

Метрологические аспекты предполётных процедур противообледенительной обработки гражданских воздушных судов

DOI: 10.35400/1813-8667-2019-4-26-31

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.

Окончание. Начало в № 3 за 2019 год

Обеспечение единства измерений, метрологическое обеспечение и прослеживаемость измерений для средств инструментального контроля, устанавливаемых на деайсерах

При помощи установленных на деайсерах штатных средств осуществляется инструментальный контроль расхода ПОЖ через распылительные форсунки деайсера, количества ПОЖ в мерных расходных баках деайсеров, а также температуры и давления ПОЖ в трубопроводах и на выходе из форсунок. Вопросы, связанные с обеспечением единства измерений расхода топлива и масла при лётно-технической эксплуатации ВС, а также температуры при испытаниях авиадвигателей после ремонта, ранее уже рассматривались автором [10–13]. При этом очевидно, что для деайсеров по этим видам измерений имеются свои специфические особенности.

Калибровочная схема для счётчиков объёмных на насосах для ПОЖ и мерных расходных баков ПОЖ, устанавливаемых на деайсерах, связана с государственной поверочной схемой [14].

Указатели счётчиков размещены на панели управления в верхней кабине деайсера, насосы со счётчиками объёмными – в непосредственной близости от расходных баков. Внешний вид насосов со счётчиками объёмными, установленными на деайсере для отдельного учёта расхода ПОЖ типов I и IV, представлен на рисунке 5. Калибровка проводилась в соответствии с методическим подходом, изложенным в ГОСТ 8.451 [15]. В качестве рабочей жидкости, на которой прове-

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.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕДПОЛЁТНЫХ ПРОЦЕДУР

ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

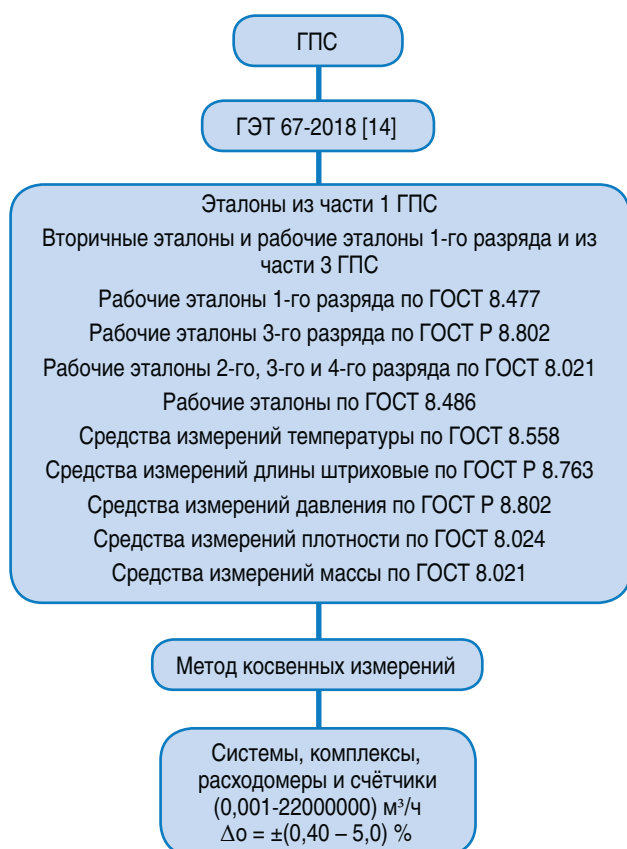


Рис. 4
Калибровочная схема для счётчиков объёмных на насосах для ПОЖ и мерных расходных баков ПОЖ, устанавливаемых на деаэсерах

дена калибровка счётчика объёмного на насосе для ПОЖ, использовалась вода. Температура рабочей жидкости и окружающей среды при проведении калибровки составляла $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$. В качестве средств калибровки применены весы платформенные передвижные мод. ВСП4–1500А с абсолютной погрешностью $\Delta_v = \pm 0,5\text{ кг}$ и ареометр АНТ-1 с абсолютной погрешностью $\Delta_a = \pm 0,5\text{ кг/м}^3$. Результаты калибровки представлены в таблице 2. Полученное максимальное фактическое значение относительной погрешности калибруемого счётчика объёмного на насосе для ПОЖ составило не более $\pm 0,4\%$.

