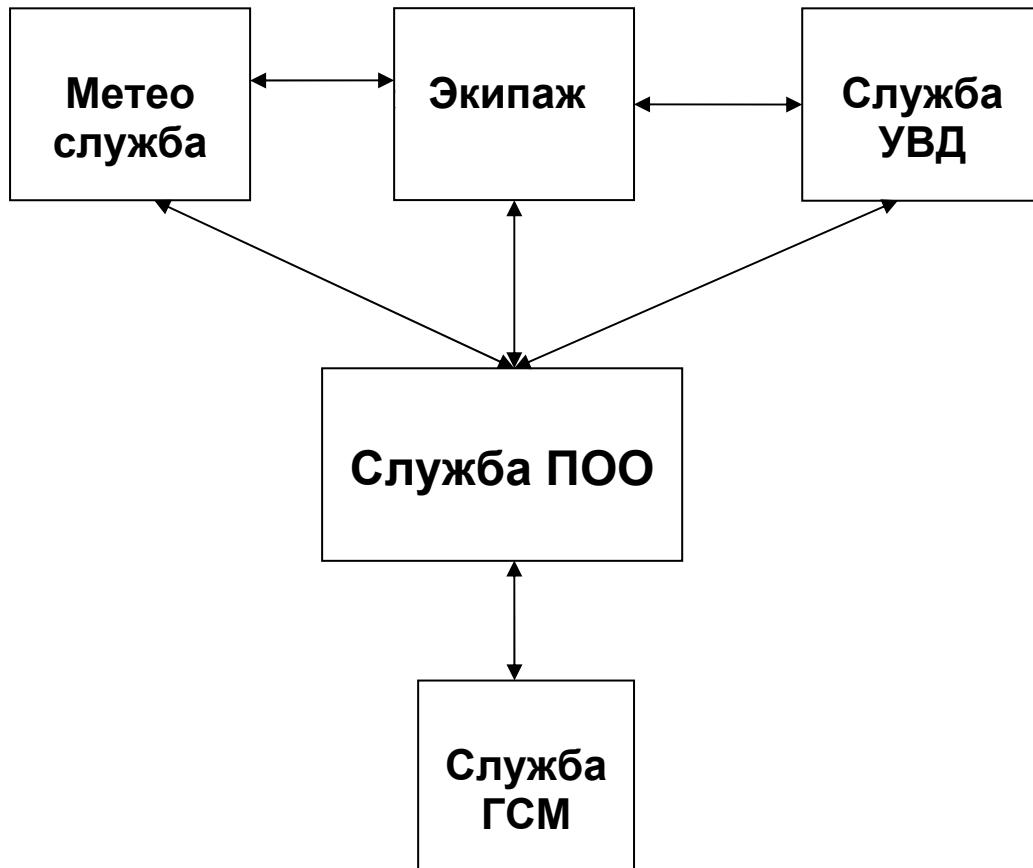


Противообледенительная защита ВС на земле



**Снежно-ледяные отложения на поверхности ВС
при взлете могут оказать негативное влияние
на летно-технические характеристики ВС,
на работу двигателей, функциональных систем и
приборов - вплоть до катастрофических последствий**

Структура системы и схема взаимодействия участников противообледенительной защиты ВС на земле



**Ц е л е в о е назначение системы ПОЗ -
обеспечение безопасности и регулярности полетов в
условиях обледенения или после прекращения их
воздействия на ВС**

**Функциональное назначение -
- обеспечение чистоты поверхности ВС при взлете -
противообледенительная обработка ВС (ПОО)**

Управление качеством ПОЗ - одна из составляющих управления безопасностью полетов

Основные факторы, определяющие качество ПОЗ ВС

Организация: - взаимодействия участников;
- процедур ПОО и др.

Оснащение: - стационарное оборудование;
- передвижное оборудование;
- переносное оборудование;
- противообледенительные жидкости.

Обучение персонала: - информационно-методическое обеспечение;
- первичная и периодическая подготовка.

Информационно-методическая документация МТ РФ :

- **Методические рекомендации «Противообледенительная защита ВС на земле», утв. 23.01.2003 г.**
- **Программа обучения наземного и летного персонала «Противообледенительная защита ВС на земле», утв. 14.02.2005г.**
- **Методические рекомендации по расследованию авиационных событий, связанных с условиями наземного обледенения, утв. 06.09.2006 г.**
- **Рекомендации для разработки Инструкции предприятий по противообледенительной защите ВС на земле, утв. 04.02.2007 г.**
- **Директивное письмо об обучении персонала по ПОЗ ВС на земле от 08.08.2007г. № 5.9 – 601 ГА**
- **Директивное письмо о применении ПОЖ от 16.11.2007г. № 5.9.-644ГА, а также Инструкции по применению ПОЖ различных марок**

Таблица 1.

