

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности
летательных аппаратов
В.В. Трофимов, К.О. Чернигин**

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ И АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

**ПОСОБИЕ
по изучению дисциплины и
выполнению контрольной работы**

*для студентов II курса
направления 25.03.02 (162500)
заочной формы обучения*

Москва - 2015

ББК 052

T76

Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Г. Ципенко

Трофимов В.В., Чернигин К.О.

T76 Летательные аппараты и авиационные двигатели: пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. - М.: МГТУ ГА, 2015. - 24 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Летательные аппараты и авиационные двигатели» по Рабочему учебному плану для студентов II курса направления 25.03.02 (162500) заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 03.03.15 г. и методического совета 19.03.15 г.

Подписано в печать 23.06.2015 г.

Печать офсетная

Формат 60x84/16

1,04 уч.-изд. л.

1,4 усл. печ. л.

Заказ № 7/

Тираж 100 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Редакционно-издательский отдел

125493 Москва, ул. Пулковская, д. 6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ | 4 |
| 2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ | 4 |
| 2.1. Предмет дисциплины..... | 4 |
| 2.2. Цели и задачи дисциплины | 4 |
| 2.3. Структура дисциплины..... | 5 |
| 2.4. Перечень базовых дисциплин | 5 |
| 2.5. Перечень дисциплин, в которых используется данная учебная дисциплина..... | 5 |
| 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА | 6 |
| 3.1. Учебная литература | 6 |
| 3.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы..... | 6 |
| 4. СТРУКТУРА КУРСА | 6 |
| 5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ..... | 7 |
| 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ | 14 |
| 6.1. Общие сведения о контрольной работе и требования к ее выполнению.. | 14 |
| 6.2. Задания контрольной работы | 14 |
| 7. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ | 20 |
| 7.1. Задание 1 | 20 |
| 7.2. Задание 2 | 22 |

1. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

| Вид занятий | Кол-во часов |
|---|--------------|
| Общий объем учебных часов на дисциплину | 144 |
| Аудиторные занятия | 5 |
| Лекции | 5 |
| Самостоятельная работа | 139 |
| Контрольная работа | 1 |
| Зачёт | 2 курс |

2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

2.1. Предмет дисциплины

Дисциплина «Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть 1» состоит из трех разделов:

А. Конструкция летательных аппаратов.

Б. Бортовые системы.

В. Проектирование летательных аппаратов.

Конструкция летательных аппаратов (ЛА) изучает внешние формы, агрегаты летательных аппаратов, действующие на них нагрузки и их работу под нагрузками, назначение и конструкции элементов и узлов, конструктивно-силовые схемы агрегатов.

Бортовые системы летательного аппарата изучают назначение и устройство следующих систем и оборудования:

- системы кондиционирования и регулирования давления воздуха (СКВ);
- гидравлические системы;
- противообледенительные системы;
- топливные системы;
- противопожарные системы.

Проектирование летательных аппаратов изучает свойства проектируемого летательного аппарата, принципы и методы выбора его параметров, а также методы разработки технической документации для изготовления ЛА.

2.2. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины "Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть 1" является формирование у студентов знаний по основам конструкции летательных аппаратов, об основных системах оборудования и основах проектирования ЛА.

Задачи изучения дисциплины (минимально необходимый комплекс знаний и умений):

- знать основные части конструкции ЛА, их назначение, нагрузки, действующие на ЛА, силовые факторы, возникающие в основных элементах

конструкции ЛА, устройство и принцип работы основных систем летательных аппаратов, основные методы и принципы проектирования ЛА, уравнение существования ЛА;

– уметь использовать знание основ работы конструкций современных ЛА, их основных систем в процессе изучения специальных дисциплин;

– владеть навыками оценки неисправностей в конструкции планера самолета и его систем и их влияния на безопасность полета.

2.3. Структура дисциплины

На заочном отделении Московского государственного технического университета гражданской авиации курс "Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть 1" для направления 162500 и 25.03.02 обеспечивается на 2 курсе 3 лекциями, 1 контрольной работой и завершается сдачей зачета.

Лекции предназначены для первичного ознакомления с материалом в методически правильной постановке и последовательности. На лекциях следует стремиться к точному конспектированию и к пониманию логических связей отдельных элементов курса и его разделов. В процессе самостоятельной работы с учебными пособиями и другой литературой необходимо восполнить пробелы конспекта, дополнить его новым материалом, а также зафиксировать свои собственные мысли.

Зачет проводится после успешного выполнения всего учебного плана (после защиты контрольной работы) в объеме контрольных вопросов каждого раздела программы дисциплины.

2.4. Перечень базовых дисциплин

Курс базируется на таких дисциплинах, как Высшая математика, Физика, Инженерная и компьютерная графика, Материаловедение, Основы аэродинамики.

2.5. Перечень дисциплин, в которых используется данная учебная дисциплина

Знания по данной дисциплине будут необходимы при изучении дисциплин: Авиационные приборы, Человеческий фактор, Техническая диагностика, Авиационное законодательство, Системы автоматического управления полетом, Пилотажно-навигационные комплексы, Безопасность полетов, Конкретная авиационная техника.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

3.1. Учебная литература

1. Ефимова М.Г. Основы авиации. Часть 2. Конструкция и основные функциональные системы летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 52 с.

2. Никитин Г.А., Баканов Е.А. Основы авиации. Учебник для вузов гражданской авиации. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984.— 261 с.

3. Ефимов В.В. Основы авиации. Часть 1. Основы аэродинамики и динамики полета летательных аппаратов: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2003. – 63 с.

3.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.mstuca.ru> – электронные ресурсы Университета – электронные версии пособий, методических разработок по всем видам учебной работы;

<http://www.mintrans.ru> – официальный сайт Минтранспорта РФ;

<http://минобрнауки.рф> – официальный сайт Министерства образования и науки РФ;

<http://akpla.ucoz.com> – сайт кафедры АКПЛА – электронные версии пособий, методических разработок, объявления;

akpla-study@yandex.ru – адрес электронной почты кафедры АКПЛА для консультаций.

4. СТРУКТУРА КУРСА

Введение

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Тема 1.1. Классификация и схемы самолетов.

