

Калибраторы давления АДТС: новое слово в контрольно-поверочной аппаратуре для авиационной промышленности

Альфапаскаль

В статье рассматривается отечественный калибратор давления АДТС, предназначенный для проверки воздушных сигналов аэронавигационных приборов воздушного судна. Описаны его принцип работы и функциональные возможности. Приведены основные метрологические характеристики.

ООО «Альфапаскаль», г. Челябинск

История отечественной авиации — это летопись выдающихся инженерных прорывов, неразрывно вплетенная в судьбу страны. Хотя первые отечественные заводы появились еще до революции, подлинный расцвет отрасли пришелся на советскую эпоху и послевоенные годы.

В 1920-е годы были заложены основы серийного производства, а предвоенное десятилетие стало временем стремительного рывка ради защиты государственных рубежей. Имена Туполева, Ильюшина, Яковлева и Микояна превратились в символы национальной инженерной школы. К закату советской эпохи гражданская авиация СССР стала мировым гигантом: «Аэрофлот» перевозил больше пассажиров, чем любая другая авиакомпания планеты, объединяя огромные пространства от Калининграда до Камчатки.

К 2019 году отрасль достигла исторического максимума за постсоветский период, обслужив более 128 миллионов пассажиров. Однако пандемия COVID-19 и санкционное давление 2022 года сформировали беспрецедентные вызовы: прекращение поставок Boeing и Airbus, отзыв воздушных судов западными лизингодателями и блокировка доступа к импортным комплектующим потребовали экстренной перестройки всей модели функционирования отрасли.

Исторически сложилось так, что за последние 30 лет в страну по им-

порту было завезено большое количество эталонных СИ авиационного назначения лучших мировых брендов. Как правило, это оборудование высокого качества, надежное, обладающее высокими метрологическими характеристиками. Но время идет, в процессе эксплуатации оборудование стареет, количество импортных эталонов уменьшается по естественным причинам, при этом не осуществляется поддержка со стороны производителей и отсутствует должный сервис оставшихся в строю эталонов (в плане обновления ПО, замены вышедших из строя электронных плат, клапанов и т. п.). Из-за политики санкционного давления ввоз в страну новых эталонных СИ прекращен. Остро ощущается нехватка эталонных СИ отечественного производства, способных по своим характеристикам конкурировать с зарубежными аналогами. При этом пе-

речь идет о задачах, решаемых современными авиационными системами, расширился и налагает новые требования по точности и надежности оборудования (в том числе эталонного).

В авиационном приборостроении России создают и выпускают широкий спектр пилотажно-навигационных приборов и систем. Данные устройства измеряют параметры движения летательного аппарата (высоту, скорость, координаты), углы его ориентации в пространстве (курс, крен, тангаж) и т. п. Но мало измерить какой-либо параметр с высокой точностью, его надо корректно преобразовать в другие физические величины, используемые для управления движением летательного аппарата.

В настоящее время отечественная промышленность в рамках импортозамещения осваивает производство современного высокотехнологического



Рис. 1. Калибратор давления АДТС

оборудования. В авиационной отрасли примером может служить выпуск практически полностью импортозамещенных самолетов гражданского назначения, таких как MC-21, SSJ-100, ИЛ-114, оснащенных современной отечественной авионикой, новейшими двигателями ПД-8, ПД-14, ПД-35, военных самолетов различного класса и назначения.

Учитывая наметившуюся в РФ тенденцию к увеличению авиаперевозок и, как следствие, к росту парка воздушных судов, потребность в обслуживании и проверке пилотажно-навигационных комплексов будет только расти. В то же время наметился определенный дефицит эталонных СИ, которые для этого используются. Речь идет о специализированных калибраторах давления или, как их еще называют, «системах проверки воздушных сигналов самолетов». Это обусловлено трудностями при организации поставок данного вида оборудования из-за рубежа, отсутствием должного технического обслуживания и ремонта.

Компания «Альфапаскаль» для решения указанных проблем в авиационной отрасли создала соответствующие калибраторы давления параметров воздушной среды АДТС, которые могут быть использованы при выпуске, обслуживании и проверке аэронавигационных комплексов воздушных судов. Рассмотрим данные эталоны.

АДТС (рис. 1) предназначен для проверки воздушных сигналов аэронавигационных приборов воздушного судна. Является функциональным аналогом D.Marchiori (DMA) ADTS. Математика АДТС соответствует признанным во всем мире эталонам D.Marchiori (DMA) ADTS, Laversab model 6500, GE Druck ADTS 403 и др.

