поэтому содержанием первого листа, в таком случае, является тяговый баланс трактора.

### 4.8 Тепловой расчет двигателя

Тепловой расчет проектируемого двигателя выполняется для нескольких значений частоты вращения коленчатого вала в диапазоне от минимальной устойчивой частоты до номинального ее значения при условии полной подачи топлива. Тепловой расчет позволяет определить давление и температуру рабочего тела в цилиндрах, необходимые при динамическом и прочностном расчетах двигателя, построить внешнюю скоростную характеристику, определить рабочий объем двигателя, диаметр цилиндра и ход поршня, вычислить параметры цикла, характеризующие технический уровень двигателя.

При выполнении теплового расчета, как указывалось, необходимо иметь в виду конструктивные особенности проектируемого двигателя, его исходные конструктивные параметры, рассмотренные в пункте 4.6. С учетом этих и других особенностей для теплового расчета принимаются также значения:

- коэффициента избытка воздуха;
- давления остаточных газов;
- температуры подогрева свежего заряда;
- суммарного коэффициента сопротивления впускной системы и затухания скорости заряда в клапанной щели;
- коэффициента дозорядки;
- адиабатического КПД компрессора;
- тепловой эффективности охладителя наддувочного воздуха;
- коэффициента использования теплоты на участке видимого сгорания;
- степени повышения давления (в дизеле);
- среднего давления механических потерь.

Каждое выбранное значение должно быть обосновано и подтверждено ссылкой на публикации; при этом следует ориентироваться на лучшие образцы аналогичных существующих двигателей, стараясь обеспечить вновь создаваемому двигателю самые современные показатели.

Особое внимание следует обратить на правильность и точность получаемых результатов, так как ошибка в подсчете одного из параметров может повлечь за собой искажение всего расчета. Поэтому на каждом этапе расчета необходимо сопоставлять полученные данные с аналогичными параметрами двигателей подобного типа.

Тепловому расчету посвящается второй лист графической части выпускной работы, в котором в виде графиков изображаются зависимости принятых и рассчитанных параметров рабочего цикла от частоты вращения коленчатого вала и строится внешняя скоростная характеристика двигателя. Последняя отображает характер изменения эффективных мощности двигателя, его крутящего момента и удельного расхода топлива, а также часового расхода топлива по оборотам коленчатого вала при полной нагрузке.

## 4.9 Динамический расчет двигателя

Основной задачей динамического расчета является определение суммарных сил и моментов, действующих в КШМ, и характера их изменения по углу поворота коленчатого вала (ПКВ) в течение одного рабочего цикла. Знание величин этих сил необходимо для выполнения расчета на прочность и износ основных деталей, а также для определения неравномерности крутящего момента и степени неравномерности хода двигателя.

Динамический расчет выполняется для режима максимальной мощности и включает в себя получение и построение на листах графической части следующих данных:

- индикаторной диаграммы силы давления газов в координатах *P-V* с учетом поправки Брикса и круговой диаграммы фаз газораспределения;
- развернутых по углу ПКВ диаграмм силы избыточного давления газов, силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс и суммарной силы, действующей на поршень по оси цилиндра;
- графиков изменения по углу ПКВ тангенциальной и нормальной сил, действующих на кривошип со стороны шатуна;
- диаграммы суммарного индикаторного крутящего момента с вычислением среднего его значения;
- графиков набегающих крутящих моментов на коренные и шатунные шейки (по указанию руководителя).
- полярных диаграмм сил, действующих на шатунную и наиболее нагруженную коренную шейки, а также диаграмм этих сил, развернутых по углу ПКВ.
- теоретических диаграмм износа шатунной и коренной шеек с выбором месторасположения канала для подвода масла.

Размещение основных диаграмм на листах графической части аналогично принятому для курсового проекта по динамике двигателя, выполняемого студентами на седьмом семестре. При их построении следует учитывать, что на свернутой индикаторной диаграмме давление отсчитывают от абсолютного нуля, а на развернутой показывают избыточное давление над поршнем.

В пояснительной записке по данному разделу нужно представить следующие материалы:

- исходные данные, полученные по результатам теплового расчета;
- таблицу масштабов сил, давлений и крутящего момента;
- порядок работы цилиндров;
- результаты расчета всех сил и моментов (в виде таблицы);
- расчет противовесов, установленных на продолжении щек коленчатого вала;
- степень неравномерности крутящего момента;
- степень неравномерности хода двигателя с оценкой махового момента маховика;

- анализ уравновешенности двигателя и при необходимости выбор способа устранения его неуравновешенности.

Для расчета силы инерции необходимо знать массу деталей, совершающих возвратно-поступательное движение. Для определения этой массы используют результаты взвешивания поршня и шатуна двигателя - прототипа или задаются величинами конструктивных масс этих деталей.

После определения среднего индикаторного крутящего момента двигателя следует сравнить его величину со значением крутящего момента, полученным по результатам теплового расчета. Расхождение между этими значениями не должно превышать ± 5%.

### 4.10 Расчет на прочность деталей кривошипно-шатунного механизма

Расчет на прочность производится для основных деталей КШМ и включает в себя также расчеты на жесткость, износ, упругие колебания и тепловую нарпяженность. Деталь рассчитывают на том режиме, который является для нее наиболее опасным. Прежде чем приступить к расчету, необходимо пояснить конструкцию и назначить материал и термообработку детали, выяснить, какие силы и в каких сечениях создают опасные напряжения. Расчеты сопровождают эскизами деталей и расчетными схемами с указанием опасных сечений, сил и необходимых размеров. Результаты расчетов сопоставляют с допустимыми значениями напряжений, удельных давлений, запасов прочности.

*Поршень* расчитывают на:

- температурные напряжения в днище;
- напряжение изгиба в днище от давления газов;
- напряжение сжатия и напряжение разрыва в кольцевом сечении, ослабленном отверстиями для отвода масла;
- удельное давление на стенку цилиндра по всей высоте поршня;
- удельное давление по высоте юбки поршня;
- диаметральные зазоры для головки и юбки поршня.

*Поршневые кольца* проверяются расчетом на:

- среднее давление кольца на стенку цилиндра;
- напряжения изгиба, возникающие при надевании кольца на поршень и в рабочем состоянии;
- монтажный зазор в замке кольца.

*Поршневой палец* должен быть проверен на:

- удельные давления пальца на втулку верхней головки шатуна и на бобышки;
- напряжение среза;
- напряжение изгиба;
- напряжения от овализации пальца.

*Шатун* рассчитывается на:

- напряжение разрыва по опасному сечению верхней головки шатуна;
- запас прочности головки с учетом пульсирующего цикла;

- поперечную деформацию верхней головки шатуна;

- суммарные напряжения в стержне шатуна от сжатия и продольного изгиба; напряжение изгиба нижней головки шатуна.

*Шатунные болты* требуют расчета на разрыв под воздействием сил инерции и силы их предварительной затяжки.

*Коленчатый вал* рассчитывают на:

- запас прочности наиболее нагруженной скручивающим моментом коренной шейки;

- запасы прочности шатунной шейки для изгиба и кручения, а также общий запас ее прочности; расчет проводят для шатунной шейки, наиболее нагруженной скручивающим моментом;

- запас прочности щеки на сжатие - растяжение и изгиб в плоскости колена, запас ее прочности на кручение, а также общий запас прочности щеки.

*Корпус двигателя* проверяют расчетом на:

- напряжения, возникающие в стенке цилиндра от воздействия газовых и монтажных сил;

- воздействие на цилиндр тепловых нагрузок;

- напряжения, возникающие в стенке цилиндра от совместного воздействия газовых, монтажных сил и тепловых нагрузок;

- запас прочности силовых шпилек.

### 4.11 Расчет механизма газораспределения и систем двигателя

*Механизм газораспределения (МГР)* должен обеспечивать высокое наполнение и хорошую очистку цилиндров, имея одновременно небольшую массу подвижных деталей с целью уменьшения инерционных нагрузок в нем.