Тема 1.2 Крыло самолета.

Тема 1.3. Конструкция подвижных частей крыла. Конструкция оперения.

Тема 1.4. Конструкция фюзеляжа.

Тема 1.5. Конструкция шасси.

Тема 1.6. Конструкция элементов системы управления. Конструкция силовых установок и их элементов крепления

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

Тема 2.1. Гидравлические системы

Тема 2.2. Системы кондиционирования и регулирования давления воздуха в кабинах самолета.

Тема 2.3. Противообледенительные системы.

Тема 2.4. Топливные системы.

Тема 2.5. Противопожарные системы.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ САМОЛЕТОВ

Тема 3.1. Основы проектирования. Авиационные правила АП-25.

Тема 3.2. Технический уровень современных ЛА.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Введение в конструкцию и расчет на прочность летательных аппаратов, бортовые системы и проектирование ЛА. Предмет курса, связь с другими учебными дисциплинами. Структура дисциплины, краткая характеристика её частей. Место дисциплины в системе знаний по эксплуатации самолетов. Краткий исторический очерк развития дисциплины.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 5; [2], с. 3...7.

Центральные вопросы подраздела: конструкция ЛА; бортовые системы ЛА.

Контрольные вопросы:

- 1.1. Основные части самолета.
- 1.2. Основные бортовые системы самолета
- 1.3. В чем заключается расчет на прочность самолета?

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ КОНСТРУКЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Тема 1.1. Классификация и схемы самолетов

Летательные аппараты гражданской авиации. Классификация самолетов гражданской авиации.

Виды нагрузок, действующих на самолет, их классификация. Использование понятия перегрузки при определении нагрузок. Перегрузки при различных режимах полета. Перегрузки вне центра масс самолета. Нормы прочности самолетов в АП-25. Определение основных исходных данных для расчета самолета на прочность. Принципы определения разрушающих напряжений при расчете на прочность силовых элементов конструкции летательных аппаратов.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 6...8; [2], с. 8...17; 67...71.

Центральные вопросы подраздела: классификация самолетов гражданской авиации; нагрузки, действующие на самолет; нормы прочности самолетов.

Контрольные вопросы:

- 1.1.1. Классификация самолетов гражданской авиации.
- 1.1.2. Нагрузки, действующие на самолет.
- 1.1.3. Перегрузка.
- 1.1.4. Расчетные нагрузки.
- 1.1.5. Эксплуатационные нагрузки.
- 1.1.6. Разрушающие напряжения.

Тема 1.2. Крыло самолета

Назначение крыла и основные требования к нему. Внешние формы крыла и их влияние на весовые, жесткостные и аэродинамические характеристики крыла. Анализ схем расположения крыла относительно фюзеляжа. Нагрузки, действующие на крыло. Силовые факторы, действующие в сечении крыла. Эпюры поперечных сил, изгибающих и крутящих моментов.

Силовые элементы конструкции крыла, их назначение и работа под нагрузкой. Конструктивно-силовые схемы крыльев. Стыковые соединения крыльев различных конструктивно-силовых схем. Варианты конструктивного исполнения элементов силового набора крыла и вспомогательных конструкций. Вырезы в крыле и их конструктивное оформление. Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 15...17, [2], с. 71...80.

Центральные вопросы подраздела: крыло; силовые факторы в сечениях крыла; силовые элементы крыла.

Контрольные вопросы:

1.2.1. Назначение крыла.

1.2.2. Расположение крыла относительно фюзеляжа.

1.2.3. Нагрузки, действующие на крыло.

1.2.4. Силовые факторы, действующие в сечении крыла.

1.2.5. Силовые элементы конструкции крыла.

1.2.6. Конструктивно-силовые схемы крыльев.

1.2.7. Варианты конструктивного исполнения элементов силового набора крыла.

1.2.8. Особенности конструкции и работы стреловидных крыльев.

Тема 1.3. Конструкция подвижных частей крыла. Конструкция оперения

Назначение, принципы работы, виды конструктивного исполнения механизации крыла, органов управления самолетом по крену, аэродинамических устройств для уменьшения нагрузок на командных рычагах управления.

Назначение оперения и основные требования к нему. Внешние формы оперения и его размещение на самолете, балансировочные схемы. Анализ влияния схем оперения на его эффективность и массу. Нагрузки, действующие на оперение. Варианты конструктивного исполнения горизонтального и вертикального оперения, включая рули высоты и направления. Назначение и особенности конструкции подвижного стабилизатора.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 19...20; [2], с. 80...85; 96...108.

Центральные вопросы подраздела: механизация крыла; оперение самолета; органы управления самолетом.

Контрольные вопросы:

- 1.3.1. Виды механизация крыла.
- 1.3.2. Механизация передней кромки крыла.
- 1.3.3. Механизация задней кромки крыла.
- 1.3.4. Аэродинамические устройства для уменьшения нагрузок на командных рычагах управления.
- 1.3.5. Назначение оперения самолета.
- 1.3.6. Размещение оперения на самолете.
- 1.3.7. Конструктивное исполнение горизонтального и вертикального оперения.
- 1.3.8. Назначение подвижного стабилизатора.
- 1.3.9. Особенности конструкции подвижного стабилизатора.

Тема 1.4. Конструкция фюзеляжа

Назначение фюзеляжа и основные требования к нему. Внешние формы и геометрические характеристики фюзеляжа. Нагрузки, действующие на фюзеляж. Конструктивно-силовые схемы и силовые элементы фюзеляжей. Стыковые соединения фюзеляжа с другими частями самолета. Варианты конструктивного исполнения силовых элементов фюзеляжа. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже. Компонировка и конструкция кабин. Конструкция фонарей, окон, дверей и люков.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 17-19; [2], с. 86...96.

Центральные вопросы подраздела: фюзеляж; конструктивно-силовые схемы фюзеляжей.

Контрольные вопросы:

- 1.4.1. Назначение фюзеляжа.
- 1.4.2. Геометрические характеристики фюзеляжа.
- 1.4.3. Нагрузки, действующие на фюзеляж.
- 1.4.4. Конструктивно-силовые схемы фюзеляжей.
- 1.4.5. Силовые элементы фюзеляжа.
- 1.4.6. Конструктивное оформление вырезов в фюзеляже.

