

3020



Министерство образования
Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Двигатели внутреннего сгорания"

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**Методические указания
для студентов специальности
1-37 01 01 "Двигатели внутреннего сгорания"**

Минск 2006

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Двигатели внутреннего сгорания"

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические указания
для студентов специальности
1-37 01 01 "Двигатели внутреннего сгорания"

М и н с к 2 0 0 6

УДК 621.43.001.66(075.8)

ББК 31.365я73

Д 46

Составители:

В.В. Альферович, В.А. Бармин, И.К. Русецкий

Рецензенты:

Л.А. Молибошко, М.П. Брэнч, А.Ф. Присевок

В издании отражен процесс дипломного проектирования и включены общие положения, в которых определены цели дипломного проектирования, процедуры формирования тем, а также организация и проведение дипломного проектирования. Указаны требования к оформлению графической части дипломного проекта и пояснительной записки. Весь изложенный материал базируется на существующих нормативных документах, касающихся проектирования и оформления конструкторской документации применительно к специальности «Двигатели внутреннего сгорания».

Введение

Дипломный проект – заключительная творческая стадия учебного процесса по подготовке инженеров-механиков специальности “Двигатели внутреннего сгорания”. Во время его выполнения студент должен закрепить теоретические и практические знания, полученные им за время учёбы в университете, и проявить умение самостоятельно решать инженерные задачи по конструированию, испытанию и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

Выполнение дипломного проекта по двигателям внутреннего сгорания должно способствовать приобретению студентами опыта и конструкторских навыков при разработке новых машин, развитие умение решать технические и экономические вопросы, возникающие при проектировании.

Одновременно будущему молодому специалисту даётся возможность показать свои знания, технический кругозор и подготовленность к последующей инженерной деятельности.

Темы дипломных проектов разрабатываются профилирующей кафедрой с учётом предложений моторостроительных заводов и закрепляются за студентами приказом по университету перед началом преддипломной практики.

Тематика дипломных проектов включает:

- а) разработку новых двигателей внутреннего сгорания для автомобилей, тракторов, мотоциклов и другой транспортной и тяговой техники;
- б) разработку модернизированных двигателей для таких же машин;
- в) разработку специальных и перспективных двигателей: роторно-поршневых, газотурбинных, с внешним сгоранием, бесшатунных и др.;
- г) разработку оборудования для испытания двигателей.

В качестве дипломного проекта может быть представлена научно-исследовательская тема.

Основанием для выполнения проекта служит “Задание по дипломному проектированию”, которое выдаётся кафедрой в соответствии с приказом по университету. В “Задании по дипломному проектированию” указываются наименование темы и специального задания, объём работы, календарные сроки и исходные данные к проекту. В задании также указывается вид и основной показатель машины, для которой предназначается двигатель. Выбор других показателей, необходимых для расчёта, студент обосновывает.

Исходные данные к проекту включают два раздела:

1. Исходные данные по назначению машины (транспортная, для пахоты, для работы в карьерах и др.) и по условиям работы (климатические – средняя, жаркая, тропическая и арктическая зоны).

2. Специальное задание по разработке узла, агрегата или отдельного вопроса по проектируемому двигателю.

Специальное задание даётся для более глубокой проработки студентом какой-либо части проекта.

В качестве спецзадания может быть исследовательская работа, выполняемая студентом на кафедре или на заводе во время прохождения преддипломной практики.

Дипломное проектирование состоит из пяти этапов.

На первом этапе утверждается задание на проектирование, уточняются исходные данные проекта, подбирается необходимый материал, изучаются конструктивные особенности двигателей близких к проектируемому. Даётся обоснование выбора основных параметров и типа двигателя.

Второй этап проектирования заключается в проведении тягового, расчёта рабочего цикла двигателя (теплового расчёта) и динамического расчёта двигателя.

В результате тягового расчёта определяются основные показатели двигателя – максимальная мощность и соответствующая ей частота вращения коленчатого вала.

Расчёт рабочего цикла двигателя даёт возможность определить основные параметры цилиндрично-поршневой группы (диаметр и ход поршня), а также позволяет построить индикаторную диаграмму.

При проведении динамического расчёта двигателя определяются силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме, необходимые для прочностного расчёта деталей двигателя.

Третьим этапом проектирования является компоновка двигателя, разработка агрегатов, узлов и деталей. На этом этапе начинается выполнение спецзадания.

Четвёртый этап проектирования состоит в проведении расчёта на прочность деталей кривошипно-шатунного механизма, а также расчёта всех систем и механизмов: механизма газораспределения, систем смазывания, охлаждения, питания, пуска. Заканчивается выполнение спецзадания. Все расчёты должны выполняться в Международной системе единиц (СИ).

Пятый этап – заключительный. Он включает следующее:

- а) расчёт экономической целесообразности производства и эксплуатации проектируемого двигателя;
- б) разработку технологической части проекта;
- в) разработку мероприятий по технике безопасности, охране труда и природы.

Работу над дипломным проектом студент начинает в период преддипломной практики, где собирает необходимый материал и проводит предварительную компоновку двигателя. В это время должны быть изучены и учтены современные тенденции в развитии автотракторного двигателестроения с широким внедрением новейших достижений мировой науки и техники, мероприятий и новых решений по увеличению экономичности, надёжности, долговечности и экологичности новых конструкций двигателей.

Ход выполнения проекта студентом контролируется кафедрой. Выполненный в установленные сроки дипломный проект рассматривается на кафедре и в случае положительного заключения защищается студентом перед Государственной экзаменационной комиссией (ГЭК).

1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Дипломный проект – выпускная квалификационная работа студента, предназначенная для объективного контроля степени формирования знаний, умений и навыков решения типовых задач по видам профессиональной деятельности, установленным образовательным стандартом специальности (проектно-конструкторской, производственно-технологической и др.), и предусматривающая синтез физического или идеального объекта проектирования (системы в широком значении, устройства, технологического процесса, компьютерной программы и т.п.), который оптимально отвечает требованиям задания на квалификационную работу.

Квалификация – подготовленность работника к профессиональной деятельности для выполнения работ определенной сложности в рамках профессии, специальности, специализации (РД РБ 03180.500-99).

Нормативные документы в сфере образования – законодательные, правовые акты и другие документы, определяющие требования к участникам образовательного процесса и их взаимодействию (по СТБ П 22.0.4-2002).

Образовательный стандарт – нормативный документ по стандартизации, устанавливающий на основе потребностей личности, общества и государства обязательный минимум содержания образовательной программы, максимальный объем учебной нагрузки обучающихся, требования к уровню подготовки и аттестации выпускников учебных заведений определенной ступени (уровня) образования (по РД РБ 02100.0.001-2000).

Профессиональная деятельность – трудовая деятельность по определенной профессии, взаимообусловленная видами экономической деятельности (ОКРБ 011-2001).

Профессия – род трудовой деятельности, требующий определенных знаний и навыков, приобретаемых путем обучения и практического опыта (ОКРБ 006-96).

Специализация – составляющая специальности, обусловленная видом применяемых знаний и особенностями профессиональной деятельности в рамках специальности или ее направления (ОКРБ 011-2001).

Специальность – вид профессиональной деятельности, требующей определенных знаний, навыков и компетенций, приобретаемых путём обучения и практического опыта, подсистема группы специальностей (ОКРБ 011-2001).

Остальные определения – в соответствии с СТБ 22.0 -96.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дипломное проектирование – заключительный этап обучения студентов в высшем учебном заведении, которое имеет своей целью:

- систематизацию, закрепление, расширение теоретических знаний и практических навыков по специальности и применение их для решения конкретных инженерных и научных задач;

- формирование навыков самостоятельной проектно-конструкторской или исследовательской работы и овладение методикой проектирования или научного исследования;

- приобретение навыков обобщения и анализа результатов, полученных другими разработчиками или исследователями;

- выявление уровня подготовленности студента для самостоятельной работы на производстве, в проектных и научно-исследовательских организациях и учреждениях.

К дипломному проектированию допускаются студенты, успешно сдавшие государственный экзамен по специальности.

При решении крупной отраслевой или технической задачи возможно создание коллективов студентов из двух-трех человек для выполнения общей темы, при этом каждый студент выполняет свое конкретное задание в соответствии с общей задачей.

Дипломный проект считается имеющим практическую значимость в следующих случаях:

- имеется авторское свидетельство (или положительное решение о его выдаче) или диплом (грамота) выставки, удостоверение на рационализаторское предложение, суть которых является базой для решения основной части дипломного проекта;

- решение дипломного проекта является технической разработкой запатентованной идеи;

- имеется запрос предприятия на полную или частичную передачу материалов дипломного проекта для их реализации или письмо организации, подтверждающее принятие к внедрению выполненного студентом проекта;

- материалы дипломного проекта используются в хозяйственной или госбюджетной научно-исследовательской работе, а также в качестве учебной компьютерной программы и т.п.

Рекомендуется выполнять сквозное проектирование, при котором тема (или часть ее) последовательно разрабатывается в курсовом, а затем и в дипломном проектах с постепенным ее расширением и углублением.

Дипломный проект рекомендуется выполнять с применением современных информационных технологий.

3. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ

Тематика дипломных проектов должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки и техники в области двигателестроения и по своему содержанию отвечать задачам, изложенным ранее.

Тематика дипломных проектов определяется выпускающей кафедрой, формируется по предложениям предприятий, организаций и самих студентов и утверждается советом факультета. При определении тематики следует учитывать конкретные задачи в данной об-

ласти подготовки, уделяя достаточно внимания вопросам экологии, ресурсо- и энергосбережения, использованию нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Темы дипломных проектов, как правило, должны быть связаны с содержанием будущей работы специалиста и соответствовать его целевой подготовке.

Студентам предоставляется право выбора темы дипломного проекта. Студент может сам предложить тему. В этом случае он должен обратиться к заведующему кафедрой с письменным заявлением, в котором обосновывается целесообразность выполнения проекта по предложенной теме. При положительном решении вопроса тема дипломного проекта включается в перечень тем кафедры.

Выбранные для разработки темы дипломных проектов (работ) закрепляются за студентами приказом ректора по представлению декана факультета. В этом же приказе назначаются руководители и консультанты проектов. В случае необходимости изменения или уточнения темы дипломного проекта (работы) декан на основании представления кафедры возбуждает ходатайство о внесении соответствующих изменений в приказ ректора.

В соответствии с темой дипломного проекта руководитель выдает студенту задание по сбору материала к дипломному проекту в период прохождения преддипломной практики. Одновременно студенту выдается задание по дипломному проектированию (приложение А), составленное руководителем и утвержденное заведующим кафедрой. Гриф утверждения и подписи оформляются по СТБ 6.38-95. Данное задание вместе с проектом представляется в Государственную экзаменационную комиссию (ГЭК).

