



Игорь Дубровин,
с.н.с., к.т.н., НИИ ВА МТО
им. генерала армии А.В. Хрулева



Евгений Дубровин,
с.н.с., к.т.н., НИИ ВА МТО
им. генерала армии А.В. Хрулева



Евгений Королев,
с.н.с., к.в.н., НИИ ВА МТО
им. генерала армии А.В. Хрулева

ВЕСОМЫЙ АРГУМЕНТ В ПОЛЬЗУ ПРИМЕНЕНИЯ ДИРИЖАБЛЕЙ

Аннотация. Американские ученые установили влияние глобального потепления на летно-технические характеристики современных летательных аппаратов не в пользу самолетов. Повышение температуры воздуха на планете является еще одним весомым аргументом для более широкого использования дирижаблей.

Ключевые слова. Потепление климата, плотность и температура воздуха, подъемная сила и тяга, полезная нагрузка, самолет, дирижабль.

ANNONATION. The American scientists have established influence of global warming on flight technical characteristics of modern aircraft, and this influence not in favor of planes. Temperature increase of air on the planet is one more powerful argument for wider use of airships.

KEY WORDS. Warming of climate, density and air temperature, carrying power and draft, payload, plane, airship.

Суть проблемы

Недавно ученые американского Колумбийского университета пришли к неутешительному выводу, что глобальное потепление, приводя к увеличению температуры атмосферного воздуха, вызывает снижение его плотности, и это обстоятельство может стать основной причиной отмены множества авиарейсов, например в страны с жарким кли-

матом, из-за снижения подъемной и тяговой (тяги) сил самолетов.

Известно, что грузопассажирские потоки с каждым годом увеличиваются, и отмена авиарейсов может привести к нарушению баланса между спросом и предложением на услуги авиакомпаний, вызвав тем самым транспортный коллапс.

Как не допустить возникновения транспортного коллапса? Выход есть –

частичная замена самолетов на дирижабли и их широкое использование для перевозки пассажиров и грузов.

О подъемной силе и тяге

Подъемной силой летательного аппарата называется сила, заставляющая летательный аппарат набирать требуемую высоту.

По физическому принципу набора высоты различают статическую и динамическую подъемные силы.

Статическую подъемную силу открыл и описал известный древнегреческий ученый Архимед (287 г. до н. э. – 212 г. до н. э.), он же предложил математическую формулу для ее практического определения:

$$F = \rho \times g \times V, (1)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; V – объем поднимаемого аппарата, м³. Статическую подъемную силу в честь ученого принято называть силой Архимеда, или Архимедовой силой (рис. 1).

Формула для определения динамической подъемной силы (рис. 2) летательного аппарата была предложена в 1904 г. русским ученым Н.Е. Жуковским (1847–1921), именно поэтому сегодня она названа его именем.



Рисунок 1. Статическая подъемная сила
Источник: [2]

В самом общем виде формула динамической подъемной силы Жуковского имеет вид:

$$F = \rho \times \vec{u}_{\infty} \times \vec{\Gamma} \times L, (2)$$

где ρ – плотность среды, кг/м^3 ; \vec{u}_{∞} – вектор скорости среды на бесконечности; $\vec{\Gamma}$ – вектор циркуляции скорости; L – длина крыла, м.

Представленные формулы убедительно показывают, что статическая и динамическая подъемные силы – разные по принципу действия и характерны для летательных аппаратов различных типов. Так, статическая подъемная сила наблюдается у летательных аппаратов, поднимающий объем которых заполнен газовой средой с меньшей, чем у атмосферного воздуха, плотностью. К таким летательным аппаратам относятся, например, дирижабли. Летательные аппараты с большим взлетным весом, такие как самолеты, используют динамический принцип набора высоты. Становится очевидным, что главным отличием набора высоты дирижаблем и самолетом является использование разных по своей физической сути подъемных сил: у дирижаблей – статической, у самолетов – динамической.