Тема 1.5. Конструкция шасси

Назначение шасси и основные требования к нему. Схемы шасси, их достоинства и недостатки. Проходимость самолета и характеристики аэродромов. Геометрические характеристики шасси. Конструктивно-силовые схемы шасси. Нагрузки, действующие на шасси, работа шасси под нагрузкой. Элементы конструкции шасси и их назначение. Виды опорных элементов. Схемы крепления опорных элементов к стойкам шасси, их достоинства и недостатки. Назначение и принцип работы жидкостно-газового амортизатора. Виды размещения амортизатора в конструкции опоры. Особенности конструкции передних опор. Конструкция авиационных колес. Кинематические схемы уборки-выпуска шасси. Колебания шасси при движении по земле.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 20...25; [2], с. 119...138.

Центральные вопросы подраздела: шасси самолета; жидкостно-газовые амортизаторы; уборка-выпуск шасси.

Контрольные вопросы:

1.5.1. Назначение шасси.

1.5.2. Основные требования к шасси.

1.5.3. Схемы шасси.

1.5.4. Характеристики аэродромов.

1.5.5. Геометрические характеристики шасси.

1.5.6. Опорные элементы шасси.

1.5.7. Крепление опорных элементов к стойкам шасси.

1.5.8. Назначение и принцип работы жидкостно-газового амортизатора.

1.5.9. Особенности конструкции передних опор.

Тема 1.6. Конструкция элементов системы управления. Конструкция силовых установок и их элементов крепления

Назначение системы управления самолетом и основные требования к ней. Виды командных постов управления. Виды проводки управления. Элементы проводки управления. Устройства для улучшения характеристик управляемости, включаемые в проводку управления

Назначение силовой установки, ее состав и основные требования к ней. Варианты размещения двигателей на самолете и их анализ. Нагрузки, действующие на двигатели. Способы крепления двигателей к планеру самолета.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 25...28; [2], с. 108...119, 144...146; 157...160.

Центральные вопросы подраздела: управление самолетом; силовая установка.

Контрольные вопросы:

1.6.1. Назначение системы управления самолетом.

1.6.2. Виды командных постов управления.

1.6.3. Виды проводки управления.

1.6.4. Устройства для улучшения характеристик управляемости.

1.6.5. Варианты размещения двигателей на самолете.

1.6.6. Способы крепления двигателей к планеру самолета.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ БОРТОВЫЕ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

Тема 2.1. Гидравлические системы

Принципиальные схемы гидравлических систем с регулируемой и нерегулируемой подачей. Виды основных исполнительных механизмов. Рабочие жидкости в системе. Требования, предъявляемые к гидравлическим системам, пути их реализации.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 29...31; [2], с. 204...210.

Центральные вопросы подраздела: гидравлические системы самолета.

Контрольные вопросы:

- 2.1.1. Принципиальные схемы гидравлических систем.
- 2.1.2. Гидравлические системы с нерегулируемой подачей.
- 2.1.3. Гидравлические системы с регулируемой подачей.
- 2.1.4. Виды гидравлических систем.
- 2.1.5. Рабочие жидкости гидросистем.
- 2.1.6. Виды основных исполнительных механизмов.
- 2.1.7. Гидроаккумуляторы.

Тема 2.2. Системы кондиционирования и регулирования давления воздуха в кабинах самолета

Необходимость и принципиальные схемы систем кондиционирования воздуха и регулировки давления в кабине пилота и пассажирских салонах самолета. Основные элементы системы кондиционирования и регулирования давления воздуха.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 31...34; [2], с. 212...215.

Центральные вопросы подраздела: Системы кондиционирования и регулирования давления воздуха.

Контрольные вопросы:

- 2.2.1 Требования к содержанию вредных примесей в воздухе гермокабин.
- 2.2.2. Необходимость систем кондиционирования воздуха в кабине пилота и пассажирских салонах самолета.
- 2.2.3. Необходимость систем регулировки давления в кабине пилота и пассажирских салонах самолета.
- 2.2.4. Основные элементы систем кондиционирования воздуха.
- 2.2.5. Основные элементы систем регулирования давления.

Тема 2.3. Противообледенительные системы

Условия обледенения поверхностей самолета. Требования, предъявляемые к противообледенительным системам. Типы систем. Датчики сигнализации обледенения. Принципиальные схемы противообледенительных систем самолета.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 34...39; [2], с. 215...219.

Центральные вопросы подраздела: Противообледенительные системы.

Контрольные вопросы:

- 2.3.1. Условия обледенения поверхностей самолета.
- 2.3.2. Виды обледенения поверхностей самолета.
- 2.3.3. Требования, предъявляемые к противообледенительным системам.

2.3.4. Типы противообледенительных систем.

2.3.5. Датчики сигнализации обледенения.

2.3.6. Принципиальные схемы противообледенительных систем самолета.

Тема 2.4. Топливные системы

Требования, предъявляемые к топливным системам. Принципиальная схема топливной системы. Характеристики топлива. Основные агрегаты систем: насосы, датчики расхода и запаса топлива. Централизованная заправка. Меры обеспечения надежности и живучести топливных систем самолетов. Аварийный слив топлива. Обеспечение охраны окружающей среды.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [2], с. 177...179.

Центральные вопросы подраздела: топливные системы.

Контрольные вопросы:

2.4.1. Требования, предъявляемые к топливным системам.

2.4.2. Принципиальная схема топливной системы.

2.4.3. Характеристики топлива.

2.4.4. Основные агрегаты топливных систем.

2.4.5. Централизованная заправка.

2.4.6. Меры по увеличению надежности и живучести топливных систем.

2.4.7. Аварийный слив топлива.

Тема 2.5. Противопожарные системы

Условия возникновения пожара. Датчики сигнализации. Принципиальные схемы противопожарных систем.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 39...42; [2], с. 179...181.

Центральные вопросы подраздела: противопожарные системы.

Контрольные вопросы:

2.5.1. Условия возникновения пожара.

2.5.2. Датчики сигнализации возгорания.

2.5.3. Датчики сигнализации дымообразования.

2.5.4. Принципиальные схемы противопожарных систем.