Условия образования и виды снежно-ледяных отложений

Метеорологические условия 1	Вид СЛО на поверхности ВС 2
Дождь и морось Тов выше 0°C до +15°C	Пленка воды образует гладкий прозрачный лед на переохлажденном крыле
Замерзающий дождь, Замерзающая морось, Тов от +3°C до -10°C (чаще от -1°C до -6°C), сильный ветер	Гололед – переохлажденные капли дождя или мороси (реже тумана) образуют плотный шероховатый лед
Тов выше 0°C до +15°C, Относительно сильное похолодание в теплое время года	Жидкий налет - капли воды или сплошная пленка воды; гладкий прозрачный или матовый лед образуется на переохлажденном крыле*
Снег Тов от +3 до -25°C	Шероховатый лед или снежно-ледяная каша (смесь) образуются на мокром или теплом** крыле возможно таяние и примерзание сухого снега
Снежная крупа - ледяные и сильно обзерненные снежинки: снежные зерна, снежная и ледяная крупа, Тов ниже 0°C	Шероховатый лед или снежно-ледяная смесь
Мокрый снег, снег с дождем Около 0°C и ниже	Слякоть, снежно-ледяная каша, лед шероховатый или бугристый
Высокая влажность воздуха (Ттр близкая к Тов), ночное понижение Тов в диапазоне от 0°C до -25°C, без ветра	Иней (сублимированный пар) кристаллическая масса из снежинок неправильной формы
Туманы: а) капельный, Тов от -3 до -28°C; б) кристаллический, Тов=-11...-16°C; в) капельно-кристаллический, Тов=-16...-58°C, ветер	Изморозь: а) зернистая масса (замерзшие капли тумана) рыхлая, белая, может быть значительной; б) легкие пластинчатые кристаллы ; в) зернисто-кристаллическая масса
Взвешенные капли тумана , конденсация водяного пара. Пасмурная погода, резкое потепление после длительных морозов	Твердый налет - белый или полупрозрачный лед преимущественно на наветренной поверхности
Высокая влажность воздуха, без осадков, Ттр близкая к Тов (до +15°C)	Лед гладкий тонкий прозрачный (стекловидный) на переохлажденном крыле

Прод. таблицы 1.1.

1	2
<p>Технические факторы:</p> <p>а) работающий источник теплого воздуха при отрицательной $T_{ов}$ и высокой влажности воздуха;</p> <p>б) противообледенительная машина, как источник водяных паров в воздухе при ветре и минусовых $T_{ов}$ и/или $T_{топлива}$ в баках ВС,, в т.ч. при отсутствии осадков.</p> <p>в) переохлажденное крыло - T_t ниже $T_{ов}$: - при посадке ВС с большой массой топлива; - при заправке холодным топливом в условиях резкого повышения $T_{ов}$;</p> <p>г) “загрязнения”, занесенные на ВС, с поверхности аэродрома работающими механизмами</p>	<p>а) изморозь;</p> <p>б) изморозь, лед;</p> <p>в) лед – замерзание влаги;</p> <p>г) снег, слякоть, лед (вода, замерзшая на поверхности ВС)</p>

2006г. Ту-134 а/п Владикавказ. Ночная стоянка при $T_{ов} = -8^{\circ}\text{C}$. Утром, перед заправкой, произошло вторжение теплых масс воздуха с высокой влажностью, без осадков, $T_{ов}$ повысилась до плюсовой. При заправке крыло было влажным. ПОО не выполнялась. После посадки обнаружено повреждение двигателя характерное для попадания льда с поверхности крыла.

Таблица 1.2.

**Интенсивность различных типов осадков,
выпадающих из облаков**

Тип осадков	Интенсивность	Длительность	Форма облачности	Преоблад. радиус капель
Обложные	Слабая, умеренная.	Продолжительные	Сл-дожд, высокосл.	0,3-1,0 мм
Ливневые	Большая	Небольшая, возобновляются повторно	Кучево-дождевые	0,5-2,0 мм, снег крупными хлопьями
Моросящие	Очень слабая	Различная	Слоистые, туман	менее 0,3 мм, мельчайшие снежинки

Снежные кристаллы

Снежные кристаллы (СК), кристаллы льда, образуются в облаках и туманах и выпадают из них. **Различают 2 основные формы СК — пластинчатые и столбчатые** Часто наблюдаются СК неправильной формы.

В зависимости от физических условий образования и роста СК (прежде всего **от температуры и влажности воздуха**) их размеры и формы весьма разнообразны. С ростом температуры увеличиваются размеры СК и доля пластинчатых форм.

Чаще всего встречаются СК в виде **звёзд и ежей**. Крупные СК, выпадающие из облаков, среди которых преобладают звёзды, называются снежинками (см. Снег).

СК возникают вследствие сублимации водяного пара на замёрзших каплях облаков и туманов или на кристаллических пылинках.

Мелкие облачные кристаллы имеют простую форму пластинок или столбиков. Усложнение форм обычно начинается при достижении кристаллами размеров 0,1—0,2 мм. При сильных ветрах СК дробятся до 0,1 мм и менее.

При падении СК через облако, содержащее переохлажденные капли воды, образуется **снежная крупа**.

На рис. 1 представлены **типичные формы снежных кристаллов**:

1 — пластинка (1-2 мм); **2** — столбик (1-2 мм); **3** — иглы (3-5 мм); **4** — звезда с 6 пластинчатыми лучами (4-5 мм); **5** — звезда с 6 игольчатыми лучами; **6** — звезда с 12 лучами (6-8 мм); **7** — пластинка сложного строения; **8** — комплекс столбиков («ёж») - 2-3 мм.

