РАЗДЕЛ I. ФИЗИКА

Богословский М.М.

Новая концепция строительства самолётов как результат переоценки теории подъемной силы крыла

АНО ВО «Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС»
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/scienceconf-03-2021-01

idsp: scienceconf-03-2021-01

Аннотация

В статье дана критика применения теории Бернулли для объяснения подъемной силы крыла самолета. Указана ошибка Н.Е.Жуковского, который развивал идею существования подъемной силы крыла. Изложена альтернативная теория полета с образованием под крылом самолета уплотнения воздуха – «воздушной подушки». Предложена новая конструкция крыльев самолета, основой которой является широкие крылья с изменяющейся их площадью.

Ключевые слова: подъемная сила крыла, теория полёта самолёта, конструкция крыльев.

Abstract

The article criticizes the application of Bernoulli's theory to explain the lift force of an airplane wing. The error of N. E. Zhukovsky, who developed the idea of the existence of the wing lift, is indicated. An alternative theory of flight with the formation of an air seal under the wing of the aircraft – an "air cushion" - is presented. A new design of aircraft wings is proposed, the basis of which is wide wings with a changing area.

Keywords: wing lift, airplane flight theory, wing design.

Идея существования подъёмной силы крыла птицы, как объяснение почему она может летать, как известно, принадлежит итальянскому учёному и художнику Леонардо да Винчи, который высказал её в 1505 г. С появлением самолётов эта идея получила подкрепление с помощью математических формул, что придало ей научную основу.

В настоящее время эта идея разделяется двумя школами – западной и российской. В западной школе объяснение подъемной силы базируется на уравнении Бернулли, представленного им ещё в 1738 г. в его трактате «Гидродинамика». Согласно теореме Бернулли, подъемная сила возникает вследствие искривления верхней поверхности аэродинамического профиля — крыла самолета. Воздух над верхней его поверхностью движется быстрее, чем под нижней, менее изогнутой или почти плоской, и в соответствии с теоремой Бернулли это приводит к образованию там области пониженного давления, что и порождает направленную вверх подъемную силу. Однако это объяснение не полностью устраивает современных специалистов, указывающих на его несовершенство [Drela M., 2014; Реджис Эд., 2020]. В нашей стране Г.И.Карачевскому [2019] удалось теоретически выявить и экспериментально подтвердить, что существующая теория не обеспечивает возможность с необходимой точностью моделировать и определять картину и параметры потока воздуха около обтекаемых им любых материальных тел практически во всем дозвуковом диапазоне относительных скоростей. В силу этой особенности являются несогласованными с практикой и фундаментальными законами механики те интегральные характеристики, которые выражают силовое взаимодействие воздушного потока с обтекаемыми им телами.

Проведенный нами анализ использования теории Бернулли для объяснения возникновения подъёмной силы крыла обнаруживает три ошибки. Первая состоит в том, что в опытах в аэродинамической трубе использовался не симметричная по профилю плоскость, а выпуклая, причём только с верхней стороны. И эта выпуклая часть крыла создаёт некоторое препятствие для прохождения воздуха над ней, в то время как нижняя часть крыла такого препятствия не представляет. Разница в скорости прохождения потоков воздуха и приводит к разному давлению над и под крылом. Некоторой аналогией здесь может служить прохождение потока воды или воздуха через суживающийся проход, что приводит к повышению в нём скорости потока.

Вторая ошибка состоит в том, что разность верхнего и нижнего давлений никак не может создавать подъёмную силу, необходимую для удержания самолёта в воздухе, особенно тяжелого. Здесь желаемое выдано за действительное.

Третья ошибка состоит в том, что неправомерно использовать данные эксперимента с движущимся потоком воздуха, обтекающим неподвижную модель крыла, с реальными условиями полёта, в которых самолёт движется, а воздушная среда может быть относительно неподвижной, движущейся с небольшой скоростью или движущейся в направлении движения самолёта.