Изготовители в качестве мерных расходных баков устанавливают на деаэсерах горизонтальные резервуары с плоским дном. Резервуар горизонтальный стальной – металлический сосуд в форме горизон-



Рис. 5
Внешний вид насосов со счётчиками объёмными, установленными на деаэсере, для раздельного учёта расхода ПОЖ типов I и IV

Таблица 2

Противообледенительная машина «Tempest» гаражный № 626, счётчик объёмный на насосе для ПОЖ (тип IV)			Тип и номер калибруемого счётчика объёмного на насосе для ПОЖ
Вода			Рабочая жидкость, на которой проведена калибровка счётчика объёмного на насосе для ПОЖ
Весы платформенные передвижные модель ВСП4–1500А, $\Delta = \pm 0,5\text{ кг}$ Ареометр АНТ-1, № 810 $\Delta = \pm 0,5\text{ кг/м}^3$			Типы средств калибровки и их основная допускаемая погрешность
23			Температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$
ГОСТ 8.451. ГСИ. Счетчики жидкости камерные. Методы и средства поверки [15]			Методика, по которой проведена калибровка
24	24	24	Температура рабочей жидкости, $^{\circ}\text{C}$
0,995	0,995	0,995	Плотность воды, кг/дм^3
502,0	506,0	504,0	Показания счётчика объёмного на насосе ПОЖ, л
501,5	502,5	502,5	Показания средства калибровки, кг
504,0	505,0	505,0	Показания средства калибровки, л
– 0,397	0,198	– 0,198	Фактическая относительная погрешность счётчика объёмного на насосе для ПОЖ, %
$\pm 0,4$			Максимальное фактическое значение относительной погрешности калибруемого счётчика объёмного на насосе для ПОЖ, %

тально лежащего цилиндра с плоскими днищами, применяемый для хранения и измерений объема жидкостей. Их калибровка может проводиться объемным методом в соответствии с методическим подходом, изложенным в ГОСТ 8.346 [16]. Объемный статический метод калибровки заключается в определении вместимости резервуара путём наполнения его отдельными дозами рабочей жидкости и в одновременном измерении её уровня, объема и температуры для каждого изменения уровня в пределах от 10 до 30 мм. При объемном методе вместимость определяют путём непосредственных измерений уровня рабочей жидкости, поступившей в резервуар, с одновременными измерениями её температуры и объема на каждом соответствующем уровне жидкости. Внешний вид шкалы объемов на мерных расходных баках дейсеров для ПОЖ типов I и IV приведён на рисунке 6. Требования к пределам допускаемых погрешностей измерений параметров (таблица 3), которыми руководствуются при калибровке резервуаров дейсеров объемным методом, регламентированы ГОСТ 8.346 [16].

При соблюдении указанных в таблице 3 пределов допускаемых погрешностей измерений погрешность определения вместимости резервуара при объемном методе не превышает:

- $\pm 0,25\%$ – при измерениях объема дозы жидкости с погрешностью $\pm 0,15\%$;
- $\pm 0,20\%$ – при измерениях объема дозы жидкости с погрешностью $\pm 0,1\%$.

Рассмотрим процедуру калибровки. Эксплуатируемый в одном из международных аэропортов Уральского Федерального округа, дейсер LMD-2000 Sterling (гаражный № 521) укомплектован под ПОЖ типа I резервуаром номинальной вместимостью 5905,9 м³ и имеет предельную высоту наполнения 1280 мм. С учётом этого градуировочная таблица при калибровке составлялась для уровней жидкости от 0 до 1280 мм с дискретностью 10 мм (общее количество точек составляет 129, включая начальную «нулевую»

Таблица 3

Измеряемый параметр	Пределы допускаемой погрешности измерений
Объем дозы жидкости при градуировке, %	$\pm 0,15$
Уровень жидкости, мм	$\pm 1,0$
Температура жидкости, °C	$\pm 0,2$
Температура воздуха, °C	$\pm 1,0$
Давление жидкости избыточное, %	$\pm 0,4$



Рис. 6
Шкалы объемов на мерных расходных баках дейсеров для ПОЖ типов I и IV



Рис. 7
Термометр и манометр дейсера: 1 – внутренняя шкала температуры с диапазоном от -10°C до $+110^{\circ}\text{C}$ (наружная от 20°F до $+240^{\circ}\text{F}$); 2 – внутренняя шкала давления от 0 до 600 кПа (наружная от 0 до 100 psi)

