

Конкурсная работа в номинации: «За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКР года)» ежегодной премии «Авиастроитель года» по итогам 2022 г.

Разработанный измеритель воздушных данных многофункциональный ИВДМ-2 объединяет 4 устройства в одном (устройства восприятия, измерения, вычисления, а также управления обогревом), что позволяет автономно обеспечивать комплекс бортового оборудования объекта информацией о высотно-скоростных параметрах.

Объект применения – система измерения воздушных данных СИВД-44 для турбовинтового регионального самолета.

Для этого ИВДМ-2 выполняет следующие функции:

- измерение двух давлений, воспринимаемых собственным ПВД: местного полного давления, местного статического давления;
- восприятие и измерение местного аэродинамического угла;
- вычисление температуры торможения воздуха по сигналам от встроенного датчика температуры;
- обеспечение электропитанием БСКТ внешнего датчика аэродинамических углов;
- приём цифровой информации и разовых команд, поступающих от сопряженных систем;
- вычисление и выдача в бортовые системы высотно-скоростных параметров, угла атаки, угла скольжения (при получении информации от внешнего датчика аэродинамических углов), температуры наружного воздуха и температуры торможения;
- проверку собственной работоспособности и выдачу результата контроля;
- управление встроенным обогревом приемника, а также выдача РК для управления работой обогрева внешних блоков;
- приём и обработку команд запуска режима «Расширенный контроль» от комплекса бортового оборудования, а также формирование и выдачу информации о состоянии системы, результатах встроенного контроля.
- загрузка программного обеспечения (ПО) в технологическом режиме.



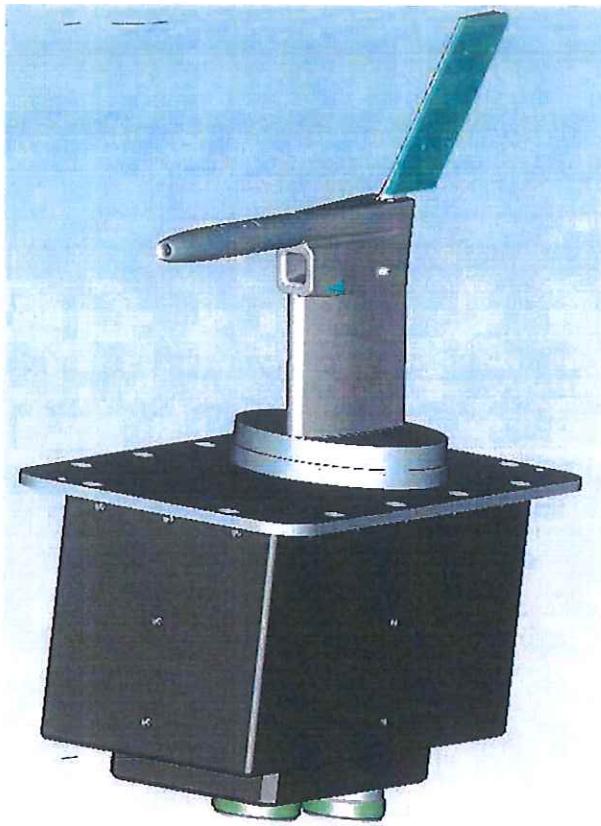


Рисунок 1 – Внешний вид измерителя ИВДМ-2

Основные технические характеристики

Измеритель обеспечивает прием информации по 6 КЛС в виде последовательного 32-разрядного кода с характеристиками сигналов по ГОСТ 18977-79, РТМ 1495-75 с изменением 3.

Измеритель обеспечивает прием не менее 12 дискретных сигналов в виде разовых команд (РК) второго типа с характеристиками по ГОСТ 18977-79

Измеритель обеспечивает прием и обработку сигналов от двух внешних синусно-косинусных вращающихся трансформаторов типа БКСТ-450 (или аналогичных им по характеристикам).

