



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный
технический университет**

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

**В.В. Альферович
В.А. Бармин
А.В. Предко**

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пособие

**Минск
БНТУ
2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

В.В. Альферович

В.А. Бармин

А.В. Предко

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пособие для курсового проектирования
для студентов специальности 1-37 01 01
«Двигатели внутреннего сгорания»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по образованию в области транспорта
и транспортной деятельности*

Минск
БНТУ
2018

Рецензенты:

кафедра «Техническая эксплуатация воздушных судов и двигателей»
УО «Белорусская государственная академия авиации»;
ведущий инженер-конструктор ОАО УКХ
«Минский моторный завод» *В.И. Березун*

Альферович, В.В.

- А59** Конструирование и расчет двигателей : пособие для курсового проектирования для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / В.В. Альферович, В.А. Бармин, А.В. Предко. – Минск : БНТУ, 2018. – 49 с.
ISBN 978-985-550-791-9.

Издание включает сведения об этапах курсового проектирования, требованиях к оформлению расчетно-пояснительной записки и графической части проекта, содержании основных разделов записки, порядке допуска и проведения защиты курсового проекта.

Адресовано студентам дневного и заочного обучения специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания».

УДК 621.43.001.63(076.5)
ББК 31.365я7

ISBN 978-985-550-791-9

© Альферович В.В., Бармин В.А.,
Предко А.В., 2018
© Белорусский национальный
технический университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ (ОПРЕДЕЛЕНИЯ)	6
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	7
3. ЭТАПЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	9
4. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО- ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	10
4.1. Оформление расчетно-пояснительной записки	10
4.1.1. Общие требования	10
4.1.2. Построение расчетно-пояснительной записки.....	12
4.1.3. Изложение текста расчетно-пояснительной записки	16
4.1.4. Требования к оформлению математических формул.....	17
4.1.5. Требования к оформлению иллюстраций.....	20
4.1.6. Требования к оформлению таблиц.....	22
4.1.7. Требования к оформлению приложения.....	25
4.1.8. Требования к оформлению списка использованной литературы	26
4.2. Оформление графической части.....	28
5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА	31
5.1. Введение.....	31
5.2. Расчет рабочего цикла двигателя	31
5.3. Расчет динамики кривошипно-шатунного механизма	32
5.4. Расчет основных деталей и систем двигателя.....	33
5.4.1. Кривошипно-шатунный механизм	34
5.4.2. Газораспределительный механизм	35
5.4.3. Система смазывания	36

5.4.4. Система охлаждения.....	36
5.4.5. Система питания	36
5.4.6. Система пуска.....	37
5.5. Описание и анализ разрабатываемой системы или агрегата (узла) двигателя	37
5.6. Техническая характеристика двигателя.....	37
5.7. Заключение	38
5.8. Список использованной литературы.....	38
6. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	39
7. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ ПРОЕКТОВ.....	40
8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	41
<i>Приложение А. Образец оформления обложки курсового проекта.....</i>	<i>43</i>
<i>Приложение Б. Образец оформления титульного листа курсового проекта</i>	<i>44</i>
<i>Приложение В. Примеры заполнения основной надписи</i>	<i>45</i>
<i>Приложение Г. Пример оформления задания</i>	<i>47</i>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Представленные в данном пособии методические указания содержат сведения о единых требованиях к организации и проведению курсового проектирования, содержанию, оформлении и оценке курсовых проектов по дисциплине «Конструирование и расчет двигателей».

Адресовано студентам дневного и заочного отделений специальности «Двигатели внутреннего сгорания».

Особенности курсового проектирования и его контроля на уровне кафедры являются обязательными для профессорско-преподавательского состава кафедры и студентов.

1. КЛЮЧЕВЫЕ ПОНЯТИЯ (ОПРЕДЕЛЕНИЯ)

Курсовое проектирование – вид учебного процесса по изучаемой дисциплине, результатом которого является курсовой проект, предусмотренный учебным планом и выполняемый студентом самостоятельно под руководством преподавателя.

Курсовой проект – самостоятельная учебная работа, направленная на закрепление теоретического материала; выработку навыков самостоятельной творческой деятельности; решение физико-математических, технических и инженерно-экономических задач; приобретение исследовательских навыков; углубленное изучение вопроса, темы, раздела учебной дисциплины. Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка представляет собой текстовый конструкторский документ, содержащий технические расчеты и описание проектируемого ДВС, принцип его действия, обоснование принятых технических решений.

Технические расчеты – текстовый конструкторский документ, содержащий расчет параметров, характеристик объекта проектирования, а также взаимодействия его функциональных частей. Все расчеты и принимаемые решения по конструкции и материалам выполняются по соответствующим стандартам.

Графическая часть проекта – это совокупность конструкторской, технологической и другой документации, выполненной в виде чертежей, эскизов, схем, диаграмм и таблиц, обеспечивающих необходимую иллюстративность проектного решения. Чертежи объекта проектирования выполняются на отдельных листах, другие графические формы могут располагаться по ходу изложения в пояснительной записке.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основными задачами курсового проектирования являются:
выработка навыков творческого мышления и умения применять технико-экономически обоснованные решения инженерных задач, воспитание ответственности за качество принятых решений;

закрепление ранее полученных знаний;

формирование профессиональных навыков самостоятельной деятельности будущего специалиста;

применение современных расчетно-аналитических методов оценки, сравнения, выбора и обоснования предлагаемых проектных решений;

самостоятельное выполнение расчетов конструктивного характера с использованием современных информационных технологий;

оформление проектных материалов (четкое, ясное, технически грамотное и качественное изложение расчетно-пояснительной записки и оформление графического материала проекта);

развитие навыков работы со специальной и нормативной литературой, применения норм проектирования, методик расчетов типовых проектов, стандартов и других нормативных материалов.

Тематика курсовых проектов определяется и утверждается решением кафедры, ведущей курсовое проектирование, и должна быть ориентирована на решение актуальных производственных и научно-технических задач. Тематику курсовых проектов по специальным дисциплинам рекомендуется связывать с содержанием производственных практик студентов, госбюджетных и хоздоговорных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проводимых на кафедре, а также (по возможности) с тематикой дипломного проектирования.

В каждом задании по курсовому проекту должны быть элементы новизны. Не допускается шаблонность заданий, повторение одинаковых заданий.

Курсовой проект, как правило, должен выполняться на основе применения современных информационных технологий. Программы для выполнения соответствующих расчетов, а также доступ к компьютеру обеспечивает кафедра, ведущая курсовое проектирование. Ответственность за принятые в проекте решения, качество исполнения графической части и расчетно-пояснительной записки несет автор проекта – студент, о чем он извещается при выдаче задания.

Консультант курсового проектирования несет ответственность за организацию и обеспеченность процесса проектирования, полноту решения поставленных перед студентом задач, обеспечение контроля своевременности выполнения работы, соответствие принимаемых инженерных решений уровню развития отрасли.

Выпускающая кафедра должна обеспечивать преемственность курсового проектирования по специальным дисциплинам, взаимосвязь содержания различных курсовых проектов, выполняемых студентом в процессе обучения по данной специальности.

Деканат осуществляет систематический контроль за правильностью организации и процессом курсового проектирования. Ход и результаты курсового проектирования должны анализироваться и обсуждаться на кафедре не реже одного раза в месяц.

3. ЭТАПЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовое проектирование двигателя внутреннего сгорания должно состоять из четырех этапов.

На первом этапе проектирования изучаются и уточняются исходные данные проекта, подбирается необходимый материал, анализируются конструктивные особенности прототипа и условия эксплуатации проектируемого двигателя, производится обоснование выбора дополнительных исходных данных для проектирования.

На втором этапе проектирования выполняются тепловой и динамический расчеты двигателя. Тепловой расчет дает возможность определить основные размеры цилиндропоршневой группы двигателя (диаметр и ход поршня); выявляет основные мощностные и экономические показатели его работы. Динамический расчет определяет силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме, и характер их изменения.

Третий этап проектирования – компоновка двигателя, разработка механизмов, систем, узлов и деталей на основе конструктивных решений прототипа и с учетом новейших достижений в двигателестроении. При этом студент должен применить в проекте самостоятельные конструктивные решения одного-двух узлов или ответственных деталей.

Четвертый этап проектирования – заключительный. Основной его целью является проведение расчетов на прочность деталей кривошипно-шатунного механизма, газораспределительного механизма, а также расчетов систем смазывания, охлаждения, питания и пуска.

Курсовое проектирование завершается выполнением рабочего чертежа одной из деталей двигателя (по указанию консультанта).

В проектно-конструкторских работах должны быть учтены современные направления в развитии автотракторного двигателестроения, способствующие повышению надежности

и долговечности двигателя, снижению токсичности отработавших газов, расхода топлива и улучшению других технико-экономических показателей.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ И ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

4.1. Оформление расчетно-пояснительной записки

4.1.1. Общие требования

Расчетно-пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел, содержать принятые методы исследования, методики расчета, а также сами расчеты, описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы по ним, технико-экономическое сравнение вариантов. При необходимости расчеты должны сопровождаться иллюстрациями, графиками, эскизами, диаграммами, схемами и т. п.

При проведении расчетов деталей, узлов, агрегатов, систем или их составных частей (элементов) студент должен придерживаться следующей последовательности изложения материала в расчетно-пояснительной записке.

1. Привести расчетную схему (если она существует) в виде рисунка с указанием на ней геометрических размеров, действующих сил и моментов, эпюр напряжений и другой информации, поясняющей суть дальнейших расчетов.

2. Привести и обосновать выбор исходных данных, которые будут использоваться в расчетных формулах и не будут меняться в процессе расчетов в виде геометрических размеров, различных коэффициентов и расчетов коэффициентов, характеристик материалов и т. д.

3. Изложить методику расчета с приведением основных расчетных формул в общем виде с дальнейшей подстановкой в них числовых значений, причем изменяемые параметры расчета должны быть определены ранее, а затем подставлены в основные расчетные формулы.

4. Провести анализ полученных результатов и сделать соответствующие выводы как промежуточных расчетов, так и основных.

Общие требования к расчетно-пояснительной записке курсового проекта: четкость и логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов, краткость и ясность формулировок, исключаящих неоднозначность толкования.

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна включать следующие структурные элементы:

1. обложка (прил. А);
2. титульный лист (прил. Б);
3. задание по курсовому проектированию (прил. Г);
4. оглавление;
5. введение;
6. основная часть:

расчет рабочего цикла двигателя;

расчет динамики кривошипно-шатунного механизма;

расчет основных деталей и систем двигателя;

описание и анализ разрабатываемой системы или агрегата (узла) двигателя;

техническая характеристика спроектированного двигателя по ГОСТ14846-81;

7. заключение;

8. список использованной литературы;

9. приложения (при необходимости).

4.1.2. Построение расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительную записку выполняют с применением печатающих и графических устройств вывода ПЭВМ.

Текст располагают на одной стороне листа формата А4 с соблюдением размеров полей и интервалов, указанных в ГОСТ 2.105.

Разрешается исключать рамки и элементы оформления листов расчетно-пояснительной записки по ЕСКД. Расчетно-пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.004, 2.105, 2.106, 7.1.

При печати с помощью текстового редактора ПЭВМ используется гарнитура шрифта Times New Roman размером шрифта 13–14 пунктов с межстрочным интервалом, позволяющим разместить 40 ± 3 строки на странице.

Номера разделов, подразделов, пунктов и подпунктов следует выделять полужирным шрифтом. Заголовки разделов рекомендуется оформлять полужирным шрифтом размером 14–16 пунктов, а подразделов – полужирным шрифтом 13–14 пунктов.

Для акцентирования внимания на определенных элементах допускается использовать курсивное и полужирное начертание.

Абзацы в тексте начинают отступом, равным пяти знакам (при применении ПЭВМ).

Описки и графические неточности, обнаруженные в тексте расчетно-пояснительной записки, допускается исправлять подчисткой, закрашиванием белой краской и нанесением исправлений в том же месте. Не допускаются помарки, а также следы первоначального текста.

Титульный лист курсового проекта оформляется по форме согласно прил. Б. Титульный лист включается в общее количество страниц расчетно-пояснительной записки, но номер страницы не проставляется.

Задание на курсовой проект (далее – задание) согласно форме прил. Г утверждается заведующим выпускающей ка-

федрой. Задание подшивается в расчетно-пояснительную записку и представляется комиссии при защите курсового проекта. Лицевую и оборотную страницы задания не нумеруют, но включают в общее количество страниц расчетно-пояснительной записки.

Оглавление помещают сразу после задания на курсовой проект. Слово «**ОГЛАВЛЕНИЕ**» пишут прописными буквами. В оглавление включают заголовки всех частей расчетно-пояснительной записки, в том числе разделов, подразделов, приложений, спецификаций и т. п.

Расположение заголовков в оглавлении должно точно отражать последовательность и соподчиненность разделов и подразделов в тексте расчетно-пояснительной записки.

В оглавлении заголовки выравнивают, соподчиняя по разделам, подразделам и пунктам (если последние имеют заголовки), смещая вертикали вправо относительно друг друга на 2 знака.

В содержании каждый заголовок соединяют отточием с номером страницы, расположенном в столбце справа.

Перечень условных обозначений, символов и терминов с соответствующей расшифровкой приводится в порядке появления в тексте расчетно-пояснительной записки. Перегружать текст условными обозначениями и сокращениями не рекомендуется.

Введение помещают на отдельной странице. Слово «**ВВЕДЕНИЕ**» записывают прописными буквами по центру. Введение должно быть кратким и четким, не должно содержать общих мест и отступлений, непосредственно не связанных с разрабатываемой темой. Объем введения не должен превышать двух страниц.

Рекомендуется следующее содержание введения:

краткий анализ достижений в той области, которой посвящена тема курсового проекта;

цель курсового проектирования;

принципы, положенные в основу проектирования, научного исследования, поиска технического решения;

краткое изложение содержания разделов расчетно-пояснительной записки с обязательным указанием задач, решению которых они посвящены.

В основном тексте расчетно-пояснительной записки анализируют существующие решения, определяют пути достижения цели проектирования, составляют технические требования, на основании которых разрабатывают конкретные методики и технические решения задач, принимают конструктивно-технологические, экономические решения и т. п.

Запрещается переписывание общих сведений из учебников, учебных пособий, монографий, статей и других источников без соответствующей ссылки.

