

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

САМАРА 2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2012

Составители: *А.В. Болдырев, Д.М. Козлов, В.Н. Майнсков*

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. И. Шулепов

Проектирование агрегатов планера самолета: метод. указания / сост.: *А.В. Болдырев, Д.М. Козлов, В.Н. Майнсков.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 12 с.

Рассмотрена последовательность этапов и содержание работ, выполняемых в процессе учебного проектирования агрегатов планера самолета с использованием современных средств автоматизации проектирования конструкций: анализ исходных данных, разработка требований к агрегату, построение модели поверхности агрегата; разработка конструктивно-силовой схемы и выбор конструкционных материалов; проектировочный расчет с использованием конечно-элементных моделей и оптимизации жесткостей основных силовых элементов; разработка конструкции агрегата как переход от модели к конкретным конструктивным формам; разработка теоретического и сборочного чертежей, спецификации и расчетно-пояснительной записки.

Методические указания предназначены для студентов специальности 220305.65 Автоматизированное управление жизненным циклом продукции и направления 220700.62 Автоматизация технологических процессов и производств, выполняющих курсовой проект по дисциплине «Конструирование и проектирование аэрокосмической техники», а также могут быть использованы студентами специальностей 200503.65 Стандартизация и сертификация (по машиностроению), 220501.65 Управление качеством в машиностроении при выполнении курсовых проектов по дисциплине «Проектирование технических систем». Разработаны на кафедре конструкции и проектирования летательных аппаратов.

Цель работы – расширение знаний о конструкциях летательных аппаратов, приобретение навыков проектирования и конструирования относительно несложных агрегатов планера самолета с применением современных средств автоматизации проектирования конструкций.

Содержание курсового проекта составляет, как правило, разработку конструкции (эскизного проекта) некоторой рулевой поверхности или части (секции) механизации крыла самолета, общий вид которого был разработан студентом в цикле лабораторных работ по дисциплине в предшествующем (восьмом) семестре.

Примерный перечень агрегатов, которые могут быть предложены для разработки в курсовом проекте:

- элерон или его секция;
- руль высоты или его секция;
- руль направления или его секция;
- закрылок или его секция;
- предкрылок или его секция;
- интерцептор или его секция.

В отдельных случаях (для относительно легких самолетов) могут быть предложены стабилизатор или киль самолета.

Курсовой проект включает пояснительную записку и графическую часть, которые представляются на бумажных носителях в распечатанном виде и в электронной форме. Все материалы проекта оформляются согласно требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и требованиям Стандарта организации (СТО) СГАУ “Требования к оформлению учебных текстовых документов”.

Графическая часть проекта включает теоретический чертеж агрегата, схему расчетной конечно-элементной модели (КЭМ) и фрагмент сборочного чертежа агрегата, включающий общий вид агрегата, вид в плане и разрез вдоль хорды для характерной зоны агрегата (вид на силовую или усиленную нервюру, выбирается по согласованию с преподавателем).

В пояснительную записку включают все необходимые обоснования, расчеты и схемы, в том числе трехмерную модель

поверхности проектируемого агрегата. В конце пояснительной записки приводят краткое техническое описание спроектированной конструкции.

В приложении к пояснительной записке приводят спецификацию для разработанного фрагмента конструкции агрегата (приложение А).

Защита курсового проекта включает доклад студента о выполненной работе и его ответы на вопросы членов комиссии. Для доклада рекомендуется подготовить набор слайдов (электронную презентацию проекта, 10-15 кадров). Распечатанные слайды также помещают в пояснительную записку (приложение Б).

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются чертеж общего вида и техническое описание самолета, разработанные студентом в предшествующем семестре в ходе выполнения цикла лабораторных работ. Для формирования комплекса исходных данных в начале проектирования агрегата студенты получают распечатанные экземпляры отчетов по лабораторным работам и по истечении четырех недель с начала семестра возвращают их преподавателям.

Порядок выполнения проекта. Проектирование агрегата ведут с использованием современной технологии проектирования, основы которой изложены в учебных пособиях [1, 2].

Работу выполняют в следующей последовательности.