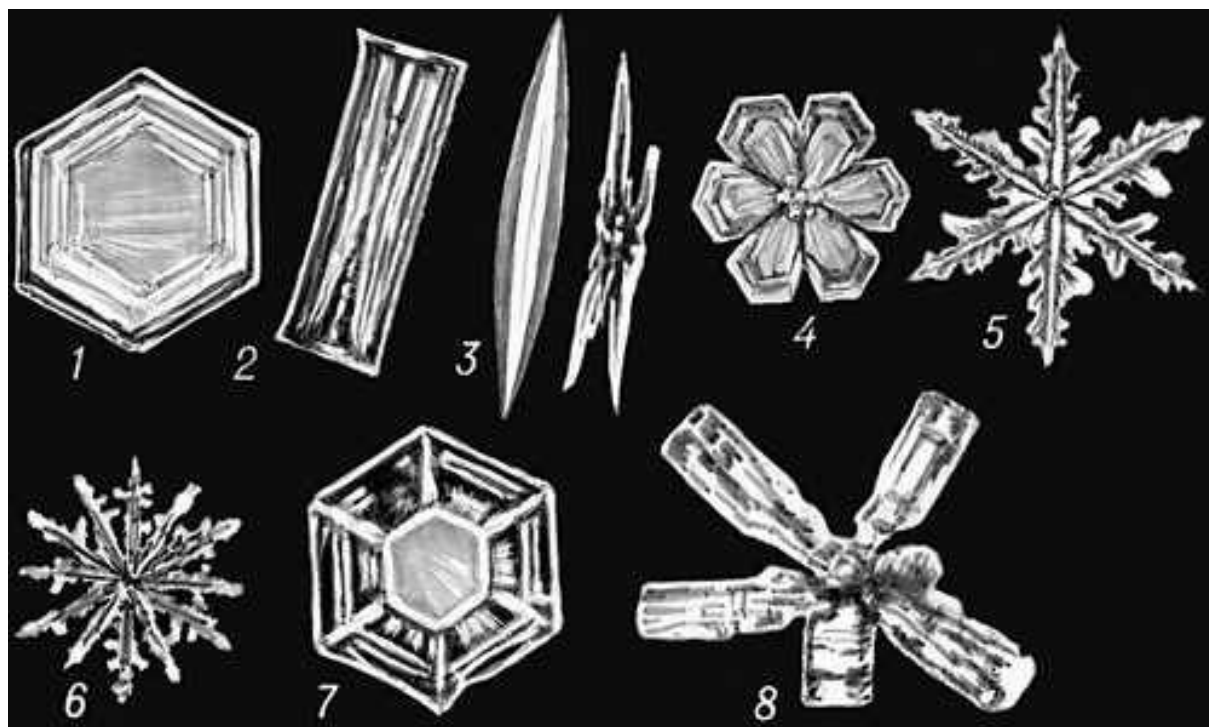


Таблица 1.7.

**Метеоусловия при авиационных событиях,
связанные с наземным обледенением
ВС Ту-134, Ту-154 и Як-42**

Метеоусловия (Тов и осадки)	% СОБЫТИЙ
от +3 до -5°C, дождь, переохлажденный (ледяной) дождь, дождь со снегом, ливневой дождь со снегом, гололед, снег, ливневой снег	58
от -6 до -13°C, переохлажденный туман, ледяной дождь, мокрый снег, гололед	26
от -16° до -23°, - 33°C, снег, туман, влажность 76% и выше	16

2. Концепция чистого воздушного судна

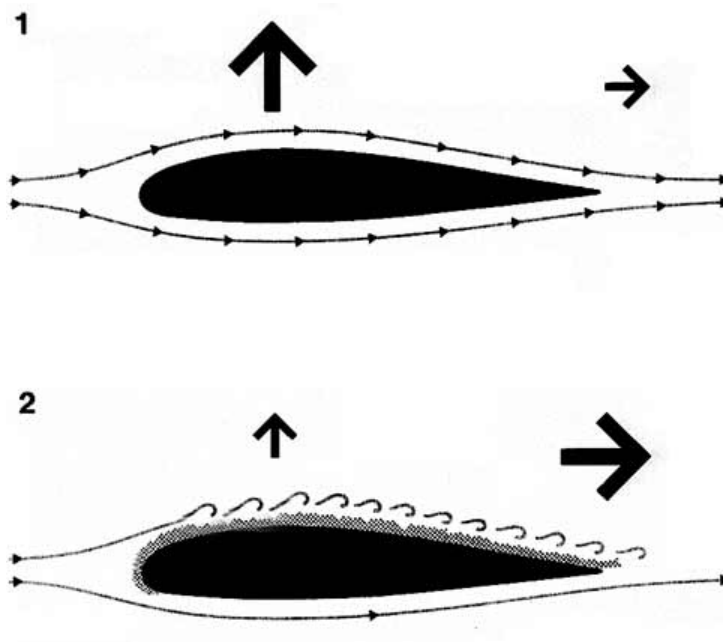


Рис. 2.1. Режимы обтекания воздухом профиля крыла ВС

**1 - чистое крыло,
2 - крыло со СЛО на передней кромке и
верхней поверхности.**

**СЛО на носке и верхней поверхности крыла
может вызывать:**

- уменьшение подъёмной силы крыла на 30%;**
- увеличение лобового сопротивления на 40%.**

Основные требования концепции чистого ВС

1. Перед взлетом поверхность воздушного судна должна быть полностью свободна от каких-либо снежно-ледяных отложений.

2. Контроль за состоянием поверхности ВС в условиях фактического или возможного обледенения осуществляется вплоть до исполнительного старта.

НПП ГА-85, п.7.3.2.: "Экипажу запрещается взлетать, если поверхность воздушного судна покрыта льдом, инеем или мокрым снегом".

Не следует оценивать, насколько опасны или не опасны снежно-ледяные отложения на тех или иных частях ВС. Все виды СЛО должны быть удалены полностью.

Примечание. В Инструкциях некоторых иностранных авиакомпаний, допускается взлет ВС с инеем на верхней поверхности крыла при условии, что видна маркировка и буквы. См. расследование катастрофы с ВС Челенджер в Бирмингеме в 2002г.

Чистое ВС – такое ВС, на котором отсутствуют снежно-ледяные отложения на всех элементах крыла, фюзеляжа, оперения, шасси, воздухозаборниках и элементах двигателей, ВСУ, а также в щелевых зазорах рулей, элеронов, триммеров, закрылков, щитков, интерцепторов и кронштейнах их навески, на датчиках приборов и остеклении кабины пилотов.

- Перед взлетом ВС в условиях обледенения после ПОО поверхность ВС должна быть покрыта сплошной, гладкой, блестящей пленкой ПОЖ без разрывов, комков и кристаллов. С передней кромки крыла ПОЖ должна медленно стекать/капать.

- Перед взлетом ВС после прекращения воздействия условий обледенения, если ПОО выполнена без применения ПОЖ, поверхность ВС должна быть чистой, при отрицательной $T_{ов}$ – чистой и сухой.