В последние годы ведущий аэродинамик США Doug McLean попытался выйти за сугубо формальные математические рамки и вплотную заняться физическими причинно-следственными связями, которые могли бы объяснить возникновение подъёмной силы во всех ее проявлениях. Сложное объяснение сути подъёмной силы основано на допущении, принятом классической аэродинамикой: воздушный поток, обтекая профиль крыла, ведет себя как сплошная среда и деформируется следуя контурам профиля. Эта деформация затрагивает слой жидкости, обтекающей как верхнюю, так и нижнюю поверхность крыла. «Аэродинамическая поверхность оказывает давление на обширную область в так называемом барическом поле (поле давления)» [McLean D., 2012].

В нашей стране идею существования подъёмной силы крыла разделял и развивал Н.Е. Жуковский, хотя западные ученые до сих пор делают вид, что никогда о нём не слышали. В 1906 году он опубликовал работу "О присоединенных вихрях", в которой вывел формулу для определения подъёмной силы крыла, положенной в основу всех аэродинамических расчетов - крыльев, компрессоров, воздушных винтов, винтокрылых аппаратов и многих других машин. Формула Жуковского звучит так: подъёмная сила, развиваемая крылом произвольной формы, равна произведению массовой плотности воздуха на скорость потока вдали от крыла, на циркуляцию скорости добавочного течения вокруг крыльев и на размах крыла [Жуковский Н.Е., 1925]. Остаётся только удивляться, что в этой формуле отсутствует показатель того, ради чего формула и была создана – веса самолета, крылья которого должны не только *поднимать* его, удерживая от падения, но и обеспечивать полёт.

Поскольку объяснение, данное Н.Е.Жуковским, является общепризнанным, его можно считать единственно правильным и истинным. Такое объяснение вошло во все наши учебники и почти ни у кого не вызывает сомнений. Более того, признавая существование феномена подъёмной силы крыла, сегодня делается попытка дать ему более правильное, уточняющее объяснение. Так, в словаре по физике Е.С. Платунова с соавт. [2018] сказано, что «подъёмная сила (elevating force, lift) крыла самолета» создаётся разной геометрией его верхней и нижней поверхностей и подбором определенного угла атаки набегающего воздушного потока».

Важно отметить, что несмотря на имеющуюся критику теории подъёмной силы крыла, она является базовой для строительства самолетов во всем мире.

Альтернативой этой теории является теория образования под крыльями самолёта, разогнавшегося до подходящей скорости 200-300 км/час, уплотнения воздуха

- «воздушной подушки», которая и удерживает самолёт от падения. Интересно, что об образовании уплотнения воздуха под крыльями птиц впервые сказал именно Леонардо да Винчи, который, сделав правильное заключение о причине полёта птиц, ошибочно посчитал, что это уплотнение создаёт мифическую подъемную силу. Впоследствии авиаконструкторы не обратили внимания на его слова об уплотнении воздуха под крылом птиц и для объяснения полёта самолёта стали использовать его представление о подъемной силе крыла птиц, перенеся его на крыло самолёта.

Помимо несовершенства обсуждаемой теории, обнаруживается и её полная ошибочность. Для того, чтобы лучше понять что на самом деле удерживает летящий самолет в воздухе, надо обратиться к другому случаю перемещения физического тела - в более плотной, чем воздух, среде, например, в воде.

Когда человек вступает на твердую поверхность – землю, бетон и т.д. она удерживает его на себе потому, что она плотная и молекулы этой поверхности не отрываются друг от друга. Когда человек вступает ногами на воду или встаёт на водные лыжи, вода его не удерживает на поверхности, межмолекулярные связи рвутся и он проваливается в неё до самого дна. Но если человек, стоя на водных лыжах с помощью внешней силы (на буксире) начинает двигаться по поверхности воды и наберет достаточную скорость (примерно 25-30 км/час), то проваливаться в воду он уже не будет – лыжи будут скользить по её поверхности.