Преддипломная практика завершается представлением руководителю основных материалов, необходимых для выполнения дипломного проекта, а также сдачей зачета в двухдневный или трехдневный срок со дня окончания практики.

Тема дипломного проекта (работы) может быть скорректирована в соответствии с материалом, собранным студентом при прохождении преддипломной практики.

4. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Руководителями дипломных проектов назначаются, как правило, профессора и доценты, а также научные сотрудники и высококвалифицированные специалисты БНТУ и других предприятий, учреждений и организаций.

Выпускающая кафедра обязана ознакомить привлекаемых специалистов с нормативными и методическими документами, включая стандарт МИ БНТУ 3.001-2003 и методические указания кафедры по дипломному проектированию.

Руководитель дипломного проекта координирует работу над дипломным проектом, осуществляет контроль работы студента и выполнения им календарного графика работы над проектом.

Руководитель дипломного проекта обязан:

- составить и выдать задание по дипломному проектированию;
- рекомендовать студенту необходимую литературу, справочные и архивные материалы, типовые проекты, имеющиеся компьютерные программы и другие источники по теме дипломного проекта;
- проводить систематические, в соответствии с графиком, беседы со студентом, давать ему консультации, анализировать полученные расчетные и экспериментальные результаты;
- контролировать ход выполнения работ по дипломному проектированию вплоть до защиты дипломного проекта;
- составить отзыв о дипломном проекте.

Дипломный проект выполняется студентом в течение времени, отведенного на дипломное проектирование рабочим учебным планом специальности.

Работа над дипломным проектом выполняется студентом в университете (в отдельных случаях может выполняться на предприятии, в проектной организации, в научном или другом учреждении).

Дипломник обязан регулярно посещать консультации. При пропуске их без уважительных причин или при значительном отставании его работы от графика кафедра должна своевременно информировать об этом декана факультета.

Выпускающая кафедра должна систематически контролировать ход дипломного проектирования путем представления руководителями дипломных проектов заведующему кафедрой сведений о ходе выполнения работ по каждому дипломному проекту в процентах от общего объема работ.

Для проведения проверок кафедры создает специальную комиссию, а студенты-дипломники оповещаются о дате ее работы не позднее чем за 3 дня. Комиссия проверяет соответствие выполненного объема работ календарному графику, результаты проверки докладываются на заседании кафедры.

Ответственность за принятые в дипломном проекте решения, качество выполнения, а также за своевременное выполнение проекта несет автор – студент-дипломник.

Законченный дипломный проект, подписанный студентом и консультантами, представляется руководителю, который подписывает его и составляет отзыв.

В отзыве руководителя дипломного проекта должны быть отмечены:

- актуальность темы;
- степень выполнения поставленной задачи;
- степень самостоятельности и инициативности студента;
- умение студента пользоваться специальной литературой;
- способность студента к инженерной или исследовательской работе;
- возможность использования полученных результатов на практике;
- возможность присвоения выпускнику соответствующей квалификации.

Дипломный проект и отзыв руководителя представляются заведующему кафедрой, который решает вопрос о возможности допуска студента к защите дипломного проекта. Для решения этого вопроса на кафедре создается рабочая комиссия (комиссии), которая заслушивает сообщение студента по дипломному проекту, определяет соответствие дипломного проекта заданию и выясняет готовность студента к защите.

Допуск студента к защите фиксируется подписью заведующего кафедрой на титульном листе пояснительной записки дипломного проекта. Подписи оформляются в соответствии с СТБ 6.38-95.

Если заведующий кафедрой на основании выводов рабочей комиссии не считает возможным допустить студента к защите, этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя дипломного проекта. При отрицательном заключении кафедры протокол ее заседания представляется декану факультета, который издает приказ о недопуске студента к защите и делает представление ректору об отчислении студента из университета.

Дипломный проект, допущенный кафедрой к защите, направляется заведующим кафедрой на рецензирование.

Рецензенты дипломных проектов утверждаются деканом факультета по представлению заведующего кафедрой (не позднее одной недели до защиты) из числа специалистов производства, проектных и научных организаций и учреждений, профессорско-преподавательского состава других кафедр БНТУ. Рецензия должна быть заверена печатью по месту работы рецензента.

В рецензии должны быть отмечены:

- актуальность темы дипломного проекта;
- степень соответствия дипломного проекта заданию;
- логичность построения пояснительной записки к дипломному проекту;
- наличие по теме дипломного проекта обзора литературы, его полнота и последовательность анализа;
- полнота описания методики расчета или проведенных исследований, изложения собственных расчетных, теоретических и экспериментальных результатов, оценка их достоверности;
- наличие аргументированных выводов по результатам дипломного проекта;
- практическая значимость дипломного проекта, возможность использования полученных результатов;
- недостатки и слабые стороны дипломного проекта;
- замечания по оформлению пояснительной записки к дипломному проекту, графической части и стилю изложения материала;
- оценка дипломного проекта: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Студент должен быть ознакомлен с рецензией до защиты дипломного проекта в ГЭК.

Порядок защиты дипломного проекта (работы) определяется Положением о Государственных экзаменационных комиссиях высших учебных заведений.

После защиты дипломные проекты в установленном порядке сдаются в архив университета, где они хранятся в течение пяти лет.

5. СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЁМ И ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Дипломный проект выполняется на основе глубокого изучения литературы по специальности – учебников, учебных пособий, технической литературы, монографий, периодической литературы, журналов на иностранных языках, нормативно-технической документации, патентов и т.п.

Состав, содержание и объем дипломного проекта определяются настоящими методическими указаниями по дипломному проектированию, составленными выпускающей кафедрой на основе требований стандарта МИ БНГУ 3.001-2003.

Характер проектных и конструкторских решений, а также научных исследований, степень детализации разработки могут быть различными в зависимости от объема проектирования и уровня новизны с учетом возможности разработки их в установленные сроки.

Все принимаемые инженерные и технические решения, проводимые расчеты конструкций, материалы и технологии обязаны отвечать требованиям соответствующих государственных стандартов и норм Республики Беларусь, отраслевых нормативных документов.

В дипломном проекте в соответствии с заданием должны быть детально освещены все вопросы, раскрывающие тему, включая критический анализ литературных данных, методику и результаты проведенных самостоятельно теоретических и (или) экспериментальных исследований, расчеты разрабатываемого объекта. Кроме того, в дипломном проекте должны найти отражение вопросы технологии, стандартизации, экономики, охраны труда, окружающей среды и т. п., свойственные особенностям специальности.

Дипломный проект состоит из двух частей: пояснительной записки и графической части – комплекта проектно-конструкторских и технологических документов и другого графического и иллюстративного материала.

5.1. Оформление графической части дипломного проекта

Графическая часть проекта представляется в виде конструкторских и технологических разработок, чертежей, схем, диаграмм, результатов научных исследований, экономических показателей и других репрезентативных средств.

Объем графической части дипломного проекта определяется руководителем проекта, но не менее чем 9–13 листов.

Графическая часть дипломного проекта должна выполняться на листах формата А1 (594 x 841 мм) по ГОСТ 2.301-68. Допускается применять другие форматы по ГОСТ 2.301-68, оставляя постоянной короткую сторону листа (594 мм).

Графическая часть дипломного проекта (чертежи, схемы всех видов и текстовые документы к ним – спецификации, ведомости, таблицы и др.) должна выполняться в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

В правом нижнем углу рабочего поля чертежа (схемы) должна размещаться основная надпись по ГОСТ 2.104-68. Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по этому же стандарту. Пример заполнения основной надписи приведен в приложении Д.

Шифр дипломного проекта состоит из буквенного обозначения (ДП – дипломный проект), номера зачетной книжки дипломника, вида обучения (ДО – дневное, ЗО – заочное обучение) и года выполнения дипломного проекта, разделенных дефисами.

Рабочее поле листа иллюстративного материала дипломной работы или проекта (графики, диаграммы, экономические показатели, результаты научных исследований и др.) должно иметь рамку, отстоящую от кромки листа справа, сверху и снизу на 5 мм и слева – на 30 мм.

Графическая часть дипломного проекта включает:

- диаграммы теплового и динамического расчёта двигателя – 1 лист;
- чертёж общего вида двигателя (поперечный, продольный разрез) с нанесением габаритных размеров – 1–2 листа;
- графическая иллюстрация специального задания – 4–5 листов;
- технологическая часть проекта – 2–3 листа;
- графики и таблицы экономических расчётов – 1–2 листа;

Все чертежи проекта выполняются в соответствии со следующими стандартами ЕСКД:

- форматы – ГОСТ 2.301-68;
- масштабы – ГОСТ 2.302-68;
- основные надписи (угловой штамп) – ГОСТ 2.104-68;
- шрифты чертёжные – ГОСТ 2.304-81;
- изображения – виды, разрезы, сечения – ГОСТ 2.305-68;

- обозначения графических материалов (штриховка) – ГОСТ 2.306-68;
- линии – ГОСТ 2.303-68;
- нанесение размеров и предельных отклонений – ГОСТ 2.307-68;
- изображение резьбы – ГОСТ 2.311-68;
- правила выполнения зубчатых соединений – ГОСТ 2.409-74;
- правила выполнения чертежей пружин – ГОСТ 2.401-68;
- условные обозначения в схемах, элементы кинематики – ГОСТ 2.770-68;
- текстовые документы – ГОСТ 2.106-96;
- трубопроводы – ГОСТ 2.785-70; ГОСТ 2.721-74;
- упрощённые и условные изображения крепёжных деталей – ГОСТ 2.315-68;
- нанесение на чертежах обозначений шероховатости поверхности – ГОСТ 2.309-73;
- нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки – ГОСТ 2.310-68;
- обозначение на чертежах предельных отклонений формы и расположения поверхностей – ГОСТ 2.308-79;
- нанесение на чертежах надписей, технических требований и таблиц – ГОСТ 2.316-68;
- условные изображения и обозначения швов сварных соединений – ГОСТ 2.312-72;
- общие требования к текстовым документам – ГОСТ 2.105-95;
- правила выполнения электрических, гидравлических и пневматических схем – ГОСТ 2.780-96; ГОСТ 2.704-76; ГОСТ 2.702-75; ГОСТ 2.781-96.

5.2. Оформление пояснительной записки дипломного проекта

5.2.1. Общие требования

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.

В дипломных проектах, содержащих сложные математические расчеты с применением электронно-вычислительной техники, приводится описание алгоритма программы. Студент должен изложить методику расчета, привести основные расчетные формулы, схему алгоритма, обосновать выбор исходных данных и привести анализ полученных результатов.