Заключение пишут на отдельной странице. Слово «**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**» записывают прописными буквами полужирным шрифтом по центру строки. В заключении необходимо перечислить основные результаты, характеризующие степень достижения целей курсового проекта и подытоживающие его содержание.

Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя слова «изучены», «исследованы», «сформулированы», «показано», «разработана», «предложена», «подготовлены», «изготовлена», «испытана» и т. п.

Текст перечислений должен быть кратким, ясным и содержать конкретные данные.

Объем заключения не должен занимать более полутора-двух страниц расчетно-пояснительной записки.

Список использованной литературы следует оформлять по ГОСТ 7.1. Слова «**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**» записывают прописными буквами полужирным шрифтом по центру строки.

Правила оформления приложений приводят в соответствии с ГОСТ 2.105.

Текст расчетно-пояснительной записки разделяют на логически связанные части – разделы (при необходимости и на подразделы, а подразделы – на пункты).

Разделы должны иметь порядковые номера, обозначаемые арабскими цифрами без точки в конце и записанные с абзацного отступа. Подразделы нумеруют в пределах раздела, к которому они относятся.

Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые нумеруются в пределах каждого пункта.

Если в расчетно-пояснительной записке выделены только разделы, то пункты нумеруют в пределах раздела.

Каждый раздел и подраздел должен иметь краткий и ясный заголовок. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки разделов записывают прописными буквами без точки в конце заголовка. Заголовки подразделов записывают строчными буквами, начиная с первой прописной. Заголовки не подчеркивают. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Если заголовки раздела или подраздела занимают несколько строк, то строки выравниваются по первой букве заголовка в соответствии с ГОСТ 2.105.

Каждый раздел расчетно-пояснительной записки рекомендуется начинать с новой страницы.

Между заголовком раздела (подраздела) и текстом оставляют разрыв в один интервал при компьютерном способе выполнения записки в соответствии с ГОСТ 2.105.

Между заголовками разделов и входящих в него подразделов допускается помещать небольшой вводный текст, предваряющий подраздел.

Перечень всех разделов и подразделов, включающий порядковые номера и заголовки, оформляют в виде оглавления – обязательного элемента расчетно-пояснительной записки.

Страницы расчетно-пояснительной записки нумеруют арабскими цифрами в правом верхнем углу. Титульный лист и лист задания включают в общую нумерацию, но номер страницы на них не ставят. В общую нумерацию страниц включают все приложения.

4.1.3. Изложение текста расчетно-пояснительной записки

Текст расчетно-пояснительной записки должен быть четко и логично изложен, не должен допускать различных толкований.

При изложении обязательных требований должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «не допускается», «запрещается». При изложении других положений рекомендуется использовать слова «допускают», «указывают», «применяют».

В тексте следует использовать научно-технические термины, обозначения и определения, установленные действующими стандартами, а при их отсутствии – принятые в научно-технической литературе.

Запрещается употреблять иностранные термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке.

Текст излагают с соблюдением правил орфографии и пунктуации. Следует обратить внимание на абзацы, перечисления, употребление чисел, символов и размерностей.

В тексте расчетно-пояснительной записки (кроме формул, таблиц и рисунков) следует писать словами:

математический знак минус («—») перед отрицательными значениями величин;

математические знаки $>$, $<$, $=$, а также знаки №, %, 0, $\sin$, $\cos$ и т. д. без числовых значений, например: «Приравнивая к нулю производную от функционала, находим уравнение...».

В тексте числа от одного до девяти без единиц измерений следует писать словами, свыше девяти – цифрами. Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей.

Перед числами с размерностями не рекомендуется ставить предлог «в» или знак тире «-».

Приводя наибольшее или наименьшее значение величин, следует использовать словосочетание «должно быть не более (не менее)...».

Числовые значения величин следует указывать с допустимой степенью точности.

Порядковые числительные пишут цифрами с наращением однобуквенного падежного окончания, если предпоследняя буква числительного гласная, и двухбуквенного окончания, если предпоследняя буква согласная (например: во 2-м разделе показано...; сопоставляя результаты 1-го и 2-го экспериментов...).

Количественные числительные до десяти пишут полностью: например, «на шести листах», «по результатам пяти экспериментов...». Количественные числительные после 10 обозначают цифрой без наращения: например, на 20 листах.

В расчетно-пояснительной записке следует применять единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417.

4.1.4. Требования к оформлению математических формул

Математические формулы должны быть вписаны отчетливо с точным размещением знаков, цифр и букв. Каждую букву в формулах и тексте необходимо записывать в точном соответствии с алфавитом. Для того чтобы в формулах различать символы сходного начертания, принято буквы латинского алфавита печатать курсивом, а русского и греческого – прямым шрифтом.

Во всей расчетно-пояснительной записке необходимо соблюдать следующие размеры в формулах: 3–4 мм для строчных и 6–8 мм для прописных букв и цифр. Все индексы и показатели степени должны быть в 1,5–2 раза меньше (размер шрифта 12–14 пт).

Знаки сложения, вычитания, корня, равенства и т. д. необходимо размещать так, чтобы их середина была расположена строго против горизонтальной черты дроби.

Все формулы, расположенные в отдельных строках, нумеруют. Одним номером отмечают также группу однотипных формул, размещенных на одной строке.

Формулы рекомендуется нумеровать в пределах раздела, к которому они относятся. Номер формулы должен состоять из порядкового номера раздела и отделенного от него точкой порядкового номера формулы, например: формула (2.7). Если в разделе одна формула, ее также нумеруют, например: формула (1.1).

Если в расчетно-пояснительной записке формул немного, то разрешается применять сквозную нумерацию.

Формулы, помещаемые в приложения, должны иметь отдельную нумерацию в пределах каждого приложения. Вначале указывают обозначение приложения, затем ставят точку и приводят порядковый номер формулы в данном приложении, например (Б.2).

Порядковый номер формулы записывают арабскими цифрами в круглых скобках у правого края строки.

При переносе части формулы с одной строки на другую номер располагают на последней строке.

Номер сложной формулы (в виде дроби) записывают так, чтобы середина номера располагалась на уровне черты дроби.

Ссылки в тексте расчетно-пояснительной записки на порядковый номер формулы следует приводить в круглых скобках с обязательным указанием слова «формула», «уравнение», «выражение», «равенство», «передаточная функция» и т. д., например: «Подставляя выражение (3.6) в уравнение (3.2), получаем...».

После формулы следует помещать перечень и расшифровку приведенных символов, которые не были пояснены ранее.

Перечень начинают со слова «где», которое приводят с новой строки с абзаца; после слова «где» двоеточие не ставят. В этой же строке помещают первый поясняющий символ. Символы необходимо отделять от расшифровок знаком тире, выравнивая перечень по символам. Каждую расшифровку заканчивают точкой с запятой. Размерность символа или коэффициента указывают в конце расшифровки и отделяют запятой. Например, сила инерции от возвратно-поступательно движущихся масс КШМ определяется из выражения

$$P_j = -m_j R \omega^2 (\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi), \quad (2.5)$$

где m_j – масса поступательно движущихся масс КШМ, кг;

R – радиус кривошипной окружности коленчатого вала, м;

ω – угловая скорость коленчатого вала, с^{-1} ;

λ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна;

φ – угол поворота кривошипа, рад.