Измеритель обеспечивает вычисление и выдачу в цифровом коде параметров, перечень которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень и характеристики выходных параметров

| Наименование сигнала, единицы измерения | Диапазон измерения | Погрешность | Область/точка действия погрешности ¹⁾ |
|--|---|--------------------|--|
| 1 Высота барометрическая абсолютная (приведенная к давлению 1013,25 гПа) НАВС, м (фут) | От минус 500 до 15240 (от минус 1650 до 50000) | ± 5,0 (± 15,0) | От минус 500 до 0 (от минус 1650 до 0) |
| | | ± 6,0 (± 20,0) | 3048 (10000) |
| | | ± 12,0 (± 40,0) | 9144 (30000) |
| | | ± 24,5 (± 80,0) | 15240 (50000) |
| | | | |
| 2 Высота барометрическая относительная 1 (QNH) НОТН1, | От минус 500 до 15240 | ± 6,0 (± 20,0) | От 0 до 3048 (от 0 до 10000) |

| Наименование сигнала, единицы измерения | Диапазон измерения | Погреш- ность | Область/точка действия погрешности ¹⁾ |
|---|---|----------------------------|---|
| м (фут) | (от минус 1650 до 50000) | $\pm 12,0$ $(\pm 40,0)$ | 9144 (30000) |
| | | $\pm 24,5$ $(\pm 80,0)$ | 15240 (50000) |
| 3 Высота барометрическая относительная 2 (QFE) HOTN2, м (фут) | От минус 500 до 15240 (от минус 1650 до 50000) | $\pm 6,0$ $(\pm 20,0)$ | От 0 до 3048 (от 0 до 10000) |
| | | $\pm 12,0$ $(\pm 40,0)$ | 9144 (30000) |
| | | $\pm 24,5$ $(\pm 80,0)$ | 15240 (50000) |
| 4 Вертикальная барометрическая скорость VYB, м/с (фут/с) | От минус 50 до 50 (от минус 9842,52 до 9842,52) | $\pm(0,5+0,02 V_{уб})$ | Во всем диапазоне |
| 5 Приборная скорость CAS, км/ч (узлы) | От 50 до 850 (от 30 до 459,0) | $\pm 9,0$ $(\pm 4,86)$ | 110 (60) |
| | | $\pm 4,0$ $(\pm 2,16)$ | 185 (100) |
| | | $\pm 2,5$ $(\pm 1,35)$ | 555 (300) |
| | | $\pm 2,0$ $(\pm 1,08)$ | 850 (459) |
| 6 Истинная воздушная скорость TAS, км/ч (узлы) | От 50 до 1100 (от 30 до 600,0) | $\pm 10,0$ $(\pm 5,4)$ | 110 (60) |
| | | $\pm 5,0$ $(2,7)$ | 185 (100) |
| | | $\pm 3,5$ $(\pm 1,89)$ | 555 (300) |
| | | $\pm 3,0$ $(\pm 1,62)$ | 850 (459) |
| 7 Число Маха (истинное) M_T, ед. числа M | От 0,1 до 1 | $\pm 0,015$ | M = 0,1 |
| | | $\pm 0,005$ | M = 0,6 |
| | | $\pm 0,004$ | M = 0,7 при 6100 м < Набс < 12200 м |
| | | $\pm 0,003$ | M = 0,8 и выше при 7625 м < Набс < 15240 м |
| 8 Максимально допустимая эксплуатационная скорость V_MO, км/ч (узлы) | От 280 до 850 (от 150 до 459,0) | $\pm 1,0$ | Во всем диапазоне |
| 9 Максимально допустимое число Маха M_MO, ед. числа M | От 0,1 до 1 | $\pm 0,005$ | Во всем диапазоне |
| 10 Температура наружного воздуха TAT, °C | От минус 60 до 60 | $\pm 2,0$ | Во всем диапазоне |
| 11 Температура торможения SAT, °C | От минус 60 до 99 | $\pm 1,0$ | Во всем диапазоне |
| 12 Динамическое давление Pd_T, гПа (мм рт.ст.) | От 0 до 440 (от 0 до 330,03) | $\pm 1,6$ | Во всем диапазоне |