Предупреждение!

1. Требование повторной ПОО является приоритетным при конфликте в оценке экипажа и наземной службы состояния поверхности ВС (чистое ВС или нет) когда,

- время защиты исчерпано, а контроль состояния невозможен;

- после ПОО перед взлетом произошло ухудшение метеоусловий и выбранное время защиты недостаточно;

- обработанная поверхность ВС загрязнена снегом/слякотью с покрытия аэродрома.

2. ПОО ВС - альтернатива контроля. При невозможности контроля состояния поверхностей ВС следует выполнить ПОО.

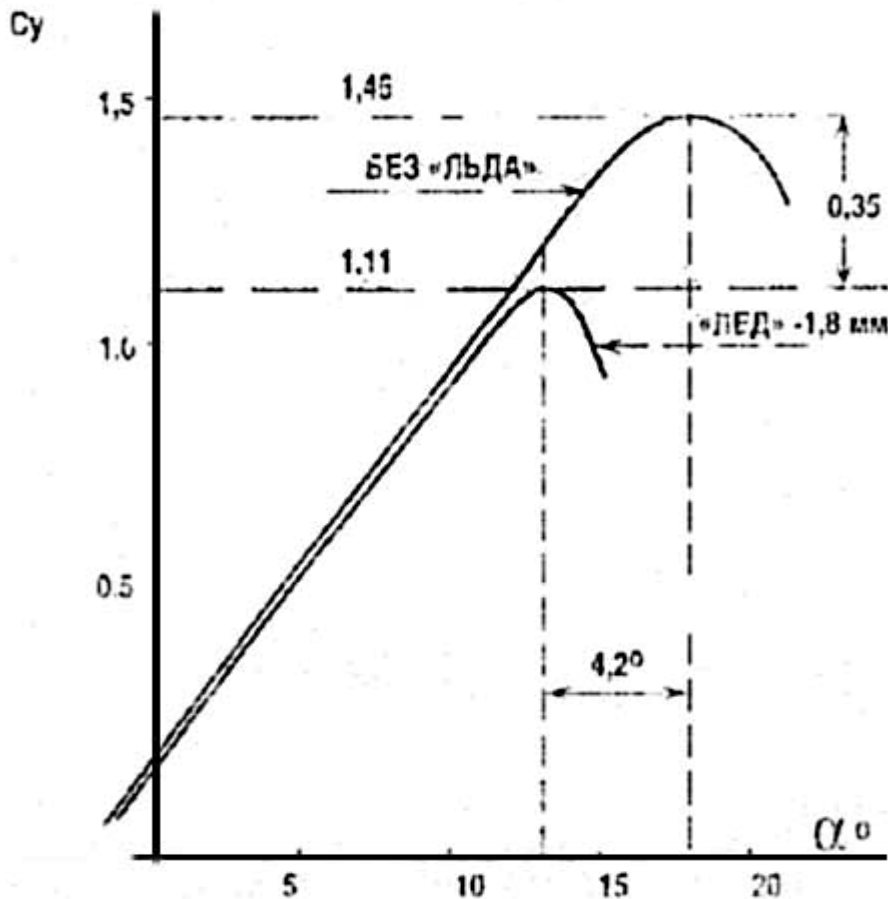


Рис.2.3. Влияние «льда», находящегося на крыле самолета Як-40 при взлете, на аэродинамические характеристики.

Исследования в аэродинамической трубе ЦГАТ-101 натурального образца полукрыла самолета Як-40 с наклеенными имитаторами льда толщиной 1,8 мм.

Снижение коэффициента подъемной силы более чем на 25% при наличии льда (статья Микеладзе В.Г. и др. в журнале «Аэрокосмическая техника и технология», №1, 2004г.).

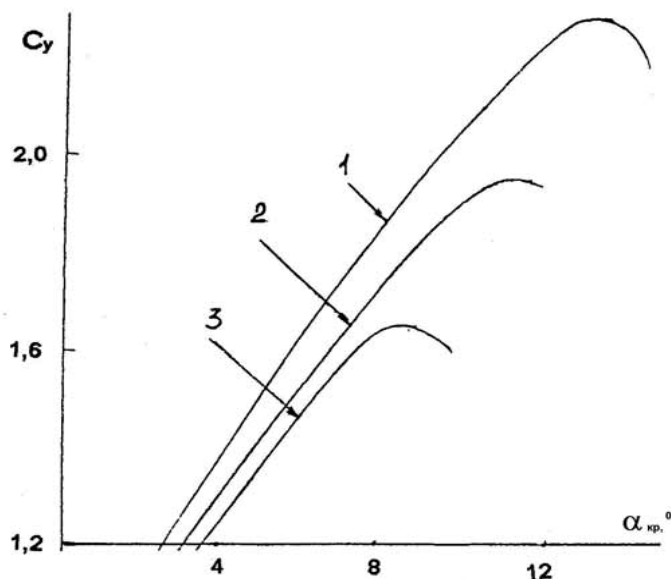


Рис. 2.4. Влияние изморози и пленки ПОЖ*, находящейся на поверхности ВС, на C_y и $\alpha_{кр}$
1- чистое крыло;
2 - поверхность крыла покрыта ПОЖ;
3 - поверхность крыла покрыта изморозью.

*** ПОЖ аэродинамически непригодна**

О.К. Трунов «Безопасность взлета в условиях обледенения, АСЦ ГосНИИ ГА, М., 1995 год (стр.32-33, материалы института им.фон Кармана).

Авиационные события, связанные с обледенением ВС на земле

За период 1985-2007 г.г. в ГА РФ (СССР) произошло более 120 авиационных инцидентов, связанных с условиями наземного обледенения ВС, в том числе катастрофы при взлете самолетов:

Ту-134А № 6591	01.02.1985 г.
Лир Джет	14.12.1994 г.
Л -410 №67120	01.02.1995 г.
Ан-12 № 12995	11.11.1998 г.
Як-40 № 88170	09.03.2000 г.
СК-12 «Орион»	03.01.2007 г.

