

**Ульяновский государственный университет  
Факультет математики, информационных и авиационных технологий  
Кафедра математического моделирования технических систем**

**Щуров И.В.**

**Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов  
и подготовки к семинарским занятиям  
по дисциплине «Конструкция и основы производства летательного аппарата»**

**Ульяновск, 2019**

Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов и подготовки к семинарским занятиям по дисциплине «Организация и планирование автоматизированных производств Конструкция и основы производства летательного аппарата» / составитель: И.В. Щуров. - Ульяновск: УлГУ, 2019.

Настоящие методические указания предназначены для студентов по направлениям бакалавриата **15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств** и **24.03.04 Авиастроение** всех форм обучения, изучающих дисциплину «Конструкция и основы производства летательного аппарата». В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала.

Студентам заочной формы обучения следует использовать данные методические указания при самостоятельном изучении дисциплины.

Рекомендованы к использованию Ученым советом факультета математики, информационных и авиационных технологий УлГУ (протокол 2/19 от 19 марта 2019 г.).

## 1. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Курлаев, Н. В. Теоретические основы самолето- и вертолетостроения : учебное пособие / Н. В. Курлаев, Г. Г. Нарышева, Н. А. Рынгач. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 100 с. — ISBN 978-5-7782-2232-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45038.html>
2. Подружин, Е. Г. Конструирование и проектирование летательных аппаратов. Фюзеляж : учебное пособие для вузов / Е. Г. Подружин, В. М. Степанов, П. Е. Рябчиков. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 105 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-534-08401-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/438336>
3. Подружин, Е. Г. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Крыло : учебно-методическое пособие / Е. Г. Подружин, П. Е. Рябчиков. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-1427-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/44945.html>
4. Кириакиди, С. К. Проектирование самолетов : учебное пособие / С. К. Кириакиди. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 115 с. — ISBN 978-5-7731-0827-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/100450.html>

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ

### Тема 1. Факторы, определяющие конструкцию самолета

Структурная схема самолета. Классификация самолетов. Взаимосвязь свойств самолета. Краткий историко-технический очерк развития самолетов. Конструкционные материалы. Силы, действующие на самолет в полете. Перегрузки. Перегрузки в различных условиях полета. Нагрев самолета. Нормы прочности самолета. Ограничения скорости полета по условиям прочности. Область применения самолетов. Факторы, влияющие на конструкцию самолета. Весовое совершенство конструкции и повышение ресурса самолета.

#### *Вопросы по теме:*

1. Изобразите, используя рисунки на форзацах, структурную схему самолета с детализацией агрегатов планера и назовите эти агрегаты.

2. Объясните смысл уравнений существования ЛА. Напишите формулу для определения взлетной массы самолета через относительные массы его частей.
3. Назовите основные критерии выбора конструкционных материалов.
4. Изобразите схему сил, действующих на самолет, и дайте определение перегрузки.
5. Напишите выражение для перегрузки в неспокойном воздухе и проанализируйте влияние на перегрузку параметров крыла.
6. Назовите основные факторы, влияющие на конструкцию. Приведите примеры. Сформулируйте основные требования к конструкции самолета.

## **Тема 2. Крыло**

Назначение крыла и требования к нему. Внешние формы крыла. Нагрузки, действующие на крыло. Общая картина работы крыла под нагрузкой. Эпюры поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов. Работа крыла под нагрузкой (последовательность передачи действующих на крыло нагрузок к узлам его крепления). Назначение и конструкция основных силовых элементов. Конструктивно-силовые схемы крыльев. Сравнительная оценка лонжеронных и кессонных (моноблочных) крыльев, области их применения. Принципы стыковых соединений крыльев различных КСС. Конструктивное оформление вырезов в конструкции крыла. Особенности конструкции носка, хвостовой и концевой частей крыла, обтекателей.

### ***Вопросы по теме:***

1. Определите назначение крыла. Перечислите внешние формы и параметры крыла. Проведите анализ влияния значений параметров крыла на весовые, жесткостные и аэродинамические характеристики крыла.
2. Назовите нагрузки на крыло. Как работают элементы крыла под нагрузкой?
3. Определите назначение силовых элементов крыла. Сделайте эскизы сечений этих элементов.
4. Сравните между собой разные виды обшивок. Сделайте эскизы различных вариантов соединений обшивки со стрингерами и нервюрами, соединений стенок нервюр со стенками лонжеронов, поясов лонжеронов с обшивкой.
5. По какому принципу определяются КСС крыльев? Сделайте эскизы крыльев с разной КСС, проанализируйте их достоинства и недостатки.
6. Как конструктивно оформляются малые и большие вырезы в крыле? Сделайте эскизы, объясните передачу сил и моментов в районе выреза.
7. Сформулируйте требования к крылу и объясните, как реализуются эти требования в конструкциях крыльев.