Общими требованиями к пояснительной записке дипломного проекта являются: четкость, логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, конкретность изложения результатов, доказательств и выводов, краткость и ясность формулировок, исключающих неоднозначность толкования.

Пояснительная записка дипломного проекта должна включать следующие структурные элементы:

- 1) титульный лист (приложение Б);
- 2) задание по дипломному проектированию (приложение А);
- 3) реферат (по ГОСТ 7.9-95, приложение В);
- 4) ведомость объема дипломного проекта (приложение Г);
- 5) содержание;
- 6) перечень условных обозначений, символов и терминов (при необходимости);
- 7) введение;
- 8) основную часть:
 - патентно-информационный поиск по специальному заданию;
 - тяговый расчёт машины;
 - расчёт рабочего цикла двигателя;
 - расчёт кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизма;
 - выбор конструкции агрегатов и систем двигателя;
 - расчёт на прочность основных деталей и систем двигателя;
 - специальное задание;
 - разработка технологического процесса изготовления детали;
 - технико-экономические показатели;
 - требования охраны труда и техники безопасности;
- 9) заключение;
- 10) список использованных источников;
- 11) приложения (при необходимости).

Компьютерные программы, разработанные в соответствии с заданием на дипломное проектирование, должны прилагаться к пояснительной записке на дискете или CD (компакт-диске).

Пояснительная записка дипломного проекта должна быть выполнена на стандартной белой бумаге формата А4 по ГОСТ 2.301-68 с одной стороны листа.

При выполнении дипломной работы должны быть установлены стандартные поля по СТБ 6.38-95:

- левое – 30 мм;
- правое – не менее 8 мм;
- верхнее и нижнее – не менее 20 мм.

Пояснительная записка дипломного проекта должна быть выполнена одним из следующих способов (в соответствии с ГОСТ 2.105-95):

– с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ (ГОСТ 2.004-88) – шрифтом Times New Roman Cyr черного цвета с высотой 14 пт, через полтора интервала, объемом 50–65 страниц текста;

– рукописным (с разрешения кафедры) – чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с высотой не менее 2,5 мм, черными чернилами (пастой, тушью), объемом 100–140 страниц текста.

Абзацы в тексте начинают отступом 15–17 мм, одинаковым по всему тексту.

Вписывать в отпечатанный текст отдельные слова, формулы, условные знаки, а также выполнять иллюстрации следует черными чернилами (пастой, тушью). Для выполнения иллюстраций разрешается использовать графические редакторы, фотографии, ксерокопии и т.п.

При использовании стандартного текстового редактора формулы могут быть оформлены с помощью средств этого редактора.

Опечатки и описки допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправлений машинным или рукописным способом черными чернилами (пастой, тушью). Повреждения листов, помарки и следы прежнего текста не допускаются.

5.2.2. Построение пояснительной записки

Текст основной части пояснительной записки дипломного проекта разделяют на разделы, подразделы и пункты. Дальнейшее деление нецелесообразно. Разделы (подразделы), могут состоять из одного или нескольких подразделов (пунктов). Разделы, подразделы и пункты оформляются в соответствии с ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

Разделы нумеруются арабскими цифрами без точки в пределах всей пояснительной записки и записываются с абзацного отступа.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой (например 1.1). В конце номера подраздела точка не ставится.

Пункты нумеруются в пределах подраздела. Номер пункта состоит из номеров подраздела и пункта, разделенных точкой (например 1.1.1).

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание разделов, подразделов.

Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Заголовки разделов следует писать прописными буквами с абзацного отступа. Заголовки подразделов следует писать, начиная с прописной буквы, строчными буквами с абзацного отступа. Точка в конце заголовка раздела, подраздела не ставится, название не подчеркивается.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении пояснительной записки машинным способом должно быть равно 3–4 интервала, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел пояснительной записки дипломного проекта рекомендуется начинать с нового листа.

Нумерация страниц пояснительной записки дипломного проекта и приложений, входящих в ее состав, должна быть сквозная.

Первой страницей пояснительной записки является титульный лист. Номера страниц на титульном листе, на задании по дипломному проектированию, ведомости объема и реферате не ставятся, но включаются в общую нумерацию страниц.

Страницы пояснительной записки дипломного проекта нумеруются арабскими цифрами, проставляемыми в правом верхнем углу страницы.

В состав пояснительной записки входит структурный элемент «Содержание» (см. с. 15), которое включает перечень условных обозначений, символов и терминов, введение, номера и наименования разделов и подразделов основной части, заключение, список использованных источников и приложения с указанием номеров страниц.

Структурный элемент «Список использованных источников» выполняется в порядке упоминания источников в тексте и может (при необходимости) содержать отдельной рубрикой список нормативных ссылок. Библиографические описания источников приводятся в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ 7.82-2001 (приложение Ж).

Заголовки структурных элементов, кроме основной части (слова «Основная часть» не пишутся), записывают симметрично тексту прописными буквами.

5.2.3. Изложение текста пояснительной записки

При изложении текста пояснительной записки следует руководствоваться рекомендациями настоящих методических указаний и ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

Полное наименование объекта проектирования при первом упоминании в тексте пояснительной записки должно быть одинаковым с наименованием его в первом листе графической части дипломного проекта.

В последующем тексте пояснительной записки следует использовать прямой порядок слов, т.е. на первом месте должно быть определение (прилагательное), а затем – название объекта проектирования (имя существительное). Допускается употреблять сокращённое наименование объекта проектирования.

Наименования в тексте пояснительной записки и на иллюстрациях должны быть одинаковыми.

В пояснительной записке должны применяться научно-технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими государственными стандартами, РД РБ 0410.42-95, при их отсутствии в указанных документах – общепринятые в научно-технической литературе.

В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков не допускается:

- применять обороты разговорной речи, техницизмы и профессионализмы, произвольные словообразования;

- применять различные термины для одного и того же понятия, иностранные слова и термины при наличии равнозначных в родном языке;

- сокращать обозначения физических величин, если они употребляются без цифр;

- применять математический знак минус – перед отрицательными значениями величин следует писать слово «минус»;

- применять знак диаметра – для обозначения диаметра следует писать слово «диаметр»;

- применять без числовых значений математические знаки, а также знаки «номер» и «процент»;

- применять индексы стандартов, технических условий и других документов без регистрационного номера.

В тексте пояснительной записки не допускается применять сокращения слов, кроме установленных правилами орфографии и соответствующими государственными стандартами. Перечень допускаемых сокращений слов установлен в ГОСТ 2.316-68.

Условные буквенные обозначения, изображения или знаки должны соответствовать принятым действующим законодательством и государственными стандартами. При необходимости применения других условных обозначений их следует пояснять в тексте при первом упоминании или в перечне обозначений.

В пояснительной записке следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417-2002.

Числовые значения величин с обозначением единиц физических величин и единиц счета следует писать цифрами, а числа без обозначения единиц физических величин и единиц счета от единицы до девяти – словами. Остальные требования к записи числовых значений величин, степени точности и пределов их изменений – в соответствии с ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

Формулы и уравнения в тексте пояснительной записки следует оформлять в соответствии с ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

В формулах в качестве символов следует применять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле. Первая строка пояснения должна начинаться со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, разделяют запятой.

Переносить формулы на следующую строку допускается только на знаках выполняемых операций, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак «х».

Формулы, за исключением формул в приложениях, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках. Одну формулу обозначают – (1).

Формулы в приложениях нумеруются в пределах каждого приложения с добавлением обозначения приложения – (В.1).

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, «... в формуле (1)».

Ссылки на использованные литературные источники должны нумероваться арабскими цифрами по порядку упоминания в тексте и помещаться в квадратные скобки.

В пояснительной записке допускаются ссылки на разделы, подразделы и пункты самой пояснительной записки (например, «... согласно разделу 1»), а также на действующие государственные стандарты, технические условия и другие документы при условии, что они полностью и однозначно определяют соответствующие требования.

Ссылаться следует на документ в целом или его разделы и приложения без указания года утверждения и наименования, например, «... в соответствии с СТБ 1.1». В конце пояснительной записки приводится список ссылочных нормативных документов с обозначениями, годами утверждения и наименованиями в виде отдельной рубрики списка использованных источников по форме, приведенной на рис. 1.

Обозначение и наименование документа	Номер раздела, подраздела, пункта, приложения, в котором дана ссылка
1. СТБ 1.1-2001. Государственная система стандартизации Республики Беларусь. Термины и определения	8.4.11

Рис. 1

Если необходимо пояснить отдельные данные, то их следует обозначать надстрочным знаком сноски, который выполняют арабскими цифрами. Вместо цифр допускается выполнять сноски знаком «звездочка». Применение более четырех звездочек не допускается.

Сноски в тексте располагают с абзацного отступа в конце строки, на которой они обозначены, и отделяют от текста короткой тонкой горизонтальной линией с левой стороны.

5.2.4. Оформление иллюстраций и таблиц пояснительной записки

Для пояснения текста могут быть приведены иллюстрации, которые следует располагать ближе к соответствующим частям текста.

Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

Иллюстрации следует нумеровать в пределах раздела арабскими цифрами. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделённых точкой (например, «Рисунок 3.2»). Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок 1» или «Рисунок 3.1».

Иллюстрации каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, «Рисунок А3»).

При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 2».

Иллюстрации должны иметь наименование и, при необходимости, пояснительные данные (подрисуночный текст).

Слово «Рисунок», номер и наименование помещают после рисунка и пояснительных данных (если имеются), например, «Рисунок 1 – Детали прибора».

На иллюстрации, изображающей составные части изделия, в возрастающем порядке должны быть указаны номера позиций этих составных частей в пределах данной иллюстрации. Номер и наименование каждой составной части приводится в подрисуночном тексте.

Остальные требования к выполнению иллюстраций – в соответствии с ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

Таблицы применяют для лучшей наглядности и удобства сравнения показателей.

Таблицу, в зависимости от ее размера, помещают под текстом, в котором впервые дана ссылка на нее, или на следующей странице, а при необходимости – в приложении. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа.

Таблицы следует нумеровать в пределах раздела арабскими цифрами сквозной нумерацией. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой (например, «Таблица 3.2»). Если таблица одна, то она обозначается «Таблица 1» или «Таблица 3.1».

Таблицы каждого приложения обозначают отдельной нумерацией арабскими цифрами с добавлением перед цифрой обозначения приложения (например, «Таблица А3»).

На все таблицы пояснительной записки должны быть сделаны ссылки в тексте. При ссылках на иллюстрации следует писать «... по таблице 2».