В период 2002-2008 г.г. 7 авиационных событий, связанных с условиями наземного обледенения, в т.ч. две катастрофы с ВС типа Челенджер,

Причины выпуска обледеневшего ВС в полет (ПРАПИ-98, Приложение 1 п.17)

- отсутствие контроля или некачественный контроль состояния поверхности ВС после ПОО перед взлетом;**
 - невыполнение ПОО;**
 - некачественное выполнение ПОО;**
 - взлет после истечения времени защитного действия ПОЖ;**
 - применение некачественной ПОЖ.**

Таблица 3.1.

**Распределение последствий воздействия СЛО на ВС
в процентах от общего числа событий по типу ВС**

Тип ВС	Нарушения режимов работы и повреждения элементов конструкции двигателя	Отказ/блокировка элементов конструкции планера, ухудшение ЛТХ	Отказ сигнализации и неуборка шасси после взлета
Ту-134	80	15	5
Ту-154	73	16	11
Як-42	79	5	16
Як-40	43	57	-
Ан-24	11	67	22
Ил-62	29	8	63

Противообледенительная машина “Элефант бета” производства фирмы Вестергаард, Дания Aircraft Deicer

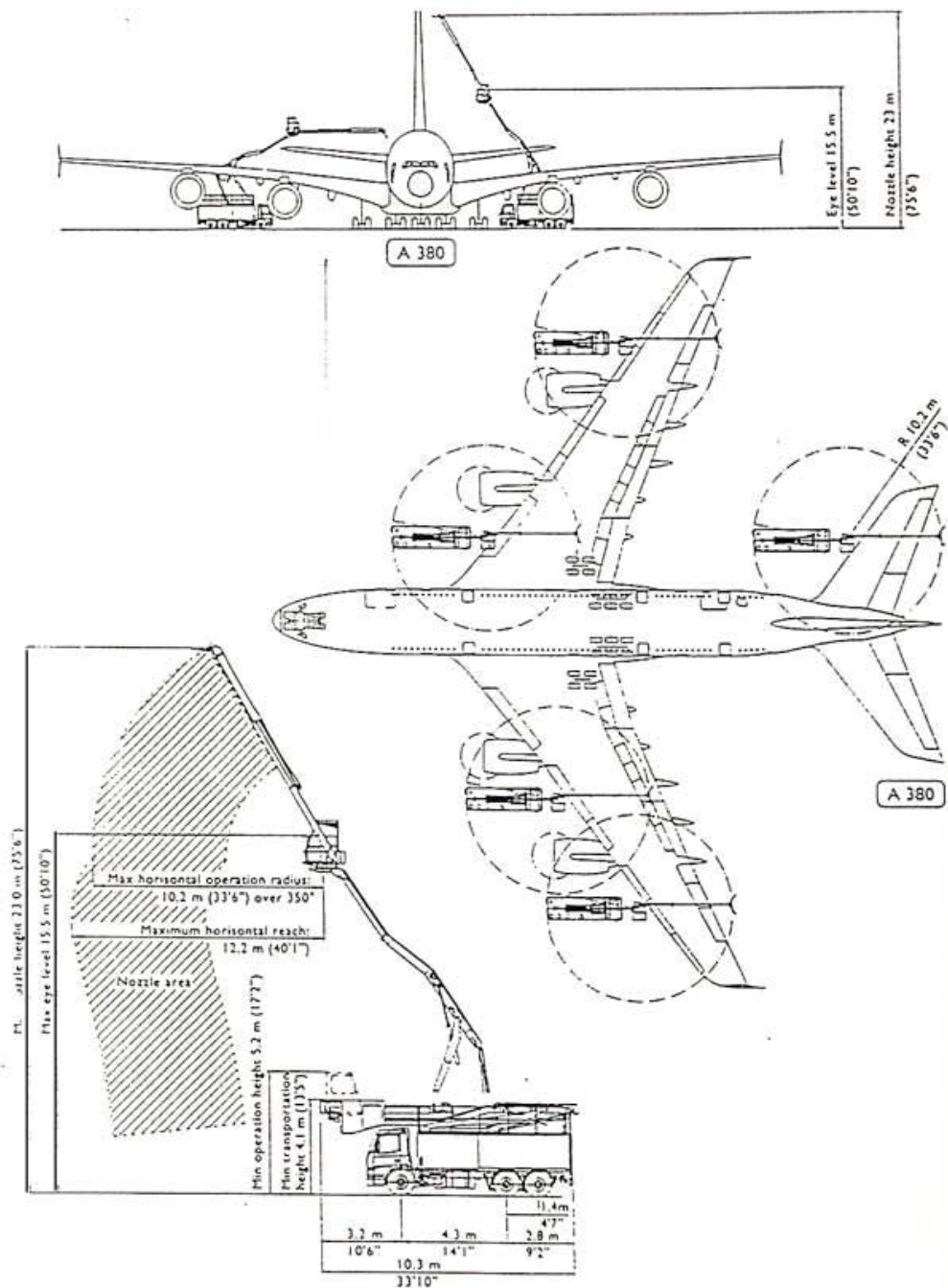


Рис. 5.1.

Инфракрасные системы для удаления снежно-ледяных отложений с поверхности ВС

1. Ангар с инфракрасной системой



Рис.5.2. Заруливание самолета Б-737 в ангар с инфракрасной системой

Во время обработки ВС полностью размещается в ангаре (США, Нью-Йорк, Нью-Джерси).

2. Передвижное устройство - грузовой автомобиль инфракрасной панелью.

