

# Экономические проблемы сверхзвуковых полётов

Наступил 21 век, и богатые страны окончательно отказались от сверхзвуковых полётов. Со ссылкой – очень дорого и не безопасно. Но так ли это? Или достаточно вески эти 2 причины. Возможно, есть ещё негативные факты остающиеся в тени? В те времена, когда началась эксплуатация Ту-144 и Concorde, население промышленно-развитых стран было на порядок менее богато, чем в наше время. С тех пор богатые стали значительно богаче, а их время стало дороже (с учетом инфляции). Процессы глобализации стали объективной реальностью. Эти факторы способствуют росту потенциального спроса на сверхзвуковые полёты.

Основная причина нелюбви эксплуатантов – сверхзвуковые не такие как все, они предъявляют повышенные требования практически по всем пунктам.

- ✓ Топливо – специальный термостабильный керосин
- ✓ Взлётная полоса увеличенной протяженности, а с учетом безопасного прерывания взлёта её длина должна достигать 10 км. Таких ВПП в аэропортах нет
- ✓ Специально подготовленные пилоты и диспетчеры.
- ✓ Плохая управляемость и низкое аэродинамическое качество

Есть за что не любить сверхзвуковые и населению. Это плохая экологическая составляющая.

- ✓ Огромный часовой расход топлива
- ✓ Сильный шум на взлёте и посадке
- ✓ Ударная волна на местности

Избиратели в западных странах голосуют на выборах и могут существенно влиять на стратегические решения по транспортной политике.

Последовательно рассмотрим эти пункты, начиная с последнего.

Любое тело, движущееся со сверхзвуковой скоростью, сжимает набегающий воздушный поток. Это происходит потому, что скорость молекул воздуха меньше скорости полёта и частицы не успевают перетекать в области низкого давления даже на хорошо обтекаемых профилях. Сжатая область накапливает энергию в виде тепла и давления, а поскольку окружающее пространство не имеет ограничителей, энергия сбрасывается с профиля в виде ударной волны. Это возмущение удаляется от траектории полёта со скоростью звука, образуя так называемый сверхзвуковой конус. Когда его поверхность (ударная волна) проходя по местности встречает на своем пути человеческие уши и оконные стёкла – им может не поздоровиться. Даже если всё обошлось, неприятный осадок остаётся. За полувековую историю сверхзвуковых полётов учёным эту проблему решить не удалось. Это не удивительно, так как деньги шли от военных, а им не пристало взрывов бояться. Ударная волна – необходимый атрибут военных действий. В общем случае и сжатый воздух для военных самолётов ценности не представляет. Ну сжал самолёт воздух, потерял энергию, где-то грохнуло – военный бюджет всё оплатит. Но вот те же военные от двигателей на самолётах требуют экономичности. Конструкторы стремятся не упустить эффект сверхзвукового сжатия и используют его, чем больше сжимается воздух в двигателе, тем выше его КПД. Но если фюзеляж самолёта сделать по типу сверхзвукового двигателя, то ударную волну в значительной степени удастся уловить. Речь не идёт об интегрированном фюзеляже, когда корпус просто сближен с двигателями и крылом. Дело в том, что на сверхзвуке нет плавного обтекания. На поверхности есть только источники образования ударных волн – скачки уплотнения. Фюзеляж должен начинаться входным устройством, в котором воздух сжимается, а заканчиваться реактивным соплом, в котором этот сжатый воздух, используя накопленную энергию, разгоняется до первоначальной скорости. С учётом того, что процессы сжатия и расширения протекают адиабатически (с сохранением энергии), сопротивление воздуха будет только от сил трения. Таким образом, воздействие ударной волны на окружающую среду будет минимальным. Полезный объем значительно уменьшается, но зато решается проблема тихого полёта. **Стоимость**

**конструкции такого фюзеляжа возрастает на порядок, а то и больше в расчёте на одно пассажирское кресло.** Но сделать полёт тихим можно ещё уменьшением массы самолёта, таким образом, пассажирский сверхзвуковой самолёт не должен быть больше 30 тонн. Кроме того, согласно закону квадрата-куба с уменьшением массы снижается нагрузка на крыло, что приводит к увеличению крейсерской высоты полёта. В этом случае ударная волна слабее проявляет себя на местности, так как её энергия с расстоянием уменьшается в кубе. Влияние аэродинамического качества крыла на волнообразование и шум будет рассмотрено ниже.

