

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМий ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМий КЕНГАШ

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЗАКИРОВ РУСЛАН ГИЛЬМУЛЛАЕВИЧ

ҲАВО КЕМАСИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ МАСОФАДАН НАЗОРАТ
ҚИЛИШ ТИЗИМИНИ ЯРАТИШ

05.03.01-“Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари” (техника фанлари)

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БУЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент- 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Закиров Руслан Гильмуллаевич

Ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимини яратиш.....3

Закиров Руслан Гильмуллаевич

Создание системы дистанционного контроля параметров воздушного судна.....21

Ruslan Zakirov

Development of aircraft parameters remote control system.....39

Эълон қилинган ишлар руйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.Т.03.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

ЗАКИРОВ РУСЛАН ГИЛЬМУЛЛАЕВИЧ

**ҲАВО КЕМАСИ ПАРАМЕТРЛАРИНИ МАСОФАДАН НАЗОРАТ
ҚИЛИШ ТИЗИМИНИ ЯРАТИШ**

05.03.01-“Асбоблар. Ўлчаш ва назорат қилиш усуллари” (техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент- 2019

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2017.2.PhD/T200 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик дииссертацияси Тошкент давлат техника университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Абдукаюмов Абдурашид
техника фанлари доктори , профессор

Расмий оппонентлар:

Сиддиков Илхомжон Хакимович
техника фанлари доктори, профессор

Назаров Хайриддин Нуритдинович
техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент темир йўл муҳандислари институти

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.03.02 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил «__» ____ соат __ даги мажлисида бўлиб ўтади. Манзил : 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (____рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100095, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 2-уй. Тел.: (99871) 246-03-41.

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ да тарқатилди.
(2019 йил «__» _____ даги _____ - рақамли реестр баённомаси)

Н.Р. Юсупбеков
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
т.ф.д, профессор, академик

У.Ф. Мамиров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

Х.З.Игамбердиев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д, профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда ҳозирги давр авиация техникасидан фойдаланиш ривожининг истиқболли йўналишларидан бири ҳаво кемаси (ҲК) параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимларини ишлаб чиқиш ҳисобланади. Бу парвозлар узлуксизлигини таъминлаш ва транзит техник хизмат кўрсатиш вақтини қисқартириш бўйича ортиб бораётган талаблар туфайли вужудга келган. Жумладан, сўнги вақтларда даврий техник хизмат кўрсатишдан кўра ҳар бир рейсдан сўнг маълумотларни таҳлил қилишни талаб қиладиган ҳаво кемаси ҳолатини узлуксиз мониторинг қилиш усулига ўтишга интилиш кузатилмоқда. Шу сабабли, маълумотларни бортдаги ёзиб олувчи қурилмалардан ердаги таҳлилий марказларга масофадан туриб узатиш зарурати пайдо бўлмоқда.

Жаҳонда масофадан туриб ҳаво кемаси параметрларини назорат ва диагностика қилиш тизимларини қуриш восита ва усулларини яратиш, шунингдек, уларнинг фаолият алгоритмлари, ҳимояланганлиги ҳамда мазкур тизимларда маълумот узатишларнинг халақитбардошлигини ошириш усулларини ишлаб чиқиш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу сабабли тадқиқот ишлари ўтказиш ва аэропорт ҳудудида техник жиҳатдан қўллаш имконияти мавжуд ва иқтисодий жиҳатдан самарали бўлган ҲК параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини яратиш бўйича таклиф ишлаб чиқиш муҳим масала ҳисобланади.

Ҳозирги кунда Ўзбекистон Республикасида авиация транспорти муҳим рол ўйнайдиган транспорт инфратузилмасини ривожлантиришга катта эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг 2017-2021 йиллар учун истиқболли стратегиясида қуйидаги мақсадлар белгилаб берилган «...транспорт-логистика инфратузилмасини ривожлантириш, тадбиркорликни ривожлантириш ва хорижий инвесторларни жалб қилиш учун...»¹. Ўз навбатида, Ўзбекистон аэропортларида рейслар қатновининг узлуксизлиги ва ўз вақтида амалга оширилиши авиация логистикаси тизимининг асосий белгиларидан ҳисобланади. Шу жиҳатдан, ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилишнинг самарали тизимини яратиш, бундай тизимларда ахборот алмашинувининг халақитбардош усулларини ишлаб чиқиш ўта муҳим масала ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2012 йил 21 мартдаги ПҚ-1730-сон «Замонавий ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш ва янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги, 2018 йил 27 апрелдаги ПҚ-3682-сон «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалий жорий қилиш

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорларихамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги. Диссертация Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларини ривожлантириш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мазкур диссертация мавзуси бўйича, жумладан, SCOPUS маълумотлари базасида ўтказилган илмий-техник таҳлил асосида, Smith M., Sulcs P., Walthall R., Mosher M., Kasprzyński G. муаллифлигидаги «Design and implementation of aircraft system health management (ASHM) utilizing existing data feeds» мавзусида олиб борилган тадқиқот ишлари натижаларини келтириш мумкин бўлиб, унда, масофадан туриб радиоалоқа тармоғи орқали олинган маълумотлар асосида ХК ҳолатини мониторинг қилиш бўйича тадқиқот иши келтирилган. Шунингдек, Испаниянинг Las Palmas de Gran Canaria университетидан J. Perez-Mato, R. Perez-Jimenez, J. Tristancho томонидан амалга оширилган «Optical wireless interface of the ARINC 429 avionics bus: Design and implementation» мавзусидаги тадқиқот ишлари натижаларини келтириш ҳам мумкин бўлиб, унда бортдаги ARINC 429 интерфейси билан очиқ оптик алоқа тармоғини бирлаштириш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган.