Слово «Таблица» с номером указывают один раз слева над первой частью таблицы.

При переносе части таблицы на другую страницу над другими частями слева пишут «Продолжение таблицы» с указанием номера таблицы. Над последней частью таблицы слева пишут «Окончание таблицы» с указанием номера таблицы.

При переносе части таблицы на другую страницу допускается нумеровать арабскими цифрами графы таблицы, не повторяя их наименования.

Название таблицы, при ее наличии, должно отражать содержание, быть точным и кратким. Его следует помещать над таблицей сразу после номера таблицы.

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц в соответствии с рис. 2.

При необходимости нумерации показателей, параметров или других данных порядковые номера следует указывать в первой графе (боковике) таблицы непосредственно перед их наименованием. Перед числовыми значениями величин и обозначением типов, марок и т.п. порядковые номера не проставляют.

Если все показатели, приведенные в графах таблицы, выражены в одной и той же единице физической величины, то ее обозначение следует помещать над таблицей справа (например, «Размеры в миллиметрах»), а при делении таблицы на части – над каждой ее частью.

Для сокращения текста заголовков и подзаголовков граф отдельные понятия заменяют буквенными обозначениями, установленными ГОСТ 2.321-84, или другими обозначениями, если они пояснены в тексте.

Обозначение единицы физической величины, общей для всех данных в строке, следует указывать в той же строке после ее наименования, через запятую.

Числовое значение показателя проставляется на уровне последней строки наименования показателя. Значение показателя, приведенное в виде текста, записывают на уровне первой строки наименования показателя.

Остальные требования к построению и заполнению таблиц – в соответствии с ГОСТ 2.105-95, раздел 4.

5.2.5. Оформление приложений пояснительной записки

Материал, дополняющий текст пояснительной записки, допускается помещать в приложениях, которые оформляют как продолжение пояснительной записки. Допускается оформлять приложение на листах формата А3.

Каждое приложение следует начинать с нового листа с указанием сверху посередине страницы слова «Приложение» и его обозначения.

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично тексту с прописной буквы отдельной строкой.

Приложения обозначают заглавными буквами русского (белорусского) алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ, или латинского, за исключением букв I и O.

Если в пояснительной записке одно приложение, то оно обозначается «Приложение А».

В тексте пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки (например, «... в приложении А»). Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте.

Все приложения должны быть перечислены в содержании пояснительной записки с обозначениями и наименованиями.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

6.1. Введение

Во введении дается обоснование темы дипломного проекта исходя из задач, поставленных перед двигателестроением по развитию, повышению производительности, механизации и автоматизации трудоемких процессов отрасли народного хозяйства, для которой проектируется двигатель.

Введение также должно отражать:

- а) последние достижения науки и техники в нашей стране и за рубежом в области автотракторного двигателестроения;
- б) конструктивные, производственные и эксплуатационные требования, предъявляемые к проектируемому двигателю.

6.2. Патентно-информационный поиск по спецзаданию

Патентно-информационный поиск по спецзаданию дипломного проекта включает в себя анализ специальной, нормативной, учебной, патентной и научной литературы, в которой может быть найден материал, имеющий отношение к поставленным в спецзадании задачам. Кроме того, может использоваться материал реферативных журналов, обзорной информации, экспресс-информации, информационных бюллетеней, рекламной информации и другой литературы по двигателестроению и эксплуатации двигателей. На основании анализа указанной литературы составляется карта технического уровня проектируемого двигателя и делаются выводы о перспективности предложенных в проекте технических решений и соответствии их мировому уровню, установленному в двигателестроении.

6.3. Тяговый расчет машины

Тяговый расчет выполняется с целью определения максимальной эффективной мощности двигателя, т.е. мощности, необходимой для обеспечения тяговой характеристики машины, для которой двигатель предназначен (при максимальной скорости полностью груженого автомобиля или мотоцикла или максимального тягового усилия на крюке трактора при заданной скорости движения).

Исходными данными для тягового расчета являются основные показатели машины, приведенные в задании по дипломному проектированию.

Максимальная эффективная мощность (кВт) автомобильного или мотоциклетного двигателя может быть определена по формуле

$$N_e = 1,075 \frac{V_{a \max} (\psi m_a g + K_b F V_{a \max}^2 + \delta m_a j_a)}{1000 \eta_m},$$

где m_a – полная масса автомобиля или мотоцикла (складывается из массы снаряжённого автомобиля или мотоцикла и массы полезного груза), кг;

$V_{a \max}$ – максимальная скорость движения автомобиля, м/с;

ψ – коэффициент суммарного сопротивления дороги. Приближённо можно принять:

для легковых автомобилей $\psi = (0,01 \dots 0,5) 10^{-6} V_{a \max}^2$;

для грузовых автомобилей $\psi = (0,015 \dots 0,02) + 6 \cdot 10^{-6} V_{a \max}^2$;

K_b – коэффициент обтекаемости, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$;

F – лобовая площадь машины, м^2 ;

	K_b	F
Легковые автомобили	0,2...0,3	1,5...2,0
Грузовые	0,5...0,7	3,0...6,5
Автобусы	0,35...0,45	3,0...7,5

δ – коэффициент учёта силы инерции приведенных вращающихся масс.

Для его определения можно использовать следующее выражение:

$$\delta = 1,04 + 0,04i_T^2,$$

где i_T – передаточное число коробки передач;

j_a – ускорение автомобиля, которое можно принять равным $0,2 \dots 0,3 \text{ м/с}^2$;

$\eta_T = 0,85 \dots 0,9$ – КПД трансмиссии автомобиля;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Максимальная эффективная мощность тракторного двигателя определяется из условий движения тракторного агрегата по горизонтальной поверхности с учетом возможной перегрузки. При этом считается, что тракторный агрегат укомплектован с учетом полного использования заданной максимальной тяговой силы на крюке ($P_{кр}$). Исходя из этого максимальная эффективная мощность (кВт) двигателя, необходимая для движения тракторного агрегата с заданной скоростью движения, может быть определена по формуле

$$N_e = \frac{P_{кр} V_T}{\eta_T \chi \left(1 - \frac{f}{\lambda_k} \right)},$$

где $P_{кр}$ – заданная максимальная тяговая сила трактора (сила тяги на крюке), Н;

V_T – заданная технологическая скорость трактора (без пробуксовки движителя) при максимальной тяговой силе, м/с;

χ – коэффициент эксплуатационной нагрузки двигателя, учитывающий возможную перегрузку (для тракторов со ступенчатой механической трансмиссией $\chi = 0,85 \dots 0,90$);

η_T – механический КПД трансмиссии и движителя (для колесных тракторов $\eta_T = 0,85 \dots 0,93$; для гусеничных $\eta_T = 0,80 \dots 0,85$);

f – коэффициент сопротивления качению (при движении по стерне $f = 0,08 \dots 0,10$ – для колесных тракторов; $f = 0,06 \dots 0,12$ – для гусеничных);

λ_k – коэффициент нагрузки ведущих колес (для колесных тракторов 4×2 с двумя ведущими колесами $\lambda_k = 0,80 \dots 0,85$; для колесных тракторов 4×4 с четырьмя ведущими колесами и для гусеничных тракторов $\lambda_k = 1$);

φ – коэффициент сцепления движителя с грунтом (при движении тракторного агрегата по стерне без существенной пробуксовки движителя от 6 до 12 % $\varphi = 0,6 \dots 0,7$ – для колесных тракторов; $\varphi = 0,8 \dots 0,85$ – для гусеничных).

Частота вращения коленчатого вала n , при которой двигатель должен развивать максимальную мощность, выбирается из условий качественного протекания рабочего процесса, допустимых тепловых и динамических нагрузок основных деталей и с учетом последних достижений в двигателестроении. Выбор частоты вращения коленчатого вала двигателя согласовывается с руководителем и консультантом дипломного проекта.

6.4. Расчет рабочего цикла двигателя

Цель расчета рабочего цикла двигателя – определение основных индикаторных и эффективных показателей ($p_b, p_e, \eta_m, \eta_b, \eta_e, g_b, g_e$), а также основных размеров двигателя (S, D).

Расчет начинают с обоснования и выбора исходных данных:

температуры окружающей среды – T_0, K ;

подогрева смеси от стенок – ΔT ;

давления окружающей среды – $p_0 = 0,1033$ МПа;

давления остаточных газов – $p_r, \text{МПа}$;

температуры остаточных газов – T_r, K ;

коэффициента использования теплоты – ξ ;

коэффициента полноты диаграммы – φ_n ;

виды топлива (бензин или дизельное топливо);

элементарного состава топлива по массе – (g_c, g_n, g_o);

молекулярной массы топлива – m_r ;

низшей теплоты сгорания топлива – $H_u, \text{кДж/кг}$;

степени увеличения давления – λ_p ;

средней скорости поршня – V_{cp} (или механической КПД η_m);

показателей политропы сжатия n_1 и расширения n_2 .

При проведении расчета определяют [53, с. 3–29; 69, с. 40–105]:

а) параметры рабочего тела действительного цикла в конце процессов впуска, сжатия, сгорания, расширения и выпуска;

б) показатели, характеризующие рабочий цикл и двигатель в целом;

в) основные размеры двигателя (литраж, диаметр цилиндра, ход поршня);

г) дополнительные параметры для построения индикаторной диаграммы.

При выполнении расчета необходимо обратить внимание на его точность, так как ошибка в подсчете одного показателя влечет за собой искажение всего расчета. В связи с этим основные параметры расчета рабочего цикла проектируемого двигателя рекомендуется сопоставлять с аналогичными параметрами существующих прогрессивных двигателей аналогичного класса.

По полученным размерам диаметра цилиндра и хода поршня приступают к окончательной компоновке двигателя, установлению основных размеров, конфигурации двигателя и основных деталей.

В этом разделе обосновывается выбор: типа двигателя (дизельный или бензиновый); особенностей процессов смесеобразования; числа и расположения цилиндров; отношения хода поршня к диаметру цилиндра ($\frac{S}{D}$); отношения радиуса кривошипа к длине ша-

туна ($\lambda = \frac{R}{L}$); применения алюминиевых сплавов, высококачественных материалов и неметаллических материалов.

Форма и размеры деталей устанавливаются из конструктивных соображений с учетом имеющихся статистических данных существующих конструкций двигателей аналогичного класса и назначения.

Необходимо также учитывать лучшие конструктивные решения, достигнутые в новых образцах двигателей аналогичного класса, и перспективы их развития. Выбор всех основных, конструктивных элементов (межцентровое расстояние, размеры картера и т.д.) приводится в записке в виде расчетов.