Сильный шум на взлёте и посадке является следствием сверхзвукового истечения газов из сопел двигателей, тяга которых должна быть больше веса самолёта. Значит надо значительно уменьшать скорость струи за самолётом на дозвуковом режиме. Это можно сделать, заменив реактивный привод на турбовинтовой с тихоходным винтом. Продвинутый читатель скажет, что современные реактивные двигатели пассажирских самолетов достаточно малошумные. Это так, но на сверхзвуковом полете их надо прятать, а для этого нет места. Турбовинтовой двигатель компактен и относительно легко может быть трансформирован в двухконтурный сверхзвуковой, а винт в полёте складывается и убирается в фюзеляж. **Стоимость такой силовой установки, которая обеспечивает экономичный многорежимный полёт в 2 раза больше, чем, к примеру, цена двигателя пятого поколения.**

Часовой расход топлива приходящийся на килограмм массы самолёта складывается из трёх составляющих

1. Скорости самолёта
2. Скорости толкающей струи
3. Аэродинамического Качества самолёта

Чем меньше скорость, тем меньше потребная мощность, а значит и часовой расход.

Чем меньше скорость струи от двигателей, тем выше полётный КПД, а значит при одинаковой тяге потребная мощность ТВД меньше ТРД, соответственно и часовой расход у ТВД меньше.

С увеличением аэродинамического Качества самолёта в 2 раза потребная мощность соответственно уменьшается ровно на столько. Таким образом, расход топлива линейно зависит от качества. **Мероприятия по снижению часового расхода не приводят к значительному увеличению стоимости планера, зато упрощают эксплуатацию, снижают экологическую нагрузку и вполне могут превратить сверхзвуковые самолёты будущего во вполне «зелёные».**

Если в Будущем мероприятия по экологической составляющей сверхзвукового самолёта удастся реализовать, то население с радостью воспримет быстрые полёты.

Остаётся ответить, какого будет эксплуатировать сверхзвуковые самолёты будущего. И самое больное во всех построенных сверхзвуковых самолётах – их низкое аэродинамическое Качество, которое позорно мало в сравнении с остальным парком. Если сказать образно, то аэродинамическое Качество – это есть сама способность к полёту. И как следствие - проблемы с управляемостью. Последнее стоит пояснить. Качество – отношение подъёмной силы к сопротивлению. Возмущающие факторы, требующие компенсации сравнимы с величиной лобового сопротивления, а парировать их можно, используя только долю подъёмной силы. Таким образом, чем меньше Качество, тем в большей степени лётчик должен предугадывать поведение летательного аппарата, тем жестче рамки ограничений по полётным режимам. Как увеличить этот ключевой критерий?

На дозвуковых ЛА Качество задается удлинением крыла  $\lambda$ , которое равно отношению квадрата размаха к площади крыла в плане. Даже если мы представим, что отсутствует сопротивление, то для самого выгодного эллиптического в плане крыла качество не может быть больше  $\pi \cdot \lambda$ . С учетом всех видов сопротивления у реальных самолётов Качество численно немного превосходит  $\lambda$ . Вывод на сверхзвуковых самолётах удлинение крыла

должно быть не меньше 10. Но, как известно, при переходе на сверхзвук сильно возрастает волновое сопротивление – потеря мощности не генерирование ударной волны. Выход только один, превратить крыло в подобие плоского прямого двигателя. Не дать волне уйти в пространство, а сверхзвуковой поток перевести в дозвуковой внутри крыла, повернуть его вниз с выходом из крыла через поворотное сверхзвуковое сопло. Такая схема предполагает отсутствие внешней ударной волны – это победа над волновым сопротивлением. Конечно, добавляется сопротивление трения внутри крыла, но это уменьшит дозвуковое сопротивление всего в 1,5-2 раза, а поворотные крыльевые сопла обеспечат должную управляемость. **Во сколько раз такое многорежимное крыло будет дороже обычного даже трудно себе представить**: монокристаллические никелевые сплавы горячей части, углерод-углеродный лонжерон, сложнейшая механизация трансформируемого входного устройства и сопла. **Может это порядок, может два.**

Зато такие самолёты снизившись до 15 000 м превращаются в «обычные дозвуковые» и не несут в себе неприятностей ни лётчикам ни диспетчерам. Специальных взлётных полос строить не придется. Единственной заморочкой останется **специальное термостабильное топливо по цене хорошо очищенного растительного масла. Но цена билета на сверхзвуковой полёт неизбежно будет в 3 раза дороже обычного. Пассажирами будут те, у кого час жизни стоит дороже простого авиабилета на двухчасовой рейс.**

09.09.09      Конструктор      П.Г. Антипов