Бундай тизимларни тадқиқ этиш, ишлаб чиқиш ва уларни серияли ишлаб чиқариш билан МДХ ҳудудида фақатгина «МОСТКОМ» МЧЖ (Россия) шуғулланмоқда.

Ўзбекистонда диссертация мавзусига энг яқин бўлган очиқ оптик алоқа тизими соҳасидаги тадқиқот ишлари проф. А.В.Каримов раҳбарлигидаги Тошкент физика-техника институтининг олимлари томонидан, Тошкент ахборот технологиялари университетидан эса академик Т.Д. Раджабов раҳбарлигида амалга оширилмоқда.

Мавжуд ишланмаларни таҳлил қилиш асносида шуни таъкидлаш мумкинки, ишлаб чиқилган тизимда ҳаво кемаси ва ерусти станциялари ўртасидаги маълумот алмашувини атмосфера-оптик алоқа тармоғида (АОАТ) амалга ошириш илк бор таклиф этилган бўлиб, бу эса Ўзбекистон Республикасининг электромагнит мувофиқлик Марказидан рухсат олишни талаб этмайди.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент давлат техника университети илмий-тадқиқот ишлари режаларининг ИТД-15-«Саноат, транспорт, қишлоқ ва сув хўжалиги учун рақобатбардош, юқори самарали, илмий ва технологиялар экспортига

йўналтирилган назорат методлари ва эталон воситалари, приборлари, қурилмалар, машиналар яратиш» (2009-2011йй.), ИТД-17 «Ахборот ва телекоммуникацион технологиялар, кенг ривожлантириш, замонавий ахборот тизимлари билан таъминлаш, дастурли маҳсулотлар ва илмий –техник база интеллектуал воситаларини ўргатадиган ва бошқарадиган ишланмаларни кенг ривожлантириш» (2013-2015 йй.) мавзуларидаги илмий-тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади: ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини ишлаб чиқиш ва уни оптик частоталар диапазонида синовдан ўтказиш, назорат тизимининг бортдаги ва ерусти қисмларини, шунингдек, шахсий компьютер учун мўлжалланган тизим ишини таъминловчи дастурий иловани ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

ҳаво кемаси жиҳозлари таркиби, уларни назорат ва диагностика қилиш восита ва усулларини таҳлил қилиш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимини қўллаш самарадорлигини баҳолаш ва унга қўйиладиган талабларни шакллантириш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимини тадбиқ этиш учун симсиз ахборот узатиш турини танлаш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизими учун техник ва энергетик қийматларни ҳисоблаш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимида ахборот ҳимояси усулларини ишлаб чиқиш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизими элементларининг функционал ва принципиал схемаларини ишлаб чиқиш;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизими учун дастурий таъминотни ишлаб чиқиш ва ишга тушириш;

Тадқиқотнинг объекти сифатида ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимлари, марказлашган назорат тизимларининг бортдаги мажмуалари, атмосфера оптик ахборот узатиш тармоқлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети атмосфера оптик алоқа тармоқларига асосланган ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимларида ахборот алмашинуви ва маълумотларни кодлаш усуллари ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари. Диссертация ишида виртуал моделларни яратиш; математик таҳлил усули; эҳтимоллар назарияси; ахборот назарияси; иккилик мантиқ усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

маълумот узатувчи симсиз оптик алоқа йўли ёрдамида ҳаво кема жиҳозларини масофадан диагностика қилиш усули яратилган;

оптик частоталар диапазонида ишловчи ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш қурилмалари тавсифларига қўйиладиган талаблар критерияси ишлаб чиқилган;

оптик частоталар диапазонида ишловчи ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимининг энергетик ва техник тавсифларини ҳисоблаш усуллари ишлаб чиқилган;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб текшириш ва назорат қилиш тизими элементларининг математик модели, ишчи алгоритми ҳамда дастурий таъминоти ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини қуриш учун қурилмаларнинг принципиал схемалари ишлаб чиқилган;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимининг ерусти ва бортдаги модулларини боғлаш учун халақитбардош интерфейс ишлаб чиқилган;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини «Тошкент» аэропорти шароитида амалда қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги ишлаб чиқилган ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизими таркибий қисмлари турли иш шароитларида синов пайтида инфрақизил диапазондаги алоқа тармоқдан олинган маълумотлар билан тасдиқланган.

Маълумотларни текшириш ҳам математик ҳам табиий моделларда амалга оширилган бўлиб, бунда марказлашган назорат тизими имитатори сифатида AIRBUS компанияси томонидан маъқулланган AIB Avionics simulator дастури қўлланилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти радиодиапазонда ишловчи алоқани қўллаш чекланган аэропорт ҳудудидаги ҳаво кемаси ва ҳаракатланувчи бошқа объектлар параметрларини масофадан туриб назорат қилиш қурилмаларининг конструкторлик усуллари ва синтез қилиш алгоритмларини қўллаш орқали изоҳланади.