При выполнении компоновки узлов следует обратить внимание на то, как вписываются узлы в общую компоновку двигателя. В разделе дается анализ массы проектируемого двигателя.

6.5. Расчет кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизма

В этом разделе производят расчеты и строят графики пути, скорости и ускорения поршня в зависимости от угла поворота коленчатого вала (φ , градус). Графики строят в диапазоне изменения угла

поворота коленчатого вала (ПКВ) от 0 до 360 град. ПКВ. Расчет значений определяется аналитически (через угловые интервалы в 10°) [54, с. 7–18; 69, с. 115–123].

В кривошипном механизме при работе возникают усилия, которые определяют условия работы основных наиболее нагруженных деталей. Величине этих усилий может быть определена на основе динамического исследования кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

Динамическое исследование КШМ выполняется для режима максимальной мощности в диапазоне изменения угла поворота коленчатого вала от 0 до 720 град. ПКВ четырехтактного двигателя и от 0 до 360 град. ПКВ – для двухтактного [53, с. 29–54; 54, с. 19–44; 69, с. 124–143].

Расчет значений параметров определяют аналитическим или графическим методом через угловые интервалы в 10 град. ПКВ

Последовательность проведения расчета:

1. Определение по индикаторной диаграмме сил давления газов на поршень P_r и построение графика $P_r = f(\varphi)$.

2. Определение или выбор из статистических данных величин масс движущихся деталей КШМ m_j и $m_{ш}$.

3. Вычисление силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс поршневого комплекта и части шатуна, приведенной к поршневому пальцу P_j . Построение графика $P_j = f(\varphi)$.

4. Вычисление суммарной силы P_Σ , действующей на поршневой палец по направлению оси цилиндра. Построение графика $P_\Sigma = f(\varphi)$.

5. Вычисление суммарной тангенциальной силы T_Σ , действующей на шатунную шейку кривошипа. Построение графика $T_\Sigma = f(\varphi)$.

6. Вычисление суммарной нормальной силы K_Σ , действующей на шатунную шейку кривошипа. Построение графика $K_\Sigma = f(\varphi)$.

7. Построение графика суммарного индикаторного крутящего момента многоцилиндрового двигателя $\Sigma M_{кр} = f(\varphi)$ и определение по нему среднего индикаторного момента двигателя $(\Sigma M_{кр})_{ср}$, вычисление среднего эффективного крутящего момента двигателя.

8. Построение полярной диаграммы результирующих сил, действующих на шатунную шейку кривошипа.

Построение полярной диаграммы в прямоугольных координатах сил T и K , определение средних значений результирующих сил $R_{ср}$ и средних удельных нагрузок на подшипники $q_{ср}$.

По полученным данным динамического расчета производится проверка правильности его выполнения. Для этого по среднему значению крутящего момента определяется мощность двигателя и сравнивается с заданной мощностью. Допустимые отклонения не должны превышать 5 % (проверку можно производить и по крутящему моменту). При вычислениях необходимо учитывать механический КПД двигателя.

6.6. Выбор конструкции агрегатов и систем двигателя

При выборе конструкции агрегатов двигателя учитываются лучшие достижения как отечественного, так и зарубежного двигателестроения.

В ходе разработки конструкции и компоновки узлов, агрегатов и двигателя в целом следует руководствоваться, прежде всего, назначением механизма, а также техническими эксплуатационными и эстетическими требованиями.

При компоновке узлов должны быть решены следующие вопросы: крепление узла к двигателю и подсоединение его к приводам смежных узлов, удобство монтажа и демонтажа, доступность для обслуживания. Особое внимание уделяется вопросам смазывания.

В записке дается обоснование выбора конструкции агрегатов, систем двигателя и размещения их на двигателе.

6.7. Расчет на прочность основных деталей и расчет систем двигателя

Расчет начинается с определения условий работы детали: величины, характера и места приложения нагрузки, термических условий, агрессивности окружающей среды. На основании этого вырабатываются требования к материалу детали, термообработке и технологии изготовления.

Для каждой детали вычерчивается расчетная схема с нанесением приложенных сил, моментов и реакций.

Полученные результаты расчетов необходимо сравнить с допустимыми величинами и сделать вывод о надежности и долговечности спроектированной детали.

Расчету подлежат: детали кривошипно-шатунного механизма, детали газораспределительного механизма, система смазывания, система охлаждения, система питания и система пуска.

6.7.1. Кривошипно-шатунный механизм [54, с. 233–267; 78, с. 86–149]

Ц и л и н д р ы. При расчете цилиндров и гильз цилиндров определяются напряжение на разрыв по образующей и температурное напряжение. Для конструкций с несущими цилиндрами определяются напряжения на разрыв по кольцевому сечению и напряжение на изгиб от боковой силы. Мокрые гильзы рассчитываются также на изгиб от нормальной силы.

Г о л о в к а ц и л и н д р о в. В головке цилиндров рассчитывается: камера сгорания – на изгиб от сил давления газов, а силовые шпильки – на разрыв от суммарной силы предварительной затяжки и максимального давления газов.

П о р ш е н ь. Днище рассчитывается на изгиб; головка проверяется на разрыв и сжатие по канавке маслосъемного кольца; юбка проверяется на удельное давление от нормальной силы; первая межкольцевая перемычка – на изгиб и срез у ее основания. Производится расчет зазоров в соединениях.

П о р ш н е в о й п а л е ц. Определяются удельные давления в бобышках и поршневой головке шатуна; проверяется палец на напряжение изгиба, среза и овализации. Производится расчет зазоров в соединениях.

П о р ш н е в ы е к о л ь ц а. Определяются напряжения изгиба в рабочем состоянии, при одевании кольца на поршень и при обработке. Строится эпюра радиального давления кольца на стенки цилиндра. Производится расчет зазоров в соединениях.

Ш а т у н. Рассчитываются запасы прочности в поршневой головке, стержне, кривошипной головке и шатунных болтах.

К о л е н ч а т ы й в а л. Определяются запасы прочности коренной шейки, шатунной шейки и щеки. Расчет ведётся для одного кривошипа, при этом коленчатый вал рассматривается как разрезная балка.

Для определения максимальных и минимальных значений крутящих моментов за цикл строятся диаграммы набегающих моментов на опорах и шатунных шейках вала. Производится расчет зазоров в соединениях коленчатого вала.

6.7.2. Газораспределительный механизм **[54, с. 401–438; 69, с. 283–315; 78, с. 149–171]**

Расчет газораспределительного механизма начинают с определения основных параметров: диаметра горловины и проходного сечения клапана, максимального значения подъема клапана, фаз газораспределения, построения профиля кулачка, расчета “время–сечение” клапана, определение средней условной скорости газа в проходном сечении клапана. На основании статистических данных определяются массы движущихся частей механизма и выполняется их приведение к клапану и толкателю.

Определяются силы, действующие в клапанном механизме: силы давления газов, инерции и упругости пружины. Строится характеристика пружины.

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

В клапанных пружинах определяют: запас прочности, основные размеры, число свободных колебаний. Основные размеры пружины: $D_{пр}$ – средний диаметр пружины; d – диаметр проволоки; t – шаг пружины; i_p – число рабочих витков.

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. Плечи коромысел рассчитываются на напряжение изгиба, втулки рассчитываются на удельную нагрузку, оси коромысел – на напряжение среза и изгиба.

6.7.3. Система смазывания [78, с. 184–206]

Производится гидродинамический и тепловой расчет подшипника скольжения; определяется количество масла, циркулирующего в системе смазывания, и её ёмкость; выполняется расчет масляного насоса, радиатора; рассчитывается масляный фильтр. Вычерчивается схема системы смазывания.

6.7.4. Система охлаждения [78, с. 172–184]

Производятся расчеты: количества тепла, отводимого в систему охлаждения от двигателя; водяного насоса; радиатора; осевого вентилятора. В двигателях воздушного охлаждения рассчитывается обрешетка головки цилиндра, цилиндров и вентилятор. Определяется ёмкость системы жидкостного охлаждения.

6.7.5. Система питания [69; с. 343–360; с. 78, с. 206–212]

Бензиновый двигатель. Рассчитывается диаметр диффузора и диаметр жиклера карбюратора. По полученным данным расчета подбирается необходимый карбюратор.

Дизельный двигатель. Топливный насос. Рассчитывается цикловая подача топлива на цилиндр. По цикловой подаче устанавливается диаметр и ход плунжера. По данным расчета подбирается необходимый топливный насос.

Форсунка. Подсчитывается площадь проходного сечения всех сопловых отверстий, количество отверстий, диаметр соплового отверстия. По полученным данным подбирается необходимый тип и размер форсунки.

Если в дипломном проекте в качестве спецзадания предусмотрена разработка системы питания, то расчёт производится по специальным источникам.

6.7.6. Система пуска [74, с. 181–182; 78, с. 212–215]

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

6.8. Специальное задание

В этом разделе дается обоснование типа и основных показателей, а также конструктивная разработка узла или системы, указанных в специальном задании на дипломное проектирование. При этом необходимо сделать сравнение с существующими конструкциями по технико-экономическим показателям, надежности и долговечности.

Расчет необходимо вести на наиболее тяжелый режим работы, характерный для данного узла двигателя. Расчеты необходимо сопровождать схемами и эскизами деталей.

Полученные данные расчета сопоставляются с допустимыми величинами.

Если в качестве специального задания указана научно-исследовательская работа, проводимая студентом, то необходимо привести графики, схемы и таблицы, показывающие полноту выполненной работы.

В записке целесообразно дать анализ вариантов конструктивных решений узлов или систем, разрабатываемых в дипломном проекте. При этом должны быть показаны новые разработки и достижения в этой области, а также собственное решение.

В конце расчётной части пояснительной записки составляется краткая техническая характеристика двигателя.

Краткая техническая характеристика двигателя

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

Примерный образец технической характеристики двигателя:

Тип двигателя (тактность, дизельный или бензиновый).

Способ смесеобразования (для дизельных двигателей).

Число и расположение цилиндров.

Порядок работы цилиндров.

Диаметр цилиндра, мм.

Ход поршня, мм.

Рабочий объём, л.

Степень сжатия.

Максимальная мощность, кВт.

Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, об/мин.

Максимальный крутящий момент, Н · м.

Частота вращения при максимальном крутящем моменте, об/мин.

Минимальный удельный расход топлива, г/кВт · ч.

Фазы газораспределения, градус.

Сухая масса двигателя, кг.

Технический ресурс до первого капитального ремонта, часов (км пробега).

Основные заправочные ёмкости:

Системы смазывания, л.

Системы питания, л.