### **Тема 3. Особенности конструкции и работы стреловидных и треугольных крыльев**

Особенности силовых схем и работы корневых частей стреловидных крыльев. Стреловидные крылья с переломом осей элементов продольного набора. Стреловидные крылья без перелома осей продольных силовых элементов – с внутренней подкосной балкой. Крыло обратной стреловидности. Поворотные крылья. Треугольные крылья. Сочлененное крыло. Аэродинамическая схема самолета с тандемным расположением крыльев.

#### ***Вопросы по теме:***

1. В чем особенности конструкции стреловидных крыльев? Сделайте эскизы корневых треугольников стреловидных крыльев разных КСС.
2. Назначение бортовой нервюры стреловидного крыла, ее нагружение и уравнивание для случаев одно- и двухлонжеронных крыльев.
3. Сделайте эскиз стреловидного лонжеронного крыла с внутренней подкосной балкой. Объясните преимущества такой схемы, назначение и работу ее силовых элементов.
4. Охарактеризуйте поворотные крылья, различающиеся направлением оси вращения, области их применения. Каково конструктивное оформление узлов крепления поворотных крыльев.
5. Какие характеристики и за счет чего можно улучшить применением крыльев изменяемой стреловидности и какова «плата» за эти улучшения? Каковы конструктивные особенности передачи сил и моментов от консолей крыла на неподвижную часть крыла?

### **Тема 4. Подвижные части крыла**

Общие положения. Механизация крыла. Назначение и требования. Виды механизации крыла. Элероны. Адаптивное крыло.

#### ***Вопросы по теме:***

1. Изобразите на эскизах крыльев дозвукового пассажирского и сверхзвукового маневренного самолетов и на дополнительных сечениях все подвижные части крыла в убранном и в отклоненных положениях.
2. Определите назначение и объясните конструкцию каждой из подвижных частей крыла. Сделайте эскизы с сечениями, поясняющими конструкцию этих частей, а также конструкцию узлов их навески и управления.
3. Объясните физические основы изменения несущей способности крыла при отклонении подвижных частей крыла в рабочее положение.
4. Дайте сравнительную оценку по степени увеличения  $c_{y\Delta}$  различным средствам механизации крыла.

5. Дайте определение шарнирного момента  $M_{ш}$ . Назовите средства, позволяющие уменьшить значение  $M_{ш}$ . Сделайте эскизы, поясняющие конструкцию этих средств, конструкцию узлов их навески и управления.
6. Объясните назначение, конструкцию, нагружение и работу под нагрузкой органов управления, конструкцию узлов их навески и управления.
7. Охарактеризуйте энергетические средства увеличения подъемной силы крыла.
8. Как Вы представляете себе адаптивное крыло, его возможности по перераспределению нагрузок на крыло и изменению его несущей способности? Объясните суть проблем, возникающих при изготовлении адаптивного крыла.

### **Тема 5. Оперение**

Назначение оперения и требования к нему. Нагрузки на оперение и работа оперения под нагрузкой. Конструкция горизонтального оперения. Конструкция вертикального оперения. Конструкция цельноповоротного горизонтального оперения. Схема V-образного оперения.

#### ***Вопросы по теме:***

1. Определите назначение и сделайте эскизы различных компоновочных схем оперения. Проведите их анализ и дайте сравнительную оценку их влияния на весовые, жесткостные и аэродинамические характеристики оперения и всего самолета в целом.
2. Перечислите нагрузки на оперение и объясните работу оперения под нагрузкой.
3. Объясните назначение и конструкцию стабилизатора с изменяемым углом установки.
4. Сформулируйте требования к оперению и приведите примеры реализации этих требований в конструкции оперения.

### **Тема 6. Фюзеляж**

Назначение фюзеляжа и требования к нему. Внешние формы и параметры фюзеляжа. Нагрузки на фюзеляж и их уравнивание. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей и их работа под нагрузкой. Назначение и конструкция основных силовых элементов фюзеляжа. Крепление агрегатов к фюзеляжу. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. Кабины. Особенности конструкции фюзеляжей, связанные с назначением самолета.