Иш натижаларининг амалий аҳамияти инфрақизил диапазондаги алоқа тармоғи асосида ишловчи ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини ишлаб чиқишни кўзда тутиб, ташкилий жараёнлар билан бир вақтда тизим диагностикасини амалга ошириш имконини берувчи мазкур тизимдан фойдаланиб транзит техник хизмат кўрсатишда юқори вақт унумдорлигига эришиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши Ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

қурилмаларнинг принципиал схемалари «Uzbekistan Airways technics» авиакорхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон Ҳаво Йўллари» МАКнинг 2019 йил 25 майдаги 2018-6204-сон маълумотномаси). Натижада, ҳаво кемаси кўнгач

ўтказиладиган ташкилий ишларга ҳалақит бермаган ҳолда борт тизимларини синовдан ўтказиш имконини берган;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимининг бортдаги ва ерусти модулларини боғлаш учун ишлаб чиқилган ҳалақитбардош интерфейс «Uzbekistan Airways technics» авиакорхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон Ҳаво Йўллари» МАКнинг 2019 йил 25 майдаги 2018-6204-сон маълумотномаси). Натижада, эҳтиёт қисмларни келтирилишини кутиш вақтидаги ёрдамчи куч қурилмасининг ишлаш вақти қисқаргани ҳисобига ёқилғи тежамкорлигига эришилади, чунки таклиф этилаётган интерфейсни қўллаганда, ҳаво кемасини эҳтиёт қисмлар омбори яқинига қўйиш имконини берган;

ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини «Тошкент» аэропортида амалда қўллаш бўйича ишлаб чиқилган таклиф «Uzbekistan Airways technics» авиакорхонасида жорий қилинган («Ўзбекистон Ҳаво Йўллари» МАКнинг 2019 йил 25 майдаги 2018-6204-сон маълумотномаси). Натижада, «Тошкент» аэропорти ишлаб чиқилган тизимга ўхшаш хорижий воситаларни қўллаш учун сарфланадиган маблағ тежаб қолиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 13 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан, 10 та халқаро ва 3 та республика анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълонқилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 25 та илмий иш, шулардан-Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси тавсия этган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 6 та халқаро журналларида нашр этилган. Ҳамда ихтиро учун 1 та патент ва ЭҲМ учун мўлжалланган дастурни рўйхатга олинганлиги ҳақида 1 та гувоҳнома олинган.

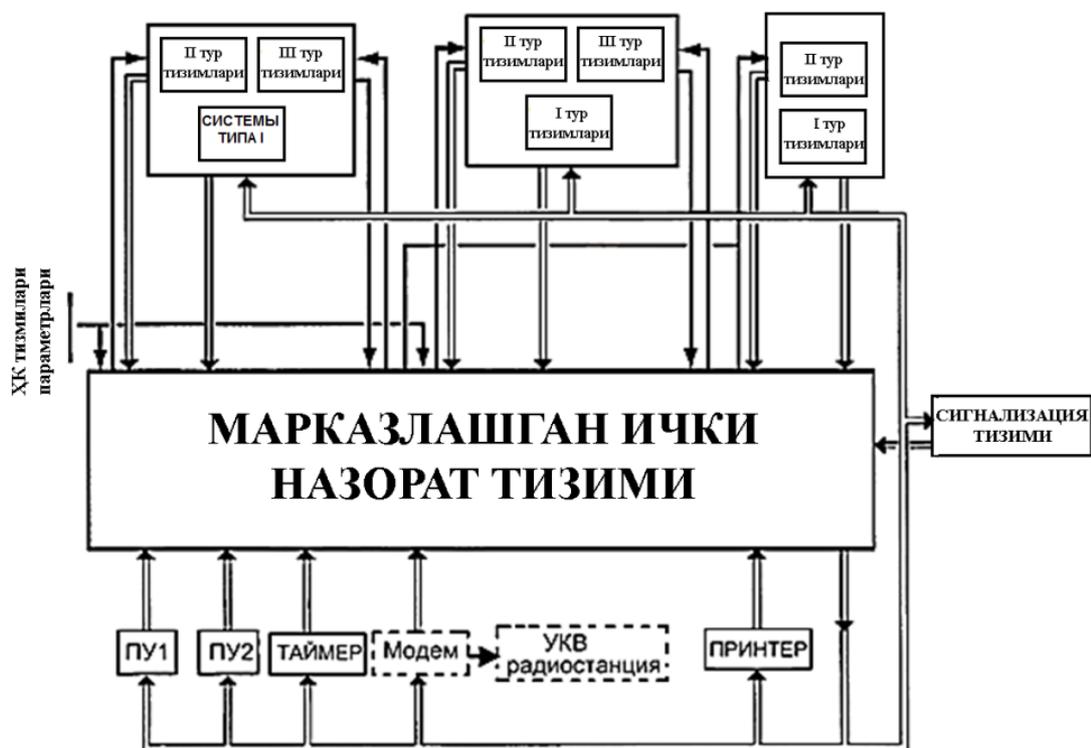
Диссертация тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, 4 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациннинг мазмуни 117 саҳифада баён қилиниб, 48 суратни ўз ичига олади. Адабиётлар рўйхатида 101 та адабиёт келтирилган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва талабгирлиги асосланган, Ўзбекистон Республикасида фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишлари билан боғлиқлиги изоҳланган, диссертация мавзуси бўйича илмий ишларнинг қисқача мазмуни, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, мақсад ва вазифалар шакллантирилган, тадқиқот объектлари, предметлари ва усуллари аниқланган, тадқиқотнинг илмий янгилик томонлари изоҳланган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, уларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, натижаларни тадбиқ этилиши бўйича маълумотлар ва апробация ишлари

келтирилган.