Особенностью калибратора АДТС является то, что в одном корпусе фактически находятся два калибратора. Один генерирует и измеряет давление по каналу статического давления P_s (высота), второй генерирует и измеряет давление по каналу динамического (полного) давления P_t (скорость). Прибор контролирует необходимый темп задания давления в каналах P_s , P_t и осуществляет проверку герметичности линий подачи воздуха в приемниках давления аэронавигационного комплекса ВС. Встроенная система пределов защищает аэронавигационные приборы от перегрузки. Калибра-

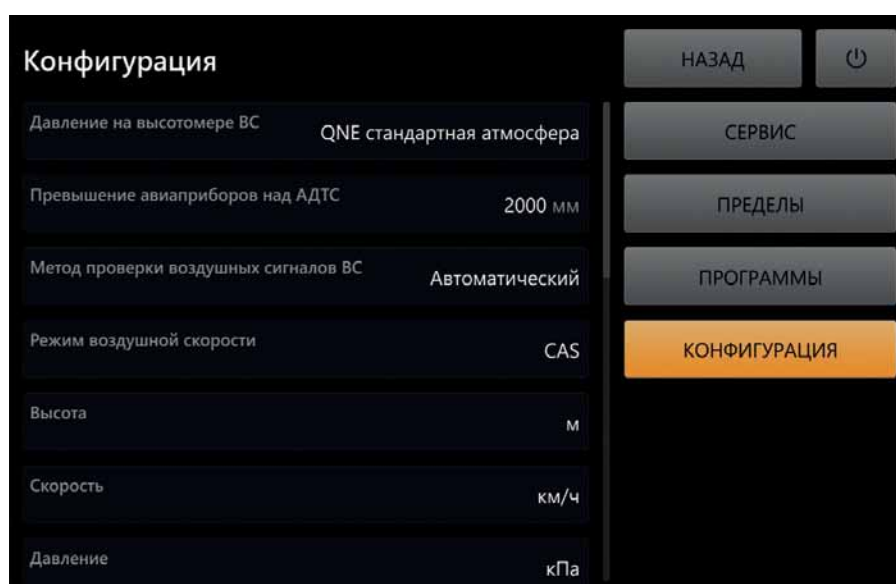


Рис. 2. Выбор основных параметров индикации

тор работает как в единицах давления, так и в аэронавигационных единицах (высоты и скорости полета), способен конвертировать показания в соответствии с режимом индикации QNE, QNH, QFE (рис. 2).

Калибратор учитывает разницу установочной высоты между ним и аэронавигационным комплексом воздушного судна.

Для определения высоты ALT полета воздушного судна (ВС) применяется барометрический метод, основанный на использовании параметров стандартной атмосферы. Атмосферное давление, которое попадает на высотомер ВС через приемник воздушного давления (ПВД), влияет на чувствительную мембрану, запаиваемую в герметичной анероидной коробке. Мем-

брана деформируется, реагируя на изменение давления. Эта реакция через систему кинематических звеньев передается указательной стрелке, которая перемещается на размеченной шкале (рис. 3). Эту шкалу видит в кабине экипаж и по ней определяет показатели высоты. Атмосферное давление на текущей высоте полета ВС измеряется при помощи трубки Пито — Прандтля.

Показания указателя воздушной скорости принято называть приборной (индикаторной) скоростью. На практике используется термин CAS вместо IAS, что означает скорректированное значение IAS (учитывает специфику обтекания потоком воздуха обводов ВС, диапазон углов атаки и т.д.). Для определения скорости CAS полета ВС используется аэродинами-



Рис. 3. Основное меню калибратора давления АДТС

Метрологические характеристики АДТС

Возможные варианты исполнения в зависимости от задач потребителя, диапазонов измерений и воспроизведения статического давления, Ps:

