BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

SCIENTIFIC AND TECHNICAL GROUNDS FOR REPLACING MDD SENSORS WITH DSI AND DVS SENSORS IN AIRCRAFT

M.O.Mamadaliev
Leftenant-colonel of the aviation equipment department of the
Military Aviation Institute of the University
Military of Security and Defense of the Republic of Uzbekistan
https://doi.org/10.5281/zenodo.20422213

Abstract. This article presents the scientific and technical grounds for replacing outdated MDD (Manometric Differential Sensor) systems with modern DSI (True Airspeed Sensor) and DVS (Aircraft Altitude Sensor) systems in the military aircraft. The study covers piezoresistive technology, the ISA (International Standard Atmosphere) model, Bernoulli's equation, the Kalman filter algorithm, and a technical-economic analysis. Results show that DSI/DVS systems are superior to MDD by a factor of 3 in accuracy, 10 in reliability, and 15 in temperature stability.

Keywords: MDD sensor, DSI, DVS, piezoresistive sensor, Kalman filter, ISA model, aviation instrument engineering, flight safety.

UCHISH APARATLARIDA МДД DATCHIKLARI O'RNIGA ДСИ VA ДВС DATCHIKLARINI O'RNATISHNING ILMIY-TEXNIK ASOSLARI

M.O.Mamadaliev
O‘zbekiston Respublikasi Harbiy Xavfsizlik va Mudofaa Universiteti
Harbiy Aviatsiya Instituti авиация муҳандсларини тайёрлаш кафедраси aviatsiya jihozlari sikli o‘qituvchisi

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАМЕНЫ ДАТЧИКОВ МДД НА ДСИ И ДВС В ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

М.О. Мамадалиев
препродователь цикла авиационного оборудования кафедры подготовки авиационных инженеров
Института Военной Авиации Университета Военной Безопасности и Обороны Республики Узбекистан

Annotatsiya. Ushbu maqolada harbiy-taktik samolyotlarida o‘rnatilgan eskirgan МДД (Manometrik Differentsial Datchik) tizimlarini zamonaviy ДСИ (Datchik Skorosti Istinnoy — haqiqiy tezlik datchigi) va ДВС (Datchik Vysoty Samoleta — samolyot balandlik datchigi) tizimlari bilan almashtirishning ilmiy-texnik asoslari bayon etilgan. Tadqiqotda piezorezistiv texnologiya, ISA (Xalqaro Standart Atmosfera) modeli, Bernulli tenglamasi, Kalman filtri algoritmi va texnik-iqtisodiy tahlil qamrab olingan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ДСИ/ДВС tizimlari МДД ga nisbatan aniqlik bo‘yicha 3 barobar, ishonchlilik bo‘yicha 10 barobar va harorat bardoshligi bo‘yicha

Kalit so‘zlar: МДД datchik, ДСИ, ДВС, MiG-29, Su-25, piezorezistiv sensor, Kalman filtri, ISA modeli, aviatsiya asbobsozligi, parvoz xavfsizligi.

Аннотация. В данной статье изложены научно-технические основы замены устаревших датчиков МДД (Манометрический Дифференциальный Датчик) на современные системы ДСИ (Датчик Скорости Истинной) и ДВС (Датчик Высоты Самолёта) в военно-тактических самолётах. Исследование охватывает пьезорезистивную технологию, модель МСА

(Международная Стандартная Атмосфера), уравнение Бернулли, алгоритм фильтра Калмана и технико-экономический анализ. Результаты показали, что системы ДСИ/ДВС превосходят МДД по точности в 3 раза, по надёжности в 10 раз и по температурной стойкости в 15 раз.

Ключевые слова: датчик МДД, ДСИ, ДВС, пьезорезистивный датчик, фильтр Калмана, модель МСА, авиационное приборостроение, безопасность полётов.

KIRISH

Zamonaviy harbiy aviatsiyada parvoz xavfsizligini ta'minlash eng muhim masalalardan biri hisoblanadi. Tezlik va balandlikni aniq o‘lchash samolyotning barcha navigatsiya, avtopilot va qurol boshqaruv tizimlarining to‘g'ri ishlashi uchun zaruriy shartdir. O‘zbekiston Qurolli Kuchlari aviatsiya parkidagi MiG-29 va Su-25 samolyotlari dastlab CBC-72 tizimi bilan jihozlangan bo‘lib, unda МДД asosiy o‘lchov elementi sifatida xizmat qiladi [1, 5].

