

**КУЙБЫШЕВСКИЙ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА**

**КОНСТРУКЦИЯ
И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Куйбышев 1979

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева

К О Н С Т Р У К Ц И Я
И П Р О Е К Т И Р О В А Н И Е Д В И Г А Т Е Л Е Й
Л Е Т А Т Е Л Ь Н Ы Х А П П А Р А Т О В

Методические указания к курсовому проекту
для специальности 0538

УДК 621.455(075)

Составитель Д.Ф. П и ч у г и н

Рецензенты: проф. А.И. Б е л о у с о в,
доц. Н.И. С т а р ц е в

Рассмотрены и утверждены
редакционно-издательским советом
института 17.II.78

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовое проектирование способствует углублению и обобщению знаний, получаемых студентам на лекциях и лабораторных занятиях, и применению этих знаний к комплексному решению конкретной инженерной задачи. Наряду с этим студент учится правилам выполнения расчетов, пользования справочной литературой и составления пояснительной записки.

Курсовой проект по курсу "Конструкция двигателей летательных аппаратов" является продолжением курсовой работы по курсу "Теория ДЛА", курсового проекта по курсу "Динамика и прочность ДЛА" и выполняется параллельно с курсовой работой по курсу "Теория теплообмена".

Из курсовой работы по курсу "Теория ДЛА" должны быть взяты следующие данные:

назначение ДУ;

тяга;

компоненты топлива;

соотношение компонентов и их массовые расходы;

давление на входе в сопло и на его срезе;

число полетов ЛА;

число запусков двигателя в одном полете;

время работы двигателя в течение одного запуска;

вид системы топливоподачи;

участие двигателя в управлении ЛА по тангажу, рысканию, крену;

схемы и размеры форсунок головки;

схема головки;

контур и газодинамические размеры камеры.

Из курсового проекта по курсу "Динамика и прочность ДДА" берутся данные по турбонасосному агрегату:

давление на входе в насосы и на выходе из них;

производительность насосов;

компоновочная схема ТНА;

габариты ТНА.

Из курсовой работы по курсу "Теория теплообмена" берутся данные по системе теплозащиты элементов камеры:

вид системы теплозащиты камеры;

места входа и выхода охладителя из тракта охлаждения, если применено проточное охлаждение;

параметры тракта охлаждения по сечениям камеры (размеры тракта охлаждения, значения $T_{c,r}$, $T_{c,x}$, $T_{c,d}$).

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА

При выполнении курсового проекта необходимо:

разработать принципиальную схему двигательной установки (ДУ)	16% объема,
разработать компоновочную схему двигателя	8%,
произвести конструктивную компоновку камеры двигателя	40%,
выбрать материалы для изготовления деталей камеры и рассчитать ее элементы на прочность	16%,
выбрать технологии изготовления деталей, сборки и испытания камеры, вычертить сборочный чертёж и назначить технические требования на сборку и испытания	12%,
оформить пояснительную записку	8%.

Графическая часть проекта составляет 3-4 листа ватмана формата 24 (А-1), а пояснительная записка - 30-40 листов бумаги формата II (А-4).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

