

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	5
1.1. Методическое обеспечение курсового проектирования.....	5
1.2. Цели и задачи курсового проектирования.....	5
1.3. Тематика курсовых проектов	5
2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	6
2.1. Последовательность работы при курсовом проектировании	6
2.2. Содержание работы по курсовому проекту.....	6
3. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	15
3.1. Виды конструкторских документов курсового проекта и их обозначение.....	15
3.2. Оформление графической части работы	16
3.3. Оформление пояснительной записки к курсовому проекту.....	17
4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГО ЗАЩИТЕ	18
4.1. Пояснительная записка.....	18
4.2. Габаритный чертеж самолета	19
4.3. Чертеж общего вида самолета.....	20
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 4	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 5	32

ВВЕДЕНИЕ

Для грамотной эксплуатации современной авиационной техники важно хорошо знать объект эксплуатации – летательный аппарат (ЛА), его назначение, технические требования к нему, основные параметры и влияние их на эффективность эксплуатации, а также конструктивно-силовую схему, принципы функционирования, виды конструктивного исполнения элементов конструкции и многое другое. Изучению этих вопросов посвящена дисциплина «Конструкция и прочность самолета» (КПС).

Настоящее пособие имеет целью систематизировать и облегчить самостоятельную работу студентов при выполнении курсового проекта по дисциплине КПС, занимающей одно из центральных мест в подготовке бакалавров по направлению 162300 (25.03.01) – «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей». В данной части пособия излагаются требования к объему, содержанию и оформлению курсового проекта.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методическое обеспечение курсового проектирования

Методическое обеспечение курсового проектирования включает:

- часть I, в которой излагаются основные требования к объему, содержанию и оформлению курсового проекта;
- часть II, в которой излагаются методики и рекомендации по выполнению наиболее сложных и специфических разделов проекта;
- часть III, в которой приведен справочный материал, необходимый при курсовом проектировании.

Настоящее пособие является частью I. Здесь излагаются только требования к выполнению курсового проекта.

Вся работа над проектом производится лично студентом, который несет ответственность за правильность расчетов, качество графической части проекта и целесообразность принятых в проекте решений.

Выполняя проект, студент должен организовать свою работу так, чтобы она была закончена в установленный срок. При возникновении в процессе работы каких-либо затруднений студент может обратиться к руководителю проекта за консультацией.

1.2. Цели и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является углубление и закрепление знаний, полученных при изучении дисциплины КПС и ряда других смежных дисциплин, а также приобретение опыта самостоятельного решения инженерных задач проектного, расчетно-графического и эксплуатационного характера.

Курсовой проект по дисциплине КПС охватывает часть вопросов, которые решаются на этапе внешнего проектирования (этап разработки технического задания (ТЗ)) и на этапе предварительного проектирования самолета. На этих этапах создания нового самолета обоснованность решений, принятых заказчиком (эксплуатантом), имеет исключительное значение.

1.3. Тематика курсовых проектов

Тематика заданий на курсовое проектирование охватывает все основные типы транспортных (пассажирских и грузовых) самолетов ГА.

Задание на курсовой проект выдается руководителем. Задание оформляется на специальном бланке (Приложение 4), в котором указываются:

- тема проекта (целевое назначение проектируемого самолета);
- основные летно-технические характеристики (ЛТХ), которыми должен обладать проектируемый самолет.

2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Последовательность работы при курсовом проектировании

Работу над курсовым проектом рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Сбор статистической информации о самолетах одинакового целевого назначения с проектируемым.
2. Формулировка ТЗ на проектирование самолета.
3. Формулировка концепции самолета.
4. Выбор типа, параметров и количества двигателей.
5. Синтез и обоснование схемы самолета.
6. Предварительное определение взлетной массы самолета (первое и второе приближения).
7. Определение основных геометрических характеристик самолета и его частей.
8. Определение основных аэродинамических характеристик самолета.
9. Определение основных параметров самолета.
10. Определение взлетной массы самолета (третье приближение).
11. Определение геометрических размеров самолета и его частей.
12. Компоновка и центровка самолета.
13. Выполнение чертежа предварительной компоновки.
14. Выполнение габаритного чертежа самолета.
15. Выполнение чертежа общего вида самолета.
16. Краткое техническое описание самолета.
17. Анализ результатов проектирования и выводы.

2.2. Содержание работы по курсовому проекту

Сбор статистических данных

Цель этого раздела курсового проекта – сбор, систематизация и оформление статистической информации о самолетах-аналогах, принадлежащих тому же классу, к которому принадлежит проектируемый самолет. При этом требуется выбрать 3 – 4 самолета с ЛТХ, близкими к проектируемому. Пример таблицы статистических данных приведен в Приложении 1.

Формулировка ТЗ на проектирование самолета

Целью этого раздела проекта является разработка технического задания на проектирование самолета.

Комплекс требований, предъявляемых к проектируемому самолету, разделяют на общие технические требования (ОТТ) и эксплуатационно-технические требования (ЭТТ). ОТТ излагаются в Авиационных правилах. ЭТТ разрабатываются заказчиком и фактически определяют облик самолета. Разра-

ботка ЭТТ заканчивается формулировкой ТЗ на проектирование нового самолета.

ТЗ должно содержать:

1. Назначение проектируемого самолета.
2. Условия применения (тип воздушных линий, минимальный класс аэродрома базирования, характеристика интенсивности пассажиро- и грузопотоков на предполагаемой сети авиалиний, метеоминимум посадки, географические и климатические особенности предполагаемых районов полетов самолета и др.).
3. Варианты коммерческой нагрузки.
4. Летно-технические характеристики.
5. Состав и количество членов экипажа.
6. Состав основного оборудования.
7. Требования к комфорту кабин экипажа и пассажиров.

Обоснование ТЗ можно выполнить на основе анализа ЛТХ самолетов-аналогов.

Обоснование условий применения должно отражать личную точку зрения студента, как будущего инженера ГА, на условия, в которых, по его мнению, целесообразно применять проектируемый самолет. При этом контролируется умение студента устанавливать качественную зависимость между ЛТХ самолета и целесообразными условиями его эксплуатации.

ТЗ должно быть согласовано с руководителем проекта.