С учетом принятого ранее числа клапанов на цилиндр, выбранных фаз газораспределения, формы камеры сгорания и общей компоновки двигателя определяется целесообразная кинематическая схема МГР, уточняются размеры клапанов, высота их подъема, соотношение плеч коромысла, выбирается профиль кулачка. Затем производится профилирование кулачка, строятся графики перемещения, скорости и ускорения толкателя. Эти материалы целесообразно отобразить на листе графической части работы.

В расчетно-пояснительной записке приводят:

- обоснование компоновочной схемы МГР;

- обоснование способа фиксации распределительного вала от осевых перемещений;

- расчет перемещения, скорости и ускорения толкателя;

- определение средней (условной) скорости свежего заряда в клапанной щели;

- материалы и технологию изготовления деталей МГР;

- расчет распределительного вала на жесткость;
- расчет запаса прочности пружин на кручение;
- проверку клапанных пружин на резонанс;
- расчет на смятие контактных поверхностей деталей МГР.

*Система смазки* обеспечивает уменьшение трения между трущимися поверхностями деталей, удаление продуктов износа из зоны их контакта и частичное охлаждение отдельных узлов двигателя. При разработке этой системы на разрезах двигателя (графическая часть работы) или в виде отдельных узлов (в расчетно-пояснительной записке) следует показать:

- масляный насос (в разрезе) с приводом;
- масляную магистраль в блок-картере;
- подвод масла к коренным и шатунным подшипникам коленчатого вала.

Следует также пояснить пути подвода масла ко всем сопрягаемым поверхностям, смазываемым под давлением.

При расчете системы смазки определяют:

- циркуляционный расход масла;
- производительность масляного насоса и размер его шестерен;
- мощность, затрачиваемую на привод масляного насоса.

*Система охлаждения* двигателя обеспечивает принудительный отвод тепла от нагретых деталей для предотвращения их перегрева.

Расчет системы охлаждения проводится для режима максимальной мощности двигателя; при этом определяются:

- производительность системы;
- площадь теплообменной поверхности радиатора;
- производительность жидкостного или воздушного насоса;
- мощность, затрачиваемая на привод насоса и вентилятора.

### 4.12 Специальная часть

Специальная часть является одной из основных частей дипломной работы. Выполнение данной части должно предшествовать окончательной проработке конструкции двигателя. При её разработке (вместе с графической частью) дипломник должен проявить самостоятельность и инициативу, так как здесь невозможно обойтись одним учебником. Необходима кропотливая работа над технической литературой, которую должен подобрать и использовать дипломник.

Специальная часть выпускной работы представляет углубленную проработку отдельной системы, узла или компоновки двигателя в целом. Наряду с обзорным разделом, специальная часть должна содержать расчёты, сборочные чертежи, а также рабочие чертежи деталей. Здесь приводится обзор всей доступной отечественной и зарубежной технической информации (монографии, журналы, отчеты НИИ, патенты и др.) по утверждённой теме. На основании анализа информации и синтеза технических решений дипломник предлагает и обосновывает свое техническое решение, выгодно отличающееся

от применяющегося в настоящее время в промышленности (в частности, в двигателе-аналоге). Как указывалось, ценность решения значительно возрастает, если будут использованы теоретические и экспериментальные разработки, полученные студентом в научном студенческом обществе или при прохождении практики.

Необходимо математическое сопровождение предлагаемого решения. Желательно выполнить оптимизационный расчет с использованием ЭВМ, пояснив его математической моделью, алгоритмом решения и программой, составленными студентом. Поверочный расчет должен обосновываться экспериментальными исследованиями аналогичных систем, выполненных на заводах, в научно-исследовательских институтах и других центрах инженерной мысли.

В пояснительную записку включают все необходимые для выполнения специальной части материалы, в том числе расчеты, графики, таблицы и фотографии.

Графическая часть данного раздела состоит, как правило, из трех- четырех листов формата А1. Первый графический лист может быть посвящен способам достижения поставленной перед выпускной работой цели. Например, можно изобразить здесь принципиальные схемы систем или механизмов, позволяющих улучшить топливную экономичность двигателя: впускного трубопровода с переменной длиной, механизма изменения фаз газораспределения, непосредственного впрыскивания бензина и т.д.

Второй лист может быть посвящен объяснению работы разработанной системы (смазки, охлаждения, турбонаддува, питания топливом, системы снижения токсичности газов и т.д.).

Третий лист может представлять собой чертеж разработанного узла (спецификация и принцип работы которого помещаются в пояснительной записке).

На четвертый лист, как правило, выносятся результаты (обычно графики), подтверждающие целесообразность оснащения двигателя спроектированным узлом .

Следует обратить внимание, что предложенная последовательность и количество листов не являются обязательными. Листы могут объединяться, исключаться и добавляться.

### 4.13 Оценка технического уровня спроектированного двигателя

По завершении специальной части выполняется окончательная компоновка двигателя в виде поперечного и продольного его разрезов на графических листах выпускной работы, а в пояснительной записке приводится описание созданной конструкции. При необходимости на графических листах изображают также вид на двигатель спереди (слева, справа), уточняя таким образом важные элементы конструкции спроектированного двигателя.

Затем необходимо провести сравнение технико-экономических показателей спроектированного двигателя с лучшими аналогами зарубежных и

отечественных производителей.. Выбор аналогов для сравнения может осуществляться на основе анализа научно технической литературы, каталогов и проспектов фирм, материалов ЦНИДИ (Центрального научно-исследовательского дизельного института).

Рекомендуется в группу аналогов включать образцы двигателей, соответствующие по назначению и близкие по конструктивным параметрам спроектированному двигателю (мощность, частота вращения, наддув, размерность). После составления списка аналогов (рекомендуется выбрать не менее трех аналогов) заполняется таблица 3, представленная в приложении И.

По полученной таблице проводится сравнительный анализ технических характеристик спроектированного двигателя и двигателей-аналогов, на основании чего делается вывод о степени соответствия созданного двигателя современным экономическим, экологическим и энергетическим требованиям к ДВС.

### 4.14 Заключение

В этом разделе выпускной работы кратко формулируются итоги проектирования, приводится общая характеристика выполненной разработки, отмечаются ее преимущества и недостатки, оцениваются перспективы ее внедрения в производство.

Объем заключения не должен превышать 1 машинописной страницы.

### 4.15 Список использованных источников

Список использованной литературы является важной и неотъемлемой частью ВКР, позволяющей судить о глубине и объеме информационной проработки темы и о том, насколько автор знаком с литературой по отдельным вопросам работы. Обычно дипломная работа содержит примерно 30…60 ссылок на различные источники информации.

Под источниками информации понимаются отечественные и зарубежные научные публикации (книги, статьи), учебники и учебно-методические пособия, государственные стандарты, патенты, научно-технические отчеты, диссертации и их авторефераты, депонированные рукописи, технические условия на выпускаемую продукцию, рекламно-техническая информация фирм и т.п. Возможна ссылка на электронные издания, в том числе и в сети Интернет. В списке литературы не должно быть ссылок на неопубликованные лекции преподавателей по различным дисциплинам, реферативные журналы (они являются вторичными источниками информации), общественно-политические и развлекательные издания (газеты, журналы), устные замечания руководителя.

Список литературы может строиться по двум различным принципам:

• источники нумеруются по порядку их упоминания в тексте пояснительной записки;

• источники располагаются в списке в алфавитном порядке.

Можно использовать любой из этих принципов, учитывая при этом, что первый из них более прост и менее трудоемок. При втором варианте построения списка сначала указываются отечественные публикации, а затем зарубежные.

Ссылки на литературу в тексте записки должны приводиться в тех местах, где необходимо подтвердить какие-либо положения или конкретные данные, указать на источники разных мнений и теорий, привести результаты выполненных исследований и прогнозы специалистов.