точку). При проведении калибровки резервуара применялись такие средства как мерник образцовый М2Р-500-01 с измерительной горловиной и мерной шкалой, имеющий относительную погрешность $\pm 0,1\%$; линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427-75; термометр ртутный стеклянный ТЛ-4; вспомогательное средство измерений – счётчик воды универсальный МЕТЕР СВ-15. Все они имели на момент проведения работ действующие свидетельства о поверке. Калибровка проводилась при следующих условиях: температура рабочей жидкости в резервуаре, в мерниках или счётчике жидкости составляла $+21^{\circ}\text{C}$, давление в счётчике жидкости 0,15 МПа. Объем дозы (Δv) в выборке из 129 точек находился в диапазоне от 22,7 до 56,9 дм³ (при начальном значении объема рабочей жидкости в начальной «нулевой» точке $V = 286$ дм³ и конечном значении в 129 точке $V = 5905,9$ м³).

Обработка результатов проводилась в соответствии с алгоритмом, изложенным в ГОСТ 8.346 [16]. При этом по результатам калибровки фактическое значение погрешности определения вместимости резервуара дейсера LMD-2000 Sterling (гаражный № 521) под ПОЖ типа I не превысило $\pm 0,5\%$.

При метрологическом обслуживании термометров для измерения температуры и манометров для измерения давления ПОЖ (рисунок 7) в баках и трубопроводах дейсеров обеспечена связь с государственными



первичными эталонами соответствующих единиц величин через государственные поверочные схемы измерения температуры и избыточного давления.

При калибровке средств инструментального контроля деайсеров производится оценка фактических значений погрешностей с последующим сравнением с предельно допускаемыми значениями, при превышении которых проводятся мероприятия по приведению в соответствие. Такой статус метрологического обслуживания де-факто удовлетворяет заказчиков – службы аэропортов, эксплуатирующих деайсеры.

Проведение метрологического обслуживания (калибровки) средств инструментального контроля, установленных на деайсерах, необходимо как для достоверной оценки израсходованного количества ПОЖ на единицу площади обрабатываемой поверхности (характеризует соблюдение технологии обработки), так и рационального (оптимального) расхода с точки зрения стоимости затрачиваемых противообледенительных реагентов. При этом недостоверная оценка количества в сторону превышения норматива приведёт к дополнительным финансовым расходам, а в сторону не достижения нормированных величин ПОЖ, осевших на обрабатываемых поверхностях (таблица 1), – к некачественной обработке и вероятному возникновению авиационных происшествий, связанных с уменьшением времени эффективного действия ПОЖ, что обусловлено возможностью возникновения

метрологических рисков негативных ситуаций [17–19]. Поскольку результаты измерений используются для внутреннего учёта между структурными подразделениями аэропортовых служб, согласно Федеральному закону от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ [7], такие измерения не относятся к сфере государственного регулирования в области обеспечения единства измерений.

Заключение

1. Минимальное количество противообледенительной жидкости, рекомендованное [4] для обработки поверхностей крыла и хвостового оперения на разных типах гражданских воздушных судов, находится в диапазоне от 1,31 до 1,51 л/м².

2. При калибровке (градуировке) счётчиков объёмных на насосах для ПОЖ и мерных расходных баков ПОЖ, установленных на деайсерах, на ВТ применяются методические подходы, изложенные в ГОСТ 8.346 [16] и ГОСТ 8.451 [15]. При метрологическом обслуживании термометров для измерения температуры и для измерения давления ПОЖ в баках и трубопроводах деайсеров, обеспечена связь с государственными первичными эталонами соответствующих единиц величин через государственные поверочные схемы измерения температуры и избыточного давления. Всё это обеспечивает гарантированную прослеживаемость измерений.

3. При выполнении работ по метрологическому обслуживанию штатных средств измерительного контроля, которыми оснащены деайсеры, обеспечивается устранение метрологических рисков негативных ситуаций в авиационной деятельности [17–19] на ВТ или их уменьшение до приемлемого уровня.

4. С целью совершенствования работ по метрологическому обеспечению и обеспечению единства измерений при выполнении предполётных процедур противообледенительной обработки гражданских воздушных судов имеется необходимость в разработке и утверждении на отраслевом уровне универсальной Инструкции (Методики). Документ позволил бы осуществлять метрологическое обслуживание (калибровку) с учётом индивидуальных особенностей каждого из штатных разнотипных средств измерительного контроля, установленных на моделях деайсеров, применяемых в аэропортах на территории РФ. Разработка такого документа может быть выполнена специалистами Головной организации метрологической службы ГА – ФГУП ГосНИИ ГА с последующим сопровождением внедрения в практику авиационной деятельности на ВТ.