6. Противообледенительные жидкости для ВС

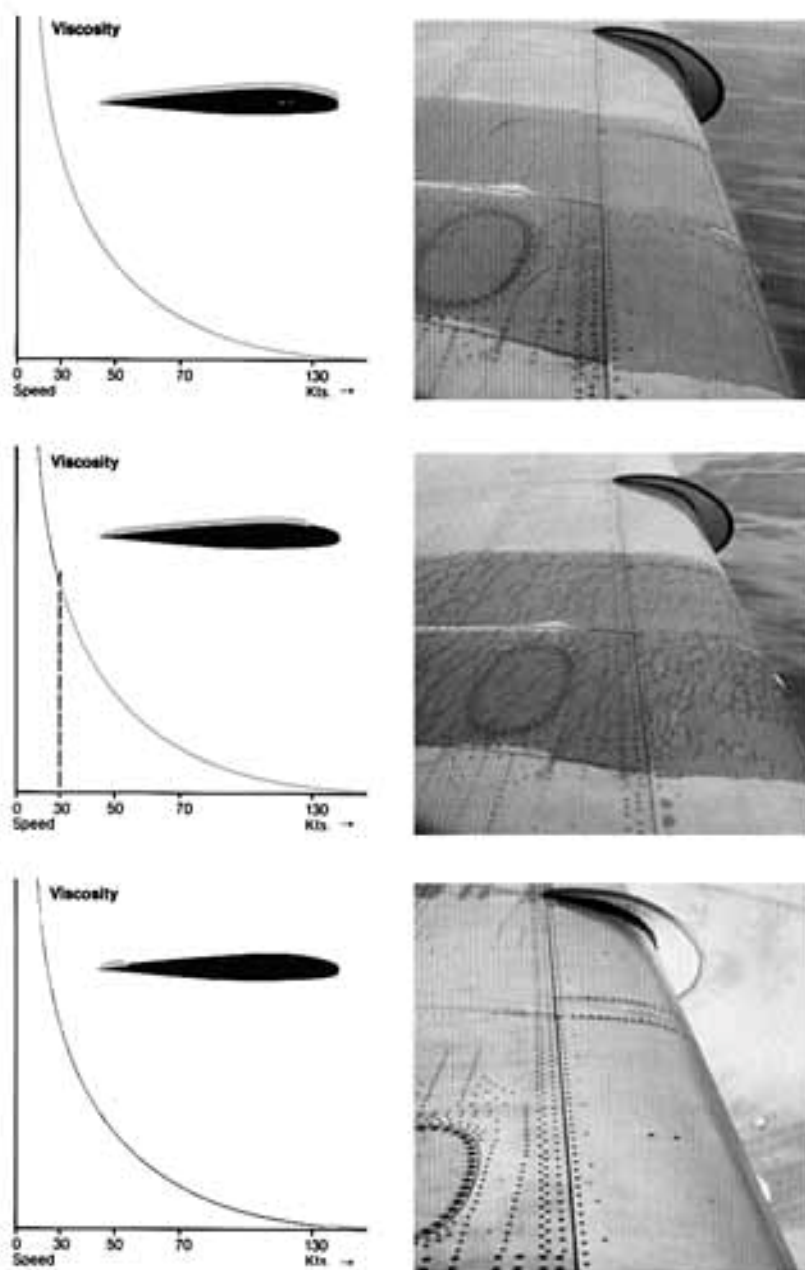


Рис. 6.1. Удаление (сдувание) пленки ПОЖ тип II с поверхности крыла при разбеге и взлете ВС

Таблица 6.4.
Приблизительное время защитного действия ПОЖ тип I
производства компании «Авиафлюид» «Октафло ЭГ», мин

Тов, °С	Ледяной налет/ иней	Замерзающий туман	Снег	Замерзающая морось	Замерзающий дождь	Дождь на холодном крыле
1	2	3	4	5	6	7
выше 0	45	12÷30	7÷11	5÷8	2÷5	2÷5
от 0 до -10	45	6÷30	3÷6	5÷8	2÷-5	-
Ниже -10	45	6÷9	2÷4	-	-	-

Таблица 6.6.

Приблизительное время защитного действия ПОЖ тип IV в зависимости от Тов и погодных условий (док.ИКАО 9640-AN/940)

Тов, °С	Концентрация смеси ПОЖ/вода	Приблизительное время защитного действия (час, мин)					
		Ледяной налет/ иней	Замерзающий туман/ изморозь	Снег	Замерзающая морось	Слабый Замерз. дождь	Дождь на холодном крыле
1	2	3	4	5	6	7	8
Выше 0	100/0	18:00	1:05-2:15	0:35-1:05	0:40-1:00	0:25-0:40	0:10-0:50
	75/25	6:00	1:05-1:45	0:20-0:40	0:30-1:00	0:15-0:30	0:05-0:35
	50/50	4:00	0:20-0:35-	0:05-0:20	0:10-0:20	0:05-0:10	
Ниже 0 до -3	100/0	12:00	1:05-2:15	0:30-0:55	0:40-1:00	0:25-0:40	**
	75/25			0:20-0:35	0:30-1:00	0:15-0:30	
	50/50	5:00	1:05-1:45	0:05-0:15	0:10-0:20	0:05-0:10	
Ниже -3 до -14	100/0	12:00	0:40-1:30	0:20-0:40	0:20-	0:10-	** -
	75/25	5:00	0:25-1:00	0:15-0:25	0:55*	0:30*	
					0:20-0:55*	0:10-0:30*	
Ниже -14 до -25	100	12:00	0:20-0:40	0:15-0:30	**		
Ниже -25	100	ПОЖ тип II может применяться для предупреждения образования СЛО при Тов ниже -25°С при условии, что Тз не меньше, чем на 7°С ниже фактической Тов и соблюдены критерии аэродинамической пригодности					

Таблица 6.7.