### 4.16 Приложения

Приложения являются частью выпускной работы, но при этом не входят в общий объем пояснительной записки. В них обычно помещают вспомогательный материал, необходимый для более полного восприятия работы. В частности, могут быть даны варианты расчета конструкции деталей или процессов, спецификации к чертежам, распечатки компьютерных расчетов, материалы патентного поиска, таблицы вспомогательных числовых данных, описание алгоритмов и программ для компьютерного решения задач (если они разработаны автором квалификационной работы), иллюстрации вспомогательного характера.

## 5. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.

### 5.1 Общие требования

Строгих формальных требований к объему бакалаврской работы не существует. Выпускная работа, как указывалось, должна содержать пояснительную записку (ПЗ) объемом 70…90 страниц машинописного текста (не считая приложений) и графический материал в объеме 9-10 листов формата А1.

Текстовая часть ПЗ выполняется на листах писчей бумаги плотностью не менее 80г/м$^2$ формата А4 (210х297 мм) в одностороннем исполнении и оформляется рамкой и основной надписью. Первая страница раздела выполняется с большим штампом, все остальные страницы - с малым штампом (приложение Д - взять в электронном виде на кафедре « АТД»).

Простановку порядковых номеров страниц ПЗ осуществляют в правом нижнем углу, в соответствующем поле штампа, вручную или электронным способом.

Выполнение ПЗ рекомендуется производить в текстовом редакторе MS Word, шрифтом 14 Times New Roman с полуторным междустрочным интервалом. Для абзацев использовать отступ 1,25. Параметры страницы: сверху – 0,9 см; снизу – 0,9 см; слева – 2,1 см; справа – 0,9 см. Расстояние от рамки формы до границ текста оставляют в начале строк не менее 5 мм, в конце

строк- не менее 3 мм, расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки формы оставляют 10 мм.

Пояснительная записка строго регламентирована и имеет структуру, представленную в пункте 4 (стр.8).

Графический материал работы распределяется в соответствии с содержанием следующим образом:

- мощностной баланс автомобиля (трактора) - 1 лист;
- тепловой расчет двигателя – 1 лист;
- динамический расчет двигателя - 2 листа;
- поперечный разрез двигателя – 1 лист;
- продольный разрез двигателя – 1 лист ;
- специальная часть - 3-4 листа.

Титульный лист является первым листом ПЗ. Он выполняется по утвержденной форме, которую в электронном или бумажном виде можно взять у заведующего кафедрой «АТД» .Бланк титульного листа заполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304 типа Б с наклоном букв только ручным способом.

При оформлении ВКР электронным способом отдельные формулы, буквы, слова и таблицы допускается выполнять вручную чернилами черного цвета. Опечатки, описки разрешается исправлять подчисткой или корректором с последующим нанесением исправленного текста.

### 5.2 Оформление заголовков

Заголовки разделов (глав) следует начинать с абзацного отступа и печатать строчными буквами с первой прописной, не подчеркивая, без точки в конце. Если заголовок включает несколько предложений, их разделяют точками. Переносы слов в заголовках разделов и подразделов не допускаются.

Каждый раздел (главу) следует начинать с новой страницы.

Главы, пункты и подпункты следует нумеровать арабскими цифрами. Главы работы должны иметь порядковую нумерацию в пределах основной части пояснительной записки и обозначаться арабскими цифрами без точки, например, Глава 1, Глава 2 и т.д.

Параграфы (пункты, подпункты) должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждой главы. Номер параграфа включает номер главы, разделенный точкой, в конце номера параграфа точка не ставится, например 1.1, 1.2, 1.3 или 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 и т.д.

### 5.3 Правила оформления ссылок на использованные источники

Ссылки на использованные литературные источники, или библиографические ссылки – это «библиографические описания источников цитат, заимствований, а также произведений печати, рекомендуемых читателю по ходу чтения или обсуждаемых в тексте издания».

Использование библиографических ссылок в научных изданиях обязательно. Рекомендуется употреблять их в следующих случаях:

– при цитировании фрагментов текста, формул, таблиц, иллюстраций и т.п.;

– при заимствовании положений, формул, таблиц, иллюстраций и т.п. не в виде цитаты;

– при анализе в тексте содержания других публикаций;

– при необходимости отсылки читателя к другим публикациям, где обсуждаемый материал дан более полно.

При дословном приведении выдержки из какого-либо произведения, например, для подкрепления мысли авторитетным высказыванием, а также при ссылке на работу большого объёма, кроме номера источника, указывается и номер страницы, на которой помещено цитируемое высказывание. При общем обзоре литературы или ссылке на работы небольшого объёма указывается лишь порядковый номер источника. Пример: Относительно небольшие нагрузки в контакте и наличие разделительной масляной пленки делают значительное геометрическое скольжение неопасным.

Библиографический аппарат ВКР оформляется в соответствии с правилами ГОСТ 7.1 – 84 «Библиографическое описание документа».

В описании применяют следующие условные разделительные знаки, идентифицирующие области и элементы:

. – (точка и тире) – предшествуют каждой (кроме первой) области описания;

: (двоеточие) – предшествует сведениям, относящимся к заглавию и наименованию издательства;

/ (косая черта) – предшествует сведениям об авторах, составителях, редакторах, переводчиках принимавшей участие в издании организации;

// (две косые черты) – предшествуют сведениям о документе, в котором помещена статья, глава, раздел.

Кроме того, используются и другие условные знаки, выполняющие различные функции: точка, запятая, круглые скобки, квадратные скобки, знак плюс и знак равенства.

Приведем примеры библиографического описания документа:

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/ Учеб. пособие для вузов. - 4 изд. стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.:ил.

2. Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. и др. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов: Учеб.; Под ред. Луканина В.Н. – М.: Высшая школа, 2005.-368 с.

3. Луканин В.Н., Алексеев И.В. и др. Двигатели внутреннего сгорания/ В 3 кн. Кн 2. Динамика и конструирование: учебник/ под.ред. В. Н. Луканин-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш.шк., 2005. – 400с.

4. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л. Комбинированные двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов; Под ред. Н. Д. Чайнова.- М.: Машиностроение, 2008. – 496 с.

5.Шатров М.Г., Алексеев И.В., Богданов С.Н. и др. Автомобильные двигатели: Курсовое проектирование: учеб. пособие для студентов учр. высш. проф.образования; Под ред М.Г.Шатрова -2-е изд.,испр. М.: Издательский центр «Академия», 2012-256с.

# 6. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Полностью подготовленная к защите дипломная работа представляется руководителю, который просматривает ее и дает ей и дипломанту оценку в письменном отзыве. Последний составляется в произвольной форме, однако в нем можно выявить и некоторые общие положения, а именно:

- степень достижения дипломником поставленной цели, глубина проработки темы выпускной работы;
- степень самостоятельности в работе и личный вклад дипломника;
- замечания к дипломнику;
- согласие допустить дипломника к защите его работы в ГАК;
- рекомендация для поступления будущего бакалавра в магистратуру, если тот ее заслуживает.

Выпускная работа подвергается обязательному рецензированию. Рецензент назначается из специалистов той области знания, по тематике которой выполнена работа. Рецензент обязан провести квалифицированный анализ ВКР и оценить в ней:

- объем (указать количество демонстрационного материала, число страниц пояснительной записки);
- актуальность темы ;
- качество и уровень проведенных расчетов, исследований, экспериментов;
- выявленные недостатки (со ссылкой на номера страниц, чертежей);
-качество чертежных и графических работ, соблюдение ГОСТ и других нормативных материалов;
-степень новизны и оригинальность принятых решений, глубину проработки материала в целом.

В заключение рецензент дает общую оценку дипломной работы (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), указывает, заслуживает ли дипломник присвоения квалификации (степени) бакалавра.