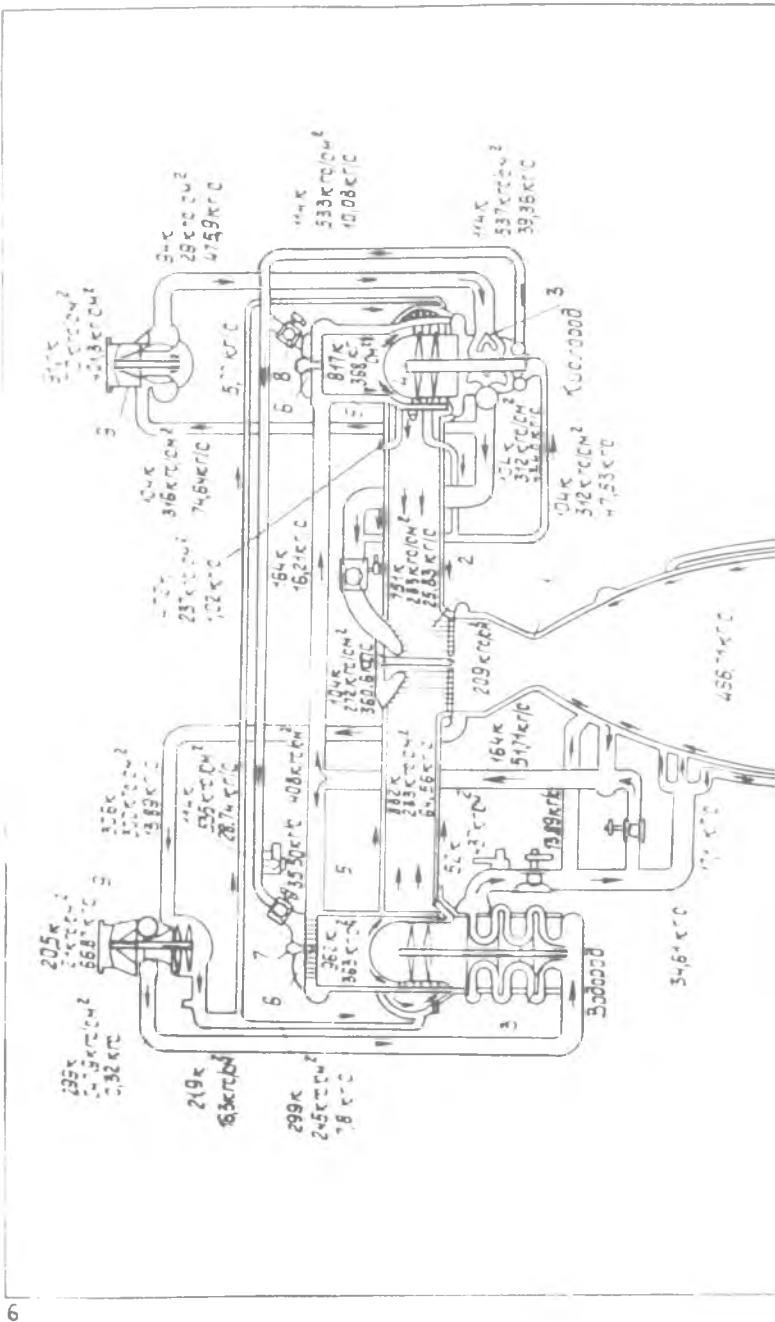
Вначале разрабатывается предварительный вариант принципиальной схемы двигательной установки [I , гл. 3] в виде пневмогидравлической схемы, на которой должны быть представлены все агрегаты и связи между ними.* На схеме около агрегатов должны быть нанесены номера (позиции) и основные параметры: для баков - масса, температура компонента и давление наддува, для остальных агрегатов - расход вещества, температура и давление (на входе и на выходе). На схеме внизу или на отдельном листе дается расшифровка позиций (рис. I).

Принципиальная схема разрабатывается на основе схемы прототипа или же путем комбинирования схем нескольких ДУ. Окончательный вариант схемы разрабатывается после выбора и расчета системы теплозащиты элементов камеры в процессе выполнения курсовой работы по курсу "Теория теплообмена" и вычерчивается на миллиметровой бумаге формата II или I2 (A-3) для помещения в пояснительную записку.

Затем разрабатывается компоновочная схема двигателя [I , гл. 5], на которой изображаются все основные агрегаты (камера, ТНА, ШГ, клапаны, регуляторы, узлы подвески) в виде внешних контуров, их взаимное расположение и соединения. Обычно показываются два вида на двигатель в проекционной связи (вид сбоку и вид сверху) так, чтобы было видно наибольшее число агрегатов, позиции которых должны соответствовать позициям принципиальной схемы. Компоновочная схема вычерчивается на миллиметровой бумаге формата II или I2 и также помещается в пояснительную записку.

При конструктивной компоновке камеры вначале на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1 изображается газодинамический контур камеры, а затем начинается последовательная разработка конструкции головки, корпуса камеры с коллекторами и патрубками, узлов крепления агрегатов к камере и двигателя к летательному аппарату [2].

