

Метрологические аспекты предполётных процедур противообледенительной обработки гражданских воздушных судов

А.А. Богоявленский,

*докт. техн. наук, старший научный сотрудник,
главный метролог ФГУП ГосНИИ ГА,
член-корреспондент Метрологической академии*

Снежно-ледяные отложения, образующиеся на внешних поверхностях гражданских воздушных судов (ВС), в первую очередь – самолётов, на земле во время стоянки, могут оказать негативное влияние при взлёте, что обусловлено ухудшением аэродинамических и лётно-технических характеристик; значительным и даже критическим уменьшением подъёмной силы; увеличением лобового сопротивления; блокировкой органов управления; затруднением или блокировкой уборки шасси; повреждением лопаток входного направляющего аппарата и (или) лопаток компрессора двигателя. Для исключения влияния снежно-ледяных отложений выполняется противообледенительная обработка (ПОО), включающая их удаление и (или) защиту от последующего образования. Для этого применяются машины специальные противообледенительные (деайсеры), оснащённые такими средствами инструментального контроля как счётчики насосов противообледенительных жидкостей (ПОЖ), мерные шкалы расходных баков ПОЖ, термометры и манометры для измерения температуры и давления ПОЖ на выходе из распыляющей форсунки. В статье рассматриваются метрологические аспекты предполётных процедур противообледенительной обработки гражданских воздушных судов.

Международные нормы и правила противообледенительной обработки гражданских воздушных судов

Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) в стандарте Doc 9640-AN/940 [1] представлена общая информация, цель которой заключается в более глубоком ознакомлении с мероприятиями по противообледенительной защите (ПОЗ) ВС на земле и в том, чтобы способствовать разработке стандартизованных процедур и инструктивного материала для использования различными организациями авиационной отрасли. В нём приводится полный перечень ПОЖ и информация, включающая последние данные. Документ содержит также общее описание различных факторов, обуславливающих обледенение самолёта на земле, и определяет минимальные процедурные требования к безопасному и эффективному проведению операций по ПОЗ самолётов в условиях, когда это необходимо делать. Однако каждый эксплуатант отвечает за соблюдение требований, предписанных изготовителями самолётов, оборудования и ПОЖ; требований, установленных регламентирующими полномочными органами и органами, отвечающими за охрану окружающей среды, а также требований, предусмотренных в программах отдельных эксплуатантов.

Отложения льда, ледяного налёта или снега на передней кромке и верхней поверхности крыла, толщиной и шероховатостью напоминающими среднюю или грубую наждачную бумагу, могут уменьшить подъёмную силу крыла на 30% и увеличить лобовое сопротивление на 40% [1]. Эти изменения в подъёмной силе и сопротивлении значительно повышают скорость сваливания, ухудшают управляемость и отражаются на лётно-технических характеристиках самолёта.

Ключевые слова: воздушное судно, единство измерений, метрологическое обеспечение, обледенение, прослеживаемость, противообледенительные жидкости, риск метрологический.

Keywords: aircraft, unity of measurements, metrological support, icing, traceability, anti-icing fluid, metrological risk.



Основная функция ПОЖ заключается в том, чтобы понижать точку замерзания замерзающих осадков, которые попадают на самолёт, и, таким образом, препятствовать накоплению льда, снега, слякоти или ледяного налёта на критических поверхностях. ПОЖ классифицируются как жидкости типа I, II, III и IV [1]. Жидкости типа I обладают сравнительно низкой вязкостью, изменяющейся в зависимости от температуры. Жидкости типа II, III и IV содержат загустители и поэтому обладают более высокой вязкостью, изменяющейся в зависимости от силы сдвига, соотношения воды и жидкости и температуры жидкости. Жидкости типа II обладают лучшими противообледенительными свойствами, чем жидкости типа I. Все ПОЖ должны отвечать критериям применения, устанавливаемым эксплуатантом, изготовителем жидкости и производителем самолёта, и изготавливаться согласно техническим требованиям стандартов ISO 11075:2007, ISO 11076:2012 и ISO 11078:2007.