2.5.5. Меры по снижению вероятности возгорания топлива в баках.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ САМОЛЕТОВ

Тема 3.1. Основы проектирования. Авиационные правила АП-25

Характеристика самолета как объекта проектирования. Этапы и задачи проектирования. Методологические основы проектирования. Общие положения разработки эксплуатационно-технических требований. Уравнение существования самолета. Оптимизация летно-технических характеристик при разработке эксплуатационно-технических требований. Основы оценки эффективности и

технического уровня самолетов гражданской авиации. Основы предварительного проектирования самолетов. Авиационные правила АП-25 (Нормы летной годности самолетов транспортной категории).

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], с. 43...50.

Центральные вопросы подраздела: проектирование самолетов; авиационные правила АП-25.

Контрольные вопросы:

3.1.1. Характеристика самолета как объекта проектирования.

3.1.2. Этапы проектирования.

3.1.3. Общие положения разработки эксплуатационно-технических требований.

3.1.4. Уравнение существования самолета.

3.1.5. Оптимизация летно-технических характеристик.

3.1.6. Авиационные правила АП-25.

Тема 3.2. Технический уровень современных ЛА

Пути повышения эффективности ЛА за счет прогресса в аэродинамике и весового совершенства конструкции планера и бортовых систем.

Методические указания к изучению раздела

Литература: [1], стр. 50...51.

Центральные вопросы раздела: технический уровень ЛА.

Контрольные вопросы:

3.2.1. Пути повышения эффективности ЛА за счет прогресса в аэродинамике.

3.2.2. Пути повышения эффективности ЛА за счет весового совершенства конструкции планера.

3.2.3. Пути повышения эффективности ЛА за счет весового совершенства бортовых систем.

3.2.4. Пути повышения эффективности ЛА за счет применения прогрессивных материалов.

3.2.5. Пути повышения эффективности ЛА за счет применения прогрессивных технологий.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

6.1. Общие сведения о контрольной работе и требования к ее выполнению

Контрольная работа по дисциплине «Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть 1» призвана помочь закреплению теоретического материала и получению знаний прикладного характера. Задания контрольной работы посвящены определению геометрических характеристик крыла и фюзеляжа самолета. Этот материал входит в итоговый контроль знаний – зачет по дисциплине «Летательные аппараты и авиационные двигатели. Часть 1».

Контрольная работа состоит из расчетной и графической частей. Чертежи должны соответствовать размерам, полученным в расчетной части, и должны быть обязательно выполнены в соответствии с требованиями, приведенными в тексте задания.

Варианты заданий выбираются в соответствии с номером зачетной книжки студента и являются строго индивидуальными.

6.2. Задания контрольной работы

6.2.1. Задание 1. Определение геометрических характеристик крыла в плане

Для выполнения задания студентам необходимо изучить литературу [2] стр. 31-34, [3] стр. 16-22.

Геометрия крыла в плане (рис. 1) описывается следующими характеристиками: размах крыла, площадь крыла, корневая и концевая хорды, удлинение крыла, сужение крыла и др.

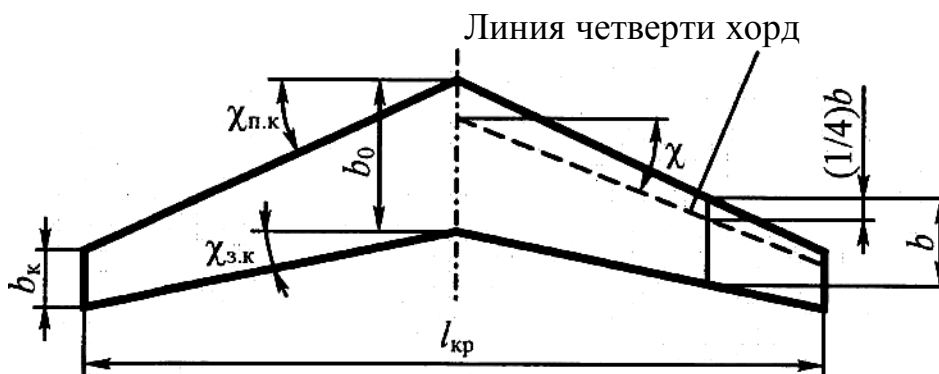


Рис. 1. Геометрические характеристики крыла в плане

Размах крыла l – расстояние между двумя плоскостями, параллельными базовой плоскости (плоскость симметрии) самолета и проходящими через концы крыла.

Корневая хорда крыла b_0 – хорда крыла в базовой плоскости самолета.

Концевая хорда крыла b_k – хорда крыла в его концевом сечении.

Площадь крыла S – площадь проекции крыла на базовую плоскость крыла. *Базовой плоскостью* крыла называется плоскость, проходящая через корневую хорду крыла и перпендикулярная базовой плоскости самолета. При аэродинамических расчетах в площадь крыла включается также площадь подфюзеляжной части.

Средняя геометрическая хорда крыла b_{cp} – хорда условного прямоугольного крыла, равного по площади рассматриваемому и имеющего тот же размах:

$$b_{cp} = \frac{S}{l}$$

Удлинение крыла λ – отношение квадрата размаха крыла к его площади:

$$\lambda = \frac{l^2}{S}$$

Сужение крыла η – отношение длины корневой хорды крыла к длине его концевой хорды:

$$\eta = \frac{b_0}{b_k}$$

Линия четвертей хорд крыла – линия, проходящая через точки, отстоящие от передних точек хорд на расстоянии, равном 0,25 длин хорд.

В общем случае крыло в плане имеет сложную форму, а линия четвертей хорд не является прямой линией. Однако в авиации наибольшее распространение получили крылья с прямолинейными передней и задней кромками. В этом случае линия четвертей хорд будет прямой. Эта линия используется для определения угла стреловидности крыла.

Угол стреловидности крыла χ – угол между линией четвертей хорд крыла и плоскостью, перпендикулярной корневой хорде. При описании геометрии крыла используются также углы стреловидности крыльев по передней кромке $\chi_{п.к}$ и по задней кромке $\chi_{з.к}$ (рис. 1). Если $\chi > 0$, то крыло является стреловидным. У современных пассажирских и грузовых самолетов $\chi = 20...40^\circ$.

