

В. М. Корнеев

# **Конструкция и лётная эксплуатация воздушных судов**

Особенности  
магистральных самолётов

**В. М. Корнеев**

**Конструкция и лётная  
эксплуатация воздушных  
судов. Особенности  
магистральных самолётов**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=23099824](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=23099824)  
ISBN 9785448378324*

**Аннотация**

Книга может оказаться полезной для авиаспециалистов, изучающих конструкцию и лётную эксплуатацию планера и функциональных систем магистральных самолётов.

# Содержание

Планер самолёта	5
Фюзеляж	5
Крыло самолёта	8
Хвостовое оперение	12
Аэроупругость планера самолёта	14
Конец ознакомительного фрагмента.	18

**Конструкция и лётная  
эксплуатация  
воздушных судов  
Особенности  
магистральных самолётов**

**В. М. Корнеев**

© В. М. Корнеев, 2017

ISBN 978-5-4483-7832-4

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

# Планер самолёта

## Фюзеляж

Фюзеляж магистрального самолета, как правило, представляет собой полумонокок. Носовая, передняя и средняя части фюзеляжа представляют собой единую герметическую кабину, в которой размещаются кабина экипажа, пассажирский салон, багажно-грузовые отсеки (под полом пассажирского салона) и оборудование, которое по характеру работы должно находиться в герметических отсеках.

Полумонокок является разновидностью стрингерного фюзеляжа при наличии толстой работающей обшивки, т. к. внешние силовые факторы воспринимаются продольными элементами совместно с обшивкой.

Хвостовая часть фюзеляжа – негерметичная. К ней крепятся стабилизатор и киль.

Конструктивно фюзеляж состоит из обшивки и каркаса, состоящего из набора продольных (стрингеры) и поперечных (шпангоуты) силовых элементов, скрепленных между собой заклепками.

Пассажирские кабины обычно делятся на несколько салонов. Между салонами или по краям их размещаются буфеты-кухни, гардеробы, туалеты.

Для перевозки багажа и коммерческих грузов под полом пассажирских кабин и в отсеках фюзеляжа предусматриваются багажные отделения.

Гермокабина представляет собой наибольшую часть фюзеляжа.

В герметической части фюзеляжа имеются двери: входные по левому борту, служебные по правому борту и аварийных выхода.

Для загрузки багажных помещений багажом и грузами используются багажно-грузовые отсеки, люки которых расположены на правом борту и открываются наружу.

В носовой части фюзеляжа расположен отсек для передней опоры шасси. Закрывается отсек створками. К средней части фюзеляжа присоединен центроплан крыла.

Для предупреждения взлета самолета с открытыми дверями и люками, а также для оповещения экипажа о закрытом или открытом положении входных и служебных дверей и люков багажно-грузовых отсеков предназначена сигнализация положения дверей и люков.

На кадре «Двери» системного дисплея отражается мнемоническая картинка расположения дверей, на которой открытая дверь обозначена желтым цветом. После закрытия двери соответствующее обозначение на кадре изменяет цвет на зеленый.

Для экономии веса конструкции планера самолета «работающая» обшивка имеет переменную толщину в зависимости

сти от испытываемых нагрузок. Изменение толщины обшивки производится путем химической или механической обработки. Стрингеры и шпангоуты фюзеляжа крепятся заклепками.

# Крыло самолёта

Ряд конструктивных мер позволяет в значительной степени улучшить аэродинамические характеристики крыльев самолетов, летающих на больших скоростях. Практически все меры сводятся к увеличению различными способами несущих свойств концевых участков крыла на больших углах атаки.

Основными конструктивными мерами являются установка аэродинамических гребней, крутка крыла, использование крыльев с изменяемой стреловидностью и др.

Аэродинамические гребни уменьшают перетекание пограничного слоя вдоль крыла, что устраняет утолщение этого слоя на концевых участках крыла, приводящее к его более раннему отрыву по сравнению с прямым крылом.

Крутка крыла может быть геометрической, когда хорды не лежат в одной плоскости, либо аэродинамической, когда крыло набрано из различных профилей. Закручивая концевые участки крыла в сторону уменьшения углов атаки или применяя там более несущие профили, можно значительно ослабить срывные явления.

Крыло магистральных самолетов имеет моноблочную конструкцию и, как правило, состоит из трех частей: центроплана и двух консолей. Конструкция крыла включает в себя продольный и поперечный силовой набор. При этом в про-



дольный силовой набор входят лонжероны, стрингеры и толстая «работающая» обшивка, а в поперечный силовой набор – нервюры.