Формулировка концепции самолета

Под концепцией самолета подразумевается совокупность основных технических (конструктивных) мероприятий, направленных на увеличение экономичности самолета при обязательном выполнении требований безопасности и регулярности полетов. К числу таких мероприятий могут быть отнесены, например, снижение массы конструкции, увеличение аэродинамического качества самолета, сокращение простоев при техническом обслуживании и ремонте за счет повышения эксплуатационной технологичности конструкции, повышение комфорта для пассажиров и т.п.

В задании на курсовое проектирование оговаривается основное мероприятие, за счет которого должна быть повышена экономичность. Однако это не значит, что остальные мероприятия можно проигнорировать. Необходимо произвести анализ степени важности каждого мероприятия для проектируемого самолета, произвести ранжирование мероприятий с помощью количественных показателей, что должно найти отражение в пояснительной записке.

Рекомендуемый перечень мероприятий, направленных на увеличение экономичности самолета, а также способ их ранжирования излагаются в части II пособия по выполнению курсового проекта.

Выбор типа, параметров и количества двигателей

Так как не существует двигателей, идеальных для любого самолета, то с целью обоснования типа и параметров двигателей для проектируемого самолета требуется провести анализ характеристик существующих и перспективных двигателей. Этот анализ должен включать:

1. Предварительный анализ характеристик двигателей различных типов с точки зрения назначения самолета, его ЛТХ и концепции. В результате выбирается тип двигателя (ПД, ТВД, ТРД, ДТРД и др.).

2. Выбор параметров двигателя принятого типа (степень двухконтурности, степень сжатия компрессора и др.).

3. Оценка удельных характеристик (удельный вес, удельный расход топлива, лобовая тяга и т.п.).

Как правило, среди двигателей определенного типа не существует двигателей, которые имели бы наилучшими все показатели. Для принятия решения о выборе двигателя с конкретными удельными показателями рекомендуется воспользоваться матричным методом, который изложен в части II пособия по выполнению курсового проекта.

Синтез и обоснование схемы самолета

Как известно, схема самолета определяется взаимным расположением, формой и количеством основных агрегатов его планера, а также типом, числом и размещением двигателей и их воздухозаборников.

Схема самолета должна отражать влияние как ЛТХ, так и концепции самолета. Наилучшей схемой проектируемого самолета считается схема, обеспечивающая максимальную экономичность самолета при обязательном выполнении требований безопасности и регулярности полетов.

Для выбора и обоснования наилучшей схемы самолета требуется выполнить:

1. Синтез различных схем самолета.
2. Предварительный анализ этих схем.
3. Обоснование рациональной схемы проектируемого самолета.
4. Улучшение выбранной схемы.

Методика синтеза вариантов схем для проектируемого самолета изложена в части II пособия по выполнению курсового проекта. Суть предварительного анализа состоит в том, чтобы исключить из дальнейшего рассмотрения те схемы, которые явно неприемлемы как с точки зрения назначения самолета, так и с точки зрения его концепция повышения экономичности. Принятие решения о рациональной схеме проектируемого самолета должно базироваться на анализе достоинств и недостатков схем и учитывать ранжирование мероприятий в концепции самолета. Матричный метод обоснования рациональной схемы изложен в части II пособия по выполнению курсового проекта. Улучшение выбранной схемы должно выполняться путем разработки мероприятий, которые ослабляют недостатки схемы и усиливают ее положительные стороны.

Предварительное определение взлетной массы самолета

Определение взлетной массы осуществляется методом последовательных приближений. Предварительное определение взлетной массы проводится в два приближения.

В первом приближении взлетная масса m_0 определяется с помощью статистической величины относительной массы коммерческой нагрузки $\bar{m}_{\text{КОМ}}$:

$$m_0 = \frac{m_{\text{КОМ}}}{\bar{m}_{\text{КОМ}}},$$

где $m_{\text{КОМ}}$ – масса коммерческой нагрузки проектируемого самолета.

Во втором приближении взлетная масса определяется с помощью следующего уравнения:

$$m_0 = \frac{m_{\text{СЛ}} + m_{\text{КОМ}}}{1 - (\bar{m}_{\text{К}} + \bar{m}_{\text{СУ}} + \bar{m}_{\text{Т}} + \bar{m}_{\text{ОБ}})},$$

где $m_{\text{СЛ}}$ – масса служебной нагрузки и снаряжения;

$\bar{m}_{\text{К}}$ – относительная масса конструкции самолета;

$\bar{m}_{\text{СУ}}$ – относительная масса силовой установки;

$\bar{m}_{\text{Т}}$ – относительная масса топлива;

$\bar{m}_{\text{ОБ}}$ – относительная масса оборудования.

Особенность второго приближения заключается в том, что величины $\bar{m}_{\text{К}}$, $\bar{m}_{\text{СУ}}$, $\bar{m}_{\text{Т}}$ и $\bar{m}_{\text{ОБ}}$ вычисляются с помощью статистических зависимостей. Эти зависимости приведены в учебной литературе, а также в части II пособия по выполнению курсового проекта.

Определение основных геометрических характеристик самолета и его частей

Выбор и обоснование геометрических характеристик самолета и его частей (крыла, фюзеляжа, оперения, гондол двигателей, шасси) является важным этапом выполнения курсового проекта. Он предшествует окончательному определению взлетной массы самолета и его компоновке. При этом должны учитываться принятые ранее решения о схеме самолета, типе и местах установки двигателей, а также данные о геометрических характеристиках самолетов-аналогов.

Определение основных аэродинамических характеристик самолета

Аэродинамические характеристики самолета (величины аэродинамических коэффициентов сил и моментов в зависимости от параметров полета) могут быть получены с помощью соответствующих расчетов, а также путем исследования моделей самолета в аэродинамических трубах и при летных испытаниях натурных образцов. Однако в настоящем курсовом проекте проведение подобных расчетов и исследований не предусмотрено. В связи с этим рекомен-

дуются воспользоваться справочными данными, представленными в части III пособия по выполнению курсового проекта.

При выборе аэродинамических характеристик следует руководствоваться близостью схемы и геометрических характеристик проектируемого самолета и самолета-аналога. В случае значительных расхождений следует внести соответствующие поправки в данные зависимости, согласовав эти поправки с руководителем проекта.

Определение основных параметров самолета

Основными параметрами самолета являются: взлетная масса самолета m_0 , удельная нагрузка на крыло p_0 , тяговооруженность (энерговооруженность) самолета \bar{P} . Подходы к определению взлетной массы самолета описываются отдельно. Здесь же рассмотрим только удельную нагрузку на крыло и тяговооруженность.