Иногда расшифровку символов и числовых коэффициентов начинают со слова «здесь». В этом случае после формулы ставят точку, а слово «здесь» записывают с прописной буквы. Например:

$$P_j = -m_j R \omega^2 (\cos\varphi + \lambda \cos 2\varphi). \quad (2.5)$$

Здесь m_j – масса поступательно движущихся масс КШМ, кг;

R – радиус кривошипной окружности коленчатого вала, м;

ω – угловая скорость коленчатого вала, с^{-1} ;

λ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна;

φ – угол поворота кривошипа, рад.

Разрешается начинать расшифровку с обобщающих слов, после которых следует ставить двоеточие, а каждый поясняемый символ начинать с красной строки. Например:

«В формуле (2.5) обозначено:

m_j – масса поступательно движущихся масс КШМ» и т. д.

4.1.5. Требования к оформлению иллюстраций

Виды иллюстраций (чертежи, схемы, графики, фотографии) и их количество в расчетно-пояснительной записке определяет автор курсового проекта.

Каждая иллюстрация должна быть четкой, ясной по замыслу и связана с текстом, а также располагаться по возможности ближе к разъясняющей части.

Допускается располагать иллюстрации в конце расчетно-пояснительной записки в виде приложения.

Все иллюстрации, независимо от их вида и содержания, принято называть рисунками.

В расчетно-пояснительной записке рекомендуются размеры рисунков приблизительно 92×150 мм и 150×240 мм. Выбор конкретного размера зависит от количества изображаемых деталей, сложности связей между ними, необходимого количества надписей на рисунке.

Рисунок следует располагать после абзаца, в котором дана первая ссылка на него. Можно размещать на отдельном листе несколько рисунков. В таком случае помещать этот лист следует за страницей, где дана ссылка на последний из размещенных рисунков.

Иллюстрацию, помещенную в тексте между абзацами, располагают по центру и отделяют от текста и подрисуночной надписи одним интервалом.

Иллюстрация должна быть расположена таким образом, чтобы ее было удобно рассматривать без поворота расчетно-пояснительной записки или с поворотом на 90° по часовой стрелке.

Каждый рисунок сопровождают подрисуночной подписью. Подпись должна содержать слово «Рисунок» без сокращения и порядковый номер иллюстрации арабскими цифрами, например: «Рисунок 7» при сквозной нумерации или «Рисунок 2.7» при нумерации иллюстраций по разделам расчетно-пояснительной записки.

Подпись иллюстраций, расположенных в приложениях, должна содержать слово «Рисунок», буквенное обозначение приложения и порядковый номер иллюстрации в приложении, между которыми ставится точка: например, «Рисунок А.2». Если в приложении помещена одна иллюстрация, ее обозначают «Рисунок А.1».

Иллюстрациям рекомендуется давать наименования, которые записывают после номера через знак тире с прописной буквы. Точки после номера и наименования рисунка не ставят, например: «Рисунок 2.1 – Кинематическая схема двигателя». Подпись и наименование располагают, выровняв их по центру рисунка.

Допускается выносить в подрисуночную подпись расшифровку условных обозначений, частей и деталей иллюстрации. Все пояснительные данные помещают между рисунком и подрисуночной надписью.

Расшифровки пишут в подбор, отделяя их друг от друга точкой с запятой. Цифры, буквы, другие условные обозначения позиций в расшифровке приводят, отделяя от расшифровок знаками тире, например: «1 – вал; 2 – подшипник; или *a* – корпус; *b* – ...». Длина строк с пояснениями не должна выходить за границы рисунка. Стандартные буквенные позиционные обозначения, приведенные на рисунке, не расшифровывают.

Если обозначения, приведенные на иллюстрации, разъясняются в тексте расчетно-пояснительной записки, то расшифровки в подрисуночных подписях не допускаются.

Не разрешается часть деталей иллюстрации пояснять в тексте, а другую расшифровывать в подрисуночной подписи.

Все подрисуночные подписи в расчетно-пояснительной записке следует выполнять единообразно.

В тексте расчетно-пояснительной записки должны быть даны ссылки на все иллюстрации без исключения.

В ссылках рекомендуется использовать обороты «в соответствии с рисунком 2», «на рисунке 5.1 изображены...» и т. п.

Рисунок, как правило, выполняется на одной странице. Если рисунок не помещается на одной странице, то допускается перенос части его на другие страницы. В этом случае в подрисуночных надписях ко второй, третьей и т. д. частям изображения повторяют подпись «Рисунок» и номер иллюстрации, сопровождая словами «лист 2», «лист 3» и т. д.

Во всей расчетно-пояснительной записке следует соблюдать единообразие в исполнении иллюстраций, оформлении подрисуночных подписей, всех надписей, размерных и выносных линий, использовании условных обозначений.

Иллюстрации следует выполнять с помощью компьютерной техники, шариковой ручкой с темной (черной) пастой или карандашом средней твердости при помощи чертежных инструментов. При выполнении иллюстраций разрешается использовать либо только карандаш, либо только шариковую ручку с пастой одного цвета по всей расчетно-пояснительной записке.

4.1.6. Требования к оформлению таблиц

Таблицы применяют для того, чтобы упростить изложение текста, содержащего достаточно большой по объему фактический материал, придать этому материалу более компактную, удобную форму для анализа и расчетов, чтобы повысить обоснованность и достоверность принимаемых решений.

В виде таблицы обычно оформляют:

- сведения справочного характера;
- значения функций, используемые при расчетах;
- данные экспериментальных исследований функциональных элементов и устройств;
- результаты математического моделирования.

Таблицу в зависимости от ее размера рекомендуется помещать непосредственно после абзаца, в котором на нее впервые была дана ссылка, либо на следующей странице. При необхо-

димое допускается оформление таблицы в виде приложения к расчетно-пояснительной записке.

Все таблицы в тексте должны быть пронумерованы арабскими цифрами и иметь текстовый заголовок, причем слово «Таблица» не сокращают. Номер таблицы и заголовок разделяют знаком тире. Слово «Таблица» начинают писать на уровне левой границы таблицы.

Таблицы рекомендуется нумеровать в соответствии с принятой системой нумерации формул и рисунков, например: «Таблица 2» при сквозной нумерации или «Таблица 1.2» при нумерации по разделам расчетно-пояснительной записки.

Таблицы в каждом приложении снабжают отдельной нумерацией с обязательным указанием обозначения приложения: например, «Таблица Б.2».

Заголовок должен быть кратким и точно отражать содержание таблицы. Строки с заголовком не должны выходить за правую и левую границы таблицы. Таблицу вместе с заголовком отделяют от предыдущего и последующего текста одним интервалом. Заголовок и саму таблицу интервалом не разделяют.

Таблицы оформляют в соответствии с рис. 4.1.

Таблицы рекомендуется ограничивать линиями слева, справа и снизу. Если в конце страницы таблица не заканчивается, то горизонтальную ограничивающую черту не проводят.

При продолжении таблицы головку следует заменять нумерацией граф. В этом случае нумерацию помещают и в первой части таблицы после головки.

Последующие части таблицы после слов «Продолжение таблицы...» с указанием только ее номера начинают со строки с нумерацией граф.