Однако кроме самого взлета летательные аппараты должны уметь еще и лететь или держаться в воздушно-газовой среде. Поддержание летательным аппаратом заданной высоты полета происходит за счет силы, позволяющей ему перемещаться в воздушном пространстве. Для летательных аппаратов такой силой является тяга, или тяговая сила. Наличие тяги обязательно для тяжелого летательного аппарата, поскольку ее отсутствие неизбежно приводит к его падению. Для получения требуемой тяги тяжелые летательные аппараты имеют мощные двигатели, поддерживающие скорость, достаточную для создания необходимой подъемной силы в воздухе во время полета.

Для дирижаблей большая тяговая сила вовсе не обязательна, поскольку поддержание ими необходимой высоты полета происходит за счет разницы плотностей гелия, который заполняет внутренний объем корпуса дирижабля, и окружающего атмосферного воздуха. Перемещение дирижабля в воздушной среде осуществляется благодаря движению воздушных потоков, поэтому данному летательному аппарату достаточно иметь энергоустановку малой мощности. Известно, что в атмосфере на разных высотах воздушные потоки перемещаются в разных направлениях. Дирижабль поднимает-

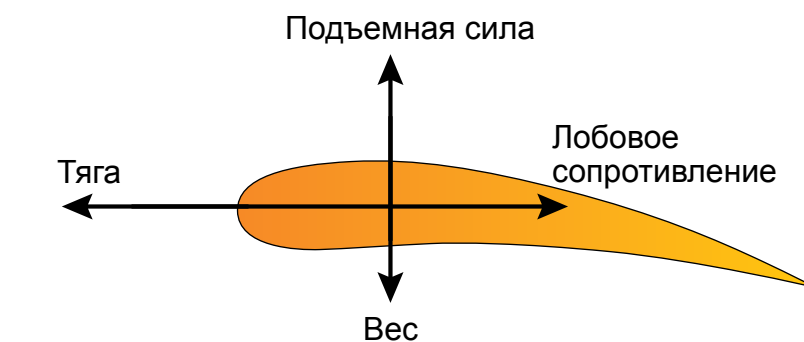


Рисунок 2. Динамическая подъемная сила
Источник: [4]

ся до той высоты, на которой господствуют ветры требуемого направления, попадает в воздушный поток и движется в нужную сторону.

Основное назначение силовой установки дирижабля – это подруливание, или удержание дирижабля на заданном курсе движения в полете. Эту задачу успешно может выполнять силовая установка малой мощности. Кроме того, энергоустановка дирижабля работает не постоянно, а по необходимости.

Влияние температуры воздуха на подъемную силу и тягу

На величину подъемной силы, возникающей у любого летательного аппарата, помимо всего прочего непосредственное влияние оказывает плотность атмосферного воздуха, что убедительно подтверждают представленные выше зависимости.

Рассмотрим влияние плотности воздуха на статическую подъемную силу, динамическую подъемную силу и на тягу двигателей.

Плотность воздушной среды в формулах Архимеда (1) и Н.Е. Жуковского (2) связана прямой зависимостью соответственно со статической подъемной силой и с динамической подъемной силой, поэтому при уменьшении плотности окружающего атмосферного воздуха статическая и динамическая подъемные силы падают.

Это означает, что ученые из американского Колумбийского университета сделали совершенно обоснованный вывод о негативном влиянии глобального потепления на плотность атмосферного воздуха и его воздействии на летные качества самолетов, что приведет в дальнейшем к необходимости увеличения количества авиарейсов для выполнения аналогичного настоящему времени объема перевозок.

Известно, что плотность воздуха – это его масса (кг), отнесенная к едини-

це объема (м^3) ($\rho_{\text{в}} = m/V$, кг/м^3). Снижение плотности означает, что вес (масса) воздуха в единице объема будет меньше, упадет и количество всасываемого атмосферного воздуха – кислорода, необходимого для организации процесса горения в двигателях, и, как следствие, уменьшится тяга двигателей, что может вызвать падение тяжелого летательного аппарата на землю. Для подачи требуемого количества кислорода на приготовление горючей топливовоздушной смеси двигатель должен будет работать на повышенных оборотах, что неизбежно приведет к увеличению расхода топлива и большему загрязнению воздушной среды продуктами его сгорания. Такое развитие негативного влияния повышения температуры воздуха будет наблюдаться у всех самолетов.