*Электрическая схема соединений агрегатов разрабатывается только в качестве специального задания по указанию консультанта.



Одновременно с компоновкой выбираются материалы для изготовления деталей [3], проводятся расчеты общей и местной прочности корпуса камеры, головки, коллекторов, узлов крепления и устойчивости выходной части сопла, в результате чего определяются недостающие размеры деталей камеры. Для определения величины осевой силы, действующей в сечениях корпуса камеры, и величины перепада давления, действующего на его стенки, необходимо построить распределение давления газов по длине корпуса, воспользовавшись газодинамическими функциями.

На миллиметровке должны быть показаны вид сбоку с продольным разрезом верхней половины камеры, вид на нее со стороны головки (для показа угловой координации элементов), виды по стрелкам или выносные сечения для выявления конструкции отдельных элементов (форсунок, штуцеров замера давления, патрубков, коллекторов, сливных пробок) и виды их соединений. Обязательно выносятся соединения головки с корпусом камеры (вид сечения до и после постановки соединительных полуколец).

При компоновке также прорабатываются вопросы технологии изготовления деталей камеры, ее сборки и испытаний [4].

После визирования компоновки консультантом студент на основе ее вычерчивает сборочный чертеж камеры и составляет пояснительную записку к проекту.

В проект может быть включено специальное задание, предусматривающее более подробную разработку отдельных систем ДУ, оригинальной сборочной единицы, составление рабочих чертежей, проведение нестандартных расчетов.

Просмотрев чертеж и записку, консультант дает отзыв о работе студента в период проектирования и свою оценку проекта, что является основанием для представления проекта к защите.

Курсовой проект является самостоятельной работой студента, который отвечает как за обоснованность принятых решений, так и за качество оформления проекта и за выполнение его в срок. Консультант постановкой наводящих вопросов и указанием необходимой литературы лишь направляет студента на правильный путь решения задачи.

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сборочный чертеж камеры вычерчивается на ватмане с обязательным выполнением требований ГОСТ ЕСКД. Он, как и компоновка камеры, должен иметь два вида в масштабе 1:1.

С целью экономии бумаги при больших размерах камеры допускается:

- сдвиг осевой линии камеры вниз от линии симметрии листа с обрывом нижней (неразрезанной) части;
- обрывы по длине камеры на участках, где нет изменения конструкции корпуса;
- сдвиг вниз оси отдельного отрезанного участка сопла;
- вычерчивание вида со стороны головки в масштабе 1:2;
- совмещение с последним видом поперечных сечений головки или вида по стрелке со стороны огневого днища;
- выполнение видов по стрелкам или выносных сечений в масштабе 2:1 или 5:1.

На чертеже должны быть:

- проставлены виды сварки и пайки согласно ГОСТ 2.312-68 и 2.313-68 соответственно;
- проставлены координационные, посадочные, справочные, присоединительные и габаритные размеры с указанием допусков и посадок, и также межосевые расстояния, типы и размеры резьб;
- нанесены номера позиций деталей;
- выполнены надписи: основная по ГОСТу 2.104-68 (рис. 2) и пояснительная - по ГОСТу 2.316-68.

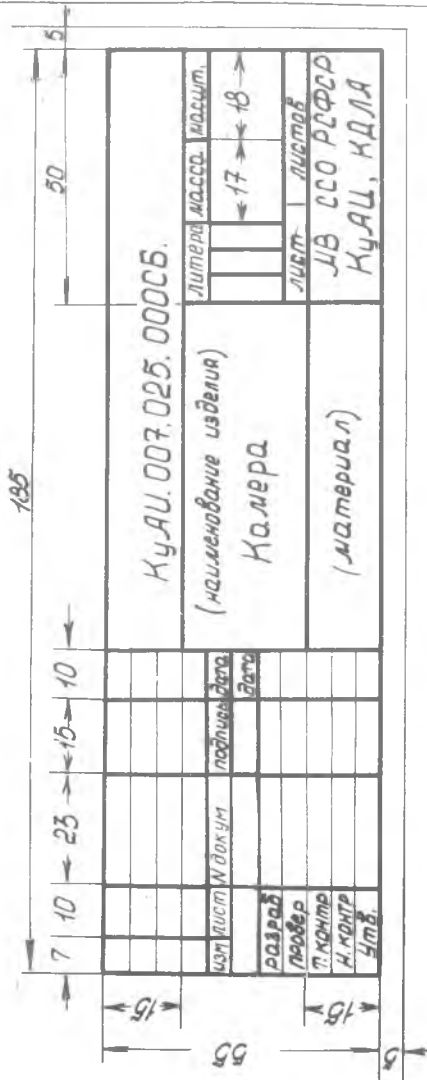
Пояснительная надпись включает основные технические требования на заключительные операции сборки камеры (сварку головки с корпусом, приварку кронштейнов узлов крепления), на окончательный контроль ее качества и на подготовку камеры к транспортировке или хранению.