5. В существующих нормативных документах, в первую очередь, стандартах ISO 11077:2014 и Doc 9640-AN/940 [1] (ИКАО), не отражены вопросы обеспечения единства измерений и метрологического обслуживания (калибровки, градуировки и иного) средств инструментального контроля, установленных на деайсерах и применяемых непосредственно при выполнении процедур противообледенительной обработки ВС. Данное обстоятельство указывает на необходимость разработки аутентичного или модифицированного национального стандарта РФ в развитие ISO 11077:2014. Кроме того целесообразным считаем внесение соответствующих изменений в ГОСТ Р 54264 [3] и Рекомендации [4].

6. На этапах разработки для деайсеров технических требований к вновь проектируемым моделям (типам), эксплуатационной документации, а также сертификационных базисов для проведения оценки соответствия, в них следует закладывать метрологические требования и требования к обеспечению единства измерений при проведении технического обслуживания, а также при выполнении предполётных процедур противообледенительной обработки гражданских воздушных судов.

7. Результаты измерений количества и расхода ПОЖ на деайсерах используются для внутреннего учёта между структурными подразделениями аэропор-

товых служб, в связи с чем такие измерения к сфере государственного регулирования в области обеспечения измерений – согласно Федеральному закону от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ [7] – не относятся. В этом случае видом метрологического обслуживания для средств инструментального контроля, установленных на деайсерах, может являться калибровка (а не поверка).

8. Воздушный транспорт (гражданская авиация) является эксплуатантом, т. е. потребителем авиационной техники (в том числе и деайсеров), в связи с чем, а также в соответствии с Воздушным кодексом РФ, вопросы, связанные с эксплуатацией, должны решаться, в первую очередь, на стадиях разработки и производства авиационной техники.

9. С учётом использования многолетнего положительного опыта гражданской авиации противообледенительная обработка внедрена также на российских (например, Октябрьской [7]) и зарубежных железных дорогах применительно к скоростным пассажирским поездам, что обеспечивает улучшение аэродинамических характеристик, исключает снижение скорости из-за налипания (намерзания) атмосферных осадков на внешних поверхностях вагонов и повышает безопасность перевозок.

10. Противообледенительная обработка наружных поверхностей фюзеляжей, крыльев и хвостового оперения гражданских воздушных судов является важным фактором обеспечения безопасности полётов в практике как российских, так и зарубежных авиакомпаний.

МИ

Список использованных источников

1. Doc 9640-AN/940. Руководство по противообледенительной защите воздушных судов на земле // Международная организация гражданской авиации. – 3-е изд. – Монреаль: ИКАО, 2018. – 52 с.
2. ФАП-128. Подготовка и выполнение полётов в гражданской авиации Российской Федерации. // Приказ Министерства транспорта РФ от 31.07.2009 г. № 128.
3. ГОСТ Р 54264–2010. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолётов. Общие требования. – М.: Стандартинформ. – 2012. – 16 с.
4. Рекомендации по противообледенительной обработке воздушных судов / Федеральное агентство воздушного транспорта Министерства транспорта РФ. // № 03.10-7. – М., 2013. – 65 с.
5. Методические рекомендации по расследованию авиационных событий, связанных с обледенением воздушных судов. / Федеральная служба по надзору в сфере транспорта Министерства транспорта РФ. // № 8.10-1283. – М., 2006. – 18 с.
6. Давыдов Н. Антифриз для «Сапсана». // Гудок. – 2010. – 21 апреля.
7. Федеральный закон от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений».

