

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНОГО ОБЛЕДЕНЕНИЯ.

Состояние, основные принципы и рекомендации, нерешенные вопросы

Уважаемый председатель, дамы и господа, коллеги, товарищи!

Я хотел бы, как старейший исследователь проблемы, начать свое выступление с выражения от лица ученых, исследователей, специалистов, благодарности главным организаторам и руководителям нашего Координационного Совета Ю.И.Евдокимову и В.С.Белякову, которые проделали огромную организационную работу по созданию Совета, а также работу в связи с нашей сегодняшней Конференцией.

Конференция, конечно, покажет, насколько широка и многосторонняя проблема защиты воздушных судов от обледенения. И мне кажется, наша задача на первом этапе заключается в том, чтобы не утонуть в море возможных вопросов, определить главные направления в деятельности Совета и сосредоточить на них основные усилия. Это очень важно.

В своем кратком докладе я затрагиваю некоторые аспекты безопасности полетов. Многим присутствующим лицам эти аспекты хорошо известны и над ними идет работа. Другие - мало известны. Но факт остается фактом. Эти аспекты оказывают отрицательное влияние, и иногда катастрофическое.

Мировой и в том числе российский опыт эксплуатации воздушных судов, а также результаты исследований показывают, что обледенение в воздухе и на земле продолжает оставаться фактором, серьезно снижающим уровень безопасности воздушных сообщений.

В чем причина, что авиационные происшествия, инциденты, опасные ситуации продолжают иметь место и даже число их иногда увеличивается, несмотря на значительные успехи, достигнутые за последние 15-20 лет, несмотря на большую работу мирового авиационного сообщества, особенно активную постоянную деятельность фактически международной организации SAE в области наземной противообледенительной защиты ВС?

Ответ на этот вопрос заключается в двух моментах:

Первое. Не выполняются (или недостаточно выполняются) уже известные и принятые правила и рекомендации по защите ВС от наземного обледенения. Недостаточная связь и координация между летным экипажем и наземным персоналом. Недостатки и несовершенство некоторых рекомендаций. Пресловутый человеческий фактор. Недостаточные знания летного состава в данной области. Пренебрежение «незначительным» льдом.

Второе. Не все аспекты проблемы изучены в полной мере. Недостаточно разработаны нормируемые атмосферные условия наземного обледенения в отличие от норм, на которые рассчитывается

противообледенительная защита в полете воздушных судов. Недостаточно учитываются индивидуальные особенности различных типов воздушных судов. Не определены конкретные характеристики и вероятность встречи условий «Сверхообледенения» (Super Icing).

Кроме того, существует немало более мелких, но весьма существенных вопросов при выполнении наземных противообледенительных операций. И есть вопросы, на которые зря тратится много времени, т.к. они не играют большой роли.

В рамках краткого доклада можно остановиться лишь на некоторых основных нерешенных полностью вопросах.

1. Опасность особо тонкого льда

Взлеты с таким льдом продолжают периодически происходить, что говорит о недостаточном понимании этой опасности со стороны летного персонала (недостатки обучения) и недостаточном контроле за состоянием поверхности ВС.

Примеры:

1. 4 января 2002 г. в Бирмингеме (Великобритания) разбился самолет «Bombardier Challenger 604».

2. 28 ноября 2004 г. в США (штат Колорадо) в очень похожей ситуации с предыдущим случаем потерпел катастрофу другой самолет «Bombardier Challenger 604».

Эти случаи произошли на взлете при наличии небольших ледяных отложений на передней кромке и верхней поверхности крыла.

В первом случае, который был изучен сотрудниками ААИВ (комитет по расследованию авиационных происшествий) со свойственным британским специалистам тщательностью было установлено, что пилоты знали о наличии льда на крыле. Об этом свидетельствуют записи речевого самописца.