Однородные и близкие по своему характеру требования группируются по возможности вместе в следующей последовательности:

- требования к материалам, заготовкам, способам соединений, термообработке и т.п.;
- размеры, предельные отклонения размеров, формы и взаимного расположения поверхностей;
- требования к качеству поверхностей, указания об их отделке

В обозначении документа записываются:

- код организации - разработчика КуАИ.
- код конструкторской классификационной группировки
- 007.025.
- порядковый регистрационный номер 000.
- шифр документа СБ.



Р и с. 2. Образец основной надписи сборочного чертежа

или покрытии;

- зазоры, расположение отдельных элементов конструкции;
- условия и методы испытаний;
- указания о маркировке и клеймении;
- правила транспортировки и хранения.

Пункты, входящие в технические требования, должны иметь сквозную нумерацию сверху вниз и начинаться с новой строки. Текст размещается над основной надписью. Примеры конкретных технических условий можно найти на сборочных чертежах выполненных конструкций.

При назначении технических требований студент должен обосновать их необходимость и знать способы их проверки.

На отдельном листе формата II выполняется спецификация сборочного чертежа по ГОСТ 2.103-68. В курсовых проектах спецификацию (рис. 3) разрешается помещать на сборочном чертеже в правом верхнем углу.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Пояснительная записка [5] должна быть написана от руки чернилами, четко, без помарок и ошибок на одной стороне писчего листа (формат II). Поля страниц должны быть не менее: верхнее - 30мм, левое - 20мм, правое - 10мм и нижнее - 25мм.

В записке должны быть обоснования и расчеты, выполненные только самим студентом. Переписывание материала из книг, периодических изданий или отчетов не допускается. При написании разрешается пользоваться только общепринятыми сокращениями.

Ссылки на литературу. В случае необходимости сослаться на какой-либо литературный источник в тексте записки, в квадратных скобках ставится очередной по порядку номер, а в списке литературы записываются следующие сведения: фамилия автора и его инициалы, заглавие работы, место издания, издательство, год издания (только цифры).

Для статьи из периодического издания после ее заглавия пишется наименование издания, год выпуска, номер издания и страницы, на которых она помещена. Ссылки делаются только на работы, опубликованные в печати, и на отчеты организаций, зарегистрированные в официальном порядке в соответствующих отделах научно-технической информации (ОНТИ).

Формат		Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.	
6	8						
6	8		70	63	10	22	
44			КуАН 007.025.000СВ	Документация Сборочный чертеж			
				Сборочные единицы			
22	1		КуАН 007.025.100 СБ	Головка			
24	2		КуАН 007.025.200 СБ	Нижняя часть			
				Детали			
11	3		КуАН 007.025.001	Полукольцо			
11	4		КуАН 007.025.002	Кронштейн			
				Стандартные изделия			
				Материалы			
КуАН 007.025.000 СБ							
Лист	№ докум	Лист	Лист	Камера		Лист	Лист
Р23223	Проект						
п.контр	Утв.					МВ ССО РСФСР КуАН, КАД	

Р и с. 3. Образец спецификации сборочного чертежа

С целью уменьшения объема записки допускаются ссылки на материалы, помещенные в пояснительных записках к работам, выполненным ранее студентом по другим курсам.*

Ф о р м у л ы, используемые при расчетах, должны иметь ссылку на источник, откуда они взяты, и расшифровку символов в той последовательности, в какой они приведены в формуле. Например:

При расчете изгибных напряжений в стенке пользуемся формулой [I]:

$$\sigma_{u \max} = \frac{\Delta p \delta^2}{2h_c^2}, \quad (5.4)$$

где $\sigma_{u \max}$ - изгибные напряжения в заделке, кгс/см²;

Δp - перепад давления, действующий на стенку кгс/см²;

δ - длина свободного пролета, см;

h_c - толщина стенки, см.