Системы охлаждения, л.

П р и м е ч а н и е. Масса двигателя и технический ресурс принимаются по данным аналогичных конструкций и с учётом принятых конструктивных решений.

6.9. Разработка технологического процесса изготовления детали [56]

Для разработки технологического процесса принимается одна из основных деталей проектируемого узла, содержащая не менее 6–8 операций (позиций) механической обработки.

Весь раздел разработки технологии производства детали подразделяется на две части: графическую и расчётно-пояснительную.

В графическую часть входят: рабочие чертежи детали и заготовки (0,5...1,0 листа формата А1), один лист технологических эскизов (по 4 или 6 эскизов на листе) и чертёж специального приспособления (формат А1 или А2).

Рабочие чертежи детали и заготовки выполняются в масштабе со всеми проекциями, разрезами и сечениями, необходимыми для полного понимания их конструкции (ГОСТ 7505-89).

Операционные эскизы выполняются в одном масштабе после того, как технологический процесс полностью разработан и оформлен в картах. На каждом операционном эскизе изображается деталь в рабочем положении и в том виде, который получается после выполнения операции; указывается способ установки и закрепления детали согласно ГОСТ 3.1107-81; в конечном положении изображается обрабатываемый инструмент. При обработке отверстий сверлением, зенкерованием, развёртыванием, шлифованием режущий инструмент изображается в исходном положении. Поверхности детали, обрабатываемые на данной операции, обводятся утолщёнными линиями. На эскизе указываются размеры с допусками по ГОСТ 2.307-68 и ГОСТ 2.308-79, шероховатость поверхности по ГОСТ 2.309-73 и технические требования

на данную операцию, а также даётся её краткое содержание. Рабочие движения детали и инструмента указываются стрелками. Если движения сложные, то даётся их циклограмма. Вверху эскиза указывается номер операции, а в правом нижнем углу – таблица режимов резания по установленному формату.

В пояснительной записке должны быть освещены следующие вопросы:

1. Назначение и анализ технологичности конструкции детали.
2. Определение типа производства.
3. Выбор метода получения заготовки.
4. Технологический процесс обработки детали:
 - а) выбор и сравнение вариантов технологического процесса механической обработки детали;
 - б) выбор режущего, мерительного, вспомогательного инструмента, приспособлений и смазывающе-охлаждающих жидкостей по операциям;
 - в) расчёт режимов резания;
 - г) нормирование технологического процесса;
 - д) определение потребного количества оборудования.
5. Описание чертежа и принципа работы специального приспособления.

При описании назначения детали особое внимание следует обратить на назначение основных её поверхностей, влияние их взаимного расположения, точности размеров и формы, шероховатости обработки на работу машины или узла в целом. Здесь же приводятся данные о материале детали, его химическом составе и механических свойствах, которые оформляются в виде таблиц.

Целью технологического анализа конструкции детали является выявление недостатков конструкции по номинальной трудоёмкости и металлоёмкости, возможности применения высокопроизводительных методов, а также достаточности сведений, содержащихся на чертеже и в технических требованиях. При этом определяются: возможность и целесообразность замены материала и упрощения конструкции, применения нормализованных и стандартизованных элементов детали; достаточность её жёсткости и доступность поверхностей для обработки, наличие на детали удобных базировочных поверхностей и возможность создания вспомогательных технологических баз (при необходимости); наиболее рациональный способ

получения заготовки с размерами и формой, возможно близкими к готовой детали, обеспечивающей наиболее высокий коэффициент использования металла, возможность уменьшения слесарных и пригоночных работ и упрощение сборки.

Технологический процесс механической обработки детали разрабатывается и сравнивается экономически в двух вариантах. Для подробной разработки выбирается наиболее экономичный вариант, который и даётся в технологических картах. В пояснительной записке проводится только обоснование выбранных операций (в их последовательности), моделей станков, выбранных баз, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента, методов контроля точности размеров, технических требований и шероховатости поверхностей.

По расчёту режимов резания в записке приводится только порядок расчёта. Полученные результаты вписываются в сводную таблицу.

Нормирование технологического процесса для условий массового и серийного производства проводится расчётно-аналитическим способом. При этом основное время определяется на основании выбранных режимов резания, а вспомогательное время, время на обслуживание рабочего места и отдых – по справочным данным. Результаты расчёта сводятся в таблицу.

Определение потребного количества оборудования для массового производства производится на основе штучного времени на операцию и такта выпуска, а для серийного производства – на основании программы выпуска деталей, действительного фонда времени станка при работе в две смены и штучно-калькуляционного времени. Коэффициент загрузки оборудования определяется для каждой операции в отдельности. Затем строится график загрузки оборудования, на котором приводится загрузка каждого станка в отдельности. Средний коэффициент загрузки оборудования по отделению определяется как среднеарифметическое значение коэффициентов загрузки всех станков.

6.10. Техничко-экономические показатели [55]

Экономическая часть дипломного проекта выполняется в соответствии с последними разработанными методическими указаниями кафедры «Экономика и управление на транспорте» и рекомендациями консультанта этой кафедры.

6.11. Требования охраны труда и техники безопасности [73]

В проекте должны быть отражены общие и специальные требования безопасности, предъявляемые к двигателю. В содержание раздела входит выбор технических устройств по охране труда, технике безопасности и противопожарным мероприятиям. Даются характеристики и анализ потенциальных опасностей разрабатываемого двигателя или научно-исследовательской темы с точки зрения охраны труда и природы (избыточное тепловыделение, загазованность, шум, вибрации, возможность нанесения травмы человеку подвижными частями и т.п.). Также принимаются меры по профилактике травматизма и профзаболеваний.

Отдельные вопросы по охране труда могут быть отражены в других разделах проекта в комплексе с рассматриваемыми там вопросами. Так, например, в конструкции двигателя применяются защитные кожухи, ограждения и т.п., в технологической части применяются безопасные приемы и операции обработки детали и т.д.

В разделе должны быть отражены следующие вопросы:

1. Общегосударственное значение и задачи охраны труда и природы, техники безопасности (используются материалы постановлений правительства и профсоюзов).

2. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность труда при разработке:

- а) двигателя внутреннего сгорания, предусмотренного проектом;
- б) оборудования для испытаний;
- в) научно-исследовательской темы.

3. Порядок выполнения аварийных работ при нарушении целостности и герметичности емкостей с горючими, смазочными, ядовитыми жидкостями или газами.

4. Техника безопасности при работе с двигателем:

- а) опасности, возникающие при эксплуатации;
- б) расчеты прочности и коэффициенты безопасности;
- в) предохранительные устройства;
- ж) газозащитные, парозащитные и пылезащитные приспособления и устройства;
- з) оградительные устройства в конструкции двигателя;
- и) индивидуальные средства защиты при работе с двигателем;
- к) способы аварийной остановки двигателя;

л) мероприятия, предупреждающие воздействие на человека агрессивных и токсических веществ и газов, образующихся при работе двигателя; их краткая характеристика.

5. Оценка надежности конструктивных решений по технике безопасности, принятых в проекте.

6. Анализ разработанной конструкции с точки зрения мер по устранению или уменьшению выделения вредных газов и паров.

7. Анализ потенциальных опасностей, возникающих при эксплуатации двигателей.

8. Разработка мероприятий по борьбе с шумами и вибрациями двигателя и оборудования, при испытании их и при выполнении научно-исследовательской темы.

Требованиям техники безопасности должны удовлетворять конструктивные решения как двигателя в целом, так и всех его узлов.

В пояснительной записке даются укрупненные обоснования принятых решений по вопросам охраны труда и техники безопасности с использованием новейших достижений. В записке желательно также привести приближенный расчет затрат на мероприятия по технике безопасности.

6.12. Заключение

В этом разделе приводится сравнение спроектированного двигателя с аналогичными конструкциями данного класса.

Необходимо отметить нововведения, сделанные в конструкции, мероприятия по повышению прочности, долговечности и надежности деталей и систем двигателя, а также срока их службы.

Необходимо сделать выводы о перспективах дальнейшего развития такого типа двигателей.

Следует также дать заключение о рентабельности серийного производства двигателя и представить укрупненные показатели ожидаемого эффекта от внедрения в производство и эксплуатацию спроектированного двигателя.

В заключении указывается назначение спроектированного двигателя и обоснование масштабов производства, а также соответствие его нормативным требованиям по экологическим и другим показателям.

6.13. Список использованных источников

В список использованных источников, составленный при проектировании, включаются все литературные источники и отдельные материалы. Список составляется в порядке упоминания литературы в тексте пояснительной записки.

Все данные о литературном источнике приводятся в соответствии с ГОСТ 7.1-2003, с необходимой полнотой для отыскания его в библиотеках. Пунктуация и сокращения должны быть общепринятыми.

ЛИТЕРАТУРА

1. МИ БНТУ 3.001-2003. Дипломное проектирование: методическая инструкция Белорусского национального технического университета / Единая система стандартизации БНТУ. – Мн.: БНТУ, 2003. – 41 с.

2. СТБ 22.0.1-96. Система стандартов в сфере образования. Основные положения.

3. СТБ 6.38-95. Унифицированные системы документации Республики Беларусь. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов.

4. СТБ П 22.0.4-2002. Система стандартов в сфере образования. Термины и определения.

5. ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

6. ГОСТ 2.104-68. Единая система конструкторской документации. Основные надписи.

7. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

8. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

9. ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам.

10. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы.

11. ГОСТ 2.302-68. Единая система конструкторской документации. Масштабы.
12. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации. Линии.
13. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные.
14. ГОСТ 2.305-68. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения.
15. ГОСТ 2.306-68. Единая система конструкторской документации. Обозначения графических материалов и правила нанесения на чертежах.
16. ГОСТ 2.307-68. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений.
17. ГОСТ 2.308-79. Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.
18. ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатостей поверхностей. С изменениями от 01.01.2004 г.
19. ГОСТ 2.310-68. Единая система конструкторской документации. Нанесение на чертежах покрытий, термической и других видов обработки.
20. ГОСТ 2.311-68. Единая система конструкторской документации. Изображение резьбы.
21. ГОСТ 2.312-72. Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
22. ГОСТ 2.315-68. Единая система конструкторской документации. Изображения упрощённые и условные крепёжных деталей.
23. ГОСТ 2.316-68. Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.
24. ГОСТ 2.321-84. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные.
25. ГОСТ 2.401-68. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей пружин.
26. ГОСТ 2.409-74. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей зубчатых (шлицевых) соединений.