Отечественные нормативные документы по противообледенительной обработке

Пунктом 2.14 Федеральных авиационных правил ФАП-128 [2] начинать полёт запрещается, если на поверхностях крыльев, фюзеляжа, органов управления, оперения, воздушных винтов, лобового стекла, силовой установки или на приёмниках воздушного давления барометрических приборов ВС присутствуют иней, мокрый снег или лёд. В этом случае необходимо провести предполётную противообледенительную обработку согласно ГОСТ Р 54264 [3] и Рекомендаций [4] с использованием ПОЖ, общие технические требования к которым изложены в ГОСТ 23907–79. Важность вопроса, связанного с необходимостью проведения и соблюде-

нием процедур ПОО, подтверждается и статистикой Международной организации гражданской авиации – ИКАО. Так, например, 13 января 1982 г. при вылете Боинг-737–222 (авиакомпания Air Florida) из Национального аэропорта Вашингтон (США) при взлёте произошло его сваливание по причине обледенения. Из-за этого самолёт, на борту которого находились 74 пассажира и члена экипажа, врезался в пролёт моста через реку Потомак и затонул. Самолёт ATR-72–201 (производитель – франко-итальянский концерн ATR), принадлежавший российской авиакомпании ЮТэйр, при вылете 2 апреля 2012 г. из аэропорта Рожино (г. Тюмень) потерпел крушение; погиб 31 человек. Основной предпосылкой крушения явилось решение экипажа ATR-72 не обрабатывать самолёт ПОЖ перед полётом.

В связи с необходимостью учёта и рассмотрения всех специфических особенностей такого рода происшествий Федеральной службой по надзору в сфере транспорта Минтранса России в 2006 г. были утверждены Методические рекомендации по расследованию авиационных событий, связанных с обледенением ВС [5].

С использованием многолетнего опыта гражданской авиации ПОО внедрена также на российских (например, Октябрьской [6]) и зарубежных железных дорогах применительно к скоростным пассажирским поездам. Это улучшает аэродинамические характеристики и исключает снижение скорости за счёт предотвращения налипания (намерзания) атмосферных осадков на внешних поверхностях вагонов.

Проведение противообледенительной обработки самолётов

Минимальное количество ПОЖ для антиобледенительной защиты крыльев и хвостового оперения само-

лётотехнического и зарубежного производства, наиболее распространённых в парках ВС российских авиакомпаний (таблица 1), регламентировано в Рекомендациях [4].

Таким образом для перечисленных в таблице 1 типов ВС рекомендованное [4] минимальное количество ПОЖ для обрабатываемых поверхностей крыла и хвостового оперения находится в диапазоне от 1,31 до 1,51 л/м².

Конструкция и работа машин специальных для противообледенительной обработки воздушных судов

Специалисты служб спецтранспорта российских аэропортов в профессиональной разговорной речи именуют машины специальные для ПОО ВС – дейсерами, что является техницизмом, но тем не менее широко распространено в авиационном сообществе. Согласно Рекомендациям [4] дейсеры должны изготавливаться в соответствии со стандартом ISO 11077:2014.

Дейсер представляет собой автомобиль (рисунок 1), на грузоподъёмном шасси которого размещены баки для одного-двух типов ПОЖ, а также воды, система её подогрева и стрела с выдвижной телескопической штангой, на конце которой установлена распылительная форсунка (рисунок 2). Полная снаряжённая масса дейсеров может составлять более 20 т. Автомобиль оснащён двумя кабинами: нижняя – это место водителя, верхняя – место оператора, который



Рис. 1
Машина специальная противообледенительная (дейсер), применяемая в АО Международный аэропорт «Платов» (г. Ростов-на-Дону)



- 1
- 2
- 3
- 4

Рис. 2
Блок форсунок дейсера:
1 – форсунка ПОЖ регулируемая; 2 – форсунка ПОЖ нерегулируемая; 3 – форсунка воздушная; 4 – фара для подсветки обрабатываемых поверхностей