Токсические свойства гликолей, содержащихся в составе ПОЖ
этиленгликоль (ЭГ), диэтиленгликоль (ДГ) пропиленгликоль (ПГ)

Показатели	ЭГ	ДГ	ПГ
ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	5	0,2	-
ПДК в воде водоемов, мг/л	1	1	-
Максимальная концентрация в сточных водах, мг/л: МКБ.о.с. , не влияющая на работу биологических очистных сооружений	1000	200	1000
МКБ , не нарушает биохимических процессов за любое время	1	200	-
Потребность в кислороде , мг О ₂ на 1 мг гликоля: ХПК химическая потребность, определенная биохроматным методом	1,50	1,27	-
БПК₅ биохимическая потребность за 5 суток	0,54	0,06	-
БПК_п полная потребность (примерно 20 суток)	1,26	0,176	-
БПК_п : ХПК, %	84,0	13,8	-
Возможность биологического разрушения	Поддается распаду	Практич. не разрушается	Поддается распаду

Методы противообледенительной защиты воздушных судов

Метод ПОО ВС	Средства	Условия выполнения
Удаление СЛО / de-icing	ПОЖ и др.	После прекращения Воздействий условий обледенения
Защита от образования СЛО/anti-icing	ПОЖ	При прогнозировании условий обледенения во время стоянки и/или взлета
Удаление СЛО и защита от образования СЛО/ de/anti-icing	ПОЖ и др.	При стоянке и подготовке полету в условиях обледенения

Другие средства:

- вода;
- теплый воздух;
- механические средства;
- инфракрасные системы.

Таблица 7.1.

Рекомендации по применению смеси ПОЖ тип I и воды в зависимости от температуры окружающего воздуха (при минимальной концентрации)

Тов, °С	Одноэтапная процедура (De-icing/Anti-icing)	Двухэтапная Процедура	
		1-ый этап (De-icing)	2-ой этап (Anti-icing)
-3 и выше	Температура замерзания нагретой смеси жидкости должна быть по крайней мере на 10°С ниже Т _{ов}	Вода нагретая (минимум 60°С на выходе из форсунки) или смесь ПОЖ с водой нагретая (минимум 60°С на выходе из форсунки)	Температура замерзания нагретой смеси жидкости должна быть по крайней мере на 10°С ниже Т _{ов}
-3 и ниже		Нагретая смесь ПОЖ с водой (требуемой концентрации) с Т _з , превышающей фактическую Т _{ов} не более, чем на 3°С	

Внимание! Для ПОЖ тип I.

1. Время защитного действия ПОЖ тип I при сертификации определяется для 50% растворов, т.к. при увеличении концентрации ПОЖ тип I свыше 50 % время защитного действия не увеличивается.

3. Выбор концентрации ПОЖ тип I для удаления СЛО зависит только от температуры окружающего воздуха с учетом температурного запаса, т.е Т_з должна быть на 10°С ниже Т_{ов}, и критерия аэродинамической пригодности (см. таблицу 6.1.).

Таблица 7.2.

Рекомендации по применению смеси ПОЖ тип II и тип IV с водой в зависимости от температуры окружающего воздуха (при минимальной концентрации)

Тов, °С	Одноэтапная процедура (De-icing/Anti-icing)	Двухэтапная процедура	
		1-ый этап (De-icing)	2-ой этап (Anti-icing)
1	2	3	4
-3 и выше	50/50 нагретая ПОЖ тип II или IV / вода	Вода нагретая (минимум 60°С на выходе из форсунки) или нагретая смесь ПОЖ тип I, II или IV с водой	50/50 ПОЖ тип II или IV / вода
-3 ...-14	75/25 нагретая ПОЖ тип II или IV /вода	Нагретая смесь с водой ПОЖ тип I, II или IV требуемой концентрации с Тз не более чем на 3°С выше фактической Тов	75/25 ПОЖ тип II или IV / вода
-14...-25	100% нагретая ПОЖ тип II или IV	Нагретая смесь с водой ПОЖ тип I, II или IV требуемой концентрации с Тз не более, чем на 3°С выше фактической Тов	100% ПОЖ тип II или IV
Ниже -25	При Тов ниже минус 25°С ПОЖ тип II и IV могут быть использованы в соответствии с температурным пределом применения и учетом аэродинамических свойств. Если Тпп ПОЖ, примененной на первом этапе не ниже минус 25°С, на втором этапе следует применять ПОЖ с более низким Тпп.		

Примечание.

Рекомендованная разница в 3°С между Тз ПОЖ/смеси и фактической Тов при Тов ниже -3°С на первом этапе может быть нецелесообразной, если нет уверенности, что второй этап будет выполнен не позднее, чем через 3 минуты после первого.

Экономия ПОЖ может сказаться на качестве ПОО ВС.

Общие условия и ограничения применения ПОЖ и воды

1. Тип ПОЖ – разница между температурой замерзания ПОЖ и ее растворов T_3 и ΔT дается в Инструкции ПОЖ с указанием показателя преломления.

2. Температурный запас (ΔT) – разница между T_3 ПОЖ или ее раствора и $T_{ов}$ при обработке ВС: **10°C** для ПОЖ тип I, **7°C** для ПОЖ типа II и IV

3. Разбавление ПОЖ должно выполняться в соответствии с рекомендациями изготовителя. Обычно ПОЖ добавляют к горячей воде.

5. Температура нагретой ПОЖ или нагретой смеси ПОЖ с водой для эффективного удаления СЛО должна быть не менее 60° на выходе из форсунки.

6. Горячая вода применяется по рекомендациям ИКАО до $T_{ов}$ минус 3°C для удаления СЛО с поверхности ВС или в соответствии с ЭД конкретного типа ВС (возможно до минус 5°C).

Предупреждение!