Таблица _____ – _____

	номер	наименование таблицы				
Головка						Заголовки граф
						Подзаголовки граф
						Строки
	Боковик	Графы				

для заголовков)

Рис. 4.1. Пример структуры таблицы

Заголовки граф рекомендуется записывать параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф.

Заголовки граф и строки боковика таблицы следует писать с прописной буквы, подзаголовки – со строчной (если только они не имеют самостоятельного значения).

Все заголовки, названия и подзаголовки указывают в именительном падеже единственного числа, кроме случаев, когда в словосочетании существительное в данном значении в единственном числе не употребляется: например, «Технические условия».

Слова в таблице следует писать полностью без сокращений, за исключением отдельных понятий, которые можно заменять буквенными обозначениями, установленными стандартом ГОСТ 2.321 или другими принятыми обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях. Точка в конце заголовка не ставится.

Запрещается размещать в ячейке головки два заголовка, разделенные косой линией, один из которых относится к боковнику, а второй объединяет заголовки всех граф.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. При необходимости нумерации показателей порядковые номера указывают в первой графе через пробел.

В графе или строке боковика единицы измерения показателя приводят, отделяя запятой.

Допускается включать в таблицу графу «Обозначение единицы физической величины», если большая часть наименований в боковике сопровождаются размерностями.

Если необходимы небольшие по объему пояснения к большей части строк таблицы, то такие пояснения оформляют отдельной графой «Примечание».

Таблицу с небольшим количеством граф допускается делить на части и помещать их рядом на одной странице, разделяя двойной линией или линией удвоенной толщины, при этом головку таблицы повторяют в каждой части.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать краткие пояснения, относящиеся к таблице в целом, а при необходимости и к ее отдельным частям. В пояснениях должны быть сформулированы основные выводы, к которым приводят данные таблицы, или обращается внимание на самое характерное или важное в ней.

При наличии в курсовом проекте небольшого по объему цифрового материала его нецелесообразно оформлять в виде таблицы, а следует давать текстом, располагая данные в виде колонок.

4.1.7. Требования к оформлению приложения

В приложения расчетно-пояснительной записки рекомендуется выносить информацию, имеющую справочное или второстепенное значение, но необходимую для более полного освещения темы курсового проекта, или помещать отдельные материалы (распечатки программ и т. п.) для удобства работы с текстом расчетно-пояснительной записки.

Приложениями могут быть математические формулы, номограммы, вспомогательные вычисления и расчеты, описания алгоритмов и программ, технические характеристики различных устройств, спецификации, схемы, рисунки и т. п. Допус-

кается использовать в качестве приложений конструкторские документы.

Все приложения включают в общую нумерацию страниц.

В тексте расчетно-пояснительной записки на все приложения должны быть ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, за исключением букв Е, З, Й, О, Ч, Ъ, Ы, Ь. Если в расчетно-пояснительной записке одно приложение, оно также должно быть обозначено: ПРИЛОЖЕНИЕ А.

Каждое приложение начинают с новой страницы. Вверху по центру страницы пишут слово ПРИЛОЖЕНИЕ прописными буквами и его буквенное обозначение. Еще ниже по центру размещают заголовок, который записывают с прописной буквы.

4.1.8. Требования к оформлению списка использованной литературы

Ссылки на литературу, нормативно-техническую и другую документацию, иные источники, использованные при работе над курсовым проектом, помещают в конце расчетно-пояснительной записки перед приложениями в виде списка использованной литературы.

В тексте расчетно-пояснительной записки все ссылки на анализируемые опубликованные сведения, заимствованные положения, формулы, таблицы, иллюстрации, методики записывают арабскими цифрами в квадратных скобках в возрастающем порядке.

В списке использованной литературы позиции располагают и нумеруют в той последовательности, в которой расположены и пронумерованы ссылки в тексте расчетно-пояснительной записки.

Без ссылок в тексте расчетно-пояснительной записки разрешается использовать сведения, полученные на учебных занятиях.

Библиографические описания должны быть выполнены в соответствии с правилами, установленными стандартом ГОСТ 7.1.

Пример указания книги с одним автором:

Спиридонов, Н.В. Формирование износо-коррозионно-стойких поверхностных слоев концентрированными потоками энергии / Спиридонов Н.В. – Минск : БНТУ, 2012. – 182 с.

Пример указания книги с количеством авторов до трех включительно: Калицкий, Э.М. Разработка средств контроля учебной деятельности : методические рекомендации / Э.М. Калицкий, М.В. Ильин, Н.Н. Сикорская. – Минск : РИПО, 2013. – 49 с.

Пример указания книги с количеством авторов, большим трех:

Повышение экологической безопасности процессов плавки и рафинирования алюминиевых сплавов / С.П. Задруцкий [и др.]. – Минск : БНТУ, 2012. – 230 с.

Пример указания книги на иностранном языке:

Embedded Microcontrollers : Databook / Intel Corporation. – Santa Clara, Ca, 1994. – 162 p.

Пример указания многотомного издания:

Ковка и объемная штамповка стали : справочник. В 2 т. / В.Н. Ярмолик [и др.]. – Минск : БГУИР, 2001.

Пример указания одного из томов многотомного издания:

Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем : справочник. В 2 т. / под ред. В.А. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1988. – Т. 1. – 368 с.

Пример указания статьи в периодическом издании:

Хрусталеv, Б.М. Изобретатель и организатор / Б.М. Хрусталеv // Изобретатель. – 2012. – № 5–6. – С. 19 – 20.

Пример указания статьи в сборнике:

Янковский, А.П. Численно-аналитическое моделирование линейного термо-влаго-вязкоупругого поведения просадочных и набухающих грунтов, армированных пространственной георешеткой / А.П. Янковский // Теоретическая и прикладная механика. Выпуск 28: международный научно-

технический сборник / под ред. А.В. Чигарева; БНТУ. – Минск, 2013. – С. 31–37.

Пример указания адреса [www](http://www.plis.ru/) в сети Internet:

Xilinx [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.plis.ru/>.

Пример указания файла:

MobileIntel® Pentium® Processor–М [Электронный ресурс] : Datasheet / IntelCorporation. – Электронные данные. – Режим доступа : 25068604.pdf.

Пример указания компакт-диска:

Nokia+Компьютер [Электронный ресурс] : инструкции, программы, драйверы, игры, мелодии, картинки для Nokia. – М., 2004. – 1 компакт–диск (CD–R).

4.2. Оформление графической части

Графическая часть курсового проекта выполняется и оформляется или только с использованием графических устройств вывода ПЭВМ, или только рукописным способом на листах чертежной бумаги формата А1.

При ручном способе любой вид графического изображения (чертеж, схема, диаграмма, график и т. д.) должен выполняться чертежными инструментами (циркулем, лекалом, линейкой и т. п.) черной тушью либо простым конструкторским карандашом средней твердости. Причем все линии изображений, все надписи должны иметь одинаковую интенсивность по цвету.

Графический материал одного вида, для выполнения которого необходим формат, превышающий формат А1, допускается размещать на нескольких листах формата А1.

Для графических материалов, имеющих самостоятельный характер и требующих меньшего формата, чем А1, разрешается выбирать форматы А2, А3, А4 и размещать на общем листе формата А1.

Графический материал одного вида должен иметь рамку и основную надпись. Его форматы, масштабы и правила выполнения должны соответствовать требованиям ЕСКД. На чертежах и схемах должны быть представлены все необходимые данные для однозначной передачи информации.