Важно отметить, что никакой подъёмной силы при этом не возникает, не она удерживает его на поверхности воды. Объяснить это можно только тем, что оставаться на поверхности воды позволяет мгновенное увеличение плотности воды под лыжами, возникающее во время быстрого их движения. Лыжник не проваливается в толщу воды, т.к. молекулы воды, обладая известной инертностью, не успевают расступиться, в результате чего под лыжами образуется своеобразная «водная подушка». Натренировавшись, человек может скользить по поверхности воды даже без лыж, буквально на пятках. Такой спорт называется барефутингом. Однако для этого скорость буксировки должна быть ещё выше – примерно 50-80 км/час.

Исследования, проведенные в нашей стране в течение последних десятилетий по исследованию состояния воды при воздействии на неё значительного кратковременного давления, подтвердили высказанное нами предположение. Как оказалось, при кратковременном сильном давлении на воду, производимое при ударе по ней, происходит не только её уплотнение, но даже затвердение [Минеев В.Н., Зайдель Р.М., 1968; Рыбаков А. П., 1996; Савиных А.С. и соавт., 2017].

А теперь можно вернуться к полету самолета. Описанная причина удержания лыжника на поверхности воды лежит и в основе полета самолета. Но, в отличие от воды, плотность воздуха весьма мала, поэтому для достижения эффекта полета, самолет должен набрать большую скорость – примерно на один порядок. Уже при скорости 200-300 км/час воздух под крыльями самолета не успевает рассеяться, известная инертность молекул воздуха, называемая его вязкостью, а также действие, похожее на удар большого и быстрого давления на него всего веса самолёта, не позволяет им быстро разойтись, что приводит к его уплотнению - образованию «воздушной подушки» и позволяет, опираясь на неё, лететь. При дальнейшем увеличении скорости самолёта воздух под его крыльями уплотняется настолько, что надёжно удерживает самолёт от падения. Но как только скорость самолёта уменьшается, плотность воздуха под ним снижается, «подушка» становится очень тонкой, в связи с чем теряет свою поддерживающую способность, и самолёт начинает падать. Особенно быстро, когда его крылья отклоняются от горизонтали.

При частичном нарушении этой подушки, вызванном турбулентным состоянием атмосферы, возникающим при появлении неупорядоченных вихревых движений воздуха различных масштабов и скоростей, обусловленных быстрой смены ветра и температуры, самолёт подвергается встряске («болтанке»). Продолжительная и

значительная по силе турбулентность, разрушающая его «подушку», может даже привести к падению самолета.

Таким образом, как и в примере с водным лыжником, при полёте самолета, под его крыльями никакой подъемной силы не возникает. Представление о подъемной силе крыльев, якобы возникающей при полете самолета и обеспечивающей его полёт, представляет всего лишь ошибочную интерпретацию удержания самолета в воздушной среде.

С увеличением высоты плотность воздуха уменьшается, поэтому для образования воздушной подушки под крыльями, обеспечивающей его полёт, самолет должен лететь с большей скоростью, чем при полётах на небольших высотах. Так, на высоте 10 тыс. метров плотность воздуха в 3 раза меньше, чем на уровне моря [Байдаков В.Б., Клумов А.С., 1979]. Поэтому для образования воздушной подушки под крыльями, самолет должен лететь с большей скоростью, чем на высоте 1- 2 тыс. метров.

В целом, для полета самолета нужны три условия: необходимая или достаточно большая площадь крыльев, достаточно большая его скорость и наличие достаточной концентрации воздуха (его плотности), т.к. на высотах больше 80 км летать становится опасно, а на высоте выше 100 км, по заключению Международной авиационной федерацией, авиационные полёты становятся полностью невозможными. Мифическая подъемная сила крыла здесь не работает: объясняемая Е.С. Платуновым и соавт. [2018] «разная геометрия его верхней и нижней поверхностей и подбор определенного угла атаки набегающего воздушного потока» не способны удержать самолёт от падения.