«**Ҳаво кемалари параметрлари диагностикаси методлари ва воситалари таҳлили**» номли биринчи бўлимда борт қурилмалари мажмуаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш имкониятлари унинг тузилишини таҳлил қилиш асосида баҳоланган. Энг кенг тарқалган ҲК қурилмалари мажмуаси бўлиб бортдаги ахборот ҳисоблаш тизимлари (АҲТ) ҳисобланади. ҲК тиимлари датчикларидан олинадиган ўлчанадиган маълумотлар асосида бошқарувчи сигналларни шакллантириш АҲТ функциясига киради. Бортдаги жиҳозлар модуллари ўртасида ахборот алмашиш учун ARINC 429 стандарт интерфейси қўлланилган. Фуқаро самолётлари АҲТ параметрларини масофадан туриб назорат қилишнинг мавжуд тизими марказлашган ички назорат тизими (МИНТ) ўрнатилган Airbus-320 ҳаво кемаси мисолида кўриб чиқилган. Airbus-320 самолётидаги МИНТ схемаси 1-расмда келтирилган.



1-расм. Марказлашган ички назорат тизимининг тузилиш схемаси

ҲК техник хизмат регламенти таҳлил қилинган. ҲК тизимларининг жорий параметрларини назорат қилишнинг энг истиқболли стратегиси аниқланган бўлиб, бу учун уларни узлуксиз назорат қилиш, ҳар бир парвоз сўнгида маълумотларни тезкорлик билан кўчириб олиш талаб этилади.

Ҳаво кемасига транзит хизмат кўрсатиш жараёни таҳлил қилинган. Синов орқали аниқланганки, ҲК қўниши ва уни техник ходимга топшириш ўртасидаги вақт 20-45 дақиқани талаб қилади. Бунда, эҳтиёт қимларни келтирилишини кутиш ва носозликни бартараф этиш учун сарфланадиган вақт эҳтимолий функциялар бўлиб, уларнинг ўзгариши рейсни ушланиб қолишига

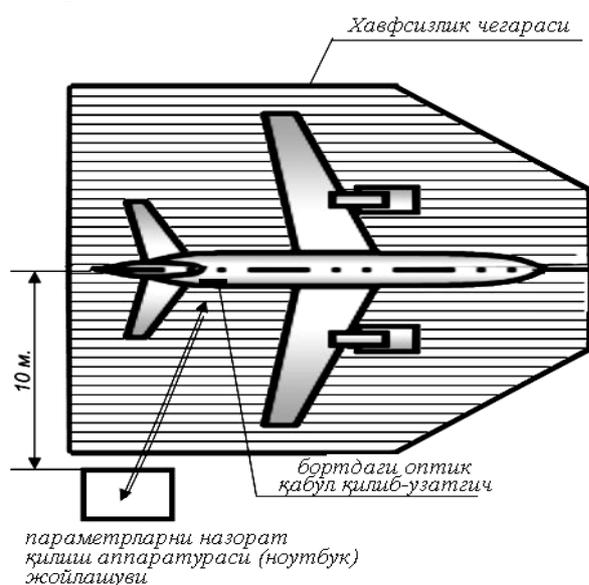
олиб келиши мумкин. Кўрсатилаган муаммоларни бартараф қилиш учун симсиз алоқа тармоғига асосланган ХК параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини қўллаш таклиф этилган. Қуйидаги ҳаво кемалари параметрларини масофадан туриб назорат қилишнинг мавжуд тизимлари таҳлил қилинди:

-AiRTHM (Airbus Real-Time Health Monitoring) – Airbus компаниясининг ишланмаси,

-AIMS (Airplane Information Management System) –Boeing компаниясининг ишланмаси,

-AHEAD (Aircraft Health Analysis and Diagnosis) –Embraer компаниясининг ишланмаси.

Юқоридасаналган ХК параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимлари УКВ радиостанциялар базасида қурилган, эксплуатация қилиш қиммат нархга тушади ва катта флотлар учун мўлжалланган. Кичик (30 та ҳаво кемаси бор) флотлар учун мазкур тизимларни қўллаш иқтисодий жиҳатдан самарасиз. Ўтказилган таҳлил натижасида симсиз оптика алоқа тармоғига асосланган ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизими таклиф этилаган (2-расм).



2-расм. Ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизими элементларининг жойлашуви;

Бортдаги қисм МИНТ маълумотларини оптик сигналга айлантиради ва ердаги қисмга узатади. Ердаги қисмда маълумот кўчма шахсий компьютер ёрдамида қайтаишланади.

«Ҳаво кемалари ҳолати параметрларини ўлчаш учун симсиз алоқа намунасини танлаш» номли иккинчи бўлимда замонавий симсиз алоқа воситаларининг таҳлили ва классификацияси амалга оширилган.

Ўта юқори частоталардаги сигналларни узатишга асосланган мавжуд симсиз технологияларни аэропорт ҳудудида қўллаш яроқсиз эканлиги

кўрсатилди. Бу уларнинг частоталари диапазони (2-80 ГГц) бортдаги метеонавигация радиолокаторлари ҳамда айрим ерусти локаторларининг частоталари диапазонида (10 ГГц) қисман ёпилиб қолиши билан изоҳланади.

Юқорида баён қилинган камчиликларни бартараф қилиш мақсадида ХК параметрларини масофадан туриб диагностика қилиш тизимлари учун алоқа канали сифатида инфрақизил диапазондаги атмосфера оптик тармоғини қўллаш таклиф этилган.

Ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини рўёбга чиқариш учун ахборот узатиш тармоғининг энергетик параметрлари ҳисоб-китоб қилинган ҳамда IrDA (Infrared data association) форматдаги ахборот алмашуви протоколи танланганлиги асослаб берилган. Ахборот узатишнинг ушбу формати мавжуд элементлар базасини қўллашни таъминлайди, электрман баага кичик талаб қўяди, шунингдек, қурилмаларни бир-бирлари билан юстировкасиз боғлаш имконини беради.