Не могу не отметить, что маловразумительные, вместо четкого доклада о состоянии поверхности воздушного судна, переговоры между командиром и другим пилотом перед запуском двигателей («Ледяные отложения на передней кромке крыла. Вы проверили все это?» «Ощупывали?» «Да») явно свидетельствуют о слабой подготовке и знаниях экипажа в этой области. Никакой информации о величине и характере отложений. Пилоты не понимали опасности ситуации.

Экипаж установил наличие ледяных отложений на крыле, ощупал их, затем отказался от противообледенительной обработки и спокойно пошел на взлет!

Очевидно, пилоты сочли ледяные отложения «незначительными». Приговор всем лицам на борту был подписан.

Я нередко привожу на занятиях с летным составом этот пример.

Основную отрицательную роль, по-видимому, сыграла ледяная шероховатость на верхней поверхности левой плоскости, что вызвало срыв потока уже на сравнительно небольших углах атаки.

При разбеге самолета ничто не предупреждало о грядущей опасности. Но сразу после отрыва возник и стал быстро увеличиваться левый крен, несмотря на попытки пилота его парировать. Через 2 сек. После отрыва самолета крен достиг 50° и продолжал увеличиваться при развитии кабрирования самолета. Левое крыло коснулось боковой полосы безопасности ВПП, самолет столкнулся с землей в перевернутом положении и стал разрушаться. Возник пожар. Все находившиеся на борту погибли.

Эта катастрофа во многом похода на катастрофу самолета Як-40, которая произошла на два года раньше, 9 марта 2000 г., в аэропорту Шереметьево (Москва), но которая имеет главное отличие - командир Як-40, по-видимому, не знал, что взлетает на обледеневшем самолете.

Данные о возможном опасном влиянии на аэродинамические характеристики самолета очень тонкого льда (0,5 мм) были получены свыше 30 лет тому назад. Краткие результаты исследований публиковались в Бюллетенях ИКАО*. Эти исследования, которые были начаты по инициативе автора в аэродинамических трубах в середине 70-х годов совместно с русскими и шведскими специалистами, имели своей целью определить влияние льда различных размеров и формы при разном расположении ледяных отложений по контуру профиля на аэродинамические характеристики авиационных профилей. Это была первая серьезная работа по этому направлению.

Исследования впервые показали, что для некоторых типов применяемых авиационных профилей возможно большее снижение коэффициента подъемной силы и уменьшение критического угла атаки при очень тонком (но шероховатом) льде. Вместе с тем было установлено - по своей чувствительности к влиянию льда авиационные профили могут значительно отличаться друг от друга. Эти данные трубных исследований согласовывались с результатами летных исследований, которые еще раньше проводились российскими специалистами.

Следует отметить, что указанные выше результаты после их опубликования хотя и вызвали большой интерес, но были встречены некоторыми специалистами с недоверием (даже в таких организациях, как «Боинг», ЦАГИ). Казалось невероятным, чтобы столь тонкий лед мог уменьшить подъемную силу современного самолета почти на 1/3. Критика результатов в основном была направлена на методику моделирования –

* M. Ingelman - Sundberg, O.K. Trunov, ICAO Bulletin, oct.1977, pp 11-13; O.K. Trunov, ICAO Bulletin, June 1985, pp 17-21.

Подробные отчеты об этих совместных исследованиях были разосланы в авиационные организации многих стран, но, к сожалению, не все сделали практические выводы из этих данных.

на переход от сравнительно небольшой модели, испытываемой в аэродинамической трубе, к самолету реальных размеров*.

Лишь после подробных исследований, проведенных фирмой «Боинг» в 80-х годах, упомянутые результаты, полученные российскими и шведскими специалистами о возможном опасном влиянии особо тонкого льда, были полностью подтверждены. Эти же результаты натолкнули на мысль, что и тонкая пленка противообледенительной жидкости, остающаяся после обработки на поверхности крыла, может оказать отрицательное влияние, что привело к требованию «аэродинамической пригодности жидкости» (Aerodynamic Acceptance).

