

Особые условия полета

(«Практическая аэродинамика и динамика полета» П.Т. Бехтир, главы 11-12)

Особенности полета в неспокойном воздухе

При полете в неспокойном воздухе на самолет действуют порывы ветра различного направления. Порыв ветра может изменить угол атаки и угол скольжения самолета, а также истинную скорость обтекания. Вследствие этого изменяется величина аэродинамических сил и их моментов, которые в свою очередь вызывают нарушение равновесия самолета и изменяют величину перегрузки.

Особую опасность для полета представляют восходящие боковые порывы (сдвиги) ветра. При таком порыве происходит значительное увеличение угла атаки крыла с одновременным нарушением бокового равновесия. Вследствие этого возникают большие перегрузки, появляется тряска, а при несвоевременных и ошибочных действиях пилота возможен срыв самолета.

При полете на больших приборных скоростях (на малых углах атаки) может возникнуть перегрузка больше максимально допустимой n_{\max}^3 и наступит остаточная деформация или даже разрушение самолета.

Учитывая это, для уменьшения перегрузок в неспокойном воздухе полет следует выполнять на меньших приборных скоростях.

Однако полет на излишне малых приборных скоростях, где углы атаки большие, также недопустим, так как восходящий поток может вывести самолет на околоскритические углы атаки, при которых возможен выход самолета на режим срыва, хотя опасность возникновения больших перегрузок и отсутствует. Для предотвращения выхода самолета на большие углы атаки полет в неспокойном воздухе следует выполнять на углах атаки (приборных скоростях и числах M), при которых имеет место наибольший запас их до $\alpha_{кр}$.

Для обеспечения безопасности полет в неспокойном воздухе на малых высотах следует выполнять на скорости по прибору, а на больших высотах по числу M в зависимости от полетного веса самолета.

При таком ограничении полета по числу M и приборной скорости обеспечивается наибольший запас по S_y (перегрузке), а это значит, что на углы атаки тряски и срыва самолет может выйти при более значительных порывах ветра. Ограничения по приборной скорости предотвращают создание перегрузок в полете более максимально допустимых по прочности.

Рассмотрим действие попутно-нисходящего порыва (сдвига) ветра. Значительные *сдвиги ветра* наблюдаются при полете в зоне мощных вертикальных или горизонтальных вихревых потоков. При пересечении такого вихря летящим самолетом истинная скорость обтекания может измениться значительно на небольшое время (несколько секунд). Если вихрь пересекается летящим самолетом в зоне попутно-нисходящей части потока, то истинная скорость обтекания крыла и других частей самолета резко и значительно уменьшается с одновременным уменьшением угла атаки. Истинная скорость обтекания при интенсивных сдвигах ветра может оказаться меньшей скорости срыва самолета.

В результате уменьшения скорости обтекания и угла атаки резко уменьшается подъемная сила и перегрузка, самолет приобретает большие вертикальные скорости снижения и делает значительную просадку (теряет высоту). Это особенно опасно при полете в районе аэродрома (взлет и заход на посадку). Причиной образования мощных вихрей в районе аэродрома может быть рельеф местности при большой скорости ветра или неравномерный нагрев воздуха, вызванный разнородным покровом земной поверхности.

При выполнении полета в беспокойном воздухе необходимо помнить следующее:

1. Во всех случаях попадания самолета в зону сильной турбулентности (отклонение перегрузки n_y от 1 на величину 0,5 и более) необходимо установить рекомендуемую приборную скорость в зависимости от веса самолета и выключить автопилот, если он был включен. Пилотировать с полужаатым управлением, ведя контроль по средним показаниям авиагоризонта и других приборов (указателя скорости, вариометра, высотомера, курсовых приборов и т.п.).
2. Не следует допускать кабрирования или пикирования самолета. Развороты следует выполнять плавно, без резких движений рулями, в момент уменьшения бросков самолета с углами крена не более 15° на рекомендуемой скорости и без набора высоты.
3. В случае непроизвольного выхода самолета на режим тряски (что может иметь место при воздействии мощного вертикального порыва) следует немедленно энергично отдать штурвал (sidestck) от себя, не изменяя режим работы двигателей, в результате чего самолет практически без запаздывания уменьшит угол атаки и тряска прекратится.
4. При резком снижении самолета, вызванном мощным нисходящим потоком, необходимо удерживать самолет в исходном режиме по углу атаки, не препятствуя снижению путем перевода на кабрирование, стремясь сохранить эшелон полета. В этом случае необходимо следить за скоростью, не допуская большого ее отклонения от скорости установившегося режима без выхода за пределы эксплуатационных ограничений.