Для дирижаблей дело обстоит иначе. Известно, что корпус современных дирижаблей заполнен гелием – нейтральным газом легче атмосферного воздуха более чем в 6,8 раз. Очевидно, что при повышении температуры окружающего воздуха увеличится и температура гелия внутри корпуса дирижабля, однако при этом соотношение плотностей воздуха и гелия (6,8) практически не изменится. Это означает, что плотность атмосферного воздуха и плотность гелия во внутренней полости корпуса дирижабля снижаются одновременно, а разность их плотностей остается прежней, в связи с чем статическая подъемная сила дирижабля остается практически постоянной величиной. В тоже время при глобальном потеплении будет уменьшаться только высота зависания дирижабля, на которой сила тяжести равна подъемной силе, теплый воздух снизит мощность двигателей дирижабля и тягу подруливающих двигателей (как у самолета), что в итоге несколько увеличит время вывода дирижабля на требуемый курс.

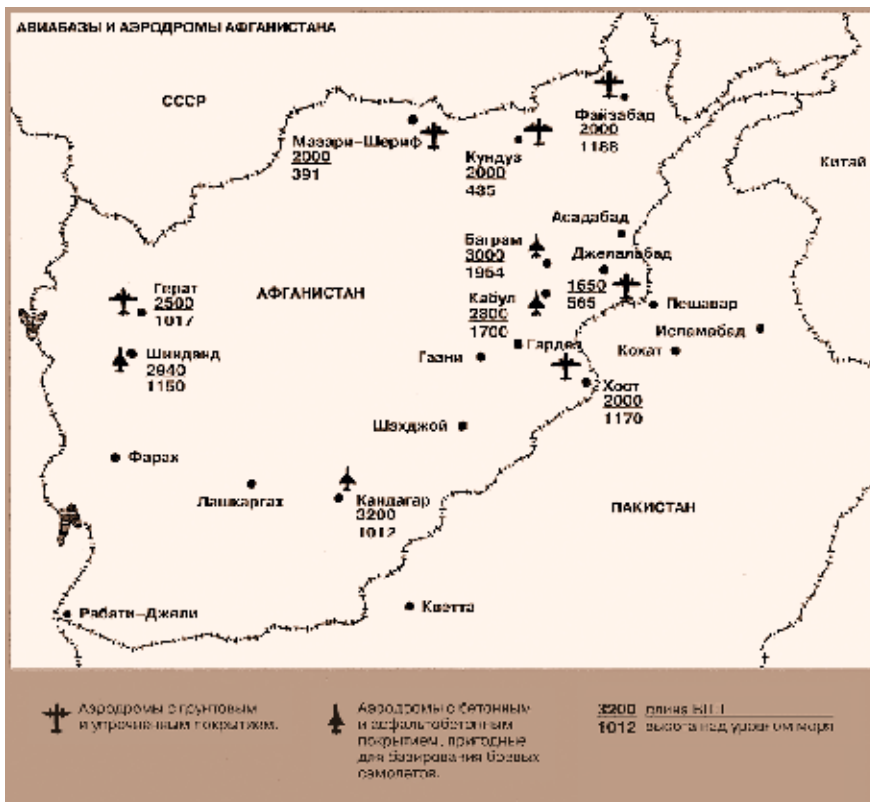


Рисунок 3. Характеристики аэродромов Афганистана
Источник: [7]

Пример из практики

Влияние высокой температуры воздуха, а также сопутствующих негативных факторов на летательные аппараты можно рассмотреть на примере эксплуатации самолетов транспортной авиации в Афганистане – страны, расположенной в северо-восточной части Иранского нагорья, значительную часть территории которой составляют горы и находящиеся между ними долины.

Климат Афганистана субтропический континентальный, холодный зимой и жаркий сухой летом. Средние температуры и количество осадков изменяются с высотой: зимой от +8 до -20 °С и ниже, летом от +32 до 0 °С. В пустынях выпадает 40–50 мм осадков в год, на плоскогорьях – 200–250 мм, на наветренных склонах Гиндукуша – 400–600 мм, на юго-востоке Афганистана, куда проникают муссоны с Индийского океана, – около 800 мм. Максимум осадков приходится на зиму и весну. На высоте 3 000–5 000 м снежный покров держится 6–8 месяцев, выше находятся вечные ледники.