Данные об элементах и устройствах должны быть указаны в перечнях, которые оформляются в виде отдельных документов спецификации и помещаются в расчетно-пояснительную записку в приложение.

Элементы, устройства, составные части технической системы на схемах изображаются в виде условных графических обозначений, установленных государственными стандартами ЕСКД, а их наименования и номера позиций должны соответствовать буквенным или буквенно-цифровым обозначениям по ГОСТ 2.701.

Формат листа и его расположение выбирают в зависимости от вида графического материала, его объема, сложности и необходимости обеспечить на всех листах графической части курсового проекта единообразие выполнения условных графических и позиционных обозначений, линий связи и стрелок. Формат А4 используют, как правило, для оформления текстовых документов (например, ведомости документов, спецификаций и др.).

Рамки наносят сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от границы формата сверху, справа и снизу. Слева оставляют поле шириной 20 мм.

На листах форматов А1, А2 и А3 основную надпись располагают в правом нижнем углу конструкторских документов; на листах формата А4 — только вдоль короткой стороны листа.

На документах, выполняемых в соответствии с ГОСТ 2.605 «ЕСКД. Плакаты учебно-технические. Общие технические требования», основная надпись помещается на оборотной стороне документа в левом нижнем углу.

Разновидности основной надписи для графических документов приведены в прил. В.

Графический материал для курсовых проектов выполняется в виде плакатов по ГОСТ 2.605. На плакаты могут выноситься математические формулы, таблицы и все виды иллюстраций (чертежи, схемы, графики, фотографии и т. д.). Плакатам присваивается двухбуквенный код ПЛ, и они выполняются в соответствии с требованиями к графическим материалам, изложенными выше в данном пособии.

Каждый плакат должен иметь название. Названия всех плакатов выполняются единообразно, т.е. высота букв, тип шрифта, толщина линий и контрастность на всех плакатах должны быть одинаковыми.

При выполнении плакатов с помощью графических устройств вывода ПЭВМ основные надписи и их заполнение выполняются только на ПЭВМ. Допускается выполнять основные надписи в виде отдельного документа соответствующего размера и аккуратно наклеивать на оборотной стороне плаката. При этом все надписи и заполнение граф углового штампа выполняются только с помощью принтера.

При осуществлении чертежных работ с помощью графических устройств вывода ПЭВМ допускается выполнение чертежей, схем и плакатов в цвете по согласованию с консультантом от выпускающей кафедры.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

5.1. Введение

Во введении отражаются мероприятия, направленные на развитие двигателестроения и тех отраслей народного хозяйства, для которых проектируется двигатель. Описывается ожидаемый экономический эффект от внедрения разрабатываемого двигателя или типажа аналогичных двигателей: повышение производительности труда, снижение затрат на производство и эксплуатацию, улучшение условий труда и т. п.

Кратко формулируется основная цель проектирования нового двигателя.

5.2. Расчет рабочего цикла двигателя

Расчет начинают с выбора следующих исходных данных:

температуры окружающей среды – T, K ;

подогрева смеси от стенок – $\Delta T, K$;

давления остаточных газов – P_g, MPa ;

температуры остаточных газов – T_g, K ;

коэффициента использования теплоты – ξ ;

коэффициента полноты диаграммы – φ_n ;

вида топлива (бензин или дизельное топливо);

элементарного состава топлива по массе;

молекулярной массы топлива – m_r ;

низшей теплоты сгорания топлива – $H_u, kДж/кг$;

степени повышения давления – k ;

показателей политроп сжатия p_1 и расширения p_2 .

В ходе расчета определяют следующие параметры:

термодинамические параметры рабочего тела (давление и температуру) процессов наполнения, сжатия, сгорания, расширения и выпуска;

показатели, характеризующие действительный рабочий цикл и двигатель в целом;

основные размеры двигателя (диаметр цилиндра, ход поршня); вспомогательные величины для построения индикаторной диаграммы.

При выполнении расчета рабочего цикла необходимо обращать внимание на его точность, так как ошибка в подсчете одной величины влечет за собой ошибку в результатах всего расчета. В связи с этим рекомендуется основные показатели теплового расчета проектируемого двигателя сопоставлять с аналогичными показателями существующих прогрессивных моделей двигателей аналогичного класса.

5.3. Расчет динамики кривошипно-шатунного механизма

В кривошипно-шатунном механизме при работе двигателя возникают силы, которые создают напряжения в основных деталях и являются причиной их изнашивания или даже разрушения. Величина этих сил и характер их изменения могут быть определены на основании динамического исследования кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

Динамическое исследование КШМ выполняется для режима максимальной мощности двигателя в диапазоне угла поворота коленчатого вала (ПКВ), соответствующего длительности одного рабочего цикла (от 0 до 720 град. ПКВ для четырехтактных и от 0 до 360 град. ПКВ для двухтактных двигателей).

Определение величин сил производится аналитическим или графическим методами через угловые интервалы в 30 град. ПКВ, а в местах резкого изменения величин нагрузки (360–400 град.) – через 10 град. ПКВ.

Последовательность проведения динамического расчета следующая:

определение или выбор из статистических данных величины безразмерного геометрического параметра КШМ ($\lambda = R / L$);

определение по индикаторной диаграмме сил давления газов на поршень P_r и построение диаграммы $P_r = f(\text{град. ПКВ})$;

вычисление или выбор из статистических данных величин масс движущихся деталей КШМ m_j и m_r ;

вычисление силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс P_j и центробежной силы инерции вращающейся части массы шатуна $K_{гш}$. Построение диаграммы $P_j = f$ (град. ПКВ);

вычисление суммарной силы P_{Σ} , действующей на поршневой палец по направлению оси цилиндра. Построение диаграммы $P_{\Sigma} = f$ (град. ПКВ);

вычисление тангенциальной силы T , действующей на шатунную шейку кривошипа. Построение диаграммы $T = f$ (град. ПКВ);

вычисление нормальной силы K , действующей на шатунную шейку кривошипа. Построение диаграммы $K = f$ (град. ПКВ);

построение диаграммы суммарного индикаторного крутящего момента многоцилиндрового двигателя $\Sigma M_{кр} = f$ (град. ПКВ) и определение по нему среднего суммарного индикаторного момента двигателя $(\Sigma M_{кр})_{ср}$. Вычисление среднего эффективного крутящего момента двигателя;

построение полярной диаграммы результирующих сил, действующих на шатунную шейку кривошипа.

По полученному среднему индикаторному моменту производится проверка правильности выполнения расчета. Для этого по среднему значению крутящего момента определяется мощность двигателя, которая сравнивается с заданной. Допустимые отклонения не должны превышать 5 %.

5.4. Расчет основных деталей и систем двигателя

В данном разделе проекта производится проверка выбранных размеров деталей путем расчета их на прочность. Расчет начинается с определения условий работы двигателя: величины, характера и места приложения нагрузки, материала дета-

ли, технологии изготовления, термообработки. Для каждой детали вычерчивается расчетная схема с нанесением основных приложенных нагрузок.

Полученные результаты расчетов необходимо сравнивать с допустимыми величинами. На основании такого сравнения делается вывод о надежности и долговечности спроектированной детали.

Расчету подлежат детали кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, систем питания (охлаждения, пуска и смазочной).