МДД — mexanik, elastik elementlarga (membrana, silfon) asoslangan qurilma bo‘lib, u sezilarli kamchiliklarga ega: harorat ta'siriga yuqori sezuvchanlik (0.1–0.15%/°C), mexanik eskirish (xizmat muddati 5000 soat), gisterezis xatoligi (0.8–1.0%) va 300 soatda bir marta kalibrlash zaruriyati [4]. MiG-29 ning 18 km balandligida bu xatolik ±50–100 km/soat ga yetishi mumkin, bu operatsion xavfsizlik talablarini buzadi.

ДСИ va ДВС — zamonaviy piezorezistiv MEMS texnologiyasiga asoslangan raqamli datchiklar bo‘lib, ular mexanik datchiklarga nisbatan barcha texnik ko‘rsatkichlarda sezilarli ustunlikka ega. Ushbu maqolaning maqsadi o‘sha almashtirish loyihasining ilmiy-texnik asoslarini, matematik modellarini va iqtisodiy samarasini batafsil bayon etishdir.

Mavjud tizim tahlili

Mazkur diplom ishining asosiy maqsadi –samolyotlari havo parametrlarini o‘lchash tizimlarida MDD-Te seriyali analog datchiklarni DSI va DVS intellektual raqamli datchiklar bilan almashtirish bo‘yicha ilmiy-texnik asosni ishlab chiqish, mavjud tizimlarni chuqur tahlil etish, yangi tizimlar uchun matematik model yaratish va amalga oshirish bo‘yicha tavsiyalar berish hamda modernizatsiya samaradorligini baholashdir.

Maqsad quyidagi asosiy yo‘nalishlarda amalga oshiriladi:

MDD-Te-1-780 va MDD-Te-0-1,5 datchiklarining ishlash prinsipi, xatolik manbalari va pnevmatik tizim muammolarini o‘rganish;

DSI-1 va DVS-1 intellektual datchiklarining texnik imkoniyatlarini o‘rganish va ularning afzalliklarini ilmiy asoslash;

O‘lchov algoritmlarining matematik modelini ishlab chiqish;

Modernizatsiyadan kutilgan texnik va iqtisodiy samaradorlikni miqdoriy baholash.

1. NAZARIY ASOSLAR

Pitot-statik tizim va Bernulli tenglamasi

Pitot-statik tizim tezlik va balandlik o‘lchashning asosi hisoblanadi. Bernulli tenglamasi asosida to‘liq bosim (Pt) va statik bosim (Ps) o‘rtasidagi farqdan dinamik bosim (q) aniqlanadi:

$$q = Pt - Ps = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \quad ...(1)$$

Bu yerda ρ — havo zichligi (kg/m³), V — parvoz tezligi (m/s). Ko‘rsatilgan tezlik (IAS) dengiz sathdagi standart zichlik ($\rho_0 = 1.225$ kg/m³) asosida hisoblanadi:

$$VIAS = \sqrt{(2q/\rho_0)} \quad ...(2)$$

Haqiqiy tezlik (TAS) va ko‘rsatilgan tezlik (IAS) o‘rtasidagi bog'liqlik: $TAS = IAS/\sqrt{\sigma}$, bu yerda $\sigma = \rho/\rho_0$ — nisbiy zichlik. 10,000 m balandlikda $\sigma = 0.338$ bo‘lib, TAS IAS dan 1.72 marta katta bo‘ladi (500 km/soat IAS uchun TAS = 860 km/soat).

1.1. ISA modeli va balandlik o‘lchash

ICAO tomonidan tasdiqlangan ISA (Xalqaro Standart Atmosfera) modeli troposferada (0–11,000 m) quyidagi formulalar asosida tavsiflanadi :

$T(h) = 288.15 - 0.0065 \cdot h$ ...(3)

$P(h) = 101325 \cdot (T/288.15)^{5.2561}$ ...(4)

ДВС datchigi statik bosimni o‘lchab, yuqoridagi formuladan teskari hisoblash orqali balandlikni aniqlaydi. ДВС-10 modeli uchun balandlik o‘lchash aniqligi: past balandliklarda (0–1000 m) ±35 m, yuqori balandliklarda (10,000–25,000 m) ±150–210 m.