Моноблочным называется крыло, у которого во всех сечениях изгибающий момент воспринимается верхней и нижней панелями, состоящими из толстой обшивки, подкрепленной набором мощных стрингеров. В полёте верхняя панель работает на сжатие, нижняя – на растяжение. Крутящий момент в моноблочном крыле воспринимается верхней и нижней панелями, а также стенками лонжеронов, в которых возникают касательные напряжения, направленные против часовой стрелки. Усилия от сдвига в вертикальной плоскости в моноблочном крыле воспринимаются стенками лонжеронов, в которых возникают касательные напряжения, направленные в полете вниз.

Крыло имеет кессонную конструкцию, внутренние объёмы крыла являются баками для размещения топлива.

Конструктивно-силовая схема крыла определяется по названию силового элемента крыла, воспринимающего основную нагрузку на крыло, которой является изгибающий момент от подъемной силы крыла. На магистральном самолёте изгиб крыла вверх воспринимается моноблочными панелями, состоящими из толстой «работающие» обшивки подкрепленной стрингерами. Поэтому крыло и является моноблочным. Тот факт, что крыло одновременно является и кессоном топливных баков, говорит, прежде всего, о его герме-

тичности.

Кессон ограничен лонжеронами и герметичными нервюрами.

Крыло умеренной стреловидности имеет трапецевидную форму в плане.

На крыле установлены элементы основного управления самолетом и механизации крыла: элероны, предкрылки, закрылки и спойлеры.

Механизация крыла является неотъемлемой частью крыльев современных самолетов. К ней относятся устройства, позволяющие изменять аэродинамические характеристики крыла на отдельных этапах полёта.

Различают два вида механизации по выполняемым функциям:

- для улучшения взлетно-посадочных характеристик (закрылки и предкрылки);
- для управления в полете (спойлеры в режиме гасителей подъемной силы и в элеронном режиме).

Простой закрылок представляет собой отклоняющийся вниз до  $45^\circ$  участок хвостовой части крыла. Для повышения эффективности закрылка он делается щелевым. При отклонении выдвижного закрылка между его носком и крылом образуется профилированная щель. На современных самолетах используются двух- или трехщелевые закрылки.

Предкрылки представляют собой часть носка крыла у передней кромки, которая отклоняется вниз на угол до  $25^\circ$

и выдвигается вперед, образуя с крылом профилированную щель. Так же, как и закрылки, предкрылки уменьшают взлетно-посадочные скорости самолета, а самое главное – увеличивают критический угол атаки.

К средствам механизации относятся спойлеры (интерцепторы), используемые как тормозные щитки, воздушные тормоза, гасители подъемной силы, элементы управления по крену и т. д. При отклонении спойлеров вверх нарушается обтекание крыла, что приводит к уменьшению коэффициента подъемной силы. С помощью спойлеров можно изменять вертикальную скорость снижения, уменьшать длину пробега при посадке за счет более эффективного торможения колес шасси и повышать эффективность управления по крену.

Для повышения аэродинамического качества крыла служат вертикальные законцовки крыльев Винглеты (Шарклеты), в результате применения которых уменьшается расход топлива.

# Хвостовое оперение

Современные магистральные самолеты, как правило, имеют стреловидное хвостовое оперение самолета классической схемы, которое состоит из горизонтального и вертикального оперения.

К горизонтальному оперению относятся стабилизатор и руль высоты. Стабилизатор может изменять угол установки в полете с помощью приводов управления.

К вертикальному оперению относятся киль и руль направления.

Примечание: Недостатком классической схемы является неизбежное затенение стабилизатора впереди находящимся крылом на определенных углах атаки, что может привести к бафтингу и потере эффективности руля высоты [1]. С точки зрения безопасности полетов нельзя называть такую схему хвостового оперения «нормальной».

Стабилизатор может изменять угол установки в полете с помощью приводов управления.

Стабилизатор и киль состоят из лонжеронов, нервюр и обшивки. Перед ним установлен форкиль.

Примечание: Использование термина «вертикальный ста-

билизатор» для кия – просто нелогично. Русский язык достаточно «богат», чтобы не использовать подобного рода терминологию.