27. ГОСТ 2.702-75. Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
28. ГОСТ 2.704-76. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
29. ГОСТ 2.721-74. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.
30. ГОСТ 2.770-68. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики.
31. ГОСТ 2.780-96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Кондиционеры рабочей среды, ёмкости гидравлические и пневматические.
32. ГОСТ 2.781-96. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные.
33. ГОСТ 2.785-70. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Арматура трубопроводная.
34. ГОСТ 3.1107-81. Единая система конструкторской документации. Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения.
35. ГОСТ 7.1-2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления.
36. ГОСТ 7.9-95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.
37. ГОСТ 7.32-2003. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
38. ГОСТ 7.82-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления.
39. ГОСТ 8.417-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин.
40. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

41. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.

42. ОКРБ 006-96. Профессии рабочих и должности служащих. Основные положения.

43. ОКРБ 011-2001. Специальности и квалификации.

44. РД РБ 0410.42-95. Словарь общетехнических терминов и их определений.

45. РД РБ 02100.0.001-2000. Система стандартов в сфере образования. Порядок разработки, утверждения и введения в действие руководящих документов Республики Беларусь (образовательных стандартов). Основные положения.

46. РД РБ 03180.500-99. Единая система квалификации и кодирования технико-экономической и социальной информации Республики Беларусь. Порядок разработки и ведения Общегосударственного классификатора Республики Беларусь «Специальности и квалификации».

47. СТП БНТУ 3.01-2003. Курсовое проектирование.

48. Инструкция по подготовке, оформлению и представлению к защите дипломных работ в высших учебных заведениях. Утверждена приказом Министра образования Республики Беларусь от 27.06.1997 г. № 365.

49. Положение о государственных экзаменационных комиссиях в высших учебных заведениях Республики Беларусь. Утверждено приказом Министра образования Республики Беларусь от 27.06.1997 г. № 365.

50. Автомобильные двигатели / М.В. Архангельский [и др.]; под ред. М.С. Ховаха. – М.: Машиностроение, 1977. – 591 с.: ил.

51. Акатов, Е.И. Судовые роторные двигатели. – М.: Судостроение, 1963. – 208 с.

52. Артамонов, М.Р., Панкратов, Г.П. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей. – М.: Машиностроение, 1963. – 520 с.: ил.

53. Вершина, Г.А., Якубенко, Г.Я. Методическое пособие по курсам «Теория рабочих процессов ДВС» и «Динамика ДВС» для студентов специальности Т 05.10.00. «Двигатели внутреннего сгорания» – Мн.: ЗАО Техноперспектива, 2001. – 88 с.

54. Конструкция и расчет автотракторных двигателей / М.М. Вихерт [и др.]. – М.: Машиностроение, 1964. – 552 с.: ил.

55. Гайнутдинов, Э.М. Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта для студентов специальностей 0523 и 0513. – Мн.: БПИ, 1976. – 32 с.

56. Горбацевич, А.Ф., Шкред, В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высшая школа, 1983. – 256 с.: ил.

57. Грехов, В.В., Иващенко, Н.А., Марков, В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов. – М.: Легион – Автодата, 2004. – 257 с.: ил.

58. Григорьев, М.А., Долецкий, В.А. Обеспечение надёжности двигателей. – М.: Издательство стандартов, 1977. – 324 с.: ил.

59. Гришкевич, А.И. Автомобили. Теория: учебник для вузов. – Мн.: Высшая школа, 1986. – 208 с.: ил.

60. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. – 4-е изд., перераб. и доп. / В.П. Алексеев [и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1990. – 283 с.: ил.

61. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей: учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – 4-е изд., перераб. и доп. / Д.Н. Вырубов [и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1983. – 375 с.: ил.

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

63. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. – 3-е изд., перераб. и доп. / С.И. Ефимов [и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.: ил.

64. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов: учебник / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 1995. – 368 с.: ил.

65. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: учебник / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 1995. – 319 с.: ил.

66. Дизели: справочник / Под общ. ред. В.А. Ваншейдта, Н.Н. Иванченко, Л.К. Коллерова. – Л.: Машиностроение, 1977. – 480 с.

67. Железко, Б.Е. Основы теории и динамика автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1980. – 304 с.: ил.

68. Железко, Б.Е., Адамов, В.М., Есьман, Р.И. Термодинамика, теплопередача и двигатели внутреннего сгорания. – Мн.: Высшая школа, 1985. – 271 с.

69. Колчин, А.И., Демидов, В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1980. – 400 с.: ил.

70. Колчин, А.И. Демидов, В.П. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.: ил.

71. Кульчицкий, А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие для высшей школы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академический Проект, 2004. – 400 с.: ил.

72. Кухарёнок, Г.М. Рабочий процесс высокооборотных дизелей. Методы и средства совершенствования. – Мн.: БГПА, 1999. – 180 с.: ил.

73. Лазаренков, А.М. Методические указания к дипломному проектированию по разделу охрана труда для студентов специальностей 0523 «Двигатели внутреннего сгорания». – Мн.: БПИ, 1978. – 32 с.

74. Лышевский, А.С., Кутуков, А.А. Проектирование двигателей внутреннего сгорания. – Новочеркасск: НПИ, 1971. – 310 с.: ил.

75. Мотоцикл: теория, конструкция, расчет / С.Ю. Иваницкий [и др.]. – М.: Машиностроение, 1971. – 408 с.

76. Попык, К.Г. Конструирование и расчёт автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 1973. – 400 с.

77. Пospelов, Д.Р. Двигатели внутреннего сгорания с воздушным охлаждением: теория и расчёт. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971. – 535 с.: ил.

78. Расчёт и конструирование автомобильных и тракторных двигателей (дипломное проектирование): учебное пособие для вузов / Б.Е. Железко [и др.]. – Мн.: Высшая школа, 1987. – 247 с.: ил.

79. Теория двигателей внутреннего сгорания / Под ред. Н.Х. Дьяченко. – Л.: Машиностроение, 1974. – 552 с.: ил.

80. Топливные системы и экономичность дизелей / И.В. Астахов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1990. – 287 с.: ил.

81. Тракторные дизели: справочник / Под общ. ред. Б.А. Взорова. – М.: Машиностроение, 1981. – 535 с.
82. Тракторы. Теория: учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов [и др.]; под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.: ил.
83. Транспорт и окружающая среда: учебник / М.М. Болбас [и др.]; под общ. ред. М.М. Болбаса. – Мн.: Технопринт, 2003. – 262 с.
84. Файнлейб, Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленинградское отд-ние, 1990. – 352 с.: ил.
85. Элементы системы автоматизированного проектирования ДВС Алгоритмы прикладных программ: учебное пособие для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Р.М. Петриченко [и др.]; под общ. ред. Р.М. Петриченко. – Л.: Машиностроение; Ленинградское отд-ние, 1990. – 328 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

(обязательное)

Форма задания по дипломному проектированию

Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Автотракторный факультет

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

ФИО

« _____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ ПО ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

студенту-дипломнику группы _____

Специальность _____ (шифр) _____ номер _____ инициалы и фамилия _____
"Двигатели внутреннего сгорания"

1. Тема проекта _____

Утверждена приказом ректора БНТУ от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Дата выдачи задания « _____ » _____ 20__ г.

3. Срок сдачи законченного проекта « _____ » _____ 20__ г.

4. Исходные данные к проекту: _____

4.1 _____

4.2 _____

4.3 _____

4.4 _____

5. Специальное задание _____

Основные технические показатели _____

6. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

6.1. Содержание _____ 1 с.

6.2. Введение _____ 1–2 с.

6.3. Патентно-информационный поиск по спецзаданию _____ 4–5 с.

6.4. Тяговый расчет машины _____ 2–4 с.

6.5. Расчет рабочего цикла двигателя _____ 5–6 с.

6.6. Расчет кинематики и динамики КШМ	4–6 с.
6.7. Выбор конструкции агрегатов и систем двигателя	3–4 с.
6.8. Расчет на прочность основных деталей и расчет систем двигателя	8–11 с.
6.9. Специальное задание	6–9 с.
6.10. Разработка технологического процесса изготовления детали	5–7 с.
6.11. Техничко-экономические показатели	5–7 с.
6.12. Требования охраны труда и техники безопасности	4–6 с.
6.13. Заключение	1 с.
6.14. Список использованных источников	1 с.

7. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, схем, диаграмм и т.д.)

7.1. Диаграммы теплового и динамического расчетов двигателя	1 л
7.2. Чертеж общего вида двигателя (поперечный, продольный разрезы)	1–2 л
7.3. Графическая иллюстрация специального задания	4–5 л
7.3.1.	л
7.3.2.	л
7.3.3.	л
7.3.4.	л
7.4. Технологическая часть проекта	2–3 л
7.5. Графики и таблицы экономических расчетов	1–2 л

8. Консультанты по проекту (с указанием разделов)

8.1 Конструкторская часть (п.п. 6.2 ... 6.9, 7.1 ... 7.3)

8.2 Технологическая часть (п.п. 6.10 и 7.4)

8.3 Экономическая часть (п.п. 6.11 и 7.5)

9. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования с указанием выполнения отдельных этапов

9.1. Сбор материала	20.03
9.2. Пункты 6.2 ... 6.6 и 7.1	01.04
9.3. Пункты 6.7, 6.8 и 7.2	05.05
9.4. Пункты 6.9 и 7.3	15.05
9.5. Пункты 6.10 и 7.4	22.05
9.6. Пункты 6.11 и 7.5	01.06
9.7. Пункты 6.12... 6.14	05.06
9.8. Оформление проекта	10.06

Руководитель _____

подпись, дата

ученая степень, звание

инициалы, фамилия

Студент-дипломник

принял задание к исполнению _____

подпись, дата

инициалы, фамилия

Примечание. Примерное количество страниц разделов пояснительной записки указано для компьютерного набора.

Приложение Б
(обязательное)

Форма титульного листа пояснительной записки дипломного проекта

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Автотракторный факультет

Кафедра « Двигатели внутреннего сгорания »

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ подпись _____ инициалы и фамилия
« ____ » _____ 20__ г.

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

« _____ »
наименование темы

Специальность _____ «Двигатели внутреннего сгорания»
шифр

Студент-дипломник группы _____ номер _____	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия
Руководитель	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия
Консультанты: по конструкторской части	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия
по технологической части	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия
по экономической части	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия
Ответственный за нормоконтроль	_____	_____
	подпись, дата	инициалы и фамилия

Объем проекта:
пояснительная записка – _____ страниц;
графическая часть – _____ листов;
магнитные (цифровые) носители – _____ единиц

Минск 20__

Приложение В

(справочное)

Образец оформления реферата
к пояснительной записке дипломного проекта

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка дипломного проекта: 120 с., 11 рис., 19 табл., 21 источник, 9 прил.

ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СИСТЕМА ПИТАНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Объектом разработки является дизельный двигатель жидкостно-го охлаждения для колёсного трактора с номинальной тягой 16 кН.

Цель проекта: определить основные показатели рабочего цикла двигателя, динамические нагрузки, действующие на основные детали двигателя; выбрать конструкцию агрегатов и систем двигателя; провести расчёт на прочность основных деталей и расчёт систем двигателя, включая систему питания с элементами новизны; а также разработать технологический процесс изготовления шестерни привода топливного насоса высокого давления и оценить перспективность проекта двигателя с помощью технико-экономических показателей.

В процессе проектирования выполнены следующие разработки: предложена конструкция форсунки, обеспечивающая высокие показатели впрыскивания топлива, и управление процессом подачи топлива в зависимости от режимов работы двигателя.

Элементами практической значимости предложенных в проекте решений является повышение топливной экономичности, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу и виброакустических показателей процесса сгорания топлива в дизельном двигателе.

Областью возможного практического применения являются дизельные двигатели тракторов и автомобилей.

В проекте нашли отражение вопросы охраны труда и техники безопасности при испытаниях двигателя на заводе и при обслуживании его в условиях эксплуатации.

Приведенный в дипломном проекте расчетно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого двигателя, все заимствованные из литературных и других источников теоретические и методологические положения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

Приложение Г (обязательное)

Форма ведомости объема дипломного проекта

Ведомость объема дипломного проекта

Формат	Обозначение	Наименование	Количество листов	Примечание
A4	—	Задание по дипломному проектированию	1	
A4	—	Пояснительная записка	...	
A1	(обозначение первого листа графической части)	(наименование первого листа графической части)	1	
A1	(приводится перечень листов графической части)			
ДП-.....*-ДО-2005				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Конс.				
Рук.				
Н.контр.				
Зав. кафедрой				
Ведомость объема дипломного проекта			Литера	Лист
			У	1
			1 - 37.01.01 БНТУ, АТФ, г. Минск	

* Номер зачетной книжки дипломника.

Приложение Д (справочное)

Образец заполнения основной надписи
на графической части дипломного проекта

					ДП-..... ⁽¹⁾ -ДО-2005 – 02 ⁽⁷⁾				
					Дизельный двигатель для трактора. ⁽²⁾ Двигатель. Чертёж общего вида ⁽³⁾	Лит.	Мас-са	Мас-штаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У	(5)	(6)	
Разраб.									
Конс.									
						Лист 02		Листов 13	
Рук.					(4)	1 – 37.01.01			
Н.контр.						БНТУ, АТФ, г. Минск			
Зав. кафедрой									

Примечания:

1. Номер зачетной книжки дипломника.
2. Наименование объекта проектирования.
3. Наименование листа дипломного проекта.
4. Обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей).
5. Масса изделия по ГОСТ 2.109-73.
6. Масштаб проставляется в соответствии с ГОСТ 2.302-68 и ГОСТ 2.109-73.
7. Номер листа графической части проекта.

Приложение Ж

(справочное)

Примеры библиографического описания изданий

Характеристика источника	Пример оформления
1	2
Один, два или три автора	Савицкая, Г.В. Анализ эффективности деятельности предприятия: методологические аспекты. – М.: ООО «Новое знание», 2003. – 159 с.: табл. Миклашевич, И.А. Микромеханика разрушения в обобщённых пространствах. – Мн.: Логвинов, 2003. – 197 с.: ил. Белов, Г.В., Быцкевич, В.М. Технология промышленного менеджмента. – М.: Металлургия, 2000. – 288 с.: ил. Невзоров, Л.А., Гудков, Ю.И., Полосин, М.Д. Устройство и эксплуатация грузоподъёмных кранов: учебник. – 2-е изд., стер. – М.: Academia, 2002. – 443 с.: ил.
Более трех авторов	Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций / С.А. Куркин [и др.]; под ред. С.А. Куркина, В.М. Ховова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 463 с.: ил.
Учебник, учебное пособие, словарь, справочник	Эксплуатация и техническое обслуживание дорожных машин, автомобилей и тракторов: учебник / С.Ф. Головин [и др.]; под ред. Е.С. Локшина. – М.: Мастерство, 2002. – 462 с.: ил. Климович, Л.К. Основы менеджмента: учебное пособие для втузов по специальности «Коммерческая деятельность». – Мн.: ДизайнПРО, 2003. – 159 с.: ил. Иллюстрированный словарь по искусству и архитектуре / Сост.: Р.П. Андреева. – СПб.: Издательский дом «Литера», 2003. – 447 с.: ил. Колёса и шины: краткий справочник / Сост. А.М. Ладыгин. – М.: За рулём, 2002. – 122 с.: ил.
Методические указания	Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Технология оборудования восстановления деталей машин и приборов» для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов» / Сост.: Е.Н. Шашевская. – Мн.: БНТУ, 2003. – 20 с.

1	2
Многотомное издание	Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. – 8-е изд., перераб. и доп. / Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001.
Отдельный том в многотомном издании	Иконников, А.В. Архитектура XX века. Утопия и реальность. В 2 т. Т.1. – М.: Прогресс – Традиция, 2001. – 655 с.: ил.
Сборник статей, трудов	Совершенствование методов гидравлических расчётов водопропускных и очистных сооружений: межвузовский научный сборник / Саратовский государственный технический университет; отв. ред. Л.И. Высоцкий. – Саратов: СГТУ, 2002. – 98 с.: ил.
Стандарт	СТБ 5.3.08-2003. Национальная система сертификации Республики Беларусь. Порядок проведения сертификации услуг химической чистки и крашения. – Введ. 01.11.2003. – Мн.: БелГИСС: Госстандарт, 2003. – 20 с. ГОСТ 8.420-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности. – Взамен ГОСТ 8.420-81; Введ. 01.09.2003; Республика Беларусь 01.09.03. – Мн.: БелГИСС: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2003. – 6 с.
Статья из журнала	Кравец, Ф.К., Левко, Р.Р. Динамика системы подготовки сжатого воздуха пневмопривода технологических машин // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2003. – №4. – С. 44 – 49.
Статья из газеты	Белый, С. Электроэнергетика Беларуси: настоящее и будущее // Рэспубліка. – 2003. – 20 снежня. – С. 12.
Тезисы докладов и материалы конференций	Современные методы проектирования машин. Расчёт, конструирование и технология изготовления: сборник трудов первой Международной конференции, Минск, 11–13 декабря 2002 г. / Под общ. ред. П.А. Витязя. – Мн.: Технопринт, 2002. – В 3т.

1	2
<p>Электронные ресурсы локального доступа</p>	<p>Цветков, В.Я. Компьютерная графика: рабочая программа: электронный ресурс: для студентов заочной формы обучения геодез. и других специальностей / В.Я. Цветков. – Электронные данные и прогр. – М.: МИИГАиК, 1999. – 1 дискета. – Система требования: IBM PC, Windows 95, Word 6.0. – Загл. с экрана. – № гос. регистрации 0329900020.</p> <p>Российская академия наук. Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук. Вестник ОГГГТН РАН [Электронный ресурс] / Объед. ин-т физики Земли им. О.Ю.Шмидта Рос. Акад. наук. – Электрон. журн. – М.: ОГГГТН РАН, 1997. – 4 дискеты. – Систем. требования: от 386; Windows; Internet-браузер кл. Netscape Navigator 3.0 и выше. – Периодичность выхода 4 раза в год.</p> <p>Internet шаг за шагом: электронный ресурс: интерактив. учебник – Электронные данные и прогр. – СПб.: Питер-Ком, 1997. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – прил. (127 с.). – Систем. требования: ПК от 486 DX 66 МГц; RAM 16 Мб; Windows 95; зв. плата; динамики или наушники. – Загл. с экрана.</p> <p>Oxford interactive encyclopedia: электронный ресурс. – Электронные данные и прогр. – [Б.м.]: The Learning Company, 1997. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв., цв.; 12 см. – Систем. требования: ПК от 486; Windows 95 или Windows 3.1; дисковод CD-ROM; зв. карта. – Загл. с этикетки диска.</p>
<p>Электронные ресурсы удалённого доступа</p>	<p>Российская государственная библиотека: электронный ресурс / Центр информ. технологий РГБ; ред. Т.В. Влащенко; Web – мастер Н.В. Козлова – Электрон. дан. – М.: Рос. гос. б-ка, 1997. – Режим доступа: http://www.rsl.ru, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.</p> <p>Российский сводный каталог по НТЛ: электронный ресурс: база данных содержит сведения о зарубеж. и отечеств. кн. и зарубеж. период. изд. по естеств. наукам, технике, сел. хоз-ву и медицине, поступившие в организации-участницы Автоматизированной системы Рос. свод. кат. по науч.-техн. лит.: ежегод. пополнение ок. 30 тыс. записей по всем видам изд. – Электрон. дан. (3 файла). – М.: [199]. – Режим доступа: http://www.gpntb/ru/win/search/help/rsk.html. – Загл. с экрана.</p>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	6
3. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ.....	7
4. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	9
5. СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЁМ И ОФОРМЛЕНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....	12
5.1. Оформление графической части дипломного проекта. . . .	12
5.2. Оформление пояснительной записки дипломного проекта. .	14
6. СОДЕРЖАНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА.....	25
6.1. Введение.....	25
6.2. Патентно-информационный поиск по спецзаданию. . . .	25
6.3. Тяговый расчет машины.....	26
6.4. Расчет рабочего цикла двигателя.....	28
6.5. Расчет кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизм.....	29
6.6. Выбор конструкции агрегатов и систем двигателя.....	31
6.7. Расчет на прочность основных деталей и расчет систем двигателя.....	31
6.8. Специальное задание.....	34
6.9. Разработка технологического процесса изготовления детали.....	36
6.10. Техничко-экономические показатели.....	38
6.11. Требования охраны труда и техники безопасности.....	39
6.12. Заключение.....	40
6.13. Список использованных источников.....	41
ЛИТЕРАТУРА.....	41
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	48

Учебное издание

ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические указания
для студентов специальности
1-37 01 01 "Двигатели внутреннего сгорания"

Составители:
АЛЬФЕРОВИЧ Владимир Викентьевич
БАРМИН Виталий Александрович
РУСЕЦКИЙ Игорь Константинович

Редактор Л.Н. Дубовик
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

Подписано в печать 13.10.2006.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 3,3. Уч.-изд. л.2,6. Тираж 300. Заказ 389.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.
220013, Минск, проспект Независимости, 65.