5.4.1. Кривошипно-шатунный механизм

Цилиндры. При расчете цилиндров и гильз цилиндров определяются напряжение на растяжение по образующей и температурное напряжение. Для конструкции с несущими цилиндрами определяют напряжение на растяжение по кольцевому сечению и напряжение на изгиб от нормальной силы.

Поршень. Плоское днище рассчитывается на изгиб; головка проверяется на растяжение и сжатие по канавке маслоъемного кольца; юбка проверяется на удельное давление от нормальной максимальной силы, первая межкольцевая перемычка – на изгиб и срез у ее основания. Производится расчет зазоров в соединениях.

Поршневые кольца. Определяются напряжение изгиба в рабочем состоянии и при надевании кольца на поршень. Строится эпюра давлений на стенки цилиндра. Производится расчет зазоров в соединениях.

Поршневой палец. Определяется удельное давление в бобышках и верхней головке шатуна; проверяется палец на напряжение изгиба, среза и овализации. Производится расчет зазоров в соединениях.

Шатун. Рассчитываются запасы прочности в поршневой головке, стержне, кривошипной головке и шатунных болтах.

Коленчатый вал. Определяются запасы прочности коренной шейки, шатунной шейки и щеки. При этом ведется расчет одного кривошипа, т. е. коленчатый вал рассматривается как разрезная балка.

Для определения максимальных и минимальных значений крутящих моментов за цикл строятся диаграммы набегающих моментов на коренные и шатунные шейки вала.

5.4.2. Газораспределительный механизм

Расчет механизма газораспределения начинается с определения основных параметров: диаметра горловины и проходного сечения клапана, максимального значения подъема клапана, фаз газораспределения, построения профиля кулачка, расчета «время – сечение» клапана, определения средней скорости газа в проходном сечении клапана.

На основании статистических данных определяются массы движущихся деталей механизма и выполняется их приведение к клапану и толкателю. Определяются силы, действующие в клапанном механизме: силы давления газов, силы инерции движущихся масс и силы упругости пружины. Строится характеристика пружины.

Производится расчет на прочность основных деталей: распределительного вала, клапанных пружин, штанг, коромысел, толкателей.

Для клапанных пружин определяются запас прочности, основные размеры ($D_{пр}$, d , i_p , t) и частота свободных колебаний.

Распределительный вал рассчитывается на максимальный прогиб и величину контактного напряжения на поверхности кулачка.

Штанги рассчитываются на устойчивость от продольного изгиба, а наконечники проверяются на величину контактных напряжений.

При расчете толкателей проверяется боковая поверхность на удельную нагрузку от боковых сил.

Расчет коромысла. Сферическая поверхность регулировочного болта и цилиндрическая поверхность бойка проверяются на контактное напряжение; втулки рассчитываются на удельную нагрузку, ось коромысла на напряжение среза и изгиба.

5.4.3. Система смазывания

В смазочной системе расчету подлежат количество масла, циркулирующего в системе и емкости системы; подшипники скольжения; масляный насос; масляный радиатор.

5.4.4. Система охлаждения

Рассчитывается: количество теплоты, отводимой в систему охлаждения от двигателя, параметры жидкостного насоса, жидкостного радиатора, вентилятора. Определяется емкость системы жидкостного охлаждения. Для двигателей воздушного охлаждения рассчитываются обребование головки цилиндров, напор вентилятора.

5.4.5. Система питания

Бензиновый двигатель. Рассчитываются основные размеры карбюратора или форсунки и аккумулятора для двигателей с впрыском легкого топлива.

Дизельный двигатель. Рассчитывается цикловая подача топливного насоса; определяется объем его секции. По цикловой подаче устанавливается диаметр и ход плунжера. По данным расчета подбирается необходимый топливный насос.

Определяются количество и диаметр сопловых отверстий форсунки; подсчитывается площадь всех сопловых отверстий. По полученным данным подбирается необходимый тип и размер форсунки.

5.4.6. Система пуска

Производится расчет мощности пускового устройства. Подбирается его тип и марка (пусковой двигатель или электростартер).

5.5. Описание и анализ разрабатываемой системы или агрегата (узла) двигателя

В этом разделе пояснительной записки приводятся описание и особенности конструкции проектируемой системы или агрегата двигателя, дается анализ перспективности данного технического решения.

5.6. Техническая характеристика двигателя

Описывается техническая характеристика спроектированного двигателя в соответствии с ГОСТ-14846-81. Выполняется сравнительный анализ основных показателей спроектированного двигателя и прототипа.

Примерный образец технической характеристики двигателя:

1. тип двигателя (тактность, дизельный или карбюраторный);
2. способ смесеобразования;
3. число и расположение цилиндров;
4. порядок работы цилиндров;
5. диаметр цилиндра, мм;
6. ход поршня, мм;
7. рабочий объем, л;
8. степень сжатия;
9. максимальная мощность, кВт;
10. частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин^{-1} ;
11. максимальный крутящий момент, Н*м ;

12. частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин^{-1} ;
13. минимальный удельный расход топлива, $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$;
14. зазоры в клапанах, мм;
15. фазы газораспределения, град;
16. сухая масса двигателя, кг;
17. технический ресурс до первого капитального ремонта, часов (км пробега);
18. основные запорочные емкости, л: а) смазочная система; б) система питания; в) система охлаждения.

Примечание. Массу двигателя принимают по данным прототипа.

5.7. Заключение

В этом разделе приводится сравнение спроектированного двигателя с аналогичными конструкциями данного класса. Отмечаются нововведения, сделанные в конструкции двигателя, указываются возможности его модернизации и форсирования. Указывается, что по результатам расчетов достигнута требуемая прочность и долговечность деталей двигателя при назначенных размерах и материалах деталей.

5.8. Список использованной литературы

Список литературы, использованный в процессе проектирования, составляется в алфавитном порядке по фамилии авторов. Все данные о литературном источнике приводятся с необходимой полнотой для возможности отыскания его в библиотеках.

6. ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполненный курсовой проект допускается к защите решением консультанта, о чем он делает соответствующую надпись на обложке пояснительной записки: «К защите». Защита курсового проекта проводится в комиссии, в состав которой входят консультант курсового проекта и один-два преподавателя кафедры, назначенные заведующим кафедрой.

При защите курсового проекта студент должен раскрыть в своем докладе следующие основные вопросы:

- назначение, область применения, конструкцию и технико-экономическую характеристику разработанного ДВС;

- методики расчета и методы проектирования;

- конструкцию и работу разработанной системы или агрегата двигателя;

- полученные результаты и степень новизны принятых решений.

Время отводимое студенту на доклад 5–8 мин.

Вопросы, задаваемые студенту членами комиссии, не должны выходить за рамки тематики курсового проекта и тех конкретных задач, которые решались студентом в процессе курсового проектирования.

Оценка курсового проекта осуществляется согласно действующему положению о курсовых экзаменах и зачетах в высших учебных заведениях в соответствии с утвержденными критериями оценок.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его, считается имеющим академическую задолженность. Продление срока защиты устанавливается деканом факультета по согласованию с кафедрой при наличии у студента уважительных причин к невыполнению проекта.