Таблица 1

Тип ВС, эксплуатируемый в гражданской авиации России	Пассажиры, чел.	Площадь, м ²			Минимальное количество ПОЖ для антиобледенительной защиты ВС, л		
		Крыло	Оперение хвостовое	Крыло + оперение	Крыло	Оперение хвостовое	Крыло + оперение
Як-40	36	70	24	94	100	40	140
Ан-24, Ан-26	50	75	18	93	110	30	140
Сухой Суперджет SSJ 100/95	100	84	20	104	120	30	150
Як-42	120	150	28	178	210	40	250
Боинг В-737–600/700/800	160	125	33	158	180	50	230
Эрбас А-319, А-320	160	123	31	154	180	50	230
Ту-204	210	183	43	226	250	60	310
Эрбас А-330–200/300	300	362	70	432	480	100	580
Боинг В-767–300	400	284	60	344	390	90	480
Ил-96–400	435	392	97	489	510	130	640

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕДПОЛЁТНЫХ ПРОЦЕДУР

ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

проводит ПОО (рисунок 1). Обзорность в верхней кабине – почти 360° , все окна оснащены стеклоочистителями. В верхней кабине размещены две педали управления. Правая педаль предназначена для управления подачей жидкости; левая – служит контрольным выключателем, при отпускании которой все операции останавливаются. Блок средств измерительного контроля на правой стойке показывает запасы ПОЖ и воды, температуру воды в баке и на выходе из форсунки, давление струи, а также расход жидкостей и воды во время ПОО ВС. При этом контрольные дисплеи могут быть оформлены как в виде жидкокристаллических экранов, так и в виде указателей (мерных шкал) и стрелочных приборов. Для обработки труднодоступных мест форсунка распылителя вместе с установленной фарой подсветки (рисунок 2) при помощи рукоятки управления может поворачиваться в двух плоскостях. Деайсеры оснащены системой автоматического поддержания заданной дистанции между форсункой и ВС с использованием ультразвуковых радаров, которые подают сигнал об опасном приближении к поверхности самолёта, и система управления автоматически останавливает движение телескопической штанги. Рукоятка управления телескопической штангой движением вперёд выдвигает штангу, назад – убирает, движения вправо и влево поворачивают её в нужную сторону. В передней части рукоятки расположен тумблер, поднимающий и опускающий штангу, а справа – вращающаяся ручка управления распылом форсунки. В верхней кабине имеется микрофон для внутренней связи с водителем машины в нижней кабине.

Первый этап обработки – удаление уже намёрзшего льда с помощью струи, состоящей из смеси горячей воды температурой до $+82^\circ\text{C}$ и ПОЖ типа I, подаваемой под давлением. Соотношение между компонентами выставляется либо оператором, либо компьютером в зависимости от температуры воздуха, влажности и осадков (как на земле, так и на различных высотах). В зависимости от толщины слоя льда оператор устанавливает также давление струи. На втором этапе происходит обработка ПОЖ типа IV (без её смешивания с каким-либо другим реагентом), которая образует на поверхности защитный слой и предотвращает дальнейшее образование льда до взлёта самолёта (рисунок 3). Время между этапами не должно превышать 3 минуты, в связи с чем при неблагоприятной погоде самолёт приходится обрабатывать по частям. Время защитного действия зависит от погодных условий и концентрации ПОЖ и может составлять от 5 до 40 минут.



Рис. 3
Предполётная обработка самолёта АО Авиакомпания «Россия» в аэропорту Пулково (г. Санкт-Петербург)

Органы управления в нижней кабине – традиционные автомобильные, исключение составляет небольшая коробка транспондера системы Advanced Surface Movement Guidance & Control System (A-SMGCS), благодаря которому диспетчеры и пилоты ВС видят местоположение всех машин службы спецтранспорта в аэропорту. В нижней кабине также установлен главный выключатель системы ПОО, переключатель управления подогревом воды в различных режимах, продублированы несколько средств инструментального контроля, показывающих запас и расход жидкостей. На сенсорном экране оператор ПОО вводит данные для печати отчёта, который распечатывается принтером блока управления как подтверждающий документ, одну из копий которого передают в авиакомпанию, которой принадлежит ВС. В нём указывается ФИО оператора, время и дата обработки, номер стоянки, тип и бортовой номер ВС, расход жидкостей и т. п.