Во всех случаях при срабатывании сигнализации АУАСП необходимо отклонить штурвал «от себя» и удерживать в этом положении до момента выхода самолета на эксплуатационные углы атаки, вывести самолет из крена, если он появился, и перевести плавно в горизонтальный полет, не допустив повторного выхода на большие углы атаки.

Особенности полета при обледенении

Обледенение самолета обычно происходит при полете в облаках, мокром снеге, переохлажденном дожде, тумане и мороси, а также в условиях повышенной влажности воздуха как при отрицательных, так и при небольших положительных температурах наружного воздуха. Обледенению подвергается крыло, оперение, воздухозаборники двигателей, стекла фонаря и другие выступающие детали на поверхности самолета

Интенсивность обледенения обычно характеризуется толщиной образующегося льда за одну минуту и колеблется от нескольких сотых миллиметра до 5...7 мм/мин. Наблюдались случаи обледенения с интенсивностью до 25 мм/мин.

Форма ледяных наростов и интенсивность их образования в основном определяются метеорологическими условиями, но в значительной степени также зависят от формы деталей самолета и скорости полета. Причем, с увеличением скорости до какой-то определенной величины интенсивность обледенения возрастает, так как за единицу времени к единице поверхности самолета подходит большее количество переохлажденных капель воды, находящихся в воздушном потоке.

При малых скоростях полета отложение льда обычно происходит на передних кромках деталей самолета. Особую опасность для полета вызывает обледенение передних кромок крыла, стабилизатора киля и воздухоборников двигателей.

При больших скоростях вследствие адиабатического сжатия и трения воздуха в пограничном слое потока повышается температура поверхности самолета. Вследствие этого интенсивность обледенения и температура воздуха, в котором оно возможно, уменьшается. Кроме того, изменяется форма ледяных наростов и их расположение на поверхности самолета. Наибольшему нагреву подвергается передняя кромка крыла, стабилизатора и киля, точнее их критическая линия (линия, на которой происходит полное затормаживание потока).

Прирост температуры в критической точке профиля крыла при различных скоростях полета вне облаков:

V, км/ч	300	400	500	600	700	800	900	1000
$\Delta t^{\circ}\text{C}$	3,5	6,2	9,6	13,9	19	24,6	31,2	38,7

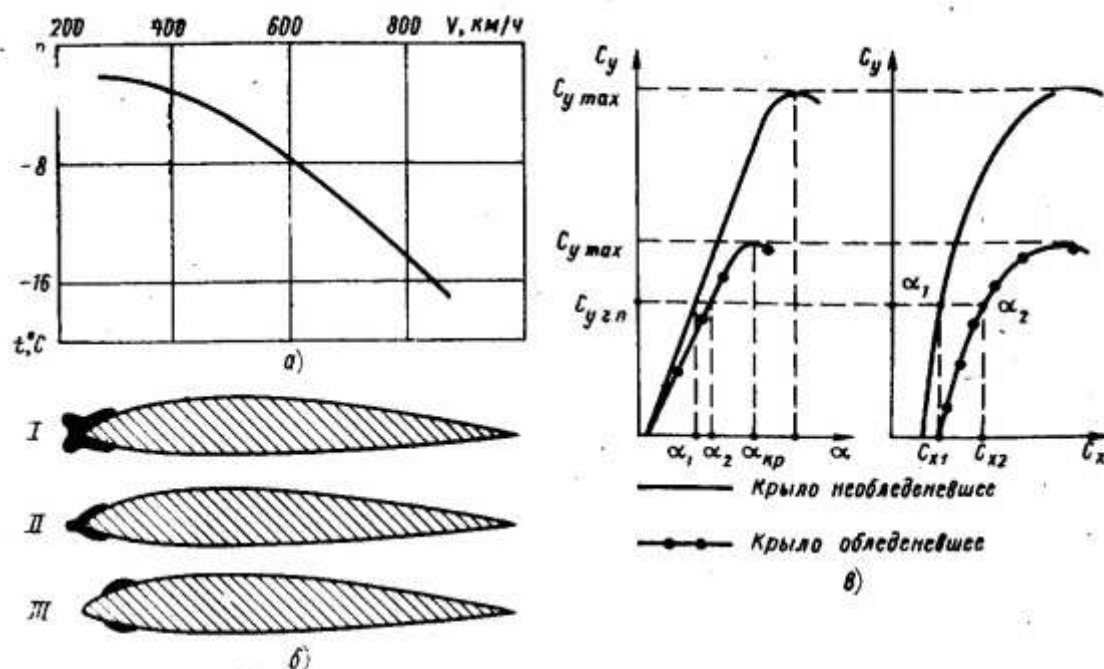
При полете в облаках (в условиях обледенения) нагрев несколько меньше, так как происходит некоторая потеря тепла вследствие испарения капельной влаги. По мере удаления от критической линии к задней кромке профиля температура постепенно понижается, а это значит, что на передней кромке крыла температура может быть положительной, в то время как на задней части она отрицательная. При таком характере изменения температуры по крылу переохлажденные капли воды на передней кромке нагреваются и лед не образуется. Перемещаясь по направлению течения пограничного слоя, вода постепенно охлаждается и в определенном месте на поверхности крыла замерзает.