Отзыв и рецензия вкладываются в пояснительную записку. На последней странице отзыва и рецензии должна стоять подпись бакалавра об ознакомлении с ними.

## 6.1. Прохождение нормоконтроля

Подготовленная к защите дипломная работа (с рецензией и отзывом) должна пройти также нормоконтроль. Задача нормоконтроля - проверка соответствия этой работы нормам и требованиям, установленным в

действующих государственных стандартах специальностей и нормативных актах высшей школы.

Рекомендуется в период дипломного проектирования регулярно предъявлять нормоконтролёру на предварительный просмотр отдельные страницы текста ПЗ, эскизы графического материала (черновые варианты). С учетом сделанных при этом нормоконтролером замечаний и поправок следует выполнять всю ВКР. На заключительную подпись нормоконтролёру ПЗ необходимо предоставить на бумажном носителе переплетенной, в полностью оформленном виде со всеми подписями (кроме заведующего кафедрой) на титульном листе и бланковых документах. Структура пояснительной записки должна строго соответствовать требованиям кафедры «АТД» (см. пункт 4, стр.8). Чертежи графической части должны быть оформлены в соответствии с ЕСКД.

Срок предъявления на нормоконтроль – 7…10 дней до защиты ВКР. Запрещается без ведома нормоконтролера вносить какие-либо изменения в подлинник (оригинал) после того, как этот подлинник (оригинал) подписан нормоконтролёром.

Пояснительная записка с рецензией и отзывом руководителя передается на кафедру «АТД» для утверждения заведующим кафедрой и оформления допуска к защите в ГАК.

### 6.2 Рекомендации по составлению доклада

Дипломант, получив положительный отзыв от руководителя, внешнюю рецензию и допуск к защите, готовит доклад (на 5…10 минут), в котором должен четко и кратко изложить основные положения выпускной работы.

Доклад следует строить в той же последовательности, в какой выполнялась работа. По каждому разделу ВКР, опираясь на графические листы, излагается краткое содержание представленного материала и делаются выводы по нему.

Ниже курсивом приведены, в качестве примера, существенные фрагменты одного из докладов:

*На первом этапе был выполнен мощностной расчет транспортного средства, который показал, что заданная мощность двигателя 100 кВт обеспечит достижение автомобилем максимальной скорости 220 км/ч.*

*С помощью теплового расчета двигателя найдены значения параметров состояния газа в цилиндре, построена внешняя скоростная характеристика двигателя. Определено, что для получения заданной мощности 100 кВт рабочий объем двигателя должен составлять 1.8 л при степени сжатия 11. Максимальный крутящий момент двигателя равен 190 Нм и достигается при частоте 3500 мин$^{-1}$. Минимальный удельный эффективный расход топлива составляет 225г/(кВт ч).*

*Динамическим расчетом двигателя определены величины сил давления газов и инерции, а также суммарных сил, действующих в КШМ. Указанные величины необходимы для выполнения расчета деталей двигателя на*

*прочность. Динамическим расчетом определены также нагрузки на коренные и шатунные шейки, подтверждена работоспособность подшипников коленчатого вала, вычислена необходимая масса противовесов этого вала, найдена хорошей равномерность хода двигателя (коэффициент неравномерности меньше 2%).*

*Проведен расчет на прочность деталей проектируемого двигателя, который позволил уточнить размеры и конструкцию этих деталей. С учетом прочностного расчета выполнены продольный и поперечный разрезы двигателя. Спроектированный двигатель имеет рядную компоновку, чугунный монолитный блок. Для повышения его жесткости используется единый блок крышек коренных подшипников. На двигателе применяется система газораспределения с четырьмя клапанами на каждый цилиндр. Привод распределительных валов осуществляется при помощи бесшумной пластинчатой цепи. Клапаны приводятся непосредственно от распределительных валов через гидротолкатели. Для повышения величины крутящего момента в зоне низких и высоких частот вращения на двигатель установлен роторный механизм изменения фаз газораспределения и впускной трубопровод с двухступенчатым изменением длины. Для уменьшения вибрации двигателя на раме автомобиля предусмотрены дополнительные валы с грузиками, уравновешивающие силы инерции второго порядка.*

Особое внимание в докладе следует уделить специальной части дипломной работы. Эта часть доклада, как правило, начинается с описания проблемы и обоснования актуальности избранной темы, обзора работ по данной теме, формулирования цели и задач работы. Обязательно должна прозвучать информация о конструкции и принципе работы разработанного узла.

Заключительная часть доклада строится по тексту заключения пояснительной записки. Здесь перечисляются общие выводы из текста записки без повторения частных результатов, приведенных в ее отдельных главах.

Доклад не должен быть перегружен цифровыми данными, которые озвучиваются лишь в случае необходимости для доказательства или иллюстрации того или иного вывода.

### 6.3 Рекомендации по составлению компьютерной презентации

Государственной аттестационной комиссией приветствуется использование при докладе компьютерной презентации выполненной работы (наличие графических листов при этом так же обязательно). Компьютерная (электронная) презентация дает ряд преимуществ перед обычной - плакатной.

В широком смысле слова презентация - это выступление, доклад, защита законченного или перспективного проекта, представление на обсуждение рабочего проекта, результатов внедрения и т.п.

Использование компьютерной презентации позволяет значительно повысить информативность и эффективность доклада при защите ВКР, способствует повышению динамизма и выразительности излагаемого материала.

Написание презентации к защите - всегда ответственная, кропотливая, но полезная работа. Полезная, так как приводит в порядок мысли студента, классифицирует материал, позволяет вскрыть «узкие» места. Презентация — суть всего перечисленного, поскольку весь отобранный и подготовленный выпускником материал наглядно отображается на экране в концентрированном, сжатом виде, и все огрехи здесь становятся достаточно рельефными. Поэтому один из главных положительных моментов при создании электронных презентаций -максимальная собранность выпускника. Работая с мультимедийными презентационными технологиями, он показывает умение представлять итоги своего труда с привлечением современных средств редактирования, выполнять требования, предъявляемые к уровню подготовки бакалавра, изложенные в Государственном образовательном стандарте.

Презентация позволяет членам аттестационной комиссии одновременно изучать выпускную квалификационную работу и контролировать выступление. Поэтому желательно сопровождать выступление презентацией с использованием 12-15 слайдов.

Основными принципами при составлении подобной презентации являются лаконичность, ясность, уместность, сдержанность, наглядность (подчеркивание ключевых моментов), запоминаемость (разумное использование ярких эффектов).

Необходимо начать компьютерную презентацию с заголовочного слайда и завершить итоговым. В заголовке приводится тема (название) и автор (Ф.И.О.). Сделайте нумерацию слайдов и напишите, сколько всего их в презентации (оглавление). В итоговом слайде уместно поблагодарить руководителя и всех, кто давал ценные консультации и рекомендации.

Основное требование — каждый слайд должен иметь заголовок, количество слов в слайде не должно превышать 40.

Для оформления профессиональной компьютерной презентации можно использовать дизайн шаблонов (Формат — Применить оформление). Не следует увлекаться яркими шаблонами, информация на слайде должна быть контрастна фону, а фон не должен затенять содержимое слайда, если яркость проецирующего оборудования будет недостаточной.

Не следует злоупотреблять эффектами анимации. Оптимальной настройкой эффектов анимации является появление в первую очередь заголовка слайда, а затем - текста по абзацам. При этом, если несколько слайдов имеют одинаковое название, заголовок слайда должен постоянно оставаться на экране. Динамическая анимация эффективна тогда, когда в процессе выступления происходит логическая трансформация существующей структуры в новую структуру, предлагаемую вами. Настройка анимации, при которой происходит появление текста по буквам или словам, может вызвать негативную реакцию со стороны членов комиссии, которые одновременно должны выполнять 3 различных дела: слушать выступление, бегло изучать текст работы и вникать в тонкости визуального преподнесения материала исследования. Ведь визуальное восприятие слайда презентации занимает от 2

до 5 секунд, в то время, как продолжительность некоторых видов анимации может превышать 20 секунд.