Возможность применения в аэропортовой деятельности конкретного типа деайсера обусловлена наличием сертификата соответствия. Однако отсутствие проработки вопросов обеспечения единства измерений и метрологического обеспечения, в том числе в эксплуатационной документации на деайсеры, может говорить об отсутствии системного подхода при проведении их сертификации. Это обусловлено тем, что при проведении сертификаций новых типов деайсеров, проводимых с целью оценки возможности допуска к применению по назначению в аэропортовой деятельности на ВТ, используются сертификационные базы, разработанные без включения в них требований к вопросам обеспечения единства измерений и метрологического обеспечения.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- **Противообледенительная защита (anti-icing):** процесс (процедуры), результатом которого (которых) является нанесение противообледенительной жидкости (или её водного раствора) на чистые поверхности самолета и предотвращение таким образом образования и накопления снежно-ледяных отложений на ВС в течение ограниченного времени в прогнозируемых условиях наземного обледенения (ГОСТ Р 54264 [3]).
- **Противообледенительная обработка:** обработка самолёта противообледенительными жидкостями с целью удаления снежно-ледовых отложений и/или защиты поверхностей самолёта от наземного обледенения на ограниченный период времени (время защитного действия применяемой жидкости). ПОО самолёта может проводиться по технологии одно- или двухэтапной обработки (ГОСТ Р 54264 [3]).
- **Противообледенительные жидкости (de-/anti-icing fluids):** низкотемпературные жидкости на основе гликолей (этиленгликоля, пропиленгликоля) или на не гликолевой основе, созданные для ПОО самолётов в целях обеспечения регулярности и безопасности полётов в условиях наземного обледенения. Подразделяются на жидкости первого (ньютоновского) типа и жидкости второго, третьего и четвёртого (неньютоновского) типов. Состав ПОЖ I типа включает в себя один из видов гликоля, антикоррозийные присадки и поверхностно-активные вещества для обеспечения достаточных смачивающих свойств. В состав ПОЖ II – IV типов дополнительно входит длинно-молекулярный органический загуститель, придающий этим жидкостям неньютоновские свойства. Время защитного действия для ПОЖ I типа не превышает 20 мин, для ПОЖ II – IV типов может составлять от десятков минут до нескольких часов в зависимости от интенсивности обледенения. ПОЖ I типа испытываются и одобряются, как правило, для самолётов со скоростью начала подъёма передней стойки на взлёте (V_r) не менее 120 км/ч. ПОЖ II и IV типов применяются только для самолётов, скорость V_r у которых не менее 185 км/ч. ПОЖ III типа специально разработаны и применяются для низкоскоростных самолётов (V_r не менее 120 км/ч). (ГОСТ Р 54264 [3]).
- **Единство измерений (the unity of measurements):** состояние измерений, при котором их результаты выражены в допущенных к применению в Российской Федерации единицах величин, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы [7].
- **Обеспечение единства измерений (assurance of uniformity of measurements):** деятельность, направленная на установление и применение научных, правовых, организационных и технических основ, правил, норм и средств, необходимых для достижения состояния измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах величин или в значениях по установленным шкалам измерений, а показатели точности измерений не выходят за установленные границы (ГОСТ Р 8.000 [8]).
- **Прослеживаемость (измерений):** свойство эталона единицы величины, средства измерений или результата измерений, заключающееся в документально подтверждённом установлении их связи с государственным первичным эталоном или национальным первичным эталоном иностранного государства соответствующей единицы величины посредством сличения эталонов единиц величин, проверки, калибровки средств измерений [7].
- **Риск метрологический:** мера опасности и последствий наступления неблагоприятных событий, обусловленных применением недостоверных методов, средств и способов достижения требуемой точности измерений (ГОСТ Р 56116 [9]).

Abstract

Snow-ice deposits formed on the outer surfaces of aircrafts on the ground during parking can have a negative impact during take-off due to the deterioration of aerodynamic and flight performance, a significant and even critical decrease in lift, increased drag, blocking controls, difficulty or blocking of landing gear retraction, damage to the blades of inlet guide vanes and/or the blades of an engine compressor. To exclude the influence of snow and ice deposits, anti-icing treatment is performed, including their removal and/or protection from subsequent formation. For this purpose, special anti-icing machines (deicers), equipped with such means of instrumental control as counters of anti-icing fluid pumps, measuring scales of anti-icing fluid tanks, thermometers and pressure gauges for temperature and pressure measuring at the outlet of a spray nozzle, are used. The article deals with the metrological aspects of civil aircrafts anti-icing prior to flight.

МИ Окончание в следующем номере