Если на формулы имеются ссылки в последующем тексте, то они должны иметь порядковые номера в пределах раздела, обозначенные арабскими цифрами в скобках, например:(2.I), где 2 - номер главы (или раздела), а I - номер формулы в главе(или разделе).

Затем в формулу вместо символов подставляются значения величин и записывается результат с обозначением размерности.

Например:

Подставив в (5.4) значения величин, получим

$$\sigma_{u \max} = \frac{50 \cdot 0,4^2}{2 \cdot 0,1^2} = 240 \text{ кгс/см}^2.$$

*Например: Ф.И.О. (студента). Пояснительная записка к курсовой работе по курсу "Теория ДЛА", КуАИ, 19..., рукопись, ... с.

Т а б л и ц ы. При наличии однотипных числовых величин их рекомендуется помещать в таблицы. Таблицы, как и формулы, нумеруются в пределах данного раздела, а ссылка на них в тексте записывается в следующем виде:

"Результаты расчета местной прочности стенки приведены в табл. I".

Таблицы следует помещать после первого упоминания о них в тексте. Пример оформления таблицы показан на рис. 4. Таблицы могут иметь заголовки или помещаться без них.

Т а б л и ц а I

Расчет местной прочности стенки

Величины			Номера сечений			Заголовки и подзаго- ловки граф
Наименование		размер- ность	I	4	10	
I	2	3	4	5	6	№ граф
Длина пролета	l	мм	4	2	6	} строки
Толщина стенки	h_c	"	1,0	1,0	1,0	
Перепад давления	Δp	кгс/мм ²	1,15	1,0	2,0	
Макс. напряжения изгиба	σ_u	"	2,4	4,0	7,2	

Заголовки строк

Графы

Р и с. 4. Пример оформления таблицы

При переносе части таблицы на следующую страницу над перенесенной частью надписывается "Продолжение табл. I", а вместо заголовков допускается повторение нумерации граф.

И л л ю с т р а ц и и следует размещать по тексту так, чтобы ими удобно было пользоваться при чтении. Иллюстративный материал должен быть органически связан с текстом, дополнять и пояснять его. Иллюстрации нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела (рис. I.1, рис. I.2 и т.д.).

Ссылки на рисунки делают в виде: "... расчетная схема кото-

рого показана на рис. 1.3", или "Для гофра (рис. 4) это расстояние... Если после ссылки на последующий рисунок необходима повторная ссылка на предыдущий рисунок, то к ссылке добавляется сокращение "смотри" например, (см.рис. 3).

Каждый рисунок сопровождается подписью.

Например. "Рис. 3. Расчетная схема при определении местной прочности участка стенки".

Если на рисунке проставлены позиции, обозначенные цифрами или буквами, а в тексте их расшифровка отсутствует, то расшифровка приводится в подписи.

Например. "Рис. 4. Размеры элементов тракта охлаждения:

h_c - толщина стенки, h_g - толщина гофра, s_g - шаг гофра, o - зазор между гофром и стенкой".

Рисунки и таблицы рекомендуется размещать поперек страницы, чтобы их можно было рассматривать без поворота записки. При расположении их вдоль страницы листы брошируют так, чтобы при рассмотрении рисунка или таблицы записку надо было повернуть по часовой стрелке.

Если в основной части много рисунков или таблиц и они выполнены на отдельных от текста форматах, то их допускается помещать по порядку номеров в конце записки в приложении.

Все листы записки, включая отдельные таблицы и рисунки, должны иметь сквозную нумерацию справа вверху страницы.