1. **Изучение и анализ задания на проектирование.** Основная задача этого этапа работы заключается в том, чтобы с наибольшей возможной полнотой представить назначение проектируемого агрегата, условия его эксплуатации и изготовления (масштаб производства и пр.), перечень и объем необходимых исходных данных и источники для их получения, а также перечень технических средств, которые потребуются для разработки проекта. Значительная часть исходных данных по проекту содержится (в явном или неявном виде) в отчете по лабораторным работам – эскизном проекте самолета. Эти данные необходимо выбрать из отчетов и дополнить сведениями о характеристиках аэродинамических профилей, о внешних нагрузках, свойствах конструкционных материалов и т.п.

2. Разработка требований к агрегату. Требования к проектируемому агрегату представляют собой перечень его важнейших свойств. На этапе проектирования определяется состав и содержание этих свойств и намечаются пути обеспечения их в последующем проектировании, изготовлении и эксплуатации агрегата. Требования могут выражаться либо количественно (например, может быть задан ресурс агрегата в часах), либо качественно (например, требование обеспечить минимальное дополнительное аэродинамическое сопротивление при отклонении рулевой поверхности). В пояснительной записке приводят четко сформулированные требования с коротким обоснованием принятых значений свойств.

3. Выбор внешних форм и построение трехмерной модели поверхности агрегата. Этот этап работы включает в себя выбор типа профиля несущей поверхности (крыла, горизонтального или вертикального оперения) по каталогу профилей, положения оси вращения рулевой поверхности, построение хвостовой части профиля рулевой поверхности и профилирование ее носовой части (носка). Профили строят для корневого и концевого сечений. Промежуточные сечения получают как сечения усеченной конической поверхности, ограниченной корневым и концевым сечениями руля (элерона). Подобным же образом строят трехмерную модель поверхности закрылка или предкрылка.

4. Разработка конструктивно-силовой схемы агрегата. Под конструктивно-силовой схемой понимают совокупность силовых элементов, определяющих генеральные пути и способы передачи сил (от мест их приложения к местам уравнивания). На проектируемый агрегат действует воздушная аэродинамическая нагрузка, которая уравнивается реакциями в опорах – узлах (кронштейнах) навески рулевой поверхности на крыло или оперение и в тросах управления. С использованием построенной трехмерной поверхности агрегата выбирают: число и размещение кронштейнов навески (как правило, не менее трех); размещение кронштейна для

крепления тяги управления, посредством которой уравнивается шарнирный момент; положение оси лонжерона (координату вдоль хорды рулевой поверхности); размещение силовых и рядовых нервюр или заменяющего последние заполнителя; тип обшивки (листовая металлическая, трехслойная, в том числе из композиционных материалов, и т.п.). Число и размещение кронштейнов навески и размещение кронштейна для крепления тяги управления принимают, руководствуясь общими принципами, изложенными в учебниках по конструкции и проектированию самолетов, а также с учетом сведений о самолетах-прототипах из отчета по лабораторным работам. Для выбора оптимального размещения опор по критерию минимума наибольшего значения изгибающего момента по длине рулевой поверхности можно воспользоваться программой для ПЭВМ «Балка». Однако сделать это можно будет только после определения нагрузок, действующих на рулевую поверхность.

5. Выбор основного конструкционного материала. По известным принципам и критериям с учетом разработанных требований к проектируемой конструкции и выбранной конструктивно-силовой схемы агрегата выбирают материалы для изготовления основных элементов (деталей) агрегата и назначают их свойства в конструкции. При этом надо помнить, что конструктивно-силовая схема и применяемые конструкционные материалы вместе с их свойствами тесно «увязаны» в конструкции. Поэтому их выбор выполняется параллельно, в принципе он имеет вариантный характер и может потребовать нескольких итераций. Здесь же целесообразно выбрать основные типы соединений и крепежных деталей (нормалей) [3].

6. Разработка теоретического чертежа. Построенная трехмерная модель поверхности агрегата и принятая конструктивно-силовая схема позволяют приступить к разработке необходимого для дальнейшего проектирования теоретического чертежа. Некоторые полезные сведения о его содержании и оформлении можно получить из методических указаний [4], а также из учебника [5, с. 222-232].