Величина p_0 определяется как наименьшее значение, полученное из условий:

- обеспечения полета на крейсерском режиме;
- обеспечения потребной скорости захода на посадку.

Величина \bar{P} определяется как наибольшее значение, полученное из условий:

- обеспечения взлета с взлетно-посадочной полосы (ВПП) заданной сбалансированной длины с одним отказавшим двигателем;
- обеспечение нормируемого угла набора высоты при взлете с одним отказавшим двигателем;
- обеспечение полета на крейсерском режиме.

В зависимости от задания на курсовой проект возможны другие расчетные случаи при выборе удельной нагрузки на крыло и тяговооруженности самолета. Эти случаи необходимо согласовать с руководителем проекта.

При определении величины удельной нагрузки на крыло и тяговооруженности самолета требуется обязательно учитывать высотнo-скоростные характеристики двигателя с выбранными параметрами, а также аэродинамические характеристики самолетов, которые по схеме и размерам аналогичны проектируемому. В связи с этим, расчету удельной нагрузки на крыло и тяговооруженности самолета должно предшествовать определение следующих геометрических параметров:

- относительная толщина профиля, стреловидность, удлинение и сужение крыла;
- диаметр и длина фюзеляжа;
- относительные площади горизонтального и вертикального оперений.

В отличие от реального проектирования, где перечисленные геометрические параметры оптимизируются, в курсовом проекте допускается их определение на основе статистической информации о самолетах аналогичного класса с

проектируемым. Однако студент не освобождается от знания закономерностей, определяющих оптимальные значения указанных геометрических параметров.

Определение взлетной массы самолета в третьем приближении

В третьем приближении взлетная масса определяется по формуле:

$$m_0 = \frac{m_{\text{сл}} + m_{\text{ком}}}{1 - (\bar{m}_{\text{кр}} + \bar{m}_{\text{ф}} + \bar{m}_{\text{оп}} + \bar{m}_{\text{ш}} + \bar{m}_{\text{СУ}} + \bar{m}_{\text{т}} + \bar{m}_{\text{об}})},$$

где $\bar{m}_{\text{кр}}$ – относительная масса конструкции крыла;

$\bar{m}_{\text{ф}}$ – относительная масса фюзеляжа;

$\bar{m}_{\text{оп}}$ – относительная масса оперения;

$\bar{m}_{\text{ш}}$ – относительная масса шасси.

Относительные массы $\bar{m}_{\text{кр}}$, $\bar{m}_{\text{ф}}$, $\bar{m}_{\text{оп}}$, $\bar{m}_{\text{ш}}$, $\bar{m}_{\text{СУ}}$, $\bar{m}_{\text{т}}$ и $\bar{m}_{\text{об}}$ должны вычисляться по формулам, учитывающим конструктивные особенности схемы самолета, параметры его частей, а также особенности его аэродинамики и характеристики двигателей. Соответствующие формулы приведены в учебной литературе, а также в части II пособия по выполнению курсового проекта.

Если окажется, что различия между взлетными массами второго и третьего приближений более 5%, то необходимо по формулам третьего приближения выполнить последующие приближения. Процесс последовательных приближений можно прекратить, когда различие между двумя последовательными приближениями будет менее 5%.

Определение геометрических размеров самолета и его частей

Зная основные параметры проектируемого самолета, а также его ранее определенные геометрические характеристики, можно найти геометрические размеры основных частей самолета: крыла, оперения, фюзеляжа, гондол двигателей.

Компоновка и центровка самолета

Под компоновкой понимают единый процесс пространственной увязки частей самолета, их формы и конструктивно-силовой схемы с размещением двигателей, экипажа, оборудования, пассажиров, грузов в снаряжения. Компоновку начинают после того, как определены основные геометрические размеры частей самолета.

Практически все основные вопросы компоновки и центровки самолета решаются графическим способом при выполнении предусмотренных в проекте чертежей самолета.

Требования к содержанию чертежей излагаются в последующих разделах настоящей части пособия.

Условно компоновку самолета можно разделить на аэродинамическую, объемно-весовую и конструктивно-силовую, каждая из которых решает определенные задачи.

Аэродинамическая компоновка имеет целью обеспечить летные данные, требуемые в ТЗ при безусловном соблюдении всех других ограничений по устойчивости, управляемости и безопасности полета.

Объемно-весовая компоновка делается с целью увязки объемов служебной и коммерческой нагрузок, топлива, оборудования и управления с объемами крыла и фюзеляжа. При этом принимаются решения, связанные с размещением дверей, люков, аварийных выходов. В части III пособия по выполнению курсового проекта имеется необходимая информация о размерах и количестве входных дверей, объемах различных помещений и частей самолета.

В процессе объемно-весовой компоновки производится центровка самолета – нахождение центра масс самолета и приведение его в такое положение относительно носка средней аэродинамической хорды (САХ) крыла, при котором:

- в варианте наиболее заднего положения центра масс обеспечивается минимально допустимый запас статической устойчивости самолета;
- в варианте наиболее переднего положения центра масс обеспечивается условие достаточности отклонения руля высоты или стабилизатора для балансировки самолета на режимах взлета и посадки.

В процессе проектирования самолета центровка определяется по длине самолета (вдоль строительной оси фюзеляжа) и по высоте. Однако при курсовом проектировании допускается определить центровку только по длине самолета.

Перед непосредственным определением центровки составляется сводка масс (или весовая сводка) самолета. В нее включаются массы основных частей и агрегатов самолета, а также топлива и грузов. Расчет положения центра масс оформляется в виде центровочной ведомости. Расчет центровки ведется для следующих трех состояний самолета:

- взлет;
- посадка;
- пустой (т.е. без коммерческой нагрузки, снаряжения и топлива).

В части II пособия по выполнению курсового проекта излагается методика проведения центровки самолета, а также приводятся требования к предельно переднему и предельно заднему положению центра масс самолета.

Конструктивно-силовая компоновка заключается в создании наиболее рациональных силовых схем частей самолета, а также способов силовой увязки их между собой. При конструктивно силовой компоновке основными задачами являются:

- обеспечение минимальной массы конструкции частей самолета и всего самолета в целом при выполнении требований прочности и жесткости (одним из главных принципов является передача сил по кратчайшему пути);
- обеспечение рационального сочетания силовых элементов конструкции и полезных объемов внутри и снаружи этой конструкции, используемых для

размещения оборудования, силовой установки, топлива, коммерческой нагрузки и снаряжения;

- учет требований производственной и эксплуатационной технологичности;

- обеспечение требуемой долговечности и живучести конструкции.