| Наименование сигнала, единицы измерения | Диапазон измерения | Погрешность | Область/точка действия погрешности ¹⁾ |
|---|--|-------------|--|
| 13 Полное давление Pp_T, гПа (мм рт.ст.) | От 115,5 до 1515,0 (от 86,646 до 1136,5) | ± 0,8 | Во всем диапазоне |
| 14 Статическое давление, Pc_T, гПа (мм рт.ст.) | От 115,0 до 1075,0 (от 86,646 до 806,45) | ± 0,8 | Во всем диапазоне |
| 15 Барокоррекция №1.1 (QNH), гПа | От 576 до 1075 | ±0,1 | Во всем диапазоне |
| 16 Барокоррекция №1.2 (QNH), мм рт.ст. | От 432,1 до 806,5 | ±0,1 | Во всем диапазоне |
| 17 Барокоррекция №2.1 (QFE), гПа | От 576 до 1075 | ±0,1 | Во всем диапазоне |
| 18 Барокоррекция №2.2 (QFE), мм рт.ст. | От 432,1 до 806,5 | ±0,1 | Во всем диапазоне |
| 19 Истинный угол атаки AOA_T ²⁾ , градус | От минус 25 до 25 | ± 0,25 | Во всем диапазоне |
| 20 Истинный угол скольжения ²⁾ AOS_T, градус | От минус 15 до 15 | ± 0,5 | Во всем диапазоне |

¹⁾ Погрешности обеспечиваются при НКУ. При крайних значениях воздействующих факторов допускается увеличение погрешности в 1,5 раза. Допустимые погрешности на промежуточных значениях параметров определяются по линейному закону.

²⁾ Истинные углы атаки и скольжения выдаются при наличии информации от внешнего датчика аэродинамических углов (ДАУ).

Измеритель обеспечивает выдачу выходных параметров по четырем независимым КЛС в виде биполярного последовательного 32-разрядного кода с характеристиками сигналов по ГОСТ 18977-79, РТМ 1495-75 с изменением 3

Измеритель обеспечивает выдачу одного дискретного сигнала в виде РК первого типа с характеристиками по ГОСТ 18977-79.

Электропитание измерителя осуществляется от двух независимых каналов первичной системы электроснабжения (СЭС) постоянного тока с номинальным напряжением +28 В с качеством электропитания, соответствующим требованиям КТ-160Г/ДО-160Г/ЕД-14 для оборудования категории Z и ГОСТ Р 54073-2017 к приемникам электроэнергии первой категории.

Потребляемая мощность измерителя при номинальном напряжении системы электроснабжения 28 В:

- по цепям питания, не более 18 Вт;
- по цепям обогрева, не более 900 (1200) Вт.

Масса измерителя ИВДМ-2 составляет не более 7,0 кг (без монтажных частей и ответных частей соединителей).

По внешним воздействующим факторам ИВДМ-2 соответствует требованиям КТ-160Г/14Г.

Разработка программного обеспечения ИВДМ-2 выполняется в соответствии с требованиями КТ-178С.

Конструирование аппаратуры ИВДМ-2 выполняется в соответствии с требованиями КТ-254.

Принцип работы.

ИВДМ-2 представляет собой моноблок, состоящий из конструктивно объединенных приемника воздушных давлений, датчика температуры торможения, флюгера и корпуса вычислителя.

Внутри корпуса вычислителя расположены:

- модуль питания МП-121;
- модуль преобразования сигналов МПС-32;
- датчики угла ДУ-2, ДУ-2-1;
- устройство датчиков давления (УД);
- модуль контроля обогрева МКО-4;
- модуль процессора и обработки сигналов МПОС-16 (вычислитель А);
- модуль процессора и обработки сигналов МПОС-15 (вычислитель Б);
- плата мезонинная для МПОС-15;
- устройство коммутации.