Оптик алоқа канали химояланганлигини баҳолаш амалга оширилган. Сигнал/шовқин q_0 ва сигнал частота чизиғи F нисбати каналнинг асосий ресурси эканлиги кўрсатилган. Шу сабабли ахборот каналининг химояланганлигини баҳолаш учун β ва γ коэффициентлари киритилган бўлиб, улар маълумотларни ёзиб олиш воситаларининг энергетик ва частотали самарадорлигини аниқлайди:

$$\beta = \frac{C}{q_0}; \gamma = \frac{C}{F}, \quad (1)$$

γ коэффициент ягона сигнал чизиғида маълумот узатиш тезлигини, β коэффициент бўлса -сигнал узатишнинг сигнал/шовқин q_0 коэффициентга нисбатан солиштирма тезлигини ифодалайди. (1) формулага асосан ахборот самарадорлиги аниқланади:

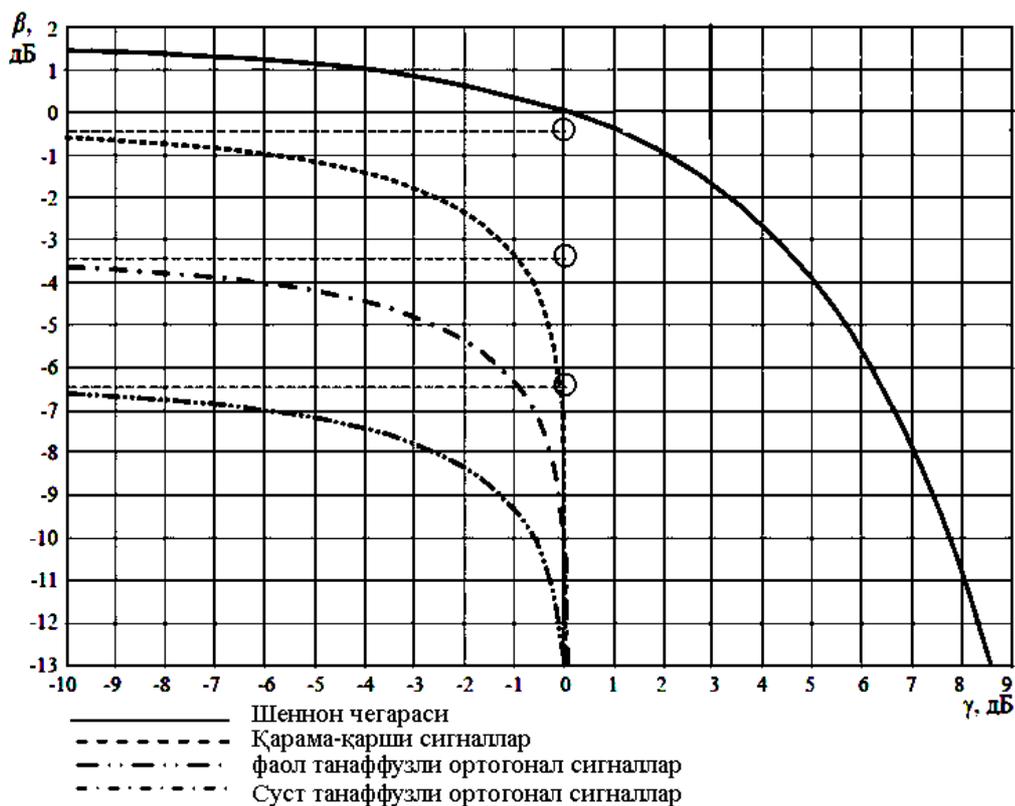
$$\eta = \frac{R}{C} = \frac{1}{\eta}, \quad (2)$$

$\beta(\gamma)$ диаграммалари маълумотларни ёзиб олувчи тизимлар ва маълумотларни ёзиб олиш мустасно бўлган тизимларни қайта ўзгартириш имконини беради.

Иккилик симметрик канални қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\gamma = \frac{1}{F} \cdot [1 + P \cdot \log P + (1 - P) \cdot \log(1 - P)], \beta = \frac{\gamma}{q_0}. \quad (3)$$

Чегаравий самарадорлик эгри чизиқлари β ва γ чегаравий қийматларига мос келувчи $\beta(\gamma)$ диаграмма нуқтасини аниқлаб, улар учун тутиб олиш тизимини амалда яратиш имконсиз деб маълумотни ушлаб олиш эҳтимоли истисноқилинади. ХК параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимлари учун мазкур нуқталар бўлиб қуйидагилар ҳисобланади: ($\beta=-0,4$ дБ, $\gamma=0$) – қарама-қарши сигналлар учун, ($\beta=-3,4$ дБ, $\gamma=0$)– фаол танаффузли ортогонал сигналлар учун, ($\beta=-6,4$ дБ, $\gamma=0$)– сустр танаффузли ортогонал сигналлар учун. Нуқталаларнинг қийматлари 3-расмда тақдим этилган.



3-расм. β (γ) диаграммалари

Таклиф этилган ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизими қабул қилиб-узатгичи параметрларини ҳисоблаш учун асосий нисбатлар ажратиб олинган. Тизим рақамли бўлгани учун, узатиш сифати хатолар коэффиценти BER (bit error ratio) билан аниқланади. Алоқанинг атмосфера-оптик тармоғининг узатиш қобилиятини ҳисоблашда параметрнинг Q-омилни атамаси қўлланилиб, бу тизим сигнали сифатини аниқлайди. У сигнал амплитудаси ва фазасининг электр даражасини ўлчаш натижаларини статик қайта ишлаш ёрдамида ҳисобланади.