Все три вышеперечисленных процесса компоновки в итоге объединяются и завершаются построением внешних обводов самолета.

Выполнение чертежа предварительной компоновки

Итерационный характер проектирования обуславливает необходимость выполнения чертежа предварительной компоновки – своего рода черновика.

С помощью этого чертежа производится компоновка и центровка самолета. Поэтому на данном чертеже должны быть указаны положения центров масс основных частей самолета, топлива и грузов, а также всего самолета в целом.

Кроме того, с помощью чертежа предварительной компоновки производится определение САХ крыла (ее длина и положение по размаху крыла). Все линии, необходимые для ее построения, должны быть показаны на чертеже.

На САХ должны быть отмечены положения центра масс самолета для трех вышеуказанных состояний (взлет, посадка, пустой) с обозначением расстояния от носка САХ до центра масс в процентах длины САХ.

Чертеж предварительной компоновки рассматривается также как черновик чертежа общего вида. В связи с этим данный чертеж должен содержать основные решения по конструктивно-силовой схеме самолета. Для раскрытия конструктивных решений этот чертеж должен содержать те виды, сечения и разрезы, которые затем будут помещены на чертеже общего вида самолета. Однако здесь виды, сечения и разрезы должны содержать лишь принципиальные конструктивные решения и могут выполняться «от руки».

Без предоставления чертежа предварительной компоновки остальные чертежи курсового проекта не рассматриваются.

Чертеж предварительной компоновки выполняется в максимально упрощенном виде на миллиметровой бумаге формата А1.

Выполнение габаритного чертежа самолета

Этот чертеж должен содержать три основные проекции самолета и давать исчерпывающее представление о внешних очертаниях самолета и его габаритных размерах.

Габаритный чертеж самолета выполняется на одном листе ватмана формата А1. Самолет изображается в полетной конфигурации, т.е. с убранными шасси и другими взлетно-посадочными устройствами.

Основной проекцией должна быть боковая проекция – вид на самолет с левой стороны (направление полета справа налево). Эта проекция располагается в верхнем левом углу листа, вид сверху – под боковой проекцией, а вид спе-

реди – в правом верхнем углу листа против боковой проекции. На последних двух проекциях разрешается обрывать часть правой половины крыла самолета.

На чертеже показываются основные элементы внешнего вида самолета: рули, элероны, триммеры и сервокомпенсаторы, механизация крыла; аэродинамические гребни, запилы; фонарь кабины экипажа, окна, двери, аварийные выходы и багажные люки; колеса шасси (показываются штрихпунктирной линией в выпущенной положения, при этом конструкция стоек не показывается); обтекатели; капоты, воздухозаборники и реверсоры тяги. Кроме того, на габаритном чертеже сплошными линиями рекомендуется обозначать основные технологические и эксплуатационные разъемы.

Над боковой проекцией самолета показывается положение САХ крыла с указанием положений центра масс самолета для трех вышеуказанных состояний (взлет, посадка, пустой) с обозначением расстояния от носка САХ до центра масс в процентах длины САХ. Предельно заднее полетное положение центра масс должно быть отмечено на продольной оси самолета (на строительной горизонтали фюзеляжа).

На габаритном чертеже проставляются следующие основные размеры соответственно в миллиметрах или градусах: размах крыла и горизонтального оперения, полная длина и высота самолета, стреловидность крыла и оперения по 1/4 хорд, база и колея шасси, расстояние от носка фюзеляжа до оси колеса передней опоры шасси, угол выноса основных опор шасси, угол опрокидывания, угол поперечного «V» крыла, а также предельный угол крена при посадке.

Пример оформления габаритного чертежа самолета показан в Приложении 2.

Выполнение чертежа общего вида самолета

Чертеж общего вида является важнейшим чертежом курсового проекта. Он служит для показа размещения экипажа, пассажиров и грузов, а также для разработки и взаимной увязки силовых схем отдельных частей самолета.

Чертеж общего вида должен содержать боковую проекцию и вид самолета в плане (вид сверху). С целью более четкого представления о компоновке самолета и его конструктивно-силовой схеме эти проекции дополняются рядом видов, сечений и разрезов (в сумме не более шести).

Данный чертеж должен обязательно содержать следующие разрезы: по передней и основным опорам шасси, по пассажирскому салону, по месту крепления крыла к фюзеляжу, по месту крепления оперения к фюзеляжу, по месту крепления двигателей к крылу или фюзеляжу (в зависимости от схемы).

Боковая проекция, начиная от места крепления крыла к фюзеляжу включительно, должна быть выполнена с условно снятой обшивкой, для того чтобы показать элементы каркаса фюзеляжа и их увязку с силовыми элементами других частей самолета.

На виде сверху также необходимо условно снять обшивку с половины крыла и горизонтального оперения, включая рули и элероны.

Усиленные элементы каркаса (лонжероны, усиленные нервюры и шпангоуты) должны отличаться от нормальных элементов: ширина поясов усиленных элементов должна быть больше. Нормальные элементы допускается показывать одной тонкой линией.

На чертеже должны быть указаны кронштейны навески рулей и элеронов и соответствующие им усиленные нервюры.

Общим правилом при выполнении данного чертежа должно быть следующее: необходимо максимально подробно изображать конструкцию узлов и агрегатов планера самолета и его шасси, а не их схемы. В связи с этим масштаб чертежа, а также масштабы видов, выносок, разрезов и сечений должны быть максимально крупными, чтобы имелась возможность показать конструкцию. При этом, естественно, масштабы должны выбираться в соответствии с линейкой масштабов, предусмотренной Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

В курсовом проекте глубина проработки чертежа общего вида самолета должна быть такова, чтобы с его помощью можно было ответить на вопросы, содержание которых в основном сводится к следующему:

1. Где и как расположены основные части конструкции, оборудование, коммерческая нагрузка и экипаж самолета?
2. Какова конструктивно-силовая схема крыла, фюзеляжа, шасси, вертикального и горизонтального оперения, крепления двигателей на самолете?
3. Каковы конструкции стыковых соединений основных частей и агрегатов самолета между собой?

При этом необходимо строго следить за взаимной увязкой силовых схем крыла, оперения, фюзеляжа и других агрегатов, стыкующихся между собой.