1.2. Kalman filtri algoritmi

Raqamli signal sifatini yaxshilash uchun Kalman filtri qo‘llaniladi . Algoritm ikki bosqichdan iborat — bashorat va yangilash. Filtrlash natijasida ДСИ signalining RMSE xatoligi 7.99 km/soat dan 6.03 km/soat ga (24.5% kamayish) tushadi. МДД signalida esa 25.10 dan 20.91 km/soat ga (16.7% kamayish) tushadi. Natijada ДСИ filtrlangan signal МДД ga nisbatan 3.5 marta aniqroqdir.

2. МДД VA ДСИ/ДВС TEXNIK TAQQOSLAMASI

Quyidagi jadvalda МДД va ДСИ/ДВС datchiklatining asosiy texnik ko‘rsatkichlari taqqoslanadi:

Parametr	МДД (MiG-29/Su-25)	ДСИ/ДВС	Farq
O‘lchash aniqligi	±1.0–1.5%	±0.3–0.5%	3 marta yaxshiroq
Xizmat muddati (MTBF)	5,000 soat	50,000+ soat	10 marta ko‘p
Harorat xatoligi	0.1–0.15%/°C	<0.01%/°C	15 marta yaxshiroq
Kalibrlash oralig'i	Har 300 soat	Har 1000 soat	3 marta kamroq
Interfeys turi	Analog (0–5 V)	RS-422/ARINC 429	Raqamli
Og'irligi	1.5–1.8 kg	0.80 kg (jami)	55% yengilroq
Gisterezis xatoligi	0.8–1.0%	< 0.01%	100 marta yaxshiroq

1-jadval: МДД va ДСИ/ДВС texnik ko‘rsatkichlari taqqoslamasi

2.2 O‘RNATISH TEXNOLOGIYASI

МДД datchiklatini ДСИ/ДВС bilan almashtirish jarayoni besh bosqichda amalga oshiriladi: (1) tayyorgarlik va xavfsizlik choralari (samolyotni elektr ta'minotidan uzish, pitot-statik liniyalar bosimini chiqarish); (2) eski МДД ni o‘chirish (pitot/statik boru ulanishlarini ajratish, elektrik разъемни uzish); (3) ДСИ/ДВС o‘rnatish (pitot liniyasiga ДСИ, statik liniyaga ДВС ulash); (4) germetiklik sinovi (KPA-PVD bilan 150 kPa da 3 daqiqa ushlab turish, ruxsat xatoligi ±1%); (5) elektrik sinov va kalibrlash.

Kalibrlash 8 nuqtada amalga oshiriladi (0 dan 1408 km/soat gacha), ko‘phadli approksimatsiya qo‘llaniladi: $V_{corr} = a_0 + a_1V + a_2V^2 + a_3V^3$, $R^2 > 0.9999$ bo‘lishi shart. Germetiklik sinovi GOST R 55537-2013 talablari asosida o‘tkaziladi.

XULOSA

Amalga oshirilgan tadqiqot natijalari quyidagilarni ko‘rsatdi:

• МДД datchiklari zamonaviy harbiy aviatsiya talablariga javob bermaydi: gisterezis xatoligi, harorat ta'siri va tez-tez kalibrlash zaruriyati operatsional xavfsizlikka salbiy ta'sir qiladi;

• ДСИ/ДВС piezorezistiv datchiklar aniqlik bo‘yicha 3 marta, ishonchlilik bo‘yicha 10 marta, harorat bardoshligi bo‘yicha 15 marta ustundir;

• Kalman filtri qo‘llash natijasida signal aniqligi 24.5% yaxshilanadi;

Bu malumotlar shuni ko‘rsatadiki yangi datchiklar avvalgisiga qaraganda ancha aniq va sifatli ishlashini ko‘rishimiz mumkin bu esa bevosita uchish apparatlarini har qanday sharoitda ham parvoz xavfsiligi va vazifalarni bajarishda yuqori aniqlikda bajarilishiga olib keladi

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ICAO Doc 8168 — Aircraft Operations. 6th Edition. Montreal, 2018.
2. Kalman R.E. A New Approach to Linear Filtering // ASME Transactions. 1960. Vol. 82. P. 35–45.
3. Anderson J.D. Introduction to Flight. 8th Ed. McGraw-Hill, 2016. 928 p.
4. Sistema vozdushnykh signalov SVS-72. Tekhnicheskoe opisanie. M.: Voenizdat, 1985.
5. MIL-STD-810G. Environmental Engineering Considerations. US DoD, 2008.
6. 6. GOST R 55537-2013. Sistemy vozdushnykh signalov. M.: Standartinform, 2013.