Для настройки временного режима презентации используется меню Показ слайдов - Режим настройки времени. Предварительно надо определить, сколько минут требуется на каждый слайд. Очень важно не торопиться при докладе и четко произносить слова. Презентация поможет вам провести доклад, но она не должна его заменить. Желательно подготовить к каждому слайду заметки по докладу (Вид - страницы заметок). Можно распечатать некоторые ключевые слайды в качестве раздаточного материала.

## 7. ПРОЦЕДУРА ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Защита выпускной квалификационной работы проводится на открытом заседании ГАК. Время защиты объявляется заранее. На защиту приглашаются научные руководители, рецензенты и все желающие.

Первое слово предоставляется студенту, время его выступления должно составлять 5- 10 минут. В своем докладе студент раскрывает актуальность выбранной темы, основную цель и обусловленные ею конкретные задачи. Научно-практическую значимость исследования студент подтверждает полученными результатами.

Затем секретарь ГАК оглашает отзыв руководителя и рецензию, после чего слово предоставляется студенту, который отвечает на замечания рецензента.

Наконец вопросы задают члены комиссии; дипломник на них отвечает. Вопросы членов комиссии и ответы студента фиксируются на специальных бланках, которые приобщаются затем к протоколу заседания комиссии.

Результаты защиты оцениваются по всей совокупности имеющихся данных, в том числе:

- по содержанию выпускной квалификационной работы;
- по оформлению пояснительной записки и графических листов;
- по докладу выпускника;
- по ответам выпускника на вопросы при защите;
- по характеристике выпускника руководителем работы;
- по рецензии на работу.

Результаты защиты выпускной квалификационной работы объявляются в тот же день после оформления протокола заседания ГАК.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть рекомендованы к публикации или внедрению. Студентов, зарекомендовавших себя с лучшей стороны в процессе обучения и получивших отличную оценку на защите, ГАК рекомендует к поступлению в магистратуру.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/ Учеб. пособие для вузов. - 4 изд. стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.:ил.

2. Луканин В.Н., Морозов К.А., Хачиян А.С. и др. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов: Учеб.; Под ред. Луканина В.Н. – М.: Высшая школа, 2005.-368 с.

3. Луканин В.Н., Алексеев И.В. и др. Двигатели внутреннего сгорания/ В 3 кн. Кн 2. Динамика и конструирование: учебник/ под.ред. В. Н. Луканин-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш.шк., 2005. – 400с.

4. Чайнов Н.Д., Иващенко Н.А., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л. Комбинированные двигателей внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов; Под ред. Н. Д. Чайнова.- М.: Машиностроение, 2008. – 496 с.

5.Шатров М.Г., Алексеев И.В., Богданов С.Н. и др.

Автомобильные двигатели: Курсовое проектирование: учеб. пособие для студентов учр. высш. проф.образования; Под ред М.Г.Шатрова -2-е изд.,испр. М.: Издательский центр «Академия», 2012-256с.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**Приложение А**

**Форма титульного листа пояснительной записки ВКР**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)»**

**/УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ/**

Кафедра «Автомобильные и тракторные двигатели»

# *ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ*

# *ЗАПИСКА*

## К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ:

_____

_____

_____

_____

Студент-дипломник _____ / Фамилия И.О. /

Руководитель выпускной работы _____ / Фамилия И.О. /

Нормоконтроль _____ / Фамилия И.О. /

Допускается к защите выпускной работы

Заведующий кафедрой _____ / Фамилия И.О. /

Москва 2013

**Приложение Б**

**Форма задания на выпускную работу**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)»**

**/УНИВЕРСИТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ/**

Кафедра «Автомобильные и тракторные двигатели»

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой_____2013г

Дата начала проектирования 2013г
Дата защиты работы 2013г

***ЗАДАНИЕ***

***на выпускную квалификационную работу***

Студенту_____группы_____

_____

_____

_____

Руководитель выпускной работы _/_____/

Задание получил _____/_____/

Москва 2013

**Приложение Б** (продолжение)

**Содержание и сроки выполнения графических листов выпускной работы**

| Номер листа | Содержание листа | Срок окончания | | Примечание |
|---|---|---|---|---|
| | | план | фактич | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Студент учебной группы _____/_____/

Руководитель выпускной работы _____ _____/

Дата защиты выпускной работы _____2013г

## Приложение В
## Пример аннотации

### Аннотация

«В выпускной работе в соответствии с заданием разработан бензиновый двигатель мощностью 295 кВт для легкового автомобиля среднего класса с разработкой впускного трубопровода.

Объем ВКР:

пояснительная записка содержит 120 стр.;

библиографий – 25;

графическая часть выполнена на 10 листах формата А1.

Выполнены мощностной, тепловой, динамический и прочностной расчеты. Спроектирован 8-ми цилиндровый V-образный бензиновый двигатель, оборудованный впускным трубопроводом с бесступенчатым изменением длины. Описаны механизмы и системы двигателя.

В специальной части выпускной работы представлен обзор путей, позволяющих повысить топливную экономичность и эффективную мощность двигателя, проведен анализ впускных систем применяемых на современных автомобилях, разработан сборочный чертеж впускного трубопровода с бесступенчатым изменением длины».

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г
## Пример технической характеристики проектируемого двигателя (ТХД)

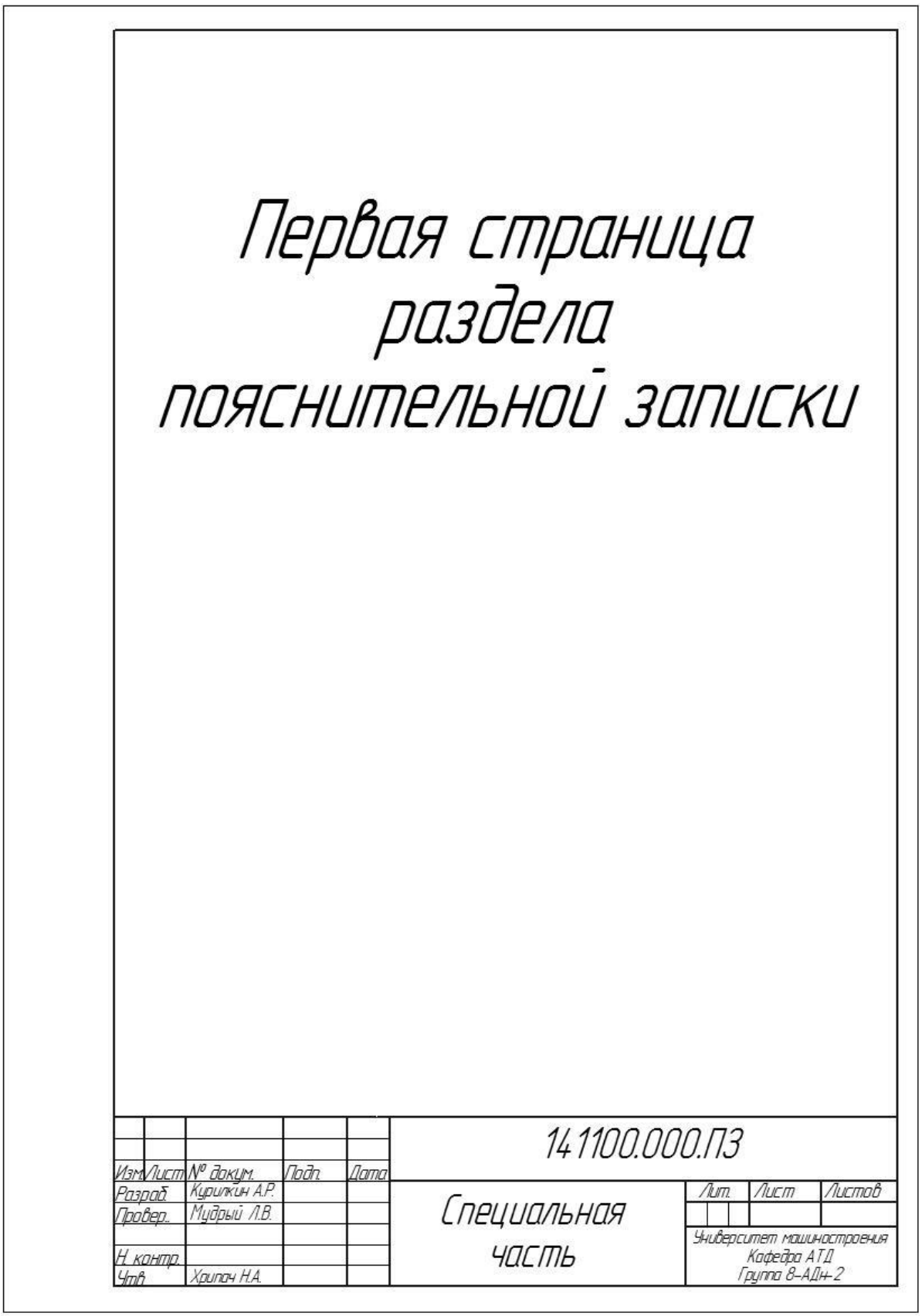
### Техническая характеристика проектируемого двигателя