Последний случай с самолетом «Бомбардье» произошел в феврале этого года (2007 г.) в аэропорту Внуково. Я не останавливаюсь на этом случае, т.к. вероятно он будет рассмотрен отдельно на нашей конференции. Отмечу лишь, что имел место сильный мокрый снегопад при температуре наружного воздуха минус 5 - минус 6 °С. была выполнена двухступенчатая противообледенительная обработка с применением на втором этапе жидкости тип IV в концентрированном состоянии, но это не обеспечило необходимой защиты. При взлете самопроизвольно возникло сильное кренение самолета. В результате при ударе о землю в перевернутом состоянии самолет разрушился и сгорел, но лица, находившиеся на борту, к счастью, были спасены.

По-видимому, самолеты «Бомбардье», обладая современной аэродинамикой с суперкритическим профилем крыла, в то же время относятся к категории повышено чувствительных к обледенению воздушных судов.

2. Ошибочные рекомендации FAR

Одним из аргументов в пользу допустимости взлета со льдом на крыле являются некоторые рекомендации Федеральных Авиационных Правил (FAR) США. Эти рекомендации, сыгравшие печальную роль, действуют много лет, и автор неоднократно подвергал их критике на международных конференциях по проблеме обледенения воздушных судов. По существу эти рекомендации противоречат «Концепции чистого самолета», изложенной в «Руководстве ИКАО по наземным противообледенительным операциям на воздушных судах».

Сущность указанных рекомендаций (FAR. Part 91.527, Part 135.227) заключается в том, что на верхней поверхности крыла, оперения, органов управления допускаются «гладкие» ледяные отложения. Взлет с ледяными

* Методика моделирования обледенения в аэродинамической трубе была разработана и экспериментально подтверждена А.К.Иванико, что явилось темой его диссертационной работы, успешно защищенной. Научным руководителем работы был автор данной статьи.

отложениями, если они будут сглажены, отполированы (polished), разрешается.

Вместо четкого требования удаления ледяных отложений и обеспечения чистоты поверхности самолета перед взлетом, как это установлено в России и других Европейских странах, рекомендуется «отполировать» шероховатые ледяные отложения: изморось (hoar frost), иней (rime), твердый налет (hard rime). Все эти сублимационные ледяные образования, как отмечалось, достаточно прочно связываются с обшивкой самолета, и полностью их удалить механическим путем практически невозможно.

Рекомендация «полирования» ледяных отложений не корректна и не реальна.

Даже если допустить, что «полирование» возможно, то как на практике пилот может оценить состояние поверхности крыла после «полировки»? Даже если толщина «отполированных» ледяных отложений станет меньше толщины пограничного слоя, это не исключает возможности отрицательного влияния отложений, как показывают эксперименты.

Кроме того, при образовании на поверхности самолета тонкого льда, который при проверке рукой не дает ощущения его шероховатости, пилот, руководствуясь указанной «теорией гладкого льда», может ошибочно отказаться от противообледенительной обработки.

Возможно, так решили некоторые пилоты в рассмотренных выше случаях. Можно также вспомнить случай с самолетом ДС-8, который 12 декабря 1985 г. потерпел катастрофу на взлете в аэропорту Гандер. Перед взлетом было обнаружено, что верхняя поверхность крыла покрыта небольшим слоем льда. Экипаж, возможно, счел этот лед допустимым и пошел на взлет. В результате срыва потока произошло сваливание самолета с высоты ~ 50 м. Погибли все находившиеся на борту - 256 человек.

Приведенные выше случаи из опыта эксплуатации ВС, а также данные экспериментальных исследований не оставляют сомнений в том, что указанные рекомендации FAR должны быть изменены. При этом необходимо внести изменения в Руководства по летной эксплуатации многих типов ВС.