Содержание задания 1

Необходимо по заданным геометрическим характеристикам построить крыло самолета в плане и определить его остальные геометрические характеристики. Значения геометрических характеристик для построения чертежа крыла необходимо взять из приведенной ниже таблицы 1, подставляя вместо букв цифры из номера зачетной книжки: n – предпоследняя цифра номера зачетной книжки, m – последняя цифра номера зачетной книжки. В результате в 4-м столбце таблицы вы получите геометрические характеристики крыла реального самолета. В столбце 5 необходимо указать размерность тех геометрических характеристик, которые ее имеют.

Таблица 1

| № | Наименование геометрической характеристики | Формула для расчета параметра | Значение параметра | Размерность |
|----|--|-------------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Размах крыла | $l = 25 + 3n + 0,5m$ | | |
| 2. | Корневая хорда крыла | $b_0 = 3,5 + 0,6n + 0,4m$ | | |
| 3. | Концевая хорда крыла | $b_k = 2 + 0,5n$ | | |
| 4. | Угол стреловидности по линии 1/4 хорд | $\chi_{1/4} = 4n$ | | |

После того, как все параметры столбца 4 определены, необходимо построить чертеж крыла в плане на миллиметровой бумаге формата А4. Масштаб чертежа студенты выбирают самостоятельно, однако он должен соответствовать ГОСТу (ряд масштабов: 1:1; 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:100; 1:200; 1:250; 1:500; 1:1000) и быть указан на чертеже.

После построения чертежа крыла необходимо определить, как называется ваше крыло при виде в плане (прямоугольное, стреловидное, трапециевидное, треугольное и т.п.), а затем заполнить таблицу 2. Величины размерных параметров должны соответствовать реальному крылу, а не его изображению на чертеже.

Таблица 2

| № | Наименование геометрической характеристики | Значение параметра | Размерность |
|----|--|--------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Площадь крыла | | |
| 2. | Средняя геометрическая хорда крыла | | |
| 3. | Удлинение крыла | | |
| 4. | Сужение крыла | | |
| 5. | Угол стреловидности передней кромки | | |
| 6. | Угол стреловидности задней кромки | | |

На чертеже крыла необходимо проставить *все возможные* размеры в соответствии с рис. 1. Размеры на чертеже проставляются всегда в миллиметрах без каких-либо дополнительных буквенных обозначений. Изображение размерных линий и написание размеров должны соответствовать правилам оформления чертежей.

Если какие-либо параметры таблицы 2 определялись с помощью формул, ниже таблицы необходимо эти формулы привести.

6.2.2. Задание 2. Определение геометрических характеристик фюзеляжа

Формы фюзеляжей самолетов весьма разнообразны и выбираются исходя из стремления получить большой полезный объем при малом аэродинамическом сопротивлении и невысокой массе конструкции, а также для удовлетворения специальных технических требований (обеспечение перевозки крупногабаритных грузов, обеспечение комфорта пассажиров и т.п.). Следствием этих требований является вытянутая удобообтекаемая форма фюзеляжа при виде сбоку (рис. 2).

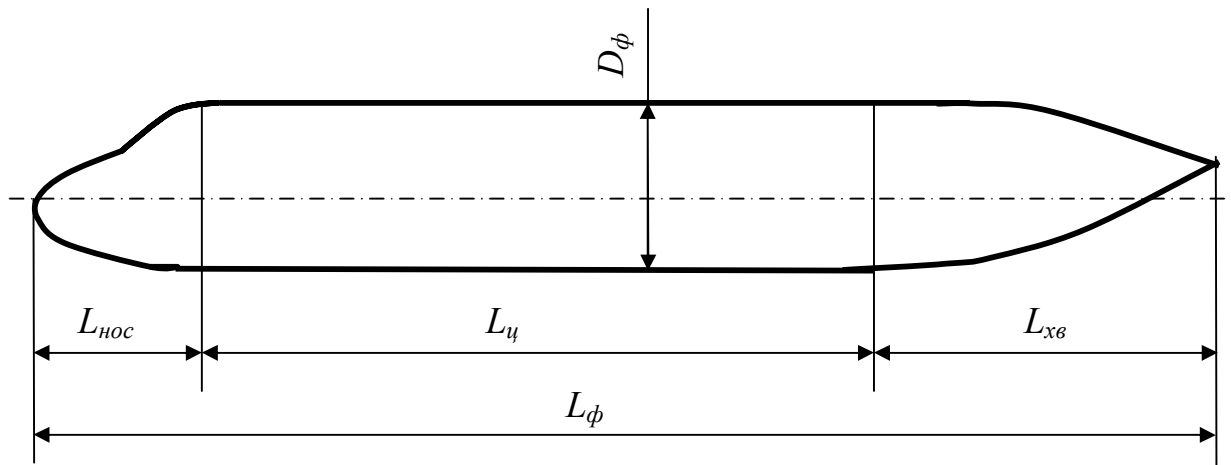


Рис. 2. Геометрические характеристики фюзеляжа

Длина фюзеляжа L_{ϕ} – наибольший размер фюзеляжа вдоль его продольной оси.

Площадь миделевого сечения фюзеляжа $S_{м.ф.}$ – наибольшая площадь поперечного сечения фюзеляжа плоскостью, перпендикулярной продольной оси фюзеляжа.

Максимальный эквивалентный диаметр фюзеляжа D_{ϕ} – диаметр условного круга, площадь которого равна площади миделевого сечения фюзеляжа:

$$D_{м.ф.} = \sqrt{\frac{4S_{м.ф.}}{\pi}}$$

Удлинение фюзеляжа λ_{ϕ} – отношение длины фюзеляжа к его максимальному эквивалентному диаметру:

$$\lambda_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{D_{\phi}}$$

Чаще всего у фюзеляжей можно выделить *носовую*, *цилиндрическую* (*центральную*) и *хвостовую* части и ввести для них соответствующие геометрические параметры. Удлинения этих частей фюзеляжа можно вычислить по следующим формулам:

$$\lambda_{нос} = \frac{L_{нос}}{D_{\phi}}; \quad \lambda_{ц} = \frac{L_{ц}}{D_{\phi}}; \quad \lambda_{хв} = \frac{L_{хв}}{D_{\phi}}$$

Несложно заметить, что поскольку $L = L_{нос} + L_{ц} + L_{хв}$, то справедливо:

$$\lambda = \lambda_{нос} + \lambda_{ц} + \lambda_{хв}.$$

Перед выполнением задания 2 необходимо изучить литературу [2] стр. 86-88 и [3] стр. 22-23.