Шасси на чертеже общего вида изображается в выпущенном (необжатом) положении основными линиями видимого контура и штрихпунктирными линиями в убранном положении с обязательной разработкой и показом кинематики его уборки и выпуска.

Чертеж общего вида выполняется на листах белого ватмана. Объем – 1 или 2 листа формата А1.

Пример оформления чертежа общего вида самолета показан в Приложении 2.

3. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Виды конструкторских документов курсового проекта и их обозначение

Результаты работы над курсовым проектом, предъявляемые к защите на кафедре, должны быть оформлены в виде ряда конструкторских документов в соответствии с общими требованиями ЕСКД, а также требованиями кафедры, которые излагаются ниже. В Приложении 3 представлены правила выполнения рамок, основных надписей и дополнительных граф при оформлении чертежей и текстовых конструкторских документов.

К основным конструкторским документам в рамках курсового проекта относятся:

1. Чертеж общего вида (ВО) самолета.
2. Габаритный чертеж (ГЧ) самолета.
3. Ведомость курсового проекта (ВП).
4. Пояснительная записка к предварительному проекту (ПЗПП) самолета.

Последние два конструкторских документа объединяются в единый конструкторский документ в виде пояснительной записки к курсовому проекту.

ТЗ на проектирование самолета оформляется отдельно в виде приложения к пояснительной записке к курсовому проекту (правила оформления описаны ниже).

Каждому из этих документов должно быть присвоено обозначение, которое может быть использовано при ссылках в других документах.

Обозначение составляется из следующих компонентов:

- 1) учебный шифр студента (номер зачетной книжки);
- 2) принадлежность к курсовому проекту;
- 3) принадлежность к кафедре;
- 4) номер варианта задания;
- 5) условные буквы (шифр документа).

Примеры обозначений для варианта №1:

- габаритный чертеж: М123456.КП.АКПЛА.001.ГЧ;
- чертеж общего вида: М123456.КП.АКПЛА.001.ВО;
- пояснительная записка к курсовому проекту:

М123456.КП.АКПЛА.001.ПЗ;

- ведомость курсового проекта: М123456.КП.АКПЛА.001.КП;
- пояснительная записка к предварительному проекту:

М123456.КП.АКПЛА.001.ПЗПП;

- ТЗ на проектирование самолета: М123456.КП.АКПЛА.001.ТЗ.

3.2. Оформление графической части работы

Требования к содержанию чертежа общего вида и габаритного чертежа самолета изложены в разделе 2 настоящей части пособия. Чертежи выполняются карандашом на листах ватмана формата А1. В соответствии с ГОСТом каждый чертеж должен в правом нижнем углу иметь основную надпись, а в левом верхнем углу – поле, в котором в перевернутом виде записывается обозначение.

Чертежи могут также выполняться с помощью компьютера. При этом разрешается использовать только векторную графику, а именно программы AutoCAD или КОМПАС. Для отчетности студент должен представить чертежи на белой бумаге, используемой при распечатывании на плоттере, и файлы в форматах *.dwg (*.dxf) или *.cdw (*.dxf) соответственно. Чертежи на бумаге без файлов, также как и файлы без чертежей не принимаются. При выполнении

графической части проекта с помощью компьютера разрешается чертеж предварительной компоновки предоставить только в электронном виде.

3.3. Оформление пояснительной записки к курсовому проекту

Пояснительная записка к курсовому проекту должна быть укомплектована в следующем порядке (Приложение 4):

1. Титульный лист пояснительной записки к курсовому проекту.
2. Задание на курсовое проектирование, на котором должны быть подписи студента и руководителя проекта.
3. Ведомость курсового проекта. В ведомость курсового проекта не включается записка к курсовому проекту и чертеж предварительной компоновки самолета.
4. Пояснительная записка к предварительному проекту самолета.

В конце пояснительной записки к курсовому проекту помещается список используемой литературы и в качестве приложений:

- 1) таблица статистических данных по однотипным самолетам (дополняется характеристиками спроектированного самолета);
- 2) ТЗ на проектирование самолета (титульный лист ТЗ представлен в Приложении 5);
- 3) чертеж предварительной компоновки в сложенном виде до размеров формата А4.

Пояснительная записка к предварительному проекту должна иметь оглавление (Приложение 4), которое должно оформляться как первый лист текстового документа с основной надписью по ГОСТ 2.104 – 68, за которым следуют все остальные листы этой части курсового проекта.

Формат листов пояснительной записки к предварительному проекту – А4. Пояснительная записка пишется только ОТ РУКИ. Рамки и основные надписи на листах пояснительной записки разрешается выполнять типографским способом или с помощью компьютера. Текст должен размещаться в пределах рамки на одной стороне листа с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм. Все вычисления должны записываться по следующей форме: формула в буквенных обозначениях = формула в цифрах = результат вычисления и размерность. Схемы и таблицы разрешается выполнять на листах формата А3. Графики должны выполняться на миллиметровой бумаге. Ссылки на использованные литературные источники следует делать заключением цифры в квадратные скобки, например: [4].

Изложение пояснительной записки должно быть лаконичным и строгим в отношении формулировок и устоявшейся терминологии.

Обозначения, входящие в формулы и применяемые при расчете, должны иметь пояснения. Содержание записки должно исключать субъективное толкование. Использование в тексте нестандартных обозначений и сокращений не допускается. В записку помещаются расчеты, обоснования и исследования, выполненные только самим студентом. Переписывание в записку положений из

учебников, учебных пособий, руководств и инструкций не допускается. При необходимости делаются лишь ссылки на эти источники.

Объем пояснительной записки к предварительному проекту должен быть в пределах 30...35 листов. В Приложении 4 дается пример оформления Содержания пояснительной записки с учетом возможного распределения ее объема между основными частями.