7. ПОРЯДОК ХРАНЕНИЯ ПРОЕКТОВ

После защиты курсовые проекты хранятся на кафедре у материально ответственного лица. Проект принимается на хранение в установленном кафедрой порядке, срок хранения — два года. Допускается увеличение срока хранения. По истечении срока хранения курсовые проекты, не представляющие для кафедры интереса, списываются по акту через архив БНТУ и сдаются в соответствии с утвержденным графиком.

Запрещается выдача курсового проекта студентам и посторонним организациям за исключением случаев, когда его содержание используется автором в других работах или представляет интерес для научно-исследовательской работы студентов. Во всех перечисленных случаях выдача курсового проекта оформляется с разрешения проректора по учебной работе.

Заведующему кафедрой предоставляется право выдачи автору хранящегося курсового проекта, если тот выполняет дипломный проект при условии, что результаты курсового проектирования являются составной частью задания или исходными данными для дипломного проекта. Перед защитой дипломного проекта студент должен вернуть выданный ему курсовой проект на кафедру.

8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7.32-03. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Введ. 26.02.91. – Москва : Изд-во стандартов, 2003.

2. СТП БНТУ 3.01-2003 «Курсовое проектирование».

3. Автомобильные двигатели / М.В. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов [и др.] / под ред. М.С. Ховаха – Москва : Машиностроение, 1977. – 591 с.

4. Двигатели внутреннего сгорания: конструирование и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н. Вырубов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко [и др.] / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1984. – 384 с.

5. Двигатели внутреннего сгорания: системы поршневых и комбинированных двигателей / С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин [и др.] / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1985. – 456 с.

6. Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов [и др.] / под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд. перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 283 с.

7. Дипломное проектирование : метод. указания для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / В.В. Альферович, В.А. Бармин. – Минск : Электронный ресурс БНТУ, 2015. – 56 с.

8. Инструкция о порядке организации, проведения дипломного проектирования и требования к дипломным проектам (дипломным работам), их содержание и оформление, обязанности руководителя, консультанта, рецензента дипломного проекта (дипломной работы). Инструкция утверждена приказом ректора БНТУ от 27. 01. 2014 г., № 105.

9. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы : учебник для вузов. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.

10. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. – 4-е изд., стер. – Москва : Высш. шк., 2008. – 496 с.

11. Расчет и конструирование автомобильных и тракторных двигателей (дипломное проектирование) / Б.Е. Железко, В.М. Адамов, И.К. Русецкий, Г.Я. Якубенко. – Минск : Высш. шк., 1987. – 247 с.

12. Тепловой и динамический расчет двигателей внутреннего сгорания : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / Г.А. Вершина, Г.М. Кухаренок, А.Ю. Пилатов. – Минск : БНТУ, 2013. – 79 с.

13. Транспорт и окружающая среда / М.М. Болбас, Е.Л. Савич, Г.М. Кухаренок [и др.] / под ред. М.М. Болбаса. – Минск : Технопринт, 2003. – 262 с.

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ОБЛОЖКИ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Белорусский национальный технический университет

**Автотракторный факультет
Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине _____

Тема: _____

Исполнитель: студент (факультет, курс, группа) _____

(фамилия, имя, отчество)

Консультант проекта _____

(ученое звание, ученая степень, должность)

(фамилия, имя, отчество)

Минск 20__

**ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА
КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
по дисциплине _____**

Тема _____

Исполнитель: _____ (инициалы, фамилия)
(подпись)

студент _____ курса _____ группы

Консультант: _____ (инициалы, фамилия)
(подпись)

Минск 20 _____

Образец заполнения основной надписи на графической части курсового проекта

						(2)	(1) КП – XXXXXX/XX-XXXX-XX			
						Наименование объекта проектирования (3)	Литера	Масса	Масштаб	
										у
						Наименование листа курсового проекта (4)	Лист	Листов		
						(5)	1 – 37.01.01 БНТУ, г. Минск			

Образец заполнения основной надписи на плакатах курсового проекта

					(2) (1) КП – XXXXXXX/XX-XXXX-XXПЛ						
					Наименование объекта проектирования (3)	Литера		Масса	Масштаб		
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата			у	(6)	(7)		
Разраб.					Наименование плаката курсового проекта (4)						
Консультант						Лист		Листов			
					(5)						
						1 – 37.01.01					
						БНТУ, г. Минск					

Примечания.

1. Номер зачетной книжки студента, год, номер листа;
2. КП – курсовой проект (КР – курсовая работа);
3. пример: *Дизель городского автобуса*;
4. пример: *Диаграммы теплового и динамического расчетов*;
5. обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей);
6. масса изделия по ГОСТ 2.109-73;
7. масштаб проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-73.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Белорусский национальный технический университет
Автотракторный факультет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

"Утверждаю"

Зав. кафедрой _____
" ____ " _____ 20__ г.

Задание
по курсовому проектированию

Студенту _____ группы _____

1. Тема _____

2. Срок сдачи студентом законченного проекта «__»__ 20__ г.

3. Исходные данные к проекту:

мощность, кВт

$N_e =$

частота вращения, мин⁻¹

$n =$

число тактов

$\tau =$

число и расположение цилиндров

$i =$

отношение

$S/D =$

коэффициент избытка воздуха

$\alpha =$

степень сжатия

$\epsilon =$

рекомендуемый прототип _____

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке):

обложка;

титульный лист;

задание по курсовому проектированию;

оглавление;

введение;

расчет рабочего цикла двигателя;

расчет динамики кривошипно-шатунного механизма;

расчет основных деталей и систем двигателя;

описание и анализ разрабатываемой системы или агрегата (узла) двигателя по п. 5 листа 3;

техническая характеристика двигателя;

заключение;

список использованной литературы.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей и диаграмм).

Лист 1. Диаграммы:

а) индикаторная диаграмма в координатах $p - V$

б) диаграммы $P_r, P_j, P_\Sigma, K, T - \varphi$

в) полярная диаграмма нагрузок на шатунную шейку

г) диаграмма крутящих моментов.

Лист 2. Чертеж общего вида двигателя (разрез (М 1:1)).

Лист 3. Схема системы или чертеж агрегата (узла) двигателя

Лист 4. Рабочий чертеж детали _____

6. Дата выдачи задания " _____ " _____ 20____ г.

7. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения отдельных этапов).

Срок выполнения листа (этапа):

1 – с 01.10 по 01.11.

2 – с 01.11 по 01.12.

3 – с 01.12 по 10.12.

4 – с 10.12 по 20.12.

Оформление расчетно-пояснительной пояснительной записки с 20.12 – по 30.12.20 ____ г.

Конструкторскую документацию по двигателю-прототипу студент получает на месте прохождения конструкторской практики и у консультанта проекта.

Консультант _____
(подпись)

Задание для выполнения получил _____
(дата и подпись студента)

Учебное издание

АЛЬФЕРОВИЧ Владимир Викентьевич
БАРМИН Виталий Александрович
ПРЕДКО Андрей Владимирович

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЕЙ

Пособие для курсового проектирования
для студентов специальности 1-37 01 01
«Двигатели внутреннего сгорания»

Редактор *Т.В. Мейкшане*
Компьютерная верстка *Е.А. Беспанской*

Подписано в печать 28.06.2018. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография

Усл. печ. л. 2,91. Уч.-изд. л. 2,27. Тираж 200. Заказ 296.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.

ISBN 978-985-550-791-9