Содержание задания 2

В задании необходимо разместить в фюзеляже заданное количество пассажиров, определив потребные для этого диаметр и длину фюзеляжа, после чего определить остальные геометрические характеристики и начертить полученный фюзеляж.

1. В качестве исходных данных задано количество пассажиров, которое определяется по формуле: $N = 100 + 10n + 15m$, где n – последняя цифра номера зачетной книжки, m – предпоследняя цифра номера зачетной книжки.

2. Диаметр фюзеляжа вычисляется по формуле

$$D_{\phi} = a_2 B_2 + a_3 B_3 + a_{np} B_{np} + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 120 \text{ (мм)},$$

где a_2 и a_3 – число блоков (в поперечном ряду) из двух и трех кресел;
 a_{np} – число проходов;

60 — расстояние между подлокотниками внешних в ряду кресел и внутренней стенкой фюзеляжа (мм);

120 — толщина стенки фюзеляжа(мм);

B_2 и B_3 – ширина блока из двух и трех кресел ($B_2=1260$ мм, $B_3=1520$ мм);

B_{np} – ширина прохода: $B_{np} = 510$ мм.

Студенты самостоятельно выбирают схему расстановки кресел в салоне, например, 2+2, 3+3, 2+3+2 и т.д.

3. Длина фюзеляжа определяется по формуле $L_{\phi} = 1,4 \frac{2,4 + 0,00414N}{D_{\phi}^2} N$.

4. Для проверки правильности размещения пассажиров в салоне необходимо определить удлинение фюзеляжа λ_{ϕ} . Полученное значение должно находиться в пределах 6,5...11,0. Если рассчитанное удлинение выходит за эти границы, то нужно вернуться к п. 2 и изменить схему расположения кресел в салоне.

5. Определив геометрические параметры фюзеляжа в пп. 2 и 3, необходимо определить длины носовой, хвостовой и центральной частей фюзеляжа, используя соответствующие формулы и известные из статистических данных удлинения носовой и хвостовой частей, которые находятся в пределах $\lambda_{нос} = 1,2...1,5$, $\lambda_{хв} = 2,0...2,5$. По результатам расчетов заполняется табл. 3.

6. Заполнив табл. 3, необходимо построить чертеж фюзеляжа на миллиметровой бумаге формата А4 в выбранном в соответствии с ГОСТом масштабе (ряд масштабов: 1:1; 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:100; 1:200; 1:250; 1:500; 1:1000). Обводы носовой и хвостовой частей фюзеляжа выполнить произвольно в соответствии с собственными представлениями о внешнем облике самолета.

Таблица 3

| № | Наименование геометрической характеристики | Формула для расчета параметра | Значение | Размерность |
|-----|--|---|----------|-------------|
| 1. | Количество пассажиров | $N = 100 + 10n + 15m$ | | |
| 2. | Диаметр фюзеляжа | $D_{\phi} = a_2 B_2 + a_3 B_3 + a_{np} B_{np} + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 120$ | | |
| 3. | Длина фюзеляжа | $L_{\phi} = 1,4 \frac{2,4 + 0,00414N}{D_{\phi}^2} N$ | | |
| 4. | Удлинение фюзеляжа | $\lambda_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{D_{\phi}}$ | | |
| 5. | Удлинение носовой части, | $\lambda_{нос} = \frac{L_{нос}}{D_{\phi}}$ | | |
| 6. | Удлинение центральной части | $\lambda_{ц} = \frac{L_{ц}}{D_{\phi}}$ | | |
| 7. | Удлинение хвостовой части | $\lambda_{хв} = \frac{L_{хв}}{D_{\phi}}$ | | |
| 8. | Длина носовой части | $L_{нос} = \lambda_{нос} D_{\phi}$ | | |
| 9. | Длина центральной части | $L_{ц} = \lambda_{ц} D_{\phi}$ | | |
| 10. | Длина хвостовой части | $L_{хв} = \lambda_{хв} D_{\phi}$ | | |

7. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

7.1. Задание 1

7.1.1. Определения и формулы

Материалы этой части работы приводятся в подразделе 6.2.1 пособия (выполняется полностью самостоятельно).

7.1.2. Расчетная часть

Вариант задания: 99; $n = 9$; $m = 9$.

Параметры крыла необходимые для выполнения чертежа:

- размах крыла: $l = 25 + 3n + 0,5m = 25 + 3 \cdot 9 + 0,5 \cdot 9 = 56,5$ м;

- корневая хорда: $b_0 = 3,5 + 0,6n + 0,4m = 3,5 + 0,6 \cdot 9 + 0,4 \cdot 9 = 12,5$ м;

- концевая хорда: $b_k = 2 + 0,5n = 2 + 0,5 \cdot 9 = 6,5$ м;

Угол стреловидности: $\chi_{1/4} = 4n = 4 \cdot 9 = 36^\circ$.

Результаты расчета сводим в таблицу 4.

Таблица 4

| № | Наименование геометрической характеристики | Формула для расчета параметра" | Значение параметра | Размерность |
|----|--|--------------------------------|--------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Размах крыла | $l = 25 + 3n + 0,5m$ | 56,5 | м |
| 2. | Корневая хорда крыла | $b_0 = 3,5 + 0,6n + 0,4m$ | 12,5 | м |
| 3. | Концевая хорда крыла | $b_k = 2 + 0,5n$ | 6,5 | м |
| 4. | Угол стреловидности по линии одной четверти хорд | $\chi_{1/4} = 4n$ | 36 | град |

Вычисляем требуемые параметры крыла:

- площадь определяется как удвоенная площадь консоли крыла (трапеция): $S = 0,5(b_0 + b_k)l = 0,5 \cdot (12,5 + 6,5) \cdot 56,5 = 537 \text{ м}^2$;

- средняя геометрическая хорда: $b_{cp} = \frac{S}{l} = \frac{537}{56,5} = 9,5$ м;

- удлинение: $\lambda = \frac{l^2}{S} = \frac{56,5^2}{537} = 5,95$;

- сужение: $\eta = \frac{b_0}{b_k} = \frac{12,5}{6,5} = 1,92$

- угол стреловидности передней кромки: $\chi_{п.к.} = 38^\circ$;

- угол стреловидности задней кромки: $\chi_{з.к.} = 28^\circ$.