Мантиқий «1» ва «0» ҳолатларни гаусс қонунига кўра тақсимланишини тахмини қилиб, математик кутишлар E_1 ва E_0 аниқланади:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= \begin{cases} P_L & \text{при } P_L \geq P_R \\ P_R & \text{при } P_L < P_R \end{cases}, \text{ мВт} \\
 E_0 &= P_{noise},
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

σ_1 ва σ_0 ўртача квадрат оғишларни эса, «учта сигма» қоидаси – тенгта симланган ихтиёрий катталиқнинг барча қийматлар $(\bar{x} + 3\sigma) - (\bar{x} - 3\sigma)$ оралиқда ётишини қўллаб аниқлаш мумкин:

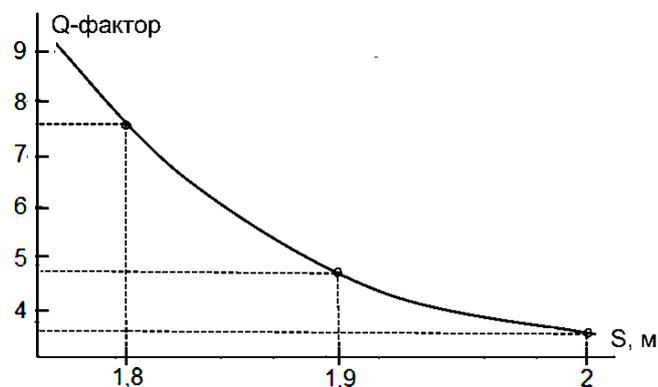
$$\sigma_1 = \frac{E_1 - P_{1min}}{3} \text{ мВт}$$

$$\sigma_0 = \begin{cases} \frac{E_0 + P_{0max}}{3} \text{ мВт} \\ \frac{E_0 - P_{0max}}{3} \text{ мВт.} \end{cases} \quad (5)$$

Q-омилни қуйидаги формула билан топамиз:

$$Q = \frac{|E_1 - E_0|}{\sigma_1 + \sigma_0}, \text{ мВт.} \quad (6)$$

Q-омилни қийматининг узатиш масофасига боғлиқлик графиги 4-расмда кўрсатилган.



4-расм. Q-омилнинг масофага боғлиқлиги

Сигналнинг Q-омилни функция жихатдан BER хатолар коэффициентига боғлиқ ва сигнал параметрларини ўлчаш натижаларини статик қайта ишлаш орқали аниқланади.

Q-омил ва BER қуйидагича боғланган:

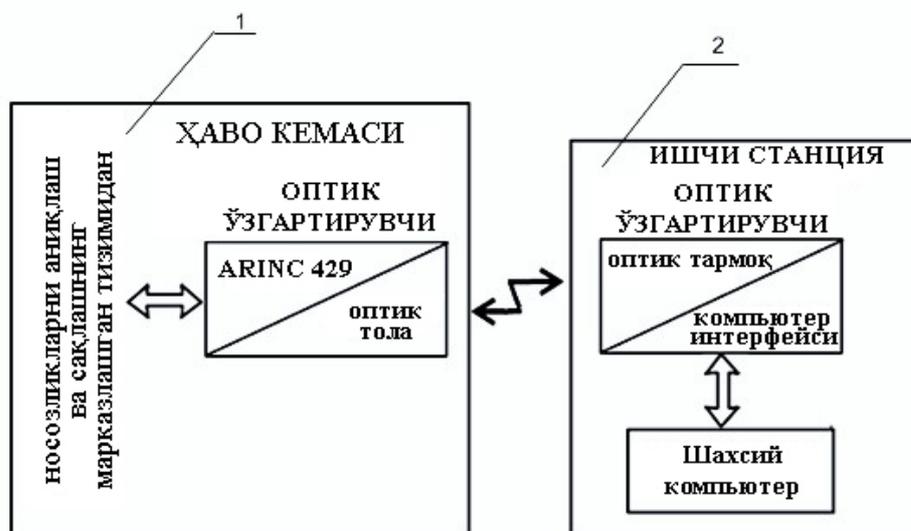
$$BER = \frac{\exp\left(\frac{Q^2}{2}\right)}{\sqrt{2\pi}Q}. \quad (7)$$

«Ҳаво кемлари параметрлари назорати дастурий-аппарат воситаларини ишлаб чиқиш» номли учинчи бўлимда тизим элементлари характеристикасига қўйиладиган талаблар шакллантирилган.

IAP 05892 патентда изоҳланган таклиф этилаётган ХК параметрларини масофадан диагностика қилиш тизими 5-расмда келтирилган.

Тузилиш схемасидан кўриниб турибдики, ахборот узатиш оптик тармоғи модулининг бортдаги қабул қилиб-узатгичи ARINC 429 форматдаги сигнални оптик сигналга айлантириши учун «қўшалок ўзгартириш» тизимини қўллаш зарур. Бу шундай асосланганки, таклиф этилаётган тизим амалий реализацияси учун элементлар базасини танлашни оптималлаштириш мақсадида структура

схемасининг кўплаб модуллари сифатида тайёр маҳсулотлардан фойдаланилади.