При слаборазвитой автодорожной сети в Афганистане существенная роль в организации перевозок отво-

дилась воздушному транспорту. Постоянная потребность в авиаперевозках была вызвана оперативностью и относительной безопасностью доставки различных грузов и людей непосредственно в отдаленные районы страны. В отдельных случаях транспортная авиация была практически единственным средством материально-технического обеспечения личного состава удаленных гарнизонов.

В Афганистане времен СССР насчитывалось до 35 аэродромов (рис. 3), в большинстве своем не приспособленных для регулярных полетов, однако полтора десятка из них вполне подходили для транспортных самолетов. Аэродромы Кабул, Баграм, Кандагар и Шинданд имели весьма приличные бетонные взлетно-посадочные полосы (ВПП) и оборудованные места стоянки самолетов. Аэродромы Джелалабад и Кундуз располагали асфальтовыми ВПП, на остальных же аэродромах полеты выполнялись с глинистого грунта и гравийных площадок.

Метеоусловия Афганистана для работы авиации – это сочетание различных неблагоприятных факторов и местных особенностей. В зимний период почти половину всего време-

ни из-за низкой облачности, закрытия облаками гор и плохой видимости полностью исключалось выполнение полетов, а в летний сезон, длившийся с апреля по октябрь, обстановка характеризовалась как приемлемая для действий авиации, но с наибольшим числом дней с пыльными и песчаными бурями: от 10 дней в месяц на севере страны до 16 дней на юге. При бурях пыль поднимается на высоту 5–7 км, а видимость уменьшается до 300–500 м. Даже в течение 3–4 суток после ослабления ветра видимость остается недостаточной. Кроме того, над мощными горными системами наблюдались мощные атмосферные фронты с развитием плотных высотных облачных занавесов и сильных турбулентных течений.

В таких условиях вылеты самолетов, как правило, планировались рано утром или поздно вечером, когда температура воздуха немного спадала. Такая мера была вынужденной: летать приходилось с высокогорных аэродромов, где разрежение воздуха ухудшало несущие свойства и управляемость самолетов.

Так, на высоте 1 500 м над уровнем моря, как известно, плотность воздуха составляет 1,0581 кг/м³, т.е. более чем на 13,6% ниже плотности воздуха у земной поверхности на уровне моря (1,225 кг/м³), что соответственно уменьшает подъемную силу самолетов. На уровне взлетно-посадочных полос аэродрома Кабул, расположенного на высоте 1 780 м над уровнем моря, и аэродрома Баграм, находящегося на высоте 1 954 м над уровнем моря, плотность воздуха при высокой температуре снижена более чем на 13,6%. Именно поэтому с повышением температуры воздуха турбовинтовые двигатели при обычных для Афганистана условиях (средние высоты – 1 000 м и температура летом +40 °С) теряют около трети взлетной мощности, при этом высокие температуры всасываемого атмосферного воздуха значительно ограничивают время работы двигателей самолетов.

Известно, что скороподъемность самолета Ан-12 (рис. 4) при нормальных условиях составляет 9–10 м/с. При повышении температуры воздуха выше +25 °С на каждые последующие 5 °С скорость подъема самолета падает на 1 м/с. Это означает, что в 40-градусную жару скороподъемность самолета Ан-12 составляет всего лишь 60% от расчетной, т.е. не более 6–6,6 м/с. В таких нерасчетных условиях машина хуже дер-



Рисунок 4. Военно-транспортный самолет Ан-12
Источник: [9]

жится в воздухе, растут ее взлетные и посадочные скорости, из-за чего пилотирование летательного аппарата на этих экстремальных режимах эксплуатации значительно усложняется. Очевидно, что для сохранения самолетом своих расчетных летных качеств необходимо уменьшать загрузку, что в итоге требует выполнения дополнительных рейсов.

Специфический характер в условиях жаркого климата и больших суточных перепадов температур носят и технические неисправности самолетов.

Решение проблемы

Выявленную зарубежными учеными проблему, по нашему мнению, можно решить тремя способами: первый – устранить причину возникновения глобального потепления, второй – адаптировать конструкцию самолетов к изменению атмосферных условий и третий – развивать дирижаблестроение и использовать дирижабли для перевозок, заменяя ими, где это возможно, самолеты.