1. Недостаточное количество смеси ПОЖ, использованной на первом этапе ПОО снижает качество удаления СЛО. Неудаленные СЛО уменьшат концентрацию ПОЖ, нанесенной на втором этапе.

2. Количество ПОЖ при защитной ПОО, должно быть достаточным для создания сплошной пленки ПОЖ на всей защищаемой поверхности.

3. Технология ПОО ВС с применением ПОЖ тип I в условиях наземного обледенения должна быть составлена с посекундным учетом выполнения всех процедур.

ПОО нецелесообразна, если время защитного действия ПОЖ, указанное в таблице изготовителя, меньше суммарного технологического времени.

4. Для сокращения времени ПОО следует :

- выполнять **двухэтапную** ПОО (отсчет времени защиты пойдет от начала со второго этапа);
 - выполнять ПОО двумя противообледенительными машинами;
 - максимально приблизить место выполнения ПОО к старту.

Информация для принятия решения о выполнении ПОО ВС

	Ф а к т о р ы	В а р и а н т ы у с л о в и й
1	Продолжительность стоянки ВС	Кратковременная, ночная (с понижением $T_{ов}$), более суток (с изменением метеоусловий)
2	Метеоусловия (сводки погоды за время стоянки и на планируемый взлет)	Осадки, изменения $T_{ов}^*$, $T_{тр}^{**}$, скорость и направление ветра
3	Состояние поверхности ВС	Наличие влаги и/или СЛО; масса СЛО
4	$T_{топлива}$, оставшегося после полета	Ниже $T_{ов}$
5	$T_{топлива}$, заправляемого перед полетом	Ниже $T_{ов}$
6	Выполнение ПОО ВС во время стоянки	Тип использованной ПОЖ и ее эффективность (время защитного действия)
7	Планируемое время взлета (план УВД)	Суммарное технологическое время на ПОО, контроль поверхности, перемещение к старту
8	Располагаемые средства ПОЗ (оснащенность службы ПОО)	Тип и количество ПОМ, типы ПОЖ
9	Тип ВС (геометрические размеры, скорость взлета)	Продолжительность ПОО, Расход ПОЖ, Тип ПОЖ для ПОО
10	Виды и методы ПОО	

Обозначения:

T – температура.

*) Температура окружающего воздуха.

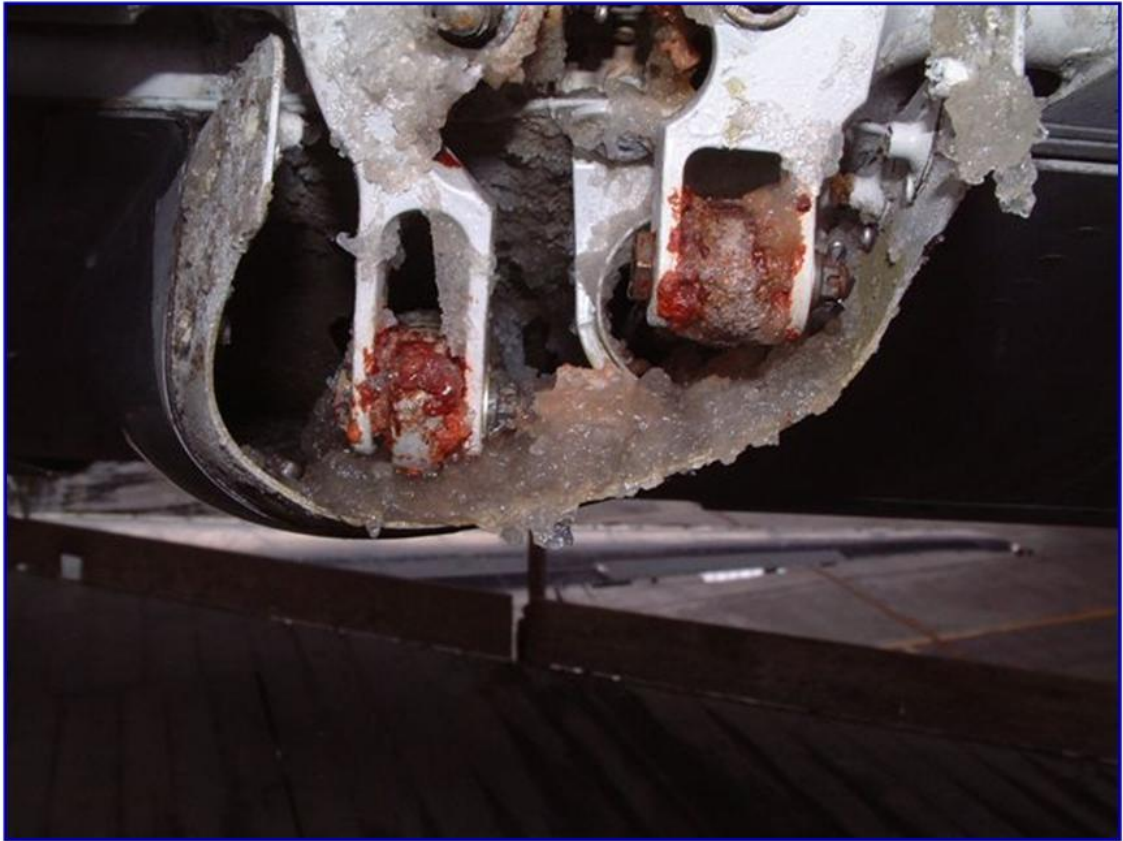
***) Температура точки росы.

**Снежно-ледяные отложения
на поверхности крыла самолета Як-40 №88232.**



Фото 07.01.2007г.

после рейса Владивосток-Хабаровск



**Замерзший гидратированный гель
(остатки противообледенительной жидкости)**

МД-90 De-icing/Anti-icing Fluid Residue on Flight Control

An aircraft with powered flight control lost control of the pitch axis at F1330 with both powered controls and manual reversion