По имеющимся сведениям, специалисты NTSB и AAIB, наконец, признали необходимость внесения таких изменений. Автор в связи с этим не может не выразить своего удовлетворения, поскольку на протяжении многих лет на конференциях, в статьях, при обучении авиаспециалистов отстаивал требование о недопустимости взлета при наличии каких-либо снежно-ледяных отложений на поверхности воздушного судна, и особенно на крыле и оперении.

Но сколько еще времени потребуется, чтобы во всем мире пилоты, наземный персонал и авиационные власти, наконец, поняли эту простую, но непререкаемую истину и организовали дело так, чтобы исключить взлеты со льдом?

3. Сверхобледенение (Super Icing)

Обледенение верхней поверхности крыла происходит обычно при нахождении самолета на земле. В полете - это очень редкое явление. В подавляющем большинстве случаев (90-95 %) в полете ледяные отложения возникают только на носке крыла вблизи передней кромки (в пределах - 5 % хорды крыла).

Тем не менее, случаи образования в полете снежно-ледяных отложений на поверхности крыла (как верхней, так и нижней) имеют место. И это связано с явлением, которое получило в последнее время название SLD (Super-cooled Large Droplets), когда самолет в полете попадает в зону особо крупных капель и происходит образование льда на значительном расстоянии по хорде от передней кромки. Такие случаи наблюдались и раньше как в испытательных, так и в рейсовых полетах, но, возможно, это происходит чаще, чем предполагалось, как это следует из статей пилота-испытателя Anthony P. Brown, Patrick Veillette*.

Зона отложения льда на крыле в полете зависит от ряда факторов (формы и размеров профиля, скорости полета, угла атаки), но размер капель играет главную роль. При расчетах, испытаниях систем защиты и выборе форм имитаторов ледяных наростов принятый в соответствии с Нормами диаметр капель обычно находится в пределах 20÷50 микрон.

Но при попадании в зону SLD, где как это было установлено, диаметр переохлаждаемых капель может достигать 100, 500 микрон и более, отложение льда произойдет на большей части верхней и нижней поверхностей крыла.

Такое обледенение представляет большую опасность. Оно может быть очень кратковременным (1-2 мин.), и тогда на верхней и нижней поверхностях крыла может образоваться тонкий шероховатый лед или тонкий прозрачный «гладкий» лед. Но «сверхобледенение» с такими крупными каплями может также быть и достаточно продолжительным (~10 мин). И тогда на поверхностях крыла могут образоваться неровные наросты льда значительной толщины, которые невозможно сбросить (в отличие от носка крыла, оборудованного противообледенительной системой).

При исследованиях и летных сертификационных проверках с максимальными толщинами имитаторов льда на носке крыла (толщиной до 3 дюймов) считается, что это проверка в наиболее тяжелых условиях обледенения.

Однако не окажет ли такое же (или даже более сильное) отрицательное влияние шероховатый менее толстый лед, но распространяющийся по всей

* «Business and Commercial Aviation», January 2005

поверхности крыла и оперения? Особенное внимание следует при этом обратить на широко применяемые суперкритические авиационные профили, у которых максимальная толщина и соответственно элюра давления по верхней поверхности смещены назад по хорде.

Под явлением «сверхобледенения» понимают превышение параметров обледенения, установленных Нормами летной годности: размера капель, величины водности облаков (LWC), температуры окружающего воздуха, продолжительности процесса обледенения. Кроме того, установлены диапазон высот для соответствующих значений этих параметров.

Совокупность этих параметров и составляет **нормируемые условия обледенения**, в соответствии с которыми проектируется, испытывается и эксплуатируется воздушно судно. На практике такие суровые условия встречаются крайне редко, примерно, с вероятностью 10^{-5} на один полет, как показали исследования, проведенные в ГосНИИ ГА в 60 - 70-х годах. Однако мы видели, что значительное превышение лишь одного нормируемого параметра (диаметра капель) может привести к серьезным последствиям.