ТЗ на проектирование самолета также пишется от руки на листах формата А4, но без рамок и основных надписей, т.к. оно не входит в комплект конструкторской документации. Пример оформления титульного листа ТЗ приведен в Приложении 5.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЕГО ЗАЩИТЕ

4.1. Пояснительная записка

1. Выполняются ли полностью требования к оформлению пояснительной записки, сформулированные в разделе 3.3 настоящей части пособия по выполнению курсового проекта?
2. К какому классу принадлежит проектируемый самолет?
3. Сформулируйте основную цель Авиационных правил.
4. Каково основное назначение проектируемого самолета?
5. Обоснуйте величину интенсивности пассажиро-грузопотоков, указанную в ТЗ на проектируемый самолет.
6. Как определялся класс аэродрома базирования проектируемого самолета?
7. Каковы варианты коммерческой нагрузки проектируемого самолета?
8. Что такое концепция самолета?
9. Сформулируйте концепцию проектируемого самолета.
10. Объясните физический смысл каждого мероприятия, выбранного Вами для увеличения экономичности проектируемого самолета.
11. Обоснуйте степень важности каждого мероприятия в концепции самолета.
12. Обоснуйте рациональность выбранной Вами схемы самолета.
13. Какие мероприятия предложены Вами для усиления положительных сторон выбранной схемы?
14. Какие мероприятия предложены Вами для ослабления недостатков выбранной схемы?
15. Каковы основные особенности выбранного Вами типа двигателя для проектируемого самолета?
16. Обоснуйте выбор параметров двигателя для проектируемого самолета.
17. Чему равна весовая отдача по коммерческой нагрузке для проектируемого самолета?

18. Какое условие оказалось определяющим при выборе нагрузки на крыло проектируемого самолета?

19. Какое условие оказалось определяющим при выборе тяговооруженности (энерговооруженности) проектируемого самолета?

20. Перечислите факторы, обуславливающие оптимальную величину стреловидности крыла.

21. Назовите факторы, обуславливавшие оптимальную величину удлинения крыла.

22. Какие факторы обуславливают оптимальную величину относительной толщины крыла?

23. Перечислите факторы, обуславливающие оптимальную величину удлинения фюзеляжа.

24. Сформулируйте обоснование выбранных Вами геометрических параметров крыла: стреловидности, удлинения, относительной толщины, сужения.

25. Обоснуйте величину диаметра и длины фюзеляжа проектируемого самолета.

26. Сформулируйте обоснование величины относительной площади горизонтального оперения проектируемого самолета.

27. Обоснуйте величину относительной площади вертикального оперения проектируемого самолета.

28. Чему равна предельно передняя центровка проектируемого самолета?

29. Чему равна предельно задняя центровка проектируемого самолета?

4.2. Габаритный чертеж самолета

1. Правильно ли заполнена основная надпись?

2. Правильно ли расположены проекции самолета?

3. Имеются ли на чертеже габаритные размеры самолета?

4. Перечислите достоинства и недостатки схемы расположения двигателей на проектируемом самолете.

5. Объясните достоинства и недостатки схемы хвостового оперения на проектируемом самолете.

6. Перечислите достоинства и недостатки схемы расположения крыла по высоте фюзеляжа на проектируемом самолете.

7. Объясните достоинства и недостатки схемы шасси на проектируемом самолете.

8. Где располагаются на проектируемом самолете входные двери?

9. Где располагаются аварийные двери?

10. Где расположен аварийный выход из кабины экипажа?

11. Где расположены багажные люки?

12. Какие мероприятия предусмотрены для уменьшения аэродинамического сопротивления, вызываемого интерференцией между частями самолета?

13. Какие мероприятия предусмотрены для ослабления аэродинамического взаимодействия между крылом и хвостовым оперением?

14. Чем обеспечивается поперечная устойчивость самолета?
15. Чем обеспечивается путевая устойчивость самолета?
16. Чем обеспечивается продольная устойчивость самолета?
17. Необходим ли переставной стабилизатор на проектируемом самолете?
18. Нужны ли триммеры на рулях и элеронах проектируемого самолета?
19. Что является средствами продольной, путевой и поперечной балансировки проектируемого самолета?
20. Имеются ли на чертеже оси вращения рулей и элеронов?
21. Имеется ли аэродинамическая компенсация рулей и элеронов?
22. Какое назначение закрылков на взлете и посадке?
23. Каково назначение спойлеров (гасителей подъемной силы) и интерцепторов? В чем разница между ними. Объясните принцип их действия.
24. Почему средства механизации крыла (закрылки, предкрылки и т.д.) разбиваются на отдельные секции?
25. Достаточен ли объем ниш для размещения опор шасси в убранном положении?
26. Какие средства сокращения пробега предусмотрены на проектируемом самолете?
27. Где расположены основные технологические и эксплуатационные разъемы на проектируемом самолете?

4.3. Чертеж общего вида самолета

1. Где расположены рабочие места членов экипажа?
2. Где находятся багажные отсеки?
3. Как расположены кресла в пассажирских салонах?
4. Где и как располагаются опоры шасси в убранном положении?
5. Где расположены усиленные шпангоуты фюзеляжа? Каково их назначение?
6. Где расположены бимсы фюзеляжа? Каково их назначение?
7. Где находятся гермошпангоуты фюзеляжа?
8. Где и как расположены усиленные нервюры, лонжероны и стенки крыла? Каково их назначение?
9. Где расположены усиленные нервюры и лонжероны оперения (горизонтального и вертикального)? Каково их назначение?
10. Какова конструктивно-силовая схема передней и основной опор шасси?
11. Какова конструктивно-силовая схема крепления двигателей к планеру самолета?
12. Какова конструкция узлов крепления крыла к фюзеляжу?
13. Какова конструкция узлов крепления оперения (горизонтального и вертикального) к конструкции самолета?
14. Как крепятся стойки шасси к конструкции самолета?
15. Каковы узлы крепления двигателей к конструкции самолета?

16. Покажите пути передачи нагрузок от передней стойки шасси на конструкцию самолета.

17. Покажите пути передачи нагрузок от основной стойки шасси на конструкцию самолета.

18. Как передаются нагрузки от крыла на фюзеляж самолета?

19. Как передаются нагрузки от двигателя на конструкцию самолета?

20. Какими элементами в конструкции самолета воспринимаются нагрузки от оперения (горизонтального и вертикального)?

21. Какие силовые факторы действуют в местах вырезов фюзеляжа и какими силовыми элементами они воспринимаются?

22. Опишите работу элементов конструкции крыла (горизонтального и вертикального оперений) при воздействии на них силовых факторов от рулевых поверхностей.

23. Для каждого стыкового узла проверьте выполнение принципа: тонкостенная конструкция может непосредственно воспринимать лишь распределенные силы в своей плоскости.

Примечание: если Вы затрудняетесь самостоятельно ответить на какой-либо вопрос, то следует обратиться за консультацией к руководителю проекта.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 2005. – 416 с.: ил.

2. Проектирование самолетов: Учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. Под ред. С.М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.