- минимальный диапазон – 0...110 кПа абс (-698,3...28 000 м / -2291,01...91 863,52 фута);
- максимальный диапазон – 0...170 кПа абс (-3435,55...28 000 м / -11 271,33...91 863,52 фута);
- абсолютная погрешность в единицах давления (зависит от диапазона) – 4,5...17 Па;
- абсолютная погрешность в метрах (футах), исходя и включая погрешность расчета параметров стандартной атмосферы (зависит от диапазона):
 - 0...110 кПа абс – 28 000...4865,3 м: $\pm 50... \pm 0,8$ м ($\pm 164,04... \pm 2,62$ фута); 4865,3...0...-698,3 м: $\pm 0,8... \pm 0,83... \pm 0,85$ м ($\pm 2,62... \pm 2,72... \pm 2,79$ фута);
 - 0...170 кПа абс – 28 000...1457,3 м: $\pm 50... \pm 0,8$ м ($\pm 164,04... \pm 2,62$ фута); 1457,3...0...-3435,55 м: $\pm 0,8... \pm 0,83... \pm 0,9$ м ($\pm 2,62... \pm 2,72... \pm 2,95$ фута).

Возможные варианты исполнения в зависимости от задач потребителя, диапазонов измерений и воспроизведения статического давления, Pt:

- минимальный диапазон – 0...200 кПа абс, 0...1268,505 км/ч / 0...788,38 мили/ч;
- максимальный диапазон – 0...400 кПа абс, 0...1898,675 км/ч / 0...1180,03 мили/ч;
- абсолютная погрешность в единицах давления (зависит от диапазона) – 10...42 Па;
- абсолютная погрешность в единицах скорости, исходя и включая погрешность расчета параметров стандартной атмосферы (зависит от диапазона):
 - 0 км/ч: $\pm 20,5$ км/ч;
 - 500 км/ч: $\pm 0,39$ км/ч;
 - 1000 км/ч: $\pm 0,155$ км/ч;
 - 1898,675 км/ч: $\pm 0,084$ км/ч.

ческий метод измерения воздушной скорости, который основан на измерении давления встречного потока воздуха — скоростного напора Qc.

Скоростной напор функционально связывает скорость движения тела и плотность среды, в которой тело движется, то есть, измерив скоростной напор и зная плотность воздуха на данной высоте, можно рассчитать CAS. Скоростной напор определяется как разница между измеренным давлением полного торможения и статическим давлением ($Q_c = P_t - P_s$). Скоростной напор можно измерить при помощи трубки Пито — Прандтля.

Таким образом, для определения высоты (ALT) и скорости полета (CAS) воздушного судна необходимо знать два параметра:

- ▶ Ps: статическое давление, измеренное ПВД ВС;
- ▶ Pt: давление в точке полного торможения, измеренное ПВД ВС.

Именно эти два параметра лежат в основе функциональности калибратора давления АДТС для проверки воздушных сигналов ВС. Калибратор создает на соответствующих выходах рассчитанные эталонные значения Ps

и Pt, соответствующие высоте ALT и скорости CAS полета ВС (с учетом поправки на разницу высот между АДТС и аэронавигационным комплексом ВС).

Сравнивая показания эталонных значений ALT и CAS калибратора и авиационных приборов ВС, можно сделать вывод об исправности и метрологической точности последних. Математическое обеспечение калибратора АДТС позволяет на основе известных значений Ps, Pt рассчитывать скоростной напор Qc, высоту ALT, скорость CAS, число М и, наоборот, на основе введенных значений высоты ALT и скорости CAS (либо числа Маха) рассчитывать значения Ps, Pt. Результаты вычислений АДТС хорошо согласуются с зарубежными аналогами.

Ключевые особенности АДТС:

- ▶ полнофункциональность: комплекс обеспечивает проведение полного цикла испытаний, калибровки и тестовых процедур для всей номенклатуры пилотажно-навигационных приборов и систем;

- ▶ высокая точность: метрологические характеристики комплекса соответствуют лучшим мировым аналогам

и превосходят их по ряду ключевых параметров;

- ▶ гарантированная надежность: продуманная архитектура и отказоустойчивая конструкция гарантируют стабильную работу оборудования на протяжении всего срока службы;

- ▶ эргономика и безопасность: интуитивно понятный русскоязычный интерфейс делает управление системой простым и безопасным, минимизируя риск ошибки оператора;

- ▶ адаптивность: гибкая программно-аппаратная платформа позволяет настраивать АДТС под нестандартные задачи и уникальные требования заказчика;

- ▶ доступность: отечественные разработки и производство позволяют обеспечить доступную стоимость и оперативность технического обслуживания.

ООО «Альфапаскаль», г. Челябинск,
тел.: +7 (351) 725-7450,
эл. почта: info@alfapascal.ru,
сайт: www.alfapascal.ru

Иллюстрации предоставлены
ООО «Альфапаскаль»