#### ***Вопросы по теме:***

1. Расскажите о назначении фюзеляжа и требованиях к нему.
2. Как в силовом отношении увязаны между собой основные силовые элементы конструкции агрегатов самолета?
3. Охарактеризуйте КСС фюзеляжа, дайте их характеристику и определите области их

применения. Назовите нагрузки, действующие на фюзеляж балочно-стрингерной КСС, и опишите работу фюзеляжа под нагрузкой. Сделайте эскиз такого фюзеляжа, покажите нагрузки, действующие на него, и уравновесьте эти нагрузки в произвольно выбранных сечениях.

4. Определите назначение и опишите конструкцию силовых элементов фюзеляжа. Сделайте эскизы сечений этих элементов и их соединений между собой и с обшивкой.

5. Опишите назначение герметических кабин, их конструкцию, способы герметизации. Сделайте эскизы системы жизнеобеспечения для экипажей и пассажиров. Опишите средства для аварийного покидания самолета.

6. Опишите конструкцию фонарей кабины, остекления, дверей и люков, пола в грузовых кабинах и кабинах пассажиров, кресел и узлов их установки.

## **Тема 7. Шасси**

### ***Вопросы по теме:***

Назначение и основные требования. Схемы шасси. Параметры шасси. Нагрузки на шасси и работа шасси под нагрузкой. Элементы конструкции опор самолета и их назначение. Варианты конструктивных решений отдельных элементов шасси. Многоколесные опоры. Конструктивно-силовые схемы шасси и их анализ. Схемы крепления опорных элементов к стойкам шасси и их анализ. Особенности конструкции передних опор. Опорные элементы. Амортизация шасси. Кинематические схемы уборки шасси. Колебания, возникающие при движении самолета по аэродрому.

### ***Вопросы по теме:***

1. Определите назначение шасси. Проанализируйте различные схемы шасси (сделайте их эскизы).

2. Сделайте эскиз основной и передней опор, укажите название и назначение отдельных элементов, входящих в конструкцию опор.

3. Назовите нагрузки на шасси. Как эти нагрузки уравновешиваются на элементах конструкции планера?

4. Назовите особенности конструкции передних опор. Как конструктивно реализуется управление разворотом передних колес?

5. Охарактеризуйте многоколесные опоры, их преимущества и недостатки. Сделайте эскиз опоры с четырехколесной тележкой и объясните назначение элементов такой опоры.

6. Опишите конструкцию цилиндров-подъемников стоек шасси, замков убранного и выпущенного положений.

7. Объясните назначение и назовите типы опорных элементов (сделайте их эскизы).

Охарактеризуйте конструкцию колес, типы тормозов и дайте их сравнительную оценку. Каков уровень энергии, поглощаемой тормозами при посадке? Объясните явление юза при торможении колес и назовите конструктивные меры борьбы с этим явлением.

8. Определите назначение и назовите типы амортизаторов. Сделайте эскизы их конструкции и схемы работы. Нарисуйте и объясните диаграмму работы амортизатора.

9. Назовите меры, позволяющие увеличить мягкость амортизации, срезать пики нагрузок.

10. Объясните явление «шимми» и назовите конструктивные меры борьбы с этим явлением.

11. Сформулируйте требования к шасси и приведите примеры реализации этих требований в конструкции шасси.

### **Тема 8. Системы управления самолетом**

Назначение систем управления и требования, предъявляемые к ним. Органы управления. Командные посты управления. Проводка управления. Системы управления самолетами с дозвуковой скоростью полета. Особенности конструкции систем управления сверхзвуковыми самолетами. Компоновка и крепление элементов системы управления. Возможные направления развития систем управления самолетами.

#### ***Вопросы по теме:***

1. Объясните назначение и перечислите виды систем управления самолетом, дайте их общую характеристику.

2. Опишите назначение и варианты конструкции постов ручного и ножного управления.

3. Назовите типы проводок управления и дайте их характеристику. Охарактеризуйте назначение и конструкцию элементов проводки управления.

4. Опишите системы управления современными дозвуковыми самолетами, конструктивные меры по повышению надежности систем управления и безопасности полетов.