3. Арепьев А.Н. Проектирование легких пассажирских самолетов. – М.: Издательство МАИ, 2006. – 640 с.: ил.

4. Конструкция и прочность летательных аппаратов гражданской авиации: Учебник для вузов гражданской авиации / М.С. Воскобойник, П.Ф. Максютинский, К.Д. Миртов и др.; Под общ. ред. К.Д. Миртова, Ж.С. Черненко. – М.: Машиностроение. 1991. – 448 с.: ил.

5. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

6. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение». – М.: Машиностроение, 1985. – 296 с., ил.

7. Воздушный кодекс Российской Федерации. Официальный текст по состоянию на 1 ноября 1998 г. – М.: Издательская группа НОРМА-ИНФРА•М, 1999. – 80 с.

8. Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов, 1993. – 214 с.

9. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории, 1994. – 322 с.

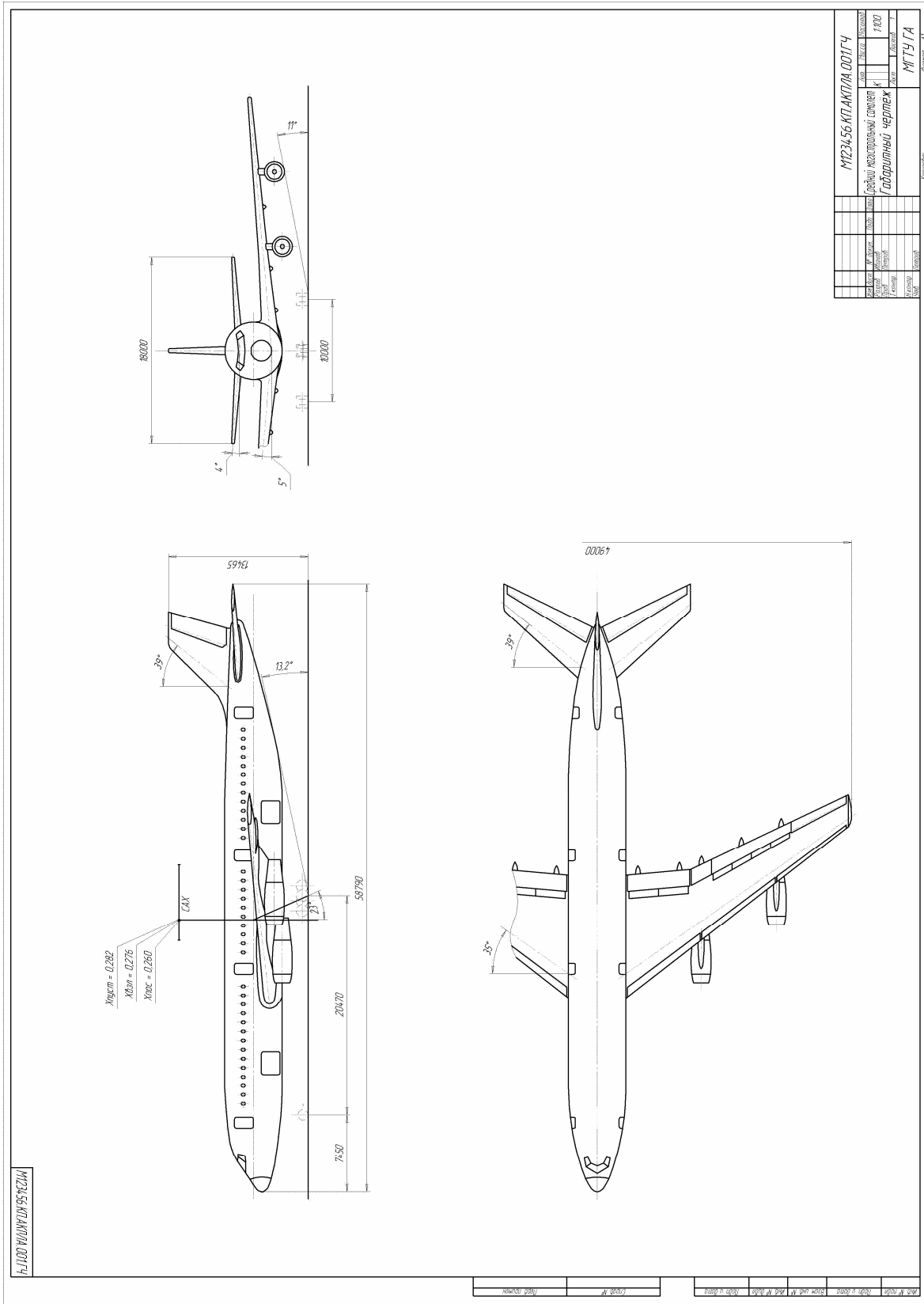
**ОСНОВНЫЕ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
САМОЛЕТОВ-АНАЛОГОВ И ПРОЕКТИРУЕМОГО САМОЛЕТА**

Наименование	Обозначение	Размерность	Тип 1	Тип 2	Проект
Дальность полета	L	км			
Крейсерская скорость	$V_{\text{крейс}}$	км/ч			
Крейсерская высота	$H_{\text{крейс}}$	м			
Скорость отрыва	$V_{\text{отр}}$	км/ч			
Посадочная скорость	$V_{\text{пос}}$	км/ч			
Кол-во членов экипажа	$n_{\text{эк}}$	чел.			
Пассажировместимость	$n_{\text{пас}}$	чел.			
Максимальная масса коммерческой нагрузки	$m_{\text{ком}}$	кг			
Максимальная взлетная масса	m_0	кг			
Тип двигателя	—	—			
Относительная масса коммерческой нагрузки	$\bar{m}_{\text{ком}}$	—			
Стартовая тяга одного двигателя	P_{01}	Н			
Количество двигателей	$n_{\text{дв}}$	шт.			
Удельный расход топлива	$c_{\text{уд}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{кгс} \cdot \text{ч}}$			
Удельный вес двигателя	$\gamma_{\text{дв}}$	—			
Степень двухконтурности	t	—			
Удельная нагрузка на крыло	p_0	Н/м ²			
Тяговооруженность	\bar{P}	—			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