Очевидно, что реализовать первый способ при нынешнем подходе к решению проблемы глобального потепления, а также при современном состоянии науки и техники практически невозможно. Реализация второго способа возможна, но потребует больших финансовых вложений в постоянную модернизацию самолетного парка и аэродромной сети. Значит, наиболее экономически выгодным является третий способ решения проблемы, т.е. более широкое использование дирижаблей. Для реализации третьего способа необходимо создавать дирижабли будущего, устраняя имеющиеся недостатки их конструкции.

О дирижаблях будущего

Многие недостатки дирижаблей, ограничивавшие раньше их широкое

использование, к концу XX в. были устранены, а оставшиеся – вполне устранимы полностью или частично, например за счет использования новейших технологий XXI в.

Так, для вертикального статического перемещения (вверх – вниз) дирижабля по высоте его оболочку можно дополнить специальным газоплотным жаростойким уравнивающим объемом, заполненным воздухом, с горелкой, и для статического подъема летательного аппарата подогревать в этом уравнительном объеме воздух, а для статического спуска соответственно выключать горелку. Стабилизация дирижаблей на высоте зависания при расходе жидких и других грузов (например, топлива, воды и провизии) также может быть обеспечена за счет оборудования его корпуса уравнивающим объемом и заменой жидкотопливного двигателя газотопливным (например, газодизелем). Рысканье по курсу устранимо при помощи применения на дирижабле новейших систем стабилизации направления движения в воздухе. Надежность и долговечность оболочки дирижаблей также могут быть повышены путем применения современных материалов.

Вместо выводов

Очевидно, что процесс глобального потепления будет продолжаться, поэтому уже сегодня необходимо задуматься о том, какие воздушные транспортные средства в будущем смогут удовлетворить потребности людей в воздушных перевозках.

Время для размышлений пока еще есть, но оно быстро пройдет, оставив воспоминания о работе воздушных судов в прошлом. Отчаиваться не стоит, в запасе у человечества имеется надежное транспортное средство – дирижабль. Оставшееся время необходимо посвятить в том числе и совершенствованию этого забытого ле-

тательного аппарата, повышению его надежности, живучести и других эксплуатационных свойств и приведению показателей его работы к требованиям XXI в. Если же эта возможность будет упущена, то вполне вероятно, что все перевозки снова будут выполняться исключительно по земле с использованием только гужевого транспорта.

Таким образом, в недалеком будущем дирижабли вновь могут быть востребованы, получив широкое применение и заняв свою нишу среди других видов транспортных средств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ученые: потепление климата может оставить Землю без авиации // Радио Business FM. Эфир 13 июля 2017 г.
2. ВладТайм: сетевое издание. Электронный ресурс: URL: http://www.vladtime.ru/uploads/posts/2016-03/1458665528_au12.jpg
3. Количество пассажиров в самолетах уменьшится из-за глобального потепления: Новости науки и техники. Электронный ресурс: URL: <https://www.indicator.ru>
4. Физика – простым языком: информационный портал. Электронный ресурс: URL: http://mgh.do.am/_pu/0/87299979.jpg
5. Глобальное потепление: треть самолетов уже не взлетит. Ученые: потепление климата помешает взлетать самолетам // Газета.RU. Электронный ресурс: URL: <https://www.gazeta.ru/>
6. Закон Архимеда // Энциклопедия Кругосвет. Электронный ресурс: URL: http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/fizika/zakon_arhimeda.html
7. Отвага: военно-патриотический сайт. Электронный ресурс: URL: http://otvaga2004.ru/boevoye-primenenie/boevoye-primeneniye04/afgan-istrebiteli/attachment/otvaga2004_afgan_karta/
8. Жуковский Н.Е. О падении в воздухе легких продолговатых тел, вращающихся около своей продольной оси. – М., 1906.
9. Жуковский Н.Е. О присоединенных вихрях. – М., 1906.
10. Ан-12 в Афганистане // Военное обозрение: информационный портал. Электронный ресурс: URL: <https://topwar.ru/21838-an-12-v-afganistane.html>