5-расм. Таклиф этилаётган ХК параметрларини масофадан диагностика қилиш тизимининг функционал схемаси

Элементлардаги носозликлар ҳақидаги маълумотлар билан ўлчашлар амалга оширилган вақт тўғрисидаги маълумотларни қўлловчи алгоритм ишлаб чиқилган. Мазкур алгоритм, текширувларни қуйидаги шарт бажариладиган қилиб ўтказишни талаб қилади:

$$\sum_{n=1}^N T_{изм} \cdot P_n \rightarrow \min, \quad (8)$$

бунда, $T_{изм}$ – тизим блоки ҳолатини аниқлаш учун ўлчашлар ўтказиладиган вақт, P – мазкур блокнинг носозликсиз эҳтимолий ишлаш вақти.

Функциани оптималлаштириш назариясидан маълумки, агар итерация кетма-кетлигини қуриш учун қуйидаги кўринишдаги Фибонначчи сонлари қаторини қўлланилса қидирилаётган нуқтанинг қидирув стратегияси оптимал бўлади: $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$, яънигалдаги сон аввалги иккитасининг йиғиндисига тенг. Биринчи иккита сон 1 га тенг, сўнгра 2 (1+1), сўнгра 3 (1+2), 5 (2+3) ва ҳоказо: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21....

Фибонначчи қаторининг иккита сонлари муносабати учун қуйидаги чегара ўрнатилган:

$$q = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n-1}}{F_n} = 0.618034. \quad (9)$$

Номалумлик интервалини нисбатга бўлиш олтин ўзак усули билан амалга оширилади. Олтин ўзак усули билан тенг эҳтимоллили ҳолат юзага келиши мумкин бўлган носозлик жойини аниқлашда зарурий ўлчашлар миқдори:

– носоз элемент доимо катта қисмда бўлади;

– носоз элемент доимо кичик қисмда бўлади.

Носозлик катта қисмда бўлган ҳолатда, илк ўлчашдан сўнг қолган элементлар сони $N_1=q \cdot n$, иккинчисидан сўнг $N_2=q^2 \cdot n$ ва ҳоказога тенг. m -инчи ўлчашдан сўнг $N_m=q^m \cdot n$, яъни уни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$N_m = q^m \cdot n = 1 \rightarrow m_{max} = \log_q \left(\frac{1}{n} \right) \approx 1.44 \cdot \log_2 n. \quad (10)$$

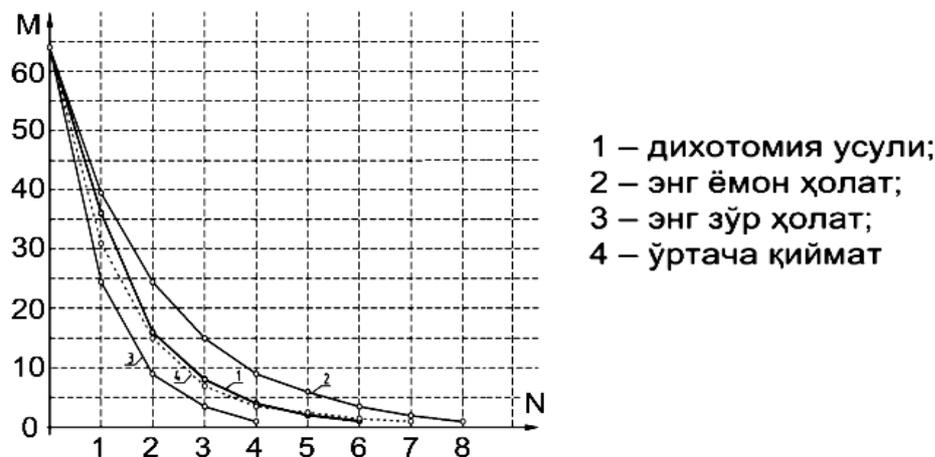
Агар кам миқдордаги носоз элемент кичик қисмда бўлса у ҳолда $N_m=(1-q)^m \cdot n$, у ҳолда:

$$N_m = (1 - q)^m \cdot n = 1 \rightarrow m_{min} = \log_{1-q} \left(\frac{1}{n} \right) \approx 0.72 \cdot \log_2 n. \quad (11)$$

Ўлчашларнинг ўртача миқдорини аниқлаймиз. Тасаввур қиламиз, носозлик галма-галкатта ёки кичик қисмда бўлиши мумкин. Агар биринчи ўлчашдан сўнг $N_1=q \cdot n$ бўлса, у ҳолда иккинчи ўлчашдан сўнг $N_2=q \cdot (1-q) \cdot n$ бўлиши мумкин ва ҳоказо. Шу сабабли носозликни ҳар бир соҳада бўлиш эҳтимоллиги тенг миқдорда бўлиб, ўртача q га карали $m/2$ ва $(1-q)$ га карали $m/2$:

$$N_m = [q(1 - q)]^{m/2} \cdot n = 1 \rightarrow m = \log_{q(1-q)} \left(\frac{1}{n} \right) \approx 0.96 \cdot \log_2 n. \quad (12)$$

Графикда кетма-кет усулдаги тизим учун носоз блока яқинлашувчи носозлик жойини қидириш жараёни, шунингдек, дихотомия усули билан қидиришдаги яқинлаш иш графиги кўрсатилган (6-расм).



6-расм. Олтин ўзак усули билан қидиришда носозлик жойига яқинлашиш графиги

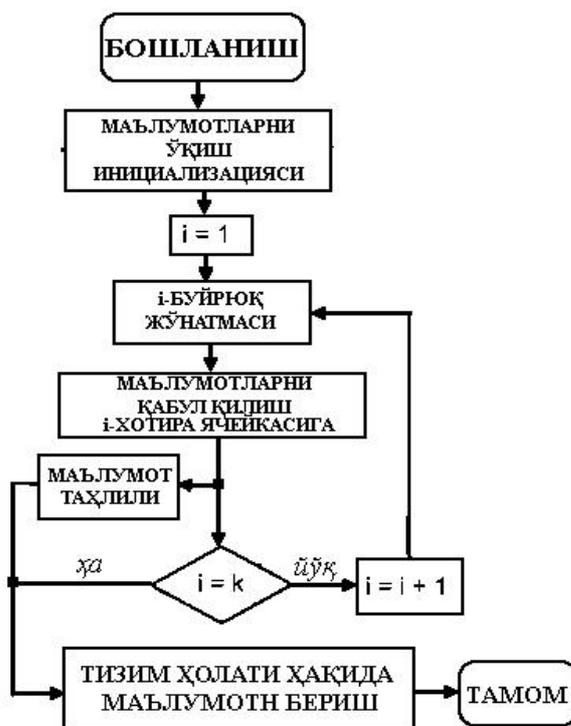
ARINC 429 форматдаги электр сигналларни оптик сигналга айлантириш жараёнини реализация қилиш учун икки поғонали модель таклиф этилмоқда: ARINC 429 форматини USB форматга ва USB маълумотлар форматини инфрақизил ахборотлар узатмасига айлантириш. ARINC 429 форматини USB форматига ўзгартирувчи сифатида ECE 0206 (Россия) ўзгартиричини қўллаш таклиф этилган.

USB форматни инфрақизил ахборот узатмасига айлантирувчи сифатида STIr 4200 контроллеридан фойдаланиш таклиф этилган.

Таклиф этилаётган тизим реализацияси учун алгоритмлар ишлаб чиқилган.

Драйвер сифатида SIGMATEL компанияси ишлаб чиқарган STIr 4200 контроллер билан бирга такдим этиладиган ва шахсий компьютерга ўрнатиладиган стандарт иловадан фойдаланиш тавсия қилинган.

ЦСВК носозликлари хотирасидан маълумотларни ўқиш режимида ишлаганида тизим фаолияти алгоритми 7-расмда келтирилган.



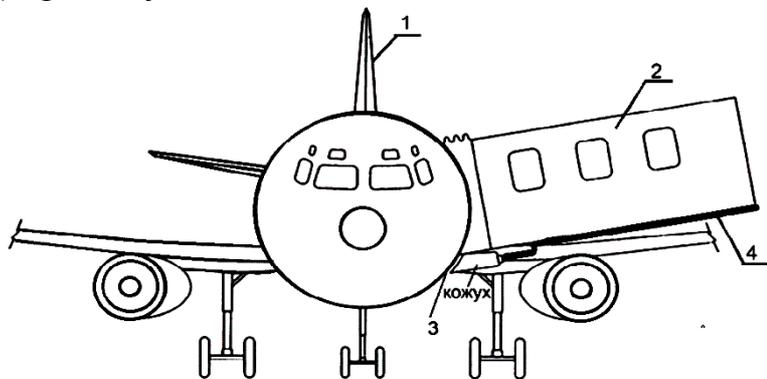
7-расм. ЦСВК носозликлари хотирасидан маълумотларни ўқиш режимида ишлаганида тизим фаолияти алгоритми

Диссертациянинг «**Ҳаво кемалари параметрлари масофавий назоратининг ишлаб чиқилган тизимини амалий қўллаш масалалари**» номли тўртинчи бўлимда ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш бўйича ишлаб чиқилган тизимни «Тошкент» аэропорти шароитида амалда қўллаш масалалари кўриб чиқилган.

Йўловчиларни чиқариш/тушириш бўйича кўплаб ишлар телескопик трап-«Рукав» орқали амалга оширилиши таҳлил натижасида маълум бўлди. Телескопик трап ҳаво кемасининг маълум жойига ўрнатилгани сабабли, тизимнинг ерусти қисмини «рукав»га ўрнатишда юстировка қилиш зарурати йўқолади. Шу сабабли ерусти станциясининг қабул қилиб-узатгичини телескопик трапга ўрнатиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Параметрларни масофадан туриб назорат қилиш тизимининг ушбу варианти «Тошкент» аэропорти шароитидаги тизим элементларининг мавжуд имкониятларидан келиб чиққан ҳолда таклиф қилинган (8-расм.).

Ҳаво кемаси (1) йўловчиларни чиқариш/тушириш учун мўлжалланган «рукав»(2) яқинига ўрнатилган. Ахборот алмашуви атмосфера оптик алоқа тармоғи (3) бўйлаб, бири ҳаво кемасига бошқаси эса «рукав» кронштейнига ўрнатилган қабул қилиб-узатгичларнинг инфрақизил ойналари орқали амалга оширилади. «Рукав» кронштейнига ўрнатилган қабул қилиб-узатгичлар ердаги станцияга кабел (4) орқали уланган.



8-расм. Параметрларни масофадан туриб назорат қилишнинг таклиф этилаётган тизими элементларининг жойлашуви

Кабел сифатида оптик толали симдан фойдаланиш мумкин. Ишончли бўлиши учун ерусти станциясининг қабул қилиб-узатгичи «Рукав»нинг қуйи қисмига ўрнатилади. Таклиф этилган тизимнинг алоҳида хусусияти диффузияли ИК светодиодлари қўлланилганлиги боис оптик нурнинг катта кенгликда бўлиши ҳисобланиб, бу эса қабул қилиб-узатгични юстировка қилиш заруриятидан қутулиш имконини беради.

Ерусти станцияси қабул қилиб-узатгичининг ўрнатилиши бўйича батафсил схема 9-расмда кўрсатилган.