8. ГОСТ Р 8.000–2015. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Основные положения. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 16 с.
9. ГОСТ Р 56116–2014. Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. Метрологические риски. Основные положения. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 10 с.
10. Богоявленский А.А. Обеспечение единства измерений расхода топлива и масла силовых установок при летно-технической эксплуатации воздушных судов. – Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2019. – № 25. – С. 7–20.
11. Богоявленский А.А. Инструментальный контроль запаса и расхода рабочих жидкостей при технической эксплуатации воздушных судов. – Мир измерений. – 2017. – № 4. – С. 17–23.
12. Богоявленский А.А., Боков А.Е. Метрологическая аттестация методики измерения поля температур газов за турбиной при испытаниях двигателей РУ-19А-300 после ремонта. – Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2014. – № 4 (№ 315). – С. 86–93.
13. Богоявленский А.А., Боков А.Е. Измерения температуры газов за турбиной при испытаниях авиадвигателей после ремонта. – Мир измерений. – 2014. – № 11. – С. 7–14.
14. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости // Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 07.02.2018 г. № 256.
15. ГОСТ 8.451–81. ГСИ. Счётчики жидкости камерные. Методы и средства поверки. – М.: Издательство стандартов. – 1982. – 17 с.
16. ГОСТ 8.346–2000. ГСИ. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001. – 56 с.
17. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полётов. – Монреаль: ИКАО. – 1-е изд. – 2013-08-23.
18. Богоявленский А.А., Боков А.Е. Постановка задачи разработки методов управления метрологическими рисками негативных ситуаций в авиационной деятельности. – Мир измерений. – 2013. – № 10. – С. 3–7.
19. Богоявленский А.А. Оценка метрологических рисков в системе менеджмента безопасности авиационной деятельности. – Интеллектуальные системы измерений, контроля, управления и диспетчеризации в промышленности: сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. – М.: Компания ИТЕ; МАИ, 2014. – С. 43–47.
3. GOST R 54264–2010. Air transport. The system of maintenance and repair of aircraft. Methods and procedures of antiicing treatment of aircraft. General requirements. – М.: Standartinform. – 2012. – 16 p.
4. Recommendations on antiicing treatment of aircraft / Federal Air Transport Agency of the Ministry of Transport of the Russian Federation, No 03.10-7. – М., 2013. – 65 p.
5. Guidelines for the investigation of aviation events related to aircraft icing / Federal Service for Supervision of Transport of the Ministry of Transport of the Russian Federation, No 8.10-1283. – М., 2006. – 18 p.
6. Davydov N. Antifreeze for Sapsan. Gudok, 2010, 21 Apr.
7. Federal law of 26.06.2008 No 102-FZ “On ensuring the unity of measurements”.
8. GOST R 8.000–2015. The state system of ensuring the unity of measurements. Fundamentals. – М.: Standartinform. – 2015. – 16 p.
9. GOST R 56116–2014. Air transport. Security management system of aviation activities. Metrological risks. Fundamentals. – М.: Standartinform. – 2015. – 10 p.
10. Bogoyavlenskiy A.A. Ensuring the unity of measurements of fuel and oil consumption of power plants in the flight and technical operation of aircraft. Scientific Bulletin of GosNII GA. – 2019, No 25, pp. 7–20.
11. Bogoyavlenskiy A.A. Instrumental control of stock and flow of working fluids in the technical operation of aircraft. Measurements World, 2017, No 4, pp. 17–23.
12. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E. Metrological certification of a technique of measurement of a field of temperatures of gases behind the turbine at tests of engines RU-19A-300 after repair. Scientific Bulletin of GosNII GA, 2014, No 4 (№ 315), pp. 86–93.
13. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E. Measurements of temperature of gases behind the turbine at tests of aircraft engines after repair. Measurements World, 2014, No 1, pp. 7–14.
14. On the approval of the State verification scheme for measuring instruments of mass and volume of liquid in a stream, volume of liquid and capacity at static measurements, mass and volume charges of liquid. The Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of 07.02.2018 No 256.
15. GOST 8.451–81. The state system of ensuring the unity of measurements. Counters of a liquid chamber. Methods and means of verification. – М.: Publishing standards. – 1982. – 17 p.
16. GOST 8.346–2000. The state system of ensuring the unity of measurements. Steel horizontal cylindrical tanks. Calibration methods. – М.: ИПК Standards Publ. – 2001. – 56 p.
17. Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation. Safety management. – Montreal: ICAO. – 1st ed., 23.08.2013.
18. Bogoyavlenskiy A.A., Bokov A.E. Setting the task on the development of methods of the management of metrological risks of accidents in aviation activities. Measurements World, 2013, No 10, pp. 3–7.
19. Bogoyavlenskiy A.A. Assessing metrological risks in a safety management system of aviation operations. Intellectual Systems of Measurement, Monitoring, Control and Dispatching in the Industry: coll. papers of the international sci.-tech. conf. – М.: ITE Company; MAI, 2014, pp. 43–47.

References

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.