

Прохоренко Кирилл Денисович,
Курсант 222 учебной группы,
Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА»
(имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина),
г. Челябинск

Полковников Владислав Павлович,
Курсант 222 учебной группы,
Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА»
(имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина),
г. Челябинск

Ефанов Георгий Дмитриевич,
Курсант 222 учебной группы,
Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА»
(имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина),
г. Челябинск

Научный руководитель:
Ющенко Владимир Иванович,
Филиал ВУНЦ ВВС «ВВА»
(имени Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина),
г. Челябинск

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЯЕМОЙ СТРЕЛОВИДНОСТИ КРЫЛА НА АЭРОДИНАМИКУ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Аннотация: В нашей статье рассматривается изменение стреловидности крыла воздушного судна. Рассматривается влияние стреловидности крыла на полет самолета. Обсуждается конструкция стреловидных крыльев.

Ключевые слова: стреловидность крыла, крыло, механизм, винтовые подъемники, СПК-2

Стреловидность крыла – это важный аэродинамический параметр, который существенно влияет на характеристики полета воздушных судов. Этот угол наклона крыла относительно вертикали определяет, как воздух обтекает крыло, что в свою очередь влияет на подъемную силу, сопротивление и маневренность. В данной статье мы рассмотрим, как стреловидность крыла влияет на аэродинамические качества воздушного судна, а также обсудим преимущества и недостатки различных вариантов стреловидных крыльев.

Стреловидность крыла измеряется углом, под которым крыло наклонено назад относительно вертикали. Крылья с положительной стреловидностью наклонены назад, а с отрицательной – вперед. Стреловидность может варьироваться от нуля (прямые крылья) до значительных значений (стреловидные крылья).

Для начала мы обратились к истории создания, так как прошлое влияет на будущее.

Профессор фирмы Messerschmitt AG Александр Липпиш получил патент на такое крыло ещё в 1942 году, однако на опытном немецком истребителе Messerschmitt P.1101 (1944, который никогда не летал, в феврале 1945 на истребительном конкурсе, проводимом верховным командованием Люфтваффе, он проиграл конкуренту, Focke-Wulf Ta 183 Huskebein) механизм изменения стреловидности непосредственно в полёте предусмотрен не был (угол крыльев предполагалось изменять на земле, и лишь после испытаний уже внедрять



механизацию). После войны американцы повторили захваченный Messerschmitt P.1101, создав его усовершенствованную копию – Bell X-5 (первый полёт в 1947 году).

Первым в мире серийным самолётом с крылом изменяемой стреловидности стал американский F-111 фирмы General Dynamics, выпускавшийся с 1967 года. Наиболее многочисленными стали производившиеся в СССР модели, разработанные КБ Микояна и Сухого (первый из них – Су-17, создан в первой половине 60-х годов, серийный выпуск с 1969 года).

Самолет с крылом изменяемой стреловидности (геометрии) позволяет в какой-то мере приблизиться к "оптимальной" аэродинамической компоновке. В зависимости от режима полета консоли крыла (1), поворачиваясь относительно шарниров (2), устанавливаются таким образом, что обеспечивается полет самолета с аэродинамическими характеристиками, приближающимися к наиболее рациональным во всем диапазоне скоростей (чисел M) полета. Аэродинамические характеристики самолета с крылом изменяемой геометрии как бы огибают кривые зависимостей максимального аэродинамического качества K_{max} от числа M (схема 1). На взлетно-посадочных и дозвуковых режимах полета при минимальном угле стреловидности такой самолет обеспечивает короткий разбег на взлете и пробег при посадке, большую дальность и продолжительность полета. При умеренных углах стреловидности обеспечивается сверхзвуковой полет на большой высоте. При больших углах стреловидности крыло практически "сливается" с горизонтальным оперением, образуя несущую систему, аналогичную треугольному крылу малого удлинения, наиболее рациональную для полета с большими сверхзвуковыми скоростями.

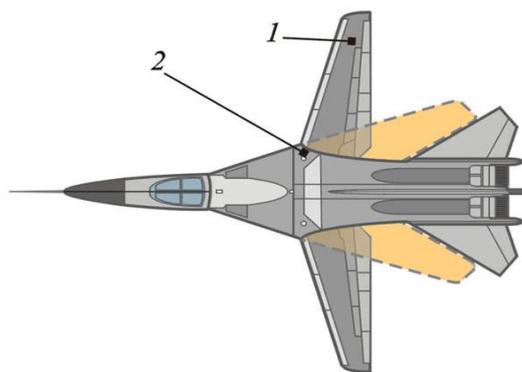


Схема 1

Следует заметить, что изменение стреловидности при повороте консоли относительно шарнира изменяет и размах, и величины хорд крыла по потоку, т. е. основные параметры крыла (удлинение, относительную толщину и сужение), поэтому поворот консоли относительно шарнира приводит не только к изменению стреловидности, но и к более общему изменению геометрии несущей системы.

Естественно, что изменение геометрии, особенно изменение стреловидности крыла в полете, связанное с необходимостью перемещать высоконагруженные части самолета (крыло) в полете, приводит к увеличению массы самолета и за счет увеличения массы крыла с шарниром, и за счет увеличения массы приводов и энергосистем. Поэтому при определенных требованиях ТЗ на проектирование самолет с крылом изменяемой геометрии может оказаться менее рациональным, чем самолет с крылом фиксированной (неизменяемой) геометрии.

В то же время за счет применения оригинальных конструктивно-компоновочных решений, например **асимметричного крыла изменяемой геометрии воднофюзеляжной** (схема 2, а) или **двухфюзеляжной схем** (схема 2, б), при которых шарнир менее нагружен, увеличение массы может оказаться не таким значительным. Однако в этой ситуации



возникают проблемы с обеспечением устойчивости таких самолетов в условиях косой обдувки (при полете со скольжением)

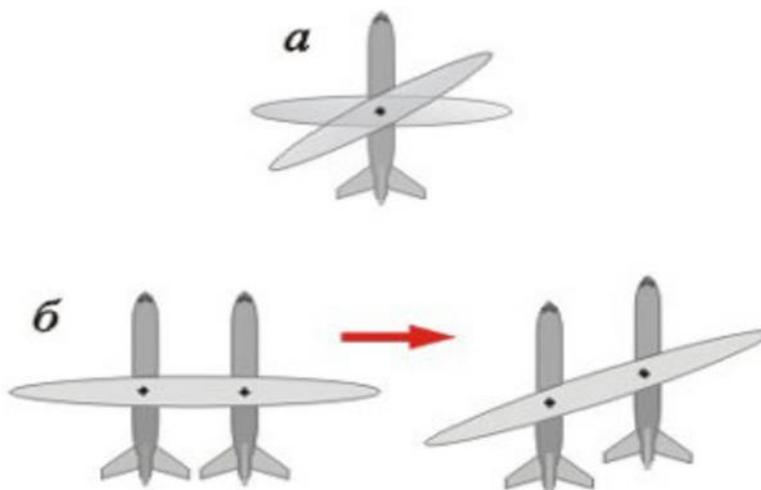


Схема 2

Преимущества стреловидности крыла:

- Высокая максимальная скорость: Стреловидные крылья позволяют достигать высоких скоростей без значительного увеличения сопротивления.
- Улучшенные характеристики на больших высотах: Крылья с большой стреловидностью работают более эффективно в условиях разреженного воздуха.
- Снижение веса: Использование стреловидных форм может позволить снизить вес конструкции крыла.

Недостатки:

- Сложность управления на низких скоростях: Самолеты с высокими стреловидными крыльями могут испытывать трудности при взлете и посадке из-за меньшей подъемной силы на низких углах атаки.
- Ограниченная универсальность: Такие крылья часто не подходят для легких и медленных самолетов, где требуется высокая маневренность.

Перейдем к разбору механизации применяемой в крыльях изменяемой стреловидности

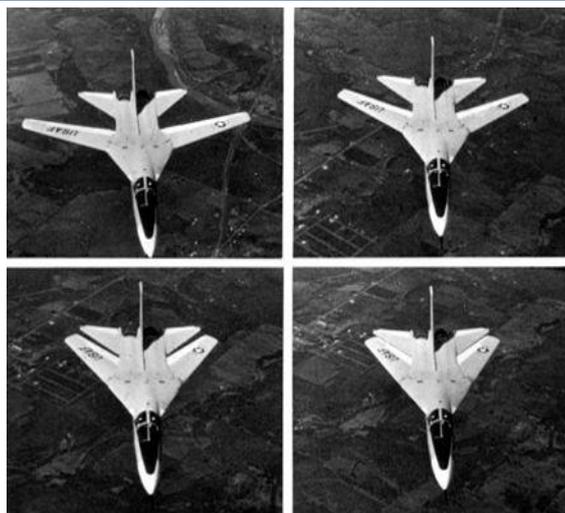
Основные виды механизации

1. Гидравлические системы: В большинстве современных самолетов используются гидравлические механизмы для изменения угла стреловидности. Гидравлические цилиндры приводят в движение специальные рычаги и системы, которые изменяют положение крыла. Это обеспечивает быстрое и надежное изменение стреловидности в широком диапазоне условий.

2. Электрические системы: В последние годы наблюдается тенденция к использованию электрических приводов для управления механизацией крыльев. Такие системы могут быть более легкими и менее сложными в обслуживании, чем гидравлические, и обеспечивают высокую точность управления.

3. Механические системы: В некоторых самолетах применяются механические системы с использованием тросов и блоков, которые позволяют изменять угол стреловидности. Хотя такие системы могут быть менее эффективными и требовать больше усилий, они могут быть более надежными в условиях отказов.





В качестве механизмов поворота обычно используются винтовые подъемники. На самолётах производства СССР (Су-24, Ту-22М, Ту-160) для синхронности хода консолей, что требуется для предупреждения опрокидывания самолёта из-за разности подъёмных сил консолей, подъемники приводятся общим приводом через единую трансмиссию. Например, на Ту-22М и Су-24 установлен двухканальный гидравлический рулевой привод РП-60-4, управляемый блоком усиления и коммутации 6Ц254, вместе с рукояткой управления (механизмом концевых выключателей МКВ) они составляют систему перемещения крыла СПК-2, которая по агрегатам (привод РП-60 и блок 6Ц254 других серий, механизм МКВ-43М) практически аналогична системе перемещения закрылков СПЗ-1А самолёта Ту-154



Таким образом, стреловидность крыла – это ключевой фактор, который определяет аэродинамические качества воздушного судна. Понимание влияния этого параметра позволяет конструкторам оптимизировать самолеты для различных условий эксплуатации, достигая нужного баланса между скоростью, маневренностью и устойчивостью. В будущем, с развитием технологий, можно ожидать появления новых форм и конструкций крыла, которые будут использовать преимущества стреловидности, минимизируя ее недостатки.

Список литературы:

1. Баранов, И. П. (2005). *Аэродинамика летательных аппаратов*. Москва: Машиностроение.



2. Кузнецов, А. А., & Чекалин, В. Г. (2008). *Основы теории самолетов*. Москва: Высшая школа.
3. Станкевич, В. Н. (2012). "Влияние изменяемой стреловидности крыла на аэродинамические характеристики самолета." *Авиастроение*, 3 (1), 45-50.
4. Кравченко, А. В. (2014). *Динамика и управление летательными аппаратами*. Санкт-Петербург: Питер.