На корпусе имеются три электрических разъема для подключения электропитания, входных и выходных кодовых линий связи (КЛС) и сервисного обслуживания ИВДМ-2.

Модуль процессора и обработки сигналов МПОС-15 и модуль процессора и обработки сигналов МПОС-16 предназначены для реализации следующих функций:

- прием и обработка аналоговых сигналов;
- электропитание датчика температуры, прием и преобразование в цифровой код активного сопротивления датчика температуры;
- прием и выдача дискретных сигналов;
- выполнение заданных алгоритмов вычисления;
- прием и выдача информации по КЛС в соответствии с требованиями ARINC 429;
- обмен информацией по каналам SPI, RS-422 (межмодульный обмен);
- обмен информацией по каналу RS-232 (технологический интерфейс);
- обмен информацией по каналу I2C.

Модуль питания МП-121 предназначен для преобразования напряжения бортовой сети постоянного тока 28 В во вторичные напряжения питания (+3,3 В, +5 В, ±15 В, ±24 В), необходимых для работы электронных устройств ИВДМ-2, также реализована защита цепей питания от переходных процессов, вызванных молнией.

Модуль контроля и обогрева МКО-4 предназначен для коммутации и контроля исправности цепей электропитания обогрева ПВД, флюгера, и датчика температуры торможения.

Модуль преобразования сигналов МПС-32 предназначен для запитки двух врачающихся синусно-косинусных трансформаторов (СКТ), и преобразования сигналов с них в цифровой код и выдачу их по последовательнойшине SPI.

Датчики угла ДУ-2, ДУ-2-1 предназначены для преобразования угла поворота флюгера в цифровой код и выдачу их по последовательнойшине SPI.

Устройство датчиков предназначено для преобразования давлений, воспринимаемых приемником ПВД, в электрические сигналы. Индивидуальные градуировочные характеристики, полученные в результате градуировки датчиков по давлению и температуре, хранятся в отдельном энергонезависимом ПЗУ, доступ к которому имеют оба вычислительных канала.

Приемник ПВД совмещенный с датчиком Тт и датчиком аэродинамического угла предназначен для восприятия статического Рст и полного Рп давлений, температуры



торможения набегающего потока воздуха и преобразование его в оммическое сопротивление, восприятие углового положения флюгера от набегающего потока.

Устройство коммутации с элементами защиты сигнальных цепей предназначена для соединения всех входящих в состав ИВДМ-2 модулей, а также защиты от импульсов напряжения, помех и переходных процессов, вызванных молнией возникающих во входных, выходных КЛС и дискретных сигналов в виде разовых команд.

Преимущества указанного изделия:

- 1) совмещение в одном изделии функций восприятия, преобразования, вычисления и выдачи полного набора высотно-скоростных параметров, позволяет сократить количество изделий в системе.
- 2) реализация функции автоматического управления обогревом повышает безопасность полетов
- 3) расположение и количество цепей обогрева выбрано исходя из оптимального распределения тепла по приемной части, что позволяет выполнить требования по устойчивости к обледенению в соответствии с АП-25.
- 4) объединение приемника воздушных давлений и преобразователей давления в одном корпусе позволяет исключить на борту использование пневмотрактов, что упрощает эксплуатацию изделия, а также повышает быстродействие реакции блока на измеряемые им давления.
- 5) большая автономность по сравнению с импортными аналогами за счет применения совмещенного приемника воздушных давлений (изделие МРР, применяемое на самолете A350 воспринимает только полное давление и требует установки двух дополнительных датчиков статического давления).
- 6) реализация функций с учетом мер архитектурного ослабления, обеспечивающих уровень гарантии проектирования FDAL «A», применяемый для устройств, имеющих степень опасности отказных состояний – катастрофическая.