Следует иметь в виду, что разработанный на данном этапе теоретический чертеж является предварительным документом, поскольку полной информацией, необходимой для его разработки, конструктор не располагает. Поэтому чертеж будет дорабатываться по мере добавления и уточнения сведений о проектируемой конструкции. Здесь на теоретическом чертеже должны быть заданы:

- форма агрегата в плане;
- корневой и концевой профили;
- положение оси вращения;
- положение оси лонжерона;
- число и предварительное размещение кронштейнов навески;
- размещение кронштейна для крепления тяги управления агрегатом.

Эти сведения необходимы для выполнения следующего этапа работы, на котором также будет уточняться размещение опорных кронштейнов.

7. Определение расчетных нагрузок и построение эпюр силовых факторов. В данном разделе определяют расчетные внешние воздействия на агрегат. Проектирование ведут только по условиям обеспечения статической прочности и заданного ресурса конструкции, поэтому массовыми нагрузками, обусловленными собственной конструкцией агрегата, пренебрегают. Для определения аэродинамических расчетных нагрузок выбирают по согласованию с преподавателем расчетные случаи для агрегата согласно Авиационным Правилам (АП). Строят эпюры погонной воздушной нагрузки, перерезывающей силы, изгибающего и крутящего моментов по длине агрегата. При этом с использованием программы «Балка» уточняют размещение опорных кронштейнов и кронштейна управления и находят окончательные значения опорных реакций. Построенные эпюры приводят в пояснительной записке.

8. Построение конечно-элементной модели агрегата в системе MSC.NASTRAN. При построении конечно-элементной модели (КЭМ) агрегата выполняют следующие операции [6]:

- выбор типов конечных элементов;
- генерация сетки КЭМ;
- приведение внешних нагрузок к узловым силам КЭМ;
- моделирование закреплений;
- назначение жесткостей элементов КЭМ.

Принимаемые решения при выполнении каждой операции согласовывают с преподавателем. Схему построенной КЭМ приводят в пояснительной записке.

9. Расчет напряженно-деформированного состояния и определение рациональных значений жесткостей элементов КЭМ.

Проводят расчет напряженно-деформированного состояния КЭМ агрегата с назначенными значениями жесткостей элементов КЭМ. В пояснительной записке приводят схему деформированного состояния КЭМ, цветографическую диаграмму эквивалентных напряжений в элементах КЭМ и потоков главных усилий в элементах обшивки. С использованием эпюр силовых факторов выполняют оценку достоверности результатов расчета напряженно-деформированного состояния агрегата. Результаты проверки приводят в пояснительной записке. Анализируют распределение усилий и напряжений в элементах КЭМ и по согласованию с преподавателем назначают рациональные значения жесткостей элементов КЭМ одним из двух способов:

- 1) вручную по результатам анализа напряженно-деформированного состояния агрегата с первоначально назначенными жесткостными характеристиками КЭМ;
- 2) с использованием алгоритмов и программ оптимизации распределения жесткостей элементов КЭМ.

Проводят расчет напряженно-деформированного состояния КЭМ и сравнивают его с первоначальным.

10. Разработка конструкции агрегата, выполнение сборочного чертежа и спецификации. По назначенным значениям жесткостей элементов КЭМ и с учетом построенных эпюр силовых факторов

выбирают конструктивные формы и размеры всех основных конструктивных элементов агрегата: лонжерона (поясов и стенки), рядовых нервюр, силовых (усиленных) нервюр в местах приложения сосредоточенных сил (узлы навески и управления агрегатом), кронштейнов навески и кронштейна для крепления тяги управления. Эскизы принятых поперечных сечений и других форм конструктивных элементов с обоснованиями выбора приводят в пояснительной записке. Согласно принятым решениям формируют главный вид сборочного чертежа агрегата – вид в плане. Выносным элементом предпочтительно в масштабе 1:1 на чертеже показывают вид в плане зоны одной из силовых (усиленных) нервюр вместе с кронштейном навески агрегата и разрез вдоль хорды агрегата в этой зоне. На чертеже наносят необходимые размеры, позиции деталей и сборочных единиц, служебные надписи и технические требования к чертежу согласно требованиям ЕСКД. По указанию преподавателя могут выполняться дополнительные виды, разрезы, сечения, необходимые для более полного представления на чертеже устройства агрегата в данной зоне или других его элементов. Для показанного выносного элемента формируют спецификацию.