Учитывая нагрев воздуха в точках торможения потока и в пограничном слое, можно сделать вывод, что обледенение скоростных самолетов происходит при более низких температурах. Причем, на больших скоростях температура вероятного обледенения ниже (рис. 1а).

При температурах, соответствующих кривой и более низких, обледенение возможно.

При обледенении значительно нарушается плавность обтекания крыла, горизонтального и вертикального оперения. Наиболее значительно ухудшается обтекание профилей в случае обледенения первого вида (см. рис.1), при котором

уже на передней кромке, у рогообразных ледяных выступов, происходит интенсивное вихреобразование. Такой вид ледяных наростов может иметь место при полете на малых скоростях в зоне с очень интенсивным обледенением или при неработающей противообледенительной системе.



Полет в условиях обледенения:
 а—зависимость $t^\circ\text{C}$ воздуха от скорости полета V , при которой возможно обледенение самолета; б—виды обледенения крыла; в—изменение аэродинамических характеристик при обледенении самолета

Рис.1.

Нарушение плавности обтекания вызывает значительное перераспределение давления по профилю и изменяет величину сил трения. Вследствие этого на каждом угле атаки коэффициент C_y уменьшается, C_x возрастает, а аэродинамическое качество самолета резко уменьшается. Критический угол атаки крыла и оперения, а также $C_{y \max}$ и $C_{y \text{доп}}$ уменьшаются (см. рис. 1в). Такое изменение аэродинамических характеристик самолета вызывает ухудшение и летных характеристик на всех этапах полета.

Скорость и тяга, потребные для горизонтального полета, возрастают вследствие уменьшения C_y , увеличения C_x и падения аэродинамического качества самолета. В случае обледенения воздухозаборников двигателей возможно падение тяги силовой установки, а также повреждение двигателей. Увеличение потребной тяги и некоторое уменьшение располагаемой вызывает уменьшение запаса тяги. Минимальная и минимально допустимая скорость горизонтального полета увеличиваются, а максимальная и число M уменьшаются. Диапазон скоростей, практический потолок, скороподъемность и угол набора самолета уменьшаются.

Нарушение плавности обтекания крыла и оперения значительно уменьшает диапазон центровок, при которых возможно обеспечить устойчивое продольное равновесие, а также вызывает ухудшение и боковой устойчивости самолета. Значительно ухудшается эффективность рулей.

Для обеспечения безопасности полета следует перед вылетом тщательно изучить метеообстановку на трассе, особенно в районе аэродромов взлета и посадки, учитывая, что большинство случаев обледенения самолетов наблюдается на малых высотах (менее 5000 м). Обледенение самолета на больших высотах полета встречается редко, но возможно в любое время года.

При интенсивном обледенении полет производить запрещается в связи с возможным повреждением двигателей, а также значительным ухудшением летных характеристик самолета.

Взлет на обледеневшем самолете производить запрещается, так как вследствие ухудшения обтекания значительно увеличивается скорость отрыва и длина разбега, а нарушение устойчивости и управляемости не гарантирует безопасности взлета. При взлете в условиях возможного обледенения: противообледенители двигателей, воздухозаборников и стекол фонаря кабины пилотов включатся после запуска двигателей; противообледенитель крыла и оперения после взлета в наборе высоты.

Набор высоты, горизонтальный полет и снижение в условиях обледенения при нормально действующих противообледенительных устройствах не имеют существенных отличий от нормального полета. Набор высоты при прохождении зон обледенения необходимо производить на номинальном режиме работы двигателей с максимальной вертикальной скоростью, которая будет при наивыгоднейшей скорости набора высоты. Противообледенительную систему (ПОС) крыла и оперения при полете на эшелоне необходимо включать за 3...5 мин до входа в зону возможного обледенения.

После выхода самолета из зоны обледенения противообледенители выключаются только после удаления льда с поверхности самолета.

При обнаружении льда на стабилизаторе или при неуверенности в его отсутствии пилотирование должно быть плавным, координированным, с изменением перегрузки не более $\pm 0,3$.

Учитывая ухудшение устойчивости и управляемости обледеневшего самолета в полете, особенно при снижении и посадке, следует создавать центровку, при которой самолет балансируется при нейтральном положении руля высоты, а это значит, что запас по рулю высоты для обеспечения равновесия и управляемости наибольший.

При посадке на обледеневшем самолете посадочная скорость и длина пробега самолета будут большими.