| | |
|---|---|
| Используемое топливо | ДТ |
| Система топливоподачи и способ смесеобразования | НВ |
| Способ наполнения цилиндров | ТКР |
| Число цилиндров | 6 |
| Расположение цилиндров | V, развал $90^0$ |
| Порядок работы цилиндров | 1-4-2-5-3-6 |
| Рабочий объем цилиндров, л | 2,89 |
| Диаметр цилиндра, м | 0,093 |
| Ход поршня, м | 0,071 |
| Степень сжатия | 19 |
| Промежуточное охлаждение воздуха | ОНВ |
| Максимальное давление цикла (МПа) | 12,8 |
| Номинальная мощность, кВт (л.с.) | 145 (196) |
| Частота вращения вала при номинальной мощности, $мин^{-1}$ | 3800 |
| Литровая мощность, кВт/л | 50 |
| Максимальный крутящий момент Н*м (кгс*м) | 480 |
| Частота вращения коленчатого вала при максимальном моменте, $мин^{-1}$ | 1600 |
| Минимальная частота вращения вала на режиме холостого хода, $мин^{-1}$ | 800 ±50 |
| Минимальный удельный эффективный расход топлива по внешней скоростной характеристике г/(кВт-ч) | 220 |

**Приложение Д**

**Образец заполнения штампов пояснительной записки**

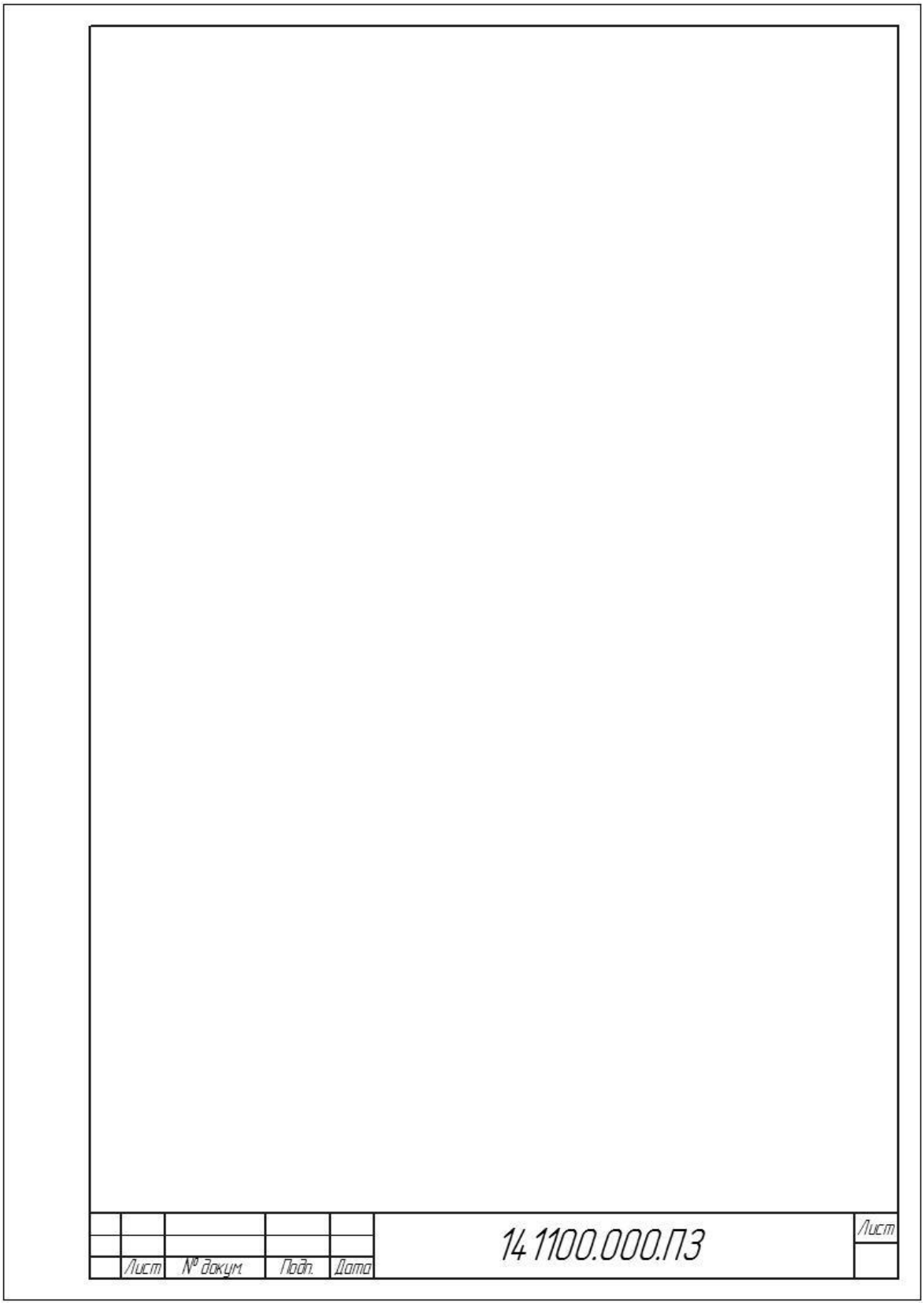
**(первый лист с большим штампом)**



**Приложение Д** (продолжение)

**Образец заполнения штампов пояснительной записки**

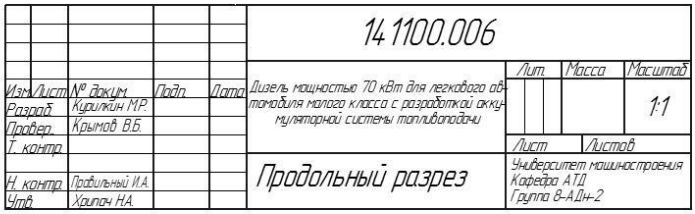
**(последующие листы с малым штампом)**



## Приложение Е

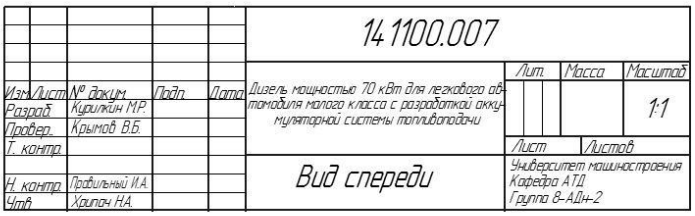
## Образец заполнения штампов графической части ВКР