Пояснительная записка должна состоять из разделов, расставляемых в следующей последовательности.

Титульный лист (выдается кафедрой).

Реферат.

Отглавление.

Основная часть.

Приложения.

Список литературы.

Реферат отражает основное содержание проделанной работы. Он пишется на отдельном листе в объеме, не превышающем половины страницы. Текст реферата может быть следующим:

Реферат

В пояснительной записке изложены результаты заключительного этапа проектирования двигателя. На основании данных, полученных ранее, были произведены разработки принципиальной схемы двигательной установки, компоновочной схемы двигателя, конструкции камеры и расчеты на прочность ее элементов. Записка содержит ...

страниц, в том числе ... таблиц и ... иллюстраций.

Приложение к записке - сборочный чертёж камеры на ... листах.

О г л а в л е н и е представляет собой последовательное перечисление заголовков разделов (глав), подразделов (параграфов) и пунктов основной части записки с указанием номеров страниц, на которых эти заголовки помещены. При этом заголовки должны номероваться арабскими цифрами.

Оглавление составляется на отдельном листе (листочках) и имеет следующий вид:

О г л а в л е н и е

1.	Введение	-----
2.	Компоновочная схема двигателя	-----
3.	Принципиальная схема двигательной установки	-----
4.	Конструкция камеры двигателя	-----
4.1.	Описание конструкции	-----
4.2.	Сводка применяемых материалов для изготовления деталей камеры	-----
4.3.	Последовательность сборки камеры	-----
5.	Расчет элементов камеры на прочность	-----
5.1.	Расчет на прочность элементов головки	-----
5.1.1.	Расчет на прочность форсуночного блока днищ	-----
5.1.2.	Расчет на прочность ребер жесткости	-----
5.1.3.	Расчет на прочность наружного днища	-----
5.2.	Расчет на прочность корпуса камеры	-----
5.2.1.	Расчет на общую прочность	-----
5.2.2.	Расчет на местную прочность стенки	-----
5.3.	Расчет на прочность коллекторов	-----
5.4.	Расчет на прочность узлов креплений	-----
5.5.	Расчет на устойчивость выходной части сопла	-----
6.	Специальные задания	-----
7.	Заключение	-----
	Приложения	-----
	Список литературы	-----

В первом разделе приводится краткая формулировка задания, обоснования необходимости разработки двигателя по данному заданию и исходные данные для проектирования, а также указывается выбранный прототип.

Во втором разделе помещается компоновочная схема двигателя и дается ее краткое описание.

В третьем разделе помещается принципиальная (пневмогидравлическая) схема двигательной установки и описывается работа ее систем последовательно на всех режимах: исходное состояние агрегатов перед запуском, порядок включения их в работу при наддуве баков,

продувке магистралей, захолаживании, зажигании, при выходе на режим наминала, при регулировании и управлении вектором тяги и выключении.

В четвертом разделе описывается конструкция камеры (со ссылками на позиции спецификации сборочного чертежа), приводится сводка материалов, из которых будут изготовлены детали, и последовательность сборки камеры.

В пятом разделе приводятся расчеты на прочность элементов камеры. При этом необходимо придерживаться следующего порядка изложения материала в данном разделе:

- заголовок пункта;
- анализ условий работы элемента;
- расчетный режим и расчетное сечение;
- расчетная схема (описание или иллюстрация);
- исходные данные, необходимые для расчета (нагрузки, размеры, свойства материала при расчетных температурах и т.п.);
- определение напряжений или деформаций;
- определение коэффициентов запаса прочности;
- сравнение полученных коэффициентов запаса с нормами;
- выводы.

В шестом разделе излагается содержание специального задания.

В седьмом разделе приводится сводка основных данных спроектированного двигателя, и на основании их сравнения с данными прототипа делается заключение о необходимости продолжения разработки двигателя или прекращения ее в случае, если проектируемый двигатель не обладает существенными преимуществами.

В "Приложении" помещается спецификация деталей камеры, а также дополнительный материал, не вошедший в основную часть записки.

В конце записки приводится список использованной литературы.