Самолёт может летать и без крыльев, но тогда ему нужна очень большая скорость, которую может обеспечить только реактивный двигатель. Но это будет уже не самолёт, а ракета.

Из представленных рассуждений следует один важный вывод: лететь может всё, что угодно – камень, ракета и т.д., для этого нужно всего лишь придать телу надлежащее ускорение, а для того, чтобы мог лететь самолёт, имеющий относительно небольшую скорость, ему нужно иметь крылья, которыми он опирается о воздух.

О практических выводах из этой статьи

Под влиянием общепринятой теории полёта самолета – наличия подъемной силы крыльев - современные гражданские самолёты имеют относительно узкие крылья, поэтому самолет для полёта нуждается в большом количестве энергии (в виде топлива). Дальнейшее следование догме о подъемной силе крыла приведет к тому, что в ближайшем будущем общим трендом самолетостроения будет переход на узкий фюзеляж, вместимостью более 110 кресел. Между тем узкий фюзеляж снизит площадь опоры на воздух и потребует больше топлива, чем фюзеляж широкий.

Если же площадь крыльев в разумных пределах увеличить, то для полёта самолёту понадобится меньше энергии, что очень важно для снижения стоимости и дальности полёта. Некоторые конструкторы самолетов, интуитивно чувствуя необходимость увеличения размера крыльев, пошли на увеличение их длины. Но увеличению размаха крыльев препятствуют размеры (ширина) взлетной полосы.

Самолет с большими крыльями может просто не поместиться на стоянке в аэропорту. Например, известный A380, имеет размах крыльев 79,8 метра, что едва позволяет вписаться в параметры современной аэродромной инфраструктуры, для которой максимально допустимый размер 80 м. По 10 см запаса с каждой стороны.

Увеличение площади крыльев может быть достигнуто за счёт нового вида крыла, охватывающего почти весь фюзеляж самолёта за исключением его головной части. Конструкторы военных самолетов уже это поняли и стали снабжать истребители более широкими крыльями (Рис.1).

Рис. 1. Российский истребитель Су-57

Широкими крыльями сегодня снабжаются и беспилотники, особенно наши новейшие. Выгоду использования широких крыльев нужно перенять и конструкторам гражданских самолетов. Особенно выгодно использовать самолеты с широкими крыльями для полёта на небольших высотах – 3-6 тыс. метров, учитывая, что плотность воздуха там относительно большая. Для дополнительной экономии топлива скорость самолёта должна быть сравнительно небольшой – 500-600 км/час.

Учитывая, что самолётам, особенно военным, приходится летать на разных высотах и при разных условиях и режимах полёта - скорости, высоты и особенностей атмосферы, использование широких крыльев имеет как плюсы, так и минусы.

Для увеличения диапазона высот и скоростей полёта в последние годы используются крылья изменяемой геометрии, в частности крылья с изменяемой стреловидностью. Несмотря на то, что такая конструкция крыльев позволяет несколько расширить технические и тактические возможности сверхзвукового самолета, улучшить его взлетно-посадочные характеристики, она не способна дать главное – регулировать площадь крыльев.

Исходя из этого, предлагается конструкция крыльев с изменяющейся их площадью. Достигается это за счёт горизонтального частичного складывания, точнее сдвигания крыльев, которое в зависимости от условий полёта, автоматически управляется бортовой электронной системой. Так, для полёта на больших скоростях крылья сдвигаются, что уменьшает их площадь и сопротивление всё возрастающей воздушной среды. При полёте на небольших скоростях и высотах 3-5 км крылья раздвигаются, что увеличивает способность самолёта опираться на воздушную подушку и экономить топливо, а значит, увеличивать дальность полёта и время нахождения в воздухе без дозаправки. Это может быть выгодно не только для самолётов военного, но и гражданского назначения. Кроме того, в случае аварии и вынужденной посадки, расправление крыльев будет способствовать планированию, что позволит посадить самолёт с наименьшим для него и пилотов ущербом.