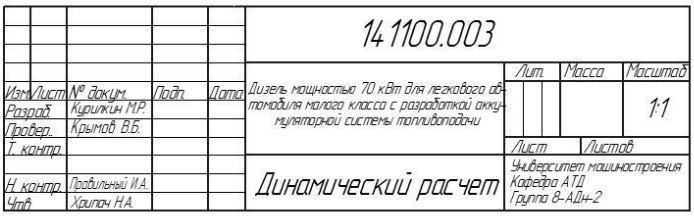


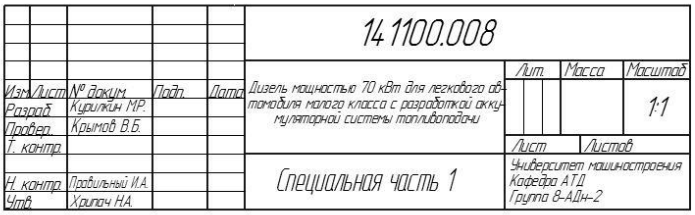







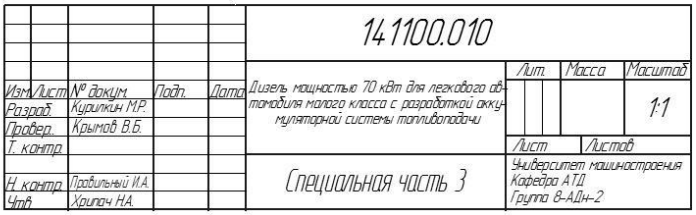




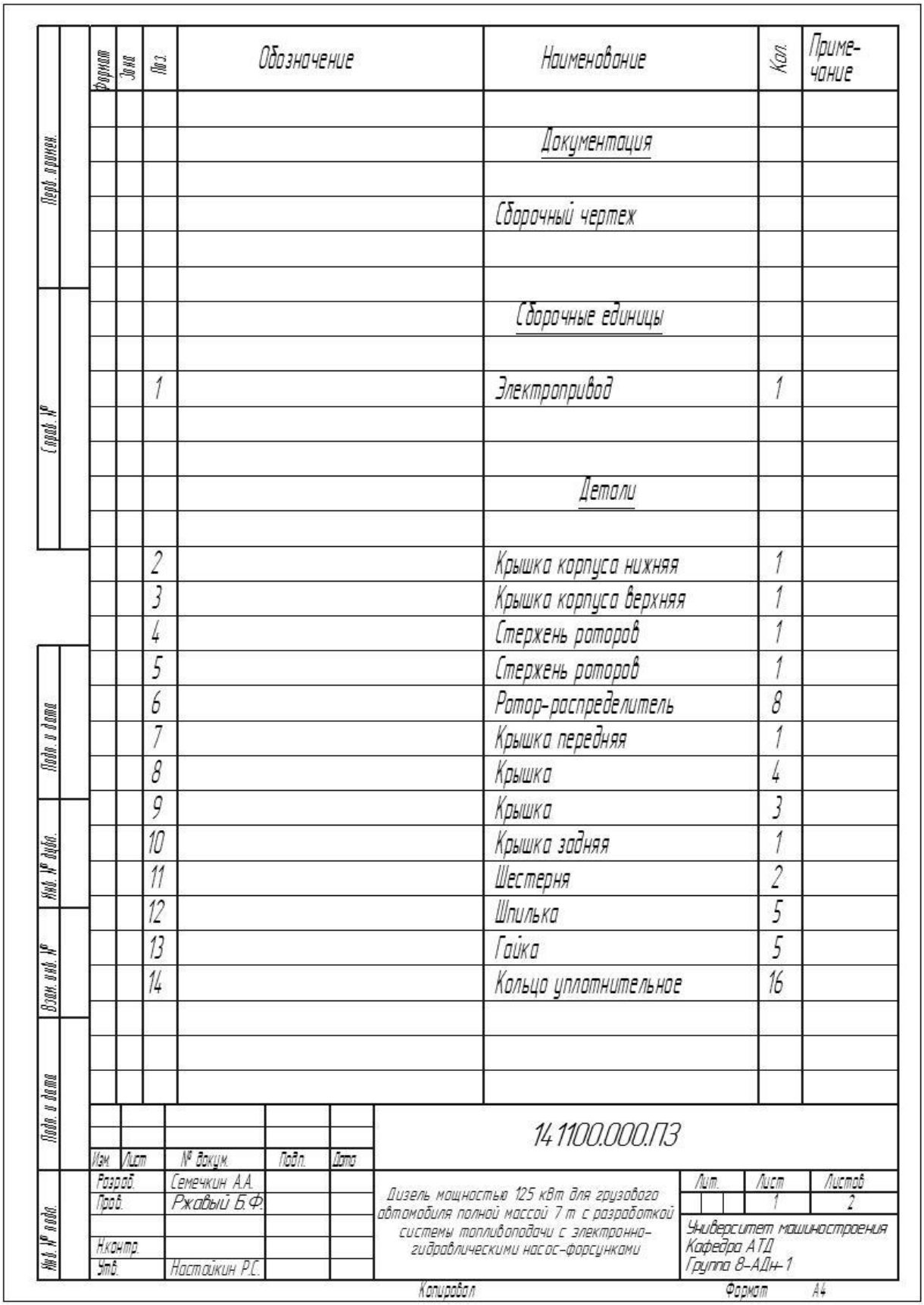




**Приложение Ж**

**Образец оформления спецификации к графической части**

**(первый лист с большим штампом)**



| Формат | Зона | Поз. | Обозначение | Наименование | Кол. | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | Документация | | |
| | | | | | | |
| | | | | Сборочный чертеж | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Сборочные единицы | | |
| | | | | | | |
| | | 1 | | Электропривод | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | Детали | | |
| | | | | | | |
| | | 2 | | Крышка корпуса нижняя | 1 | |
| | | 3 | | Крышка корпуса верхняя | 1 | |
| | | 4 | | Стержень роторов | 1 | |
| | | 5 | | Стержень роторов | 1 | |
| | | 6 | | Ротор-распределитель | 8 | |
| | | 7 | | Крышка передняя | 1 | |
| | | 8 | | Крышка | 4 | |
| | | 9 | | Крышка | 3 | |
| | | 10 | | Крышка задняя | 1 | |
| | | 11 | | Шестерня | 2 | |
| | | 12 | | Шпилька | 5 | |
| | | 13 | | Гайка | 5 | |
| | | 14 | | Кольцо уплотнительное | 16 | |

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

| Изм. | Лист | № докум. | Подп. | Дата |
|---|---|---|---|---|
| Разраб. | | Семечкин А.А. | | |
| Пров. | | Ржавый Б.Ф. | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утв. | | Настайкин Р.С. | | |

14.1100.000.ПЗ

Дизель мощностью 125 кВт для грузового автомобиля полной массой 7 т с разработкой системы топливоподачи с электронно-гидравлическими насос-форсунками