5. Охарактеризуйте особенности управления сверхзвуковыми самолетами при изменяющихся в широком диапазоне значениях скоростного напора. Перечислите состав такой системы управления. Объясните назначение и конструкцию элементов системы.

7. Перечислите основные направления развития систем управления самолетом.

8. Сформулируйте требования к системам управления самолетом и приведите примеры реализации этих требований.

### **Тема 9. Силовая установка**

Назначение и состав силовой установки. Требования к силовой установке. Анализ различных вариантов размещения двигателей на самолете. Нагрузки на узлы крепления двигателей. Конструкция узлов крепления двигателей. Воздухозаборники. Система

выхлопа. Топливная система и система противопожарной защиты.

**Вопросы по теме:**

1. Определите назначение и состав силовой установки. Сделайте эскизы схем расположения двигателей на самолете, дайте их анализ и сравнительную оценку.
2. Назовите силы, действующие на узлы крепления двигателей. Охарактеризуйте варианты конструкции узлов крепления двигателей в фюзеляже и в гондолах на пилонах. Сделайте эскизы этих узлов и покажите действующие силы, схемы их передачи и уравнивания на элементах конструкции планера.
3. Опишите конструкции гондол и пилонов, узлы их крепления к силовым элементам фюзеляжа или крыла. Назовите средства борьбы с шумом двигателей. Опишите противопожарную систему.
4. Определите назначение и охарактеризуйте различные виды воздухозаборников, области их применения, конструкцию, системы управления.
5. Опишите конструкции выхлопных устройств и реверсоров тяги.
6. Определите назначение топливной системы. Назовите ее основные элементы и охарактеризуйте их назначение и работу. Как обеспечивается заданный закон выработки топлива? Какие Вы знаете конструкции топливных баков? Как обеспечивается герметичность баков отсеков?
7. Сформулируйте требования к силовой установке и приведите примеры их реализации.

**Тема 10. Жесткость конструкции**

Колебания агрегатов планера в полете. Понятие достаточной жесткости конструкции. Аэроупругие явления. Деформация крыла. Реверс органов управления. Дивергенция. Вынужденные колебания агрегатов самолета в полете. Флаттер.

**Вопросы по теме:**

1. Определите понятия достаточной жесткости конструкции и явления аэроупругости. В чем опасность возникновения аэроупругих явлений на самолете?
2. Опишите реверс элеронов (рулей) и конструктивные меры борьбы с этим явлением.
3. Что такое дивергенция крыла? Каковы особенности протекания этого явления на крыльях прямой и обратной стреловидности? Конструктивные меры борьбы с дивергенцией крыла.
4. Самовозбуждающиеся вынужденные колебания частей планера. Какова физическая картина возникновения изгибно-крутильного и изгибно-элеронного флаттера крыла и конструктивные меры борьбы с ним? Другие виды флаттера и конструктивные меры борьбы с флаттером.
5. Опишите бафтинг оперения, его виды и конструктивные меры борьбы с ним.

## **Тема 11. Основы производства летательных аппаратов**

Последовательность изготовления летательного аппарата. Схема авиационного производства, производственные подразделения и технические службы предприятия. Структурные составляющие технологии - методы и средства производства. Специфические особенности самолетостроения. Процессы производства, их классификация. Содержание понятий «производственный процесс» и «технологический процесс». Структурные составляющие технологического процесса. Факторы, влияющие на структуру производства. Объем производства и программа выпуска изделий. Типы производства и их технологические признаки. Влияние типа производства на структуру технологического процесса. Основные требования к разработке технологических процессов.

### ***Вопросы по теме:***

1. Дайте определения технологического и производственного процессов.
2. Что представляет собой общая структура технологического процесса.
3. Какие исходные данные требуются для проектирования технологического процесса.
4. Что понимается под производственным циклом и какова его структура.
5. В чем заключается различие понятий «производственный процесс» и «производственный цикл».
6. Какие существуют основные принципы организации производственных процессов.
7. Назовите основные задачи технической подготовки производства на машиностроительных предприятиях.
8. Что входит в состав технической подготовки производства.
9. Какие вопросы решаются в ходе конструкторской подготовки производства.
10. Перечислите основные вопросы, решаемые в ходе технологической подготовки производства.
11. Какая исходная информация необходима для проведения конструкторской подготовки производства.
12. Перечислите основные этапы технологической подготовки производства и раскройте их содержание.