11. В заключение составляют краткое техническое описание спроектированного агрегата, в котором отражают: название агрегата, его назначение, принцип действия, принципиальное устройство и основные конструкционные материалы.

В пояснительной записке приводят:

- схему распределения воздушной нагрузки по хорде агрегата, а при необходимости также вдоль размаха;
- эпюры погонной воздушной нагрузки и силовых факторов;
- трехмерную модель поверхности агрегата;
- схему сетки КЭМ, в том числе (при необходимости) для отдельных конструктивно-силовых элементов;
- схему КЭМ с внешними узловыми силами и закреплениями;
- схему деформированного состояния КЭМ;

– цветографическую диаграмму распределения эквивалентных напряжений и схему потоков главных усилий в элементах КЭМ для начальных значений жесткостей элементов КЭМ;

– аналогичные схемы для окончательно принятого распределения жесткостей.

Общий объем пояснительной записки может составлять от 15 до 25 листов формата А4 (не считая приложений).

Объем распечатанной графической части проекта составляет 2-2,5 листа формата А1. Общая трудоемкость курсового проекта согласно рабочей программе дисциплины составляет 77 часов, в том числе 17 часов аудиторных занятий и 60 часов самостоятельной (внеаудиторной) работы студента.

12. Защита курсового проекта проводится на последней неделе семестра в назначенный день, один для всей академической группы студентов. Защиту курсовых проектов принимает комиссия, состоящая не менее чем из двух преподавателей, включая преподавателя, осуществлявшего консультирование студента по проекту в течение семестра. На защиту студент представляет подписанные автором и преподавателем-консультантом чертежи и пояснительную записку с приложениями в распечатанном виде и в электронной форме. Процедура защиты курсового проекта включает доклад студента о выполненной работе (в течение 5...10 минут) и его ответы на вопросы членов комиссии. Комиссия подводит итоги защит и объявляет оценки по проектам, как правило, по окончании защиты проектов всеми студентами, допущенными к защите в данный день.

Библиографический список

1. Комаров, В.А. Автоматизация проектирования авиационных конструкций [Текст] : учеб. пособие / В.А. Комаров ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара : [б. и.], 1993. – 72 с.
2. Комаров, В.А. Конструкция и проектирование несущих поверхностей летательных аппаратов [Текст] : учеб. пособие / В.А. Комаров ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара : [б. и.], 2002. – 95 с.
3. Нападов, К.А. Сборник стандартов крепежных деталей [Текст]/ К.А. Нападов ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 1996.
4. Проектирование агрегатов самолета [Текст] : метод. указания к курс. проекту / сост. Д.М. Козлов ; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара : [б. и.], 1997. – 30 с.
5. Проектирование самолетов [Текст] : учеб. для вузов в обл. авиац. и ракет.-косм. техники по направлениям 160100 "Авиа- и ракетостроение", 160200 "Авиастроение" и специальностям 160201 "Самолето- и вертолетостроение" и 160202 "Системы жизнеобеспечения и оборудование летат. аппаратов" / С.М. Егер [и др.] ; под ред. С.М. Егера ; предисл. А.М. Матвеевко [и др.]. – 4-е изд. – М. : Логос, 2005. – 613 с.
6. Рычков, С.П. MSC.visualNASTRAN для Windows [Текст] / С.П. Рычков. – М.: НТ «Пресс», 2004. – 552 с.

Учебное издание

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ
ПЛАНЕРА САМОЛЕТА**

Методические указания

Составители: ***Болдырев Андрей Вячеславович,
Козлов Дмитрий Михайлович,
Майнсков Владимир Николаевич***

Редактор Т. С. Зинкина
Довёрстка Т. С. Зинкина

Подписано в печать 09.10.2012. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 0,75.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С – М6/2012.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.