| Лит. | Лист | Листов |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |

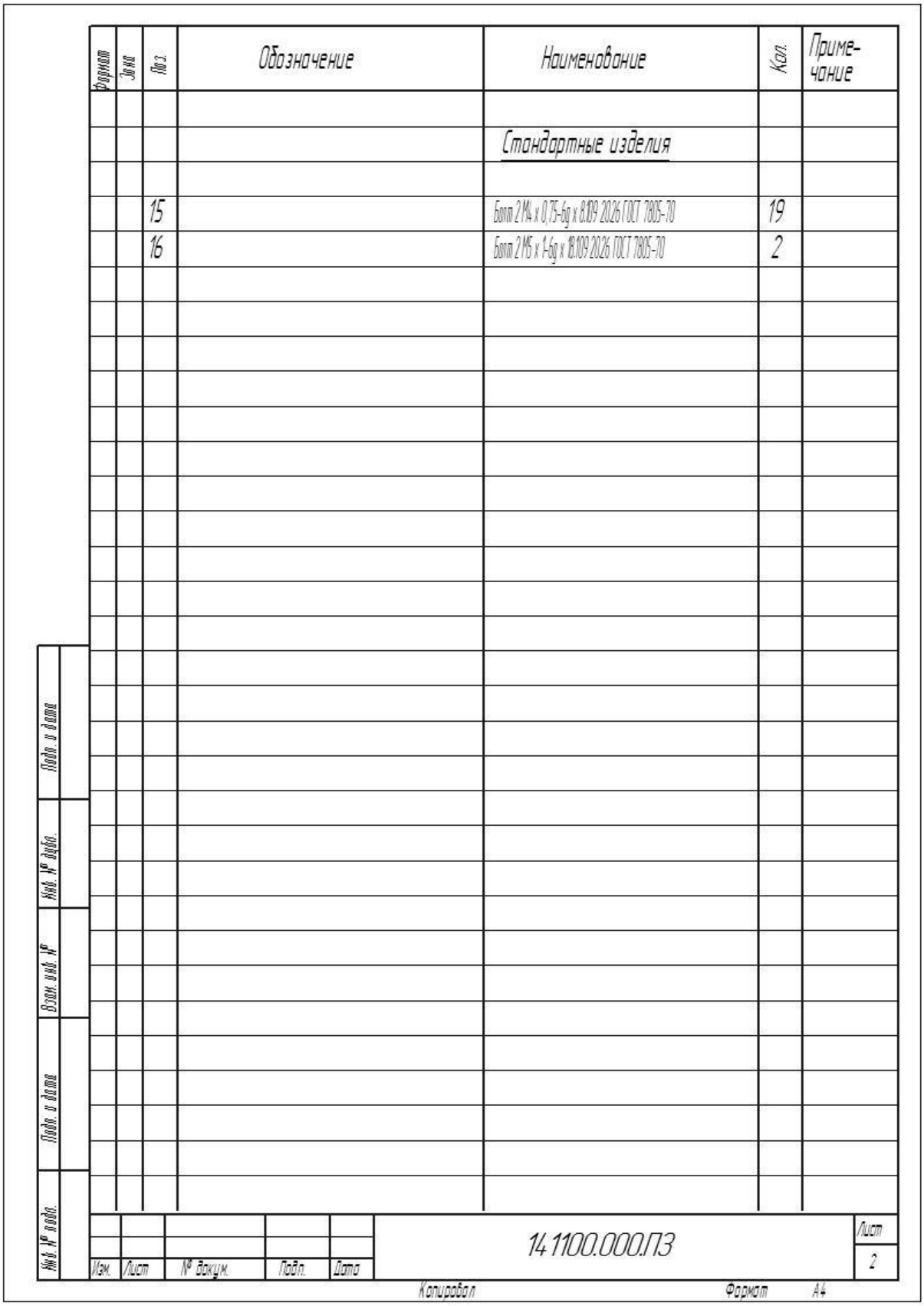
Университет машиностроения
Кафедра АТД
Группа 8-АДн-1

Копировал Формат А4

**Приложение Ж** (продолжение)

**Образец оформления спецификации к графической части**

**(последующие листы с малым штампом)**



## Приложение 3

## Перечень основных ГОСТов

## Единой системы конструкторской документации

### Основные положения

2.001-93 — ЕСКД. Общие положения

2.051-2006 — ЕСКД. Электронные документы. Общие положения

2.102-68 — ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов

2.104-68 — ЕСКД. Основные надписи

2.109-73 — ЕСКД. Основные требования к чертежам (взамен 2.107-68, 2.109-68)

2.105-95 – ЕСКД. Общие требования к тестовым документам

2.111-68 – ЕСКД. Нормоконтроль – цели и задачи, содержание

### Общие правила выполнения чертежей

2.301-68 — ЕСКД. Форматы

2.302-68 — ЕСКД. Масштабы

2.303-68 — ЕСКД. Линии

2.304-81 — ЕСКД. Шрифты чертежные

2.305-68 — ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения

2.307-68 — ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений

2.308-79— ЕСКД. Указания на чертежах допусков форм и расположения поверхностей

2.311-68 — ЕСКД. Изображение резьбы

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

2.313-82 — ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъемных соединений

2.315-68 — ЕСКД. Изображения упрощенные и условные крепежных деталей

2.316-68— ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц

2.318-81— ЕСКД. Правила упрощенного нанесения размеров отверстий

2.319-81— ЕСКД. Правила выполнения диаграмм

2.320-82— ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов

2.321-84— ЕСКД. Обозначения буквенные

**Правила выполнения чертежей отдельных деталей**

2.401-68 — ЕСКД. Правила выполнения чертежей пружин

2.402-68 — ЕСКД. Условные обозначения зубчатых колес, реек, червяков и звездочек цепных передач

2.403-75 — ЕСКД. Правила выполнения цилиндрических зубчатых колес

2.405-75 — ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых колес

2.409-74 — ЕСКД. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений

1) Все виды конструкторских документов, исключая чертежи деталей и спецификацию, имеют код по ГОСТ 2.102-68:

СБ — сборочный чертеж; ВО — чертеж общего вида;

МЧ — монтажный чертеж; ПЗ — пояснительная записка.

2) В графах «Технологический контроль» и «Нормоконтроль» указывать фамилию преподавателя, утвержденного приказом.

**Приложение И**

**Пример сводной таблицы двигателей аналогов**

| | ПРОИЗВОДИТЕЛЬ | Компоновка, число цилиндров и клапанов | Тип топлива | Округлённый рабочий объём двигателя, см3 | Диаметр цилиндров и ход поршня, мм | Степень сжатия | Система питания | Литровая мощность, кВт/л | Номинальная мощность кВт | Частота вращения при Nемах, мин-1 | Максимальный крутящий момент, Н-м | Частота вращения при Мкр max, мин-1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Citroen | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 34,4 | 55,0 | 4000,0 | 175,0 | 1750,0 |
| 3 | Citroen | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 215,0 | 1750,0 |
| 4 | Citroen | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,0 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 5 | Ford (EU) | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 204,0 | 1750,0 |
| 6 | Ford (EU) | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 215,0 | 1750,0 |
| 7 | Ford (EU) | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 260,0 | 1750,0 |
| 8 | Kia | P4-16 | Д | 1,5 | 75,0x84,5 | 17,8 | ДТО | 54,0 | 81,0 | 4000,0 | 216,0 | 2000,0 |
| 9 | Kia | P4-16 | Д | 1,5 | 75,0x84,5 | 17,8 | ДТО | 50,0 | 75,0 | 4000,0 | 235,0 | 2000,0 |
| 10 | Mazda | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 11 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 245,0 | 1750,0 |
| 12 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 260,0 | 1750,0 |
| 13 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 215,0 | 1750,0 |
| 14 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 15 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 41,3 | 66,0 | 4000,0 | 215,0 | 1750,0 |
| 16 | Peugeot | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 17,6 | ДТО | 50,0 | 80,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 17 | Volvo | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 50,6 | 81,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 18 | Volvo | P4-16 | Д | 1,6 | 75,0x88,3 | 18,3 | ДТО | 50,6 | 81,0 | 4000,0 | 240,0 | 1750,0 |
| 19 | Проект. двиг. | P4-16 | Д | 1,5 | 82,0x72,0 | 18,0 | ДТО | 47,0 | 70,0 | 4600,0 | 148,0 | 2500,0 |

Страница 1

*Учебное электронное издание*

**Костюков** Андрей Вениаминович, **Апелинский** Дмитрий Викторович

# ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

*Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»*

*Разработано с помощью программного обеспечения Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro*

*Издается в авторской редакции*

*Подписано к использованию 02.06.2023*
*Объем издания 748 Кб. Тираж 50. Заказ № 102 Издательство Московского Политеха*
*115280, Москва, Автозаводская, 16 www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ni; тел. (495) 276-33-67*