По нашим оценкам использование самолётов с изменяющейся площадью крыльев должно уменьшить расход топлива на 10-15%. Для сравнения использование винглетов позволяет сократить расход топлива лишь на 7%.

Ещё одним средством снижения стоимости расхода топлива для самолётов является изменение контура фюзеляжа самолёта. Его днище должно быть не выпуклым, как у современных самолётов, а по большей части плоским, что может создать большую площадь давления самолёта на воздух. Такое днище будет действовать как ещё одно крыло и помогать крыльям удерживать самолёт в воздухе во время полёта. И, тем самым, снижать расход топлива.

Кроме использования широких, обтекающих корпус фюзеляжа, крыльев, и плоского днища в конструкциях пассажирских и военных самолётов, эти изменения будут весьма полезны и для строительства планеров, существенно удлиняя время их нахождения в воздухе.

Отдавая должное большим заслугам Н.Е.Жуковского в создании теории аэродинамики и строительстве самолётов, следует учесть, что безупречных знаний не бывает, что с развитием науки прежние представления и теории подвергаются уточнениям и правкам. Это касается и теории Н.Е.Жуковского о подъёмной силе крыла самолёта.

1. Байдаков В.Б., Клумов А.С. Аэродинамика и динамика полета летательных аппаратов. М., 1979. 344 с.
2. Жуковский Н. Е. Теоретические основы воздухоплавания / Н. Е. Жуковский; Научно-Технический Отдел ВСНХ; под ред. В. П. Ветчинкин, Н. Г. Ченцов. - 2- изд. - М. : Гостехиздат, 1925. - 306 с.
3. Карачевский Г.И. Об основной теореме аэродинамики // Воздушно-космическая сфера. 2019. № 4 (101). С. 88-97.
4. Минеев В.Н., Зайдель Р.М. Вязкость воды и ртути при ударном сжатии. ЖЭТФ, 1968. Т.54, №6. С.1633.
5. Платунов Е.С., Самолетов В.А., Буравой С.Е., Прошкин С.С. Физика. Словарь-справочник. СПб: Изд. Политехнического университета. 2018. 798 с.
6. Реджис Эд. Загадка подъёмной силы. Scientific American, 2020, № 4/5. С.164-173.
7. Рыбаков А. П. Особенности фазового превращения воды при ударном сжатии // Прикл. механ. и техн. Сер. Физика. 1996. Т. 37, № 5. С. 17-23.
8. Савиных А.С., Гаркушин Г.В., Канель Г.И., Разоренов С.В. Затверждение воды при динамическом сжатии и его влияние на динамику ударных волн. // Чернышевский сборник, 2017. Т.18, вып.3. С.466-474.
9. Drela M. Flight Vehicle Aerodynamics. Mark Drela. MIT Press, 2014.187 p.
10. McLean D. Understanding Aerodynamics: Arguing from the Real Physics. Wiley, 2012.P.251.

Lin E.E. Asymptotic Method for Studying Kinetics of Formation of Objects with Quantum Features

*Russian Federal Nuclear Center
(Russia, Sarov)*

doi: 10.18411/scienceconf-03-2021-02

idsp: scienceconf-03-2021-02

Abstract

Asymptotic method for studying kinetics of formation of objects, which reveal quantum features at different space scales has been developed. The method is based on widened interpretation of uncertainty principle and absolute certainty principle and also on conception about object growth from small germs. Proposed phenomenological approach allows us to obtain adequate evaluations of formation characteristics for subnuclear particles and nuclei, crystalline nanoparticles and mesoobjects, for astrophysical/cosmological objects as well. Both principles mutually complement each other and predict formation of objects that so far are not widely known or, at least, well described in scientific literature.

Key Words: asymptotic method, kinetics of formation, object, quantum feature, uncertainty, absolute certainty.