# Аэроупругость планера самолёта

## Виды вибраций

Конструкция планера самолета, взаимодействуя с окружающей средой, может входить в режимы упругих периодических колебаний различных видов. Встречающиеся в процессе эксплуатации самолета упругие периодические колебания его частей могут быть сведены в следующие группы:

1. *Собственные (свободные) колебания* – периодические упругие колебания элементов конструкции или всего планера самолета, возникающие после внешнего однократного толчка и протекающие в изолированной системе. В этом случае характер колебаний определяется только внутренним строением системы, зависящим от ее массы, характеристик демпфирования и упругости. Энергия для протекания собственных колебаний поступает в систему от начального толчка, после чего система остается изолированной и никаких внешних силовых воздействий не испытывает. Колебания носят затухающий характер.

2. *Вынужденные колебания* – периодические колебания элементов конструкции или частей самолета, возникающие под воздействием внешней периодической силы и поддерживаемые ею. Периодичность этих колебаний определяется частотой изменения возбуждающей силы. Энергия для вы-

нужденных колебаний поступает от действия возбуждающей внешней периодической силы. Характер колебаний определяется как внешней силой, так и физическими параметрами самой системы.

Переменные нагрузки вызывают колебания элементов конструкции самолета с частотами, равными частотам возбуждающих переменных сил. Наиболее опасным является случай, когда частоты сил, возбуждающих колебания, оказываются близкими или равными частотам собственных колебаний конструкции или ее элементов. Возникающие при этом резонансные колебания характеризуются резким увеличением их амплитуд, что может привести к разрушению конструкции. Для устранения возможности возникновения резонанса стараются так выполнить конструкцию и ее элементы, чтобы частоты их собственных колебаний были далеки от частот возбуждающих сил.

К источникам переменных нагрузок относятся:

- возмущения обтекающего самолет воздушного потока вследствие турбулентности атмосферы;
- возмущения потока, возбуждаемые самим летящим самолетом и действующие на него;
- вибрации, создаваемые двигателями.

Основными видами вынужденных колебаний частей конструкции современного самолета являются колебания, вызванные переменностью аэродинамических сил, действующих на самолет. Турбулентность атмосферы, а также

«вихревые следы», оставляемые другими самолетами, могут быть мощными возбудителями вынужденных колебаний конструкции самолета.

Вихри, сбегаящие с крыла и винтов, могут воздействовать на хвостовую часть фюзеляжа и оперение, вызывая их колебания.

Наибольшую опасность представляют вибрации от переменных аэродинамических сил, возникающих в результате срывов потока с расположенных впереди частей, получившие название бафтинга. Срыв потока может происходить с крыла, особенно на больших углах атаки самолета, а также с любой другой поверхности, находящейся в потоке воздуха: с фонарей кабин, зализов, оперения, пилонов и гондол двигателей, антенн и т. д.

Конструкция самолета является упругой, поэтому под нагрузкой она деформируется. В потоке воздуха это приводит к изменению аэродинамической нагрузки, что в свою очередь вызывает дополнительные деформации конструкции. Большие деформации влияют на величину и распределение аэродинамической нагрузки, на устойчивость и управляемость самолета, могут приводить к потере статической устойчивости конструкции. В процессе деформации конструкции возможно возникновение инерционных сил, которые совместно с аэродинамическими и упругими силами обуславливают колебания конструкции и могут стать причиной ее динамической неустойчивости.



Изучение взаимодействия аэродинамических, упругих и инерционных сил и влияния этого взаимодействия на конструкцию самолета составляет содержание теории аэроупругости. Аэроупругие явления принято делить на статические и динамические.

При статических явлениях силы зависят лишь от самих деформаций и не зависят от их изменения во времени. Сюда относятся местные деформации обшивки, деформации крыла, оперения, фюзеляжа и влияние их на перераспределение нагрузки, реверс рулей и элеронов, «всплывание» элеронов, перекручивание (дивергенция) крыла, оперения, пилона и т. п. Перечисленные явления обуславливаются взаимодействием аэродинамических и упругих сил.

При динамических явлениях силы зависят не только от деформаций, но и от изменения их во времени. Динамические аэроупругие явления (флаттер, бафтинг, трансзвуковые колебания рулей и пр.) обусловлены взаимодействием аэродинамических, упругих и инерционных сил.

## **Флаттер**

Флаттер можно определить как динамическую неустойчивость конструкции в потоке воздуха. Возникает флаттер в результате взаимодействия аэродинамических, упругих и инерционных сил. Флаттеру могут быть подвержены крыло и оперение.

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.