Объем выполненной работы за 2022 год

Проведены работы по разработке архитектуры измерителя воздушных данных многофункционального ИВДМ-2 (разработана структурная схема до входящих модулей и функциональных узлов, оценена достаточность архитектурного ослабления обеспечения независимости устройств и разнородности сложных покупных компонентов).

Разработана рабочая конструкторская документация (РКД) и эксплуатационная документация (ЭД) на ИВДМ-2. Разработана РКД на модули входящие в состав ИВДМ-2: модуль процессора и обработки сигналов (МПОС-15, вычислитель А), модуль процессора и обработки сигналов (МПОС-16, вычислитель Б), устройство коммутации с элементами защиты сигнальных цепей, модуль контроля обогрева (МКО-4), устройство датчиков давления (УД), датчики угла (ДУ-2), модуль преобразования сигналов (МПС-32), модуль питания (МП-121). Разработаны алгоритмы расчета высотно-скоростных параметров. Начаты подготовительные работы для проведения предварительных испытаний ИВДМ-2.

Изготовлен макет приемной части изделия. Изготовлен макет флюгера с керамическим пластичным нагревателем. Оценена эффективность работы обогрева флюгера, на всех возможных режимах полета в условии обледенения, а также подтверждена устойчивость к возникновению автоколебаний (см. рисунок 2). Исследована работа приемника воздушного давления в условиях дождя, подтверждена эффективность работы дренажа в части отвода влаги



(см. рисунок 3). Исследовано восприятие температуры торможения и достоверность полученных значений.

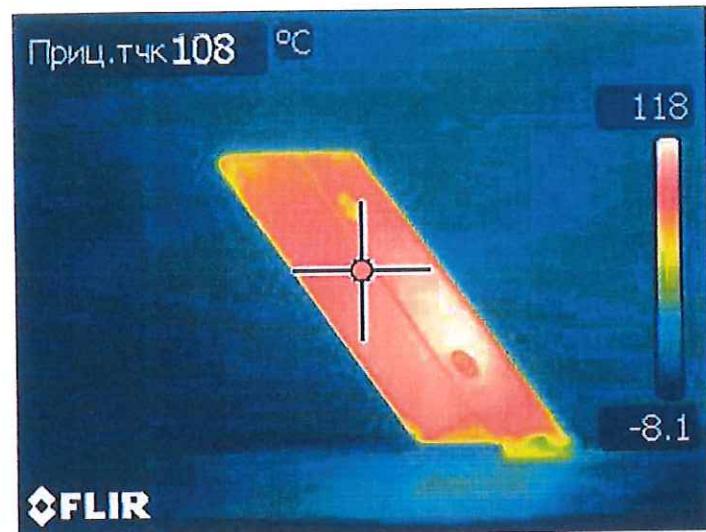


Рисунок 2 – Рассеивание тепла по поверхности флюгера ИВДМ-2



Рисунок 3 – Работа ИВДМ-2 в условиях дождя

Просим размещать информацию об изделии ИВДМ-2 в средствах массовой информации только по согласованию с АО «УКБП».



ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

К конкурсной работе в номинации:
«За успехи в разработке авиационной техники и компонентов (ОКР года)»

Ежегодной премии «Авиастроитель года» по итогам 2022 г.

Главный конструктор направления
«Аэрометрические и инерциальные
системы»

Начальник НИО-21

Начальник НИО-24

Начальник ТКБ-211

Начальник ТКБ-213

Начальник ТКБ-243

Ведущий инженер-конструктор

Ведущий инженер-исследователь

Инженер-исследователь

Инженер-исследователь 2 категории

В.А. Павлинов

Д.Н. Крылов

А.М. Музыкантов

А.А. Задорожний

А.В. Ключников

А.А. Павловский

Д.С. Алексанин

О.П. Мерс

К.И. Крошнев

Н.А. Деревенский