ЗАЩИТА ПРОЕКТА

Защита проекта происходит по расписанию перед комиссией из 2-3х преподавателей, назначаемой заведующим кафедрой. Присутствие консультанта на защите не обязательно, так как его мнение о работе студента отражается в отзыве, изложенном на бланке задания.

Для защиты необходимо записаться не позже, чем за день, у лаборанта кафедры.

Перед началом защиты члены комиссии просматривают выполненную работу. В течении 5-6 минут студент докладывает о результатах проделанной работы, основное внимание обращая на вопросы, разработанные им самостоятельно. После доклада студенту задают вопросы по всему комплексу работы над проектом. Оценка проставляется по четырехбалльной системе. При оценке проекта учитываются: содержание, объем и глубина проекта, степень самостоятельности конструктивной разработки, правильность принятых решений, качество графического изображения, качество доклада, правильность и полнота ответов на вопросы, оценка консультанта.

Проект оценивается:

"О т л и ч н о", если

при разработке конструкции приведены оригинальные решения или проведены самостоятельные исследования;
проект содержит не более 2-х мелких ошибок;
ответы на вопросы полные и глубокие;
отзывы консультанта не ниже "отлично".

"Х о р о ш о", если

при разработке конструкции даны самостоятельные решения;
ответы на вопросы достаточно полные;
проект содержит не более 5 мелких ошибок;
оценка консультанта не ниже "хорошо".

"У д о в л е т в о р и т е л ь н о", если

при разработке конструкции в основном использована конструкция указанного прототипа, которая студентом усвоена в достаточной мере;
проект не содержит грубых ошибок;
ответы на большинство вопросов правильны;
оценка консультанта не ниже "удовлетворительно".

"Н е у д о в л е т в о р и т е л ь н о", - во всех остальных случаях.

Студенты, получившие неудовлетворительные оценки на защите, а также претендующие на более высокую оценку, допускаются к повторной защите с разрешением декана факультета в сроки, установленные принимавшей защиту комиссией. Повторная защита разрешается в комиссии прежнего состава или в другой комиссии в присутствии одного из членов прежней комиссии.

УСЛОВИЯ КОНКУРСА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

В институте ежегодно объявляется конкурс курсовых проектов и курсовых работ. Проводится он в три этапа. Вначале преподаватель - консультант проекта вместе с треугольником группы проводят конкурс проектов в группе и рекомендуют лучшие из них на кафедральный смотр. Комиссия кафедры, рассмотрев представленные на конкурс от всех групп проекты, рекомендует лучшие из них (не более трех) на факультетский смотр.

При рассмотрении проектов учитываются:
содержание, объем работы и качество оформления;
степень самостоятельности работы, наличие элементов творчества, оригинальность, глубина проработки и техническая зрелость принятых решений;

возможность использования результатов, полученных в проекте, на практике или для публикации в печати

Проектанты, занявшие призовые места, награждаются грамотами и памятными подарками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П и ч у г и н Д.Ф. Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов. Конспект лекций, часть II, КуАИ, 1974, 194 с.
2. Альбом конструкций камер. Под редакцией Г.Г. Гахуна. МАИ, часть I, 1969.
3. Ц е й т л и н В.И. и др. Материалы ЖРД, справочное пособие, КуАИ, КДЛА, 1979, 105 с.
4. Г о р е в И.И. Основы производства ЖРД. М., "Машиностроение", 1969.
5. ГОСТ 19600-74. Отчет о научно-исследовательской работе. Общие требования и правила оформления. Издательство стандартов. М., 1975, 16 с.

Составитель

Дмитрий Федорович П и ч у г и н

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Методические указания
к курсовому проекту
для специальности 0538

Редактор И.Ч у л к о в а
Техн. редактор Н.К а л е н ю к
Корректор Д. С о к о л о в а

Подписано к печати 15.03.79 г. Формат 60x84^I/₁₆
Бумага оберточная белая. Оперативная печать.
Усл.п.л. I,2. Уч.-изд. л. I,0. Тираж 200 экз.
Заказ 1850 Бесплатно

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени С.П. Королева .
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография имени В.П. Мяги .
г. Куйбышев, ул. Венцека, 60