При полученных результатах для выполнения чертежа крыла в формате А4 приемлем масштаб: 1:200.

Вид чертежа крыла приведен на рис. 3 (без соблюдения масштаба).

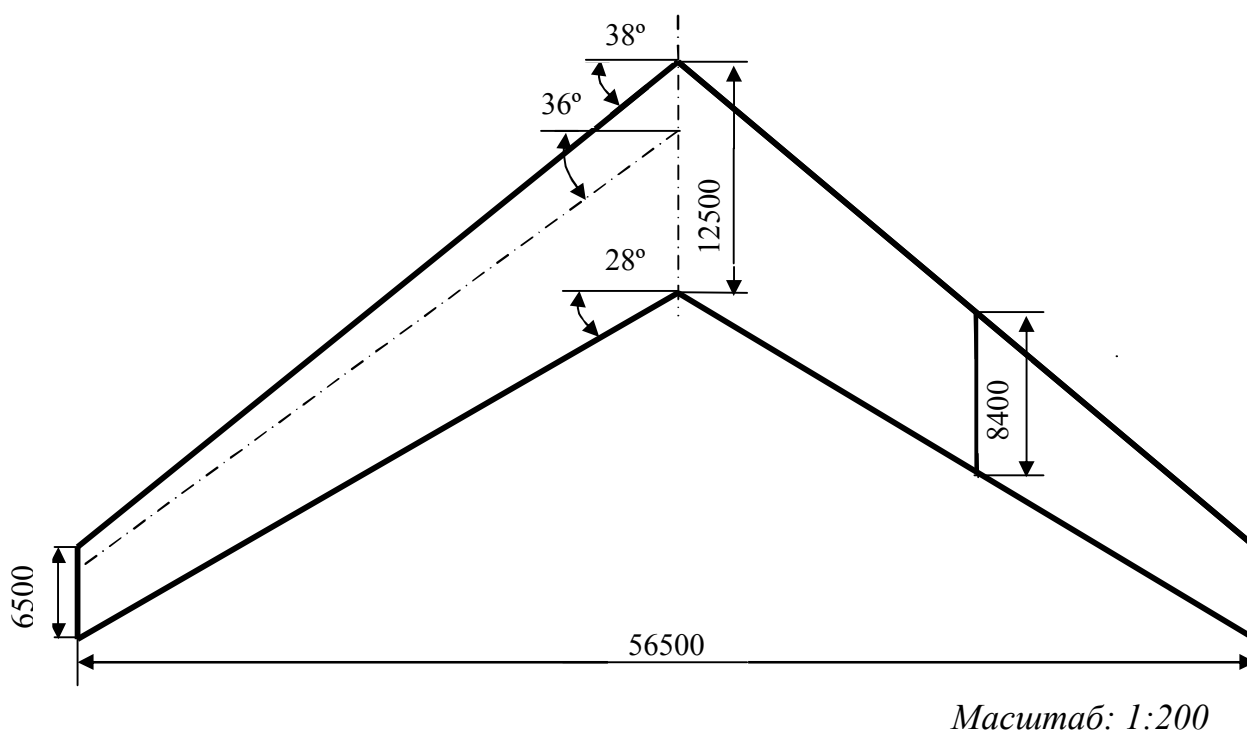


Рис. 3. Пример выполнения чертежа крыла (выполнять на миллиметровой бумаге в соответствующем масштабе)

Полученное крыло стреловидное в плане.

Результаты определения параметров крыла сводим в таблицу 5.

Таблица 5

| № | Наименование геометрической характеристики | Значение параметра | Размерность |
|----|--|--------------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Площадь крыла, S | 537 | м^2 |
| 2. | Средняя геометрическая хорда крыла, b_{cp} | 9,5 | м |
| 3. | Удлинение крыла, λ | 5,95 | — |
| 4. | Сужение крыла, η | 1,92 | — |
| 5. | Угол стреловидности передней кромки, $\chi_{п.к.}$ | 38 | град |
| 6. | Угол стреловидности задней кромки, $\chi_{з.к.}$ | 28 | град |

7.1.3 Вопросы для самопроверки:

1. Что такое крыло?
2. Как формы крыла влияют на его летно-технические характеристики?
3. Какими тремя видами характеризуется геометрия крыла?
4. Что такое вид крыла в плане?
5. Каковы наиболее распространенные виды крыла в плане?
6. Что такое профиль крыла?
7. Что такое хорда профиля?
8. Сколько хорд может быть у крыла?
9. Что такое корневая хорда?
10. Что такое концевая хорда?
11. Что такое средняя геометрическая хорда?
12. Что такое линия четвертей хорд?
13. Какие вы знаете углы стреловидности?
14. В каких пределах находятся углы стреловидности современных ЛА?
15. Что такое размах крыла?
16. Как определяется площадь крыла?
17. Что такое удлинение? В чем оно измеряется?
18. Что такое сужение? В чем оно измеряется?

7.2. Задание 2

7.2.1. Определения и формулы

Материалы этой части работы приводятся в подразделе 6.2.2. пособия (выполняется полностью самостоятельно).

7.2.2. Расчетная часть

Вариант задания: 99; $n = 9$; $m = 9$.

1. Определяется количество пассажиров:

$$N = 100 + 10n + 15m = 100 + 10 \cdot 9 + 15 \cdot 9 = 325 \text{ пассажиров.}$$

2. Вычисляется диаметр фюзеляжа (схема расстановки кресел: 3+3+3)

по формуле $D_{\phi} = a_2 B_2 + a_3 B_3 + a_{np} B_{np} + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 120$ (мм),

где a_2 – число блоков из двух кресел: $a_2 = 0$;

a_3 – число блоков из трех кресел: $a_3 = 3$;

a_{np} – число проходов: $a_{np} = 2$;

60 — расстояние между подлокотниками внешних в ряду кресел и внутренней стенкой фюзеляжа (мм);

120 — толщина стенки фюзеляжа (мм);

B_2 – ширина блока из двух кресел: $B_2 = 1260$ мм;

B_3 – ширина блока из трех кресел: $B_3 = 1520$ мм;

B_{np} – ширина прохода: $B_{np} = 510$ мм;

$$D_{\phi} = 3 \cdot 1520 + 2 \cdot 510 + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 120 = 5940 \text{ мм} = 5,94 \text{ м.}$$

3. Вычисляется длина фюзеляжа по формуле

$$L_{\phi} = 1,4 \frac{2,4 + 0,00414N}{D_{\phi}^2} N = 1,4 \frac{2,4 + 0,00414 \cdot 325}{5,94^2} 325 = 48,3 \text{ м.}$$

4. Вычисляется удлинение фюзеляжа:

$$\lambda_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{D_{\phi}} = \frac{48,3}{5,94} = 8,13 \text{ (находится в рекомендуемом диапазоне).}$$

5. Вычисляется длина носовой части фюзеляжа:

$$L_{\text{нос}} = \lambda_{\text{нос}} \cdot d_{\phi},$$

где $\lambda_{\text{нос}}$ – удлинение носовой части фюзеляжа: $\lambda_{\text{нос}} = 1,2 \dots 1,5$, принимается $\lambda_{\text{нос}} = 1,5$;

$$L_{\text{нос}} = 1,5 \cdot 5,94 = 8,91 \text{ м;}$$

6. Вычисляется длина хвостовой части фюзеляжа:

$$L_{\text{хв}} = \lambda_{\text{хв}} \cdot d_{\phi},$$

где $\lambda_{\text{хв}}$ – удлинение хвостовой части фюзеляжа: $\lambda_{\text{хв}} = 2,0 \dots 2,5$, принимается $\lambda_{\text{хв}} = 2,5$;

$$L_{\text{хв}} = 2,5 \cdot 5,94 = 14,89 \text{ м.}$$

По полученным данным на миллиметровой бумаге формата А4 выполняется чертеж фюзеляжа в соответствии с выбранным масштабом.

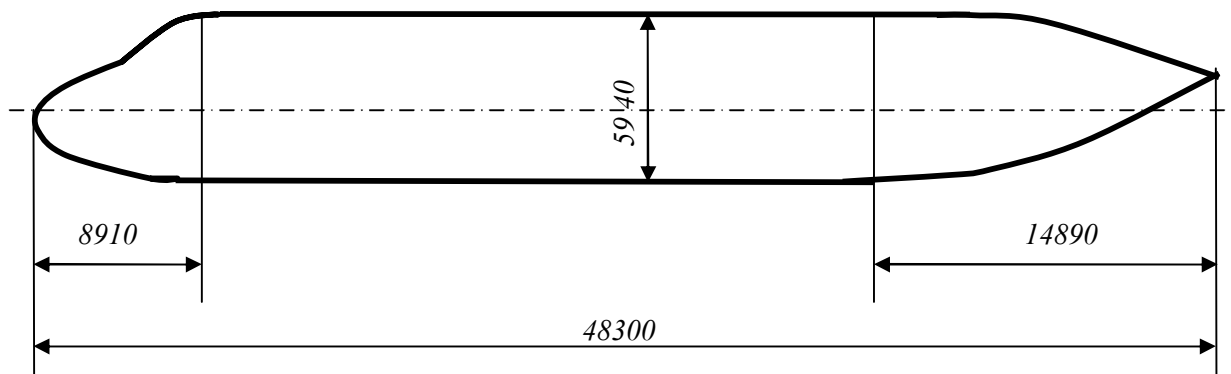


Рис. 4. Пример выполнения чертежа фюзеляжа
(выполнять на миллиметровой бумаге в соответствующем масштабе)

Результаты расчета геометрических характеристик фюзеляжа сводим в таблицу 6.

Таблица 6

| № | Наименование геометрической характеристики | Формула для расчета параметра | Значение | Размерность |
|-----|--|---|----------|-------------|
| 1. | Количество пассажиров | $N = 100 + 10n + 15m$ | 325 | пасс. |
| 2. | Диаметр фюзеляжа | $D_{\phi} = a_2 B_2 + a_3 B_3 + a_{np} B_{np} + 2 \cdot 60 + 2 \cdot 120$ | 5,94 | м |
| 3. | Длина фюзеляжа | $L_{\phi} = 1,4 \frac{2,4 + 0,00414N}{D_{\phi}^2} N$ | 48,3 | м |
| 4. | Удлинение фюзеляжа | $\lambda_{\phi} = \frac{L_{\phi}}{D_{\phi}}$ | 8,13 | |
| 5. | Удлинение носовой части | $\lambda_{нос} = \frac{L_{нос}}{D_{\phi}}$ | 1,5 | |
| 6. | Удлинение центральной части | $\lambda_{ц} = \frac{L_{ц}}{D_{\phi}}$ | 4,13 | |
| 7. | Удлинение хвостовой части | $\lambda_{хв} = \frac{L_{хв}}{D_{\phi}}$ | 2,5 | |
| 8. | Длина носовой части | $L_{нос} = \lambda_{нос} D_{\phi}$ | 8,91 | м |
| 9. | Длина центральной части | $L_{ц} = \lambda_{ц} D_{\phi}$ | 24,5 | м |
| 10. | Длина хвостовой части | $L_{хв} = \lambda_{хв} D_{\phi}$ | 14,89 | м |

7.2.3. Вопросы для самопроверки

1. Что такое фюзеляж?
2. Из каких соображений выбирается форма фюзеляжа?
3. Какие бывают формы поперечных сечений фюзеляжа?
4. На какие геометрические характеристики фюзеляжа влияет количество пассажиров?
5. Из каких соображений выбирают схему установки кресел в фюзеляже?
6. Что представляет собой фюзеляж при виде сбоку.
7. Чем определяется форма носовой части фюзеляжа?
8. Каковы основные геометрические характеристики фюзеляжа?
9. Что такое удлинение фюзеляжа?