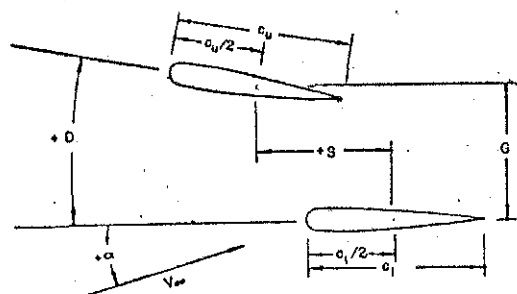


скорости полета позволили существенно уменьшить площадь крыла-моноплана по сравнению с площадью крыльев полипланной схем. Однако исследования последних лет показали, что бипланная система с близким относительным расположением крыльев могут иметь более высокие характеристики, чем монопланная крылья. Благодаря меньшему сопротивлению самолеты-бипланы могут оказаться более экономичными, чем самолеты-монопланы.

Характеристики несущей системы биплан, составленной из крыльев одинаковых хорд и профиля, зависят в основном от трех геометрических параметров: относительного выноса крыльев S , определяющего взаимное продольное разнесение крыльев; относительной высоты бипланной коробки G , являющейся мерой разнесения крыльев по вертикали; угла деградации коробки D , или угла наклона плоскости хорд одного крыла к плоскости хорд другого. Относительные вынос и высота бипланной коробки ²⁾ измеряются между точками середины хорд крыльев и в безразмерном виде получают отнесением к хорде профиля в сечении крыла. Высота коробки всегда положительна; вынос положителен, когда верхнее крыло находится перед нижним, а угол деградации положителен в том случае, когда верхнее крыло имеет больший угол атаки, чем нижнее. Геометрические соотношения показаны на рис. 1.



Замечание: S и G нормируются отнесением к C_l

Рис. 1. Определения геометрических параметров бипланной комбинации профилей.

Исследования бипланной системы проводились в ряде работ [1—4], однако первым, кому удалось четко показать их аэродинамические преимущества по сравнению с монопланами, был Ненадович [5]. Он проводил испытания бипланной системы профилей и изолированных профилей, результаты которых показали, что при выносе $S=1$, высоте коробки $G=0,33$ и угле деградации $D=-6^\circ$ биплан имеет наибольшие преимущества в аэродинамических характеристиках перед монопланом. Все три указанных значения параметров оптимального варианта оказались на границе исследованных в [5] диапазонов их изменения.

В 1974 г. Олсон и Селберг [6] проводили сравнение характеристик бипланов и монопланов конечного размаха при одинаковых значениях коэф-

фициента подъемной силы. Они показали, что в бипланной схеме при углах атаки, меньших критического, могут быть получены существенно большие величин аэродинамического качества, чем в монопланной. В 1979 г. Волкович [7] проводил исследования несущих систем типа тандем применительно к самолетам КВВН. Все рассмотренные им конфигурации имели отрицательный вынос, и их индуктивное сопротивление оказалось ниже теоретического индуктивного сопротивления, рассчитанного по теории Мунка — Прандтля — Титъенса [8, 9, 10] ³⁾. Волкович определил также, что при больших значениях коэффициента подъемной силы эффективный размах крыльев схемы тандем больше, чем у сравнимого монопланного крыла. В работе Эдмунса и Спэйда [11] проводился анализ аэродинамических характеристик высокоэффективных несущих систем, состоящих из двух крыльев. Специальным подбором кривизны крыльев исследователи добивались такого положения, чтобы максимальная подъемная сила биплана стала равной максимальной подъемной силе эквивалентного моноплана. Их окончательный вариант комбинации двух крыльев обеспечил высокие маневренные характеристики при малых скоростях полета, короткие взлет и посадку, более высокие несущие свойства и меньшую стоимость, чем в случае самолета схемы моноплан.

В ряде работ опубликованы результаты аналитических исследований комбинированных несущих систем, например, типа «утка» или тандем, которые были получены с помощью новых вариантов теории биплана Мунка — Прандтля — Титъенса [8—10]. Лэйтон [12], например, использовал поправки к формуле Прандтля, позволявшие рассматривать случаи с неэллиптическим распределением подъемной силы по размаху крыла. Однако в его работе приведены результаты лишь для случаев постоянного и эллиптического законов распределения подъемной силы. Кро [13], используя свой вариант метода Прандтля, определил условия, при которых в схеме «утка» достигается минимум индуктивного сопротивления. Распределение подъемной силы по элементам рассмотренной им несущей системы в этом случае также должно быть эллиптическим. Батлер [14] проводил исследование несущих систем типа «утка», элементы которых имели большой размах. Он установил существование индуктивной тяги, величина которой увеличивалась при уменьшении вертикального разнесения крыла и переднего горизонтального оперения (ПГО). Максимальное значение тяги получалось при отношении размаха передней несущей поверхности (ПГО) к размаху задней (крыла), равному $1/2$. Все отмеченные выше результаты исследований, за исключением результатов Батлера, относились к бипланной конфигурациям со сравнительно большими значениями высоты коробки; особенностью конфигураций, исследованных Батлером, была большая величина выноса крыльев.

Ряд исследований посвящен изучению взаимодействия пары близко расположенных профилей.

²⁾ Далее для краткости будем называть их просто «вынос и высота бипланной коробки» (или просто коробки). — Прим. перев.

³⁾ Прандтль Л., Титъенс О. Гидро- и аэромеханика, т. 1, М.: Оборонгиз, 1932; т. 2, М.: Оборонгиз, 1935.