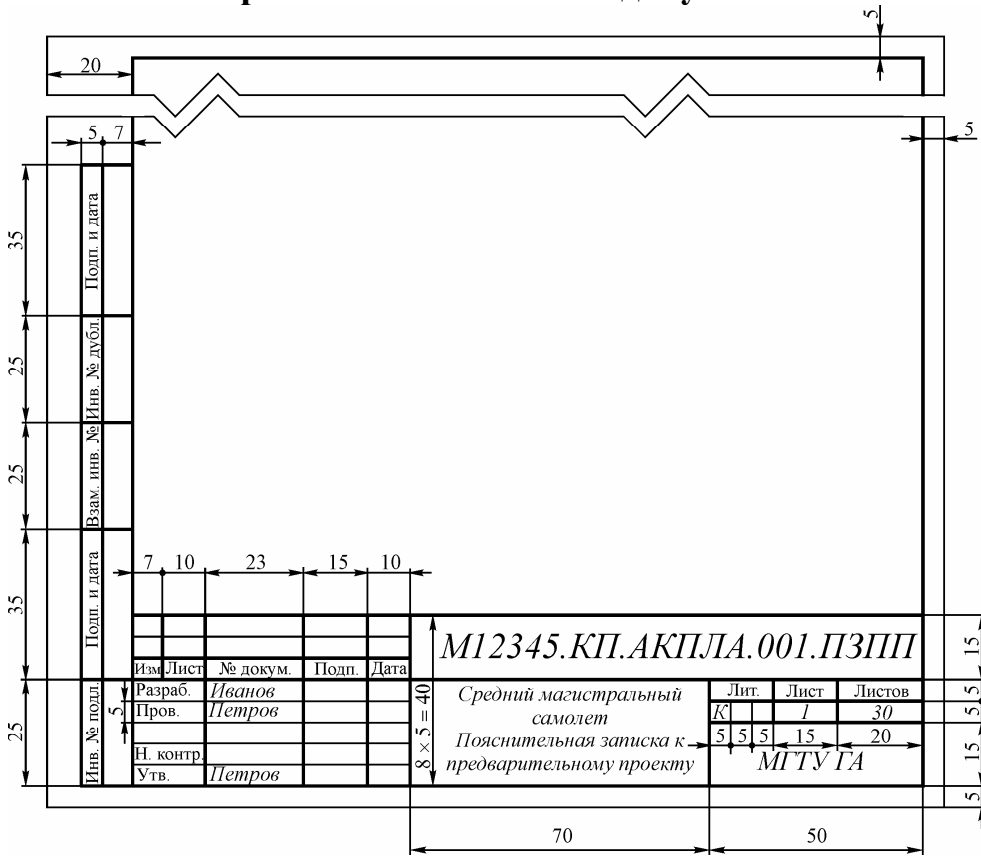
Габаритный чертеж



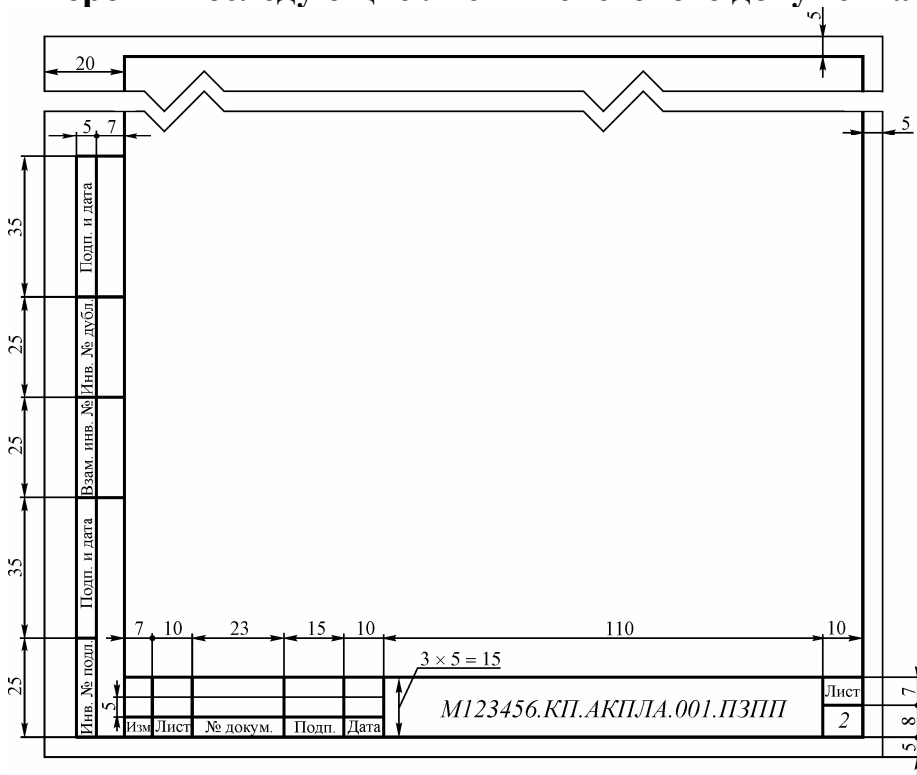
Имя	Фамилия	Группа	Дата

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 3

Первый лист текстового документа



Второй и последующие листы текстового документа



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИСТОВ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Титульный лист пояснительной записки к курсовому проекту

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

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по дисциплине
“Конструкция и прочность самолета”
М123456.КП.АКПЛА.001.ПЗ

Руководитель: _____ / _____ /
“ ___ ” _____ 20 __ г.

Студент: _____ / _____ /
“ ___ ” _____ 20 __ г.

Москва - 20 ____

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4**Задание на курсовое проектирование****З А Д А Н И Е**

на курсовое проектирование по дисциплине

“Конструкция и прочность самолета”

Вариант № _____

1. Назначение летательного аппарата: _____

2. Количество пассажиров (максимальная масса коммерческой нагрузки) _____

3. Крейсерская скорость полета _____
4. Дальность полета с максимальной коммерческой нагрузкой _____
5. Класс аэродрома базирования _____
6. Основное мероприятие для повышения экономичности _____

Задание выдал: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20 ____ г.

Задание получил: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20 ____ г.

Москва - 20 ____

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ 4**Титульный лист пояснительной записки к предварительному проекту**

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

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к предварительному проекту
среднего магистрального самолета
M123456.КП.АКПЛА.001.ПЗПП

Руководитель: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20 ____ г.

Студент: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20 ____ г.

Москва - 20 ____

Титульный лист технического задания на проектирование самолета

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на проектирование самолета
М123456.КП.АКПЛА.001.ТЗ

Руководитель: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20__ г.

Студент: _____ / _____ /

“ ____ ” _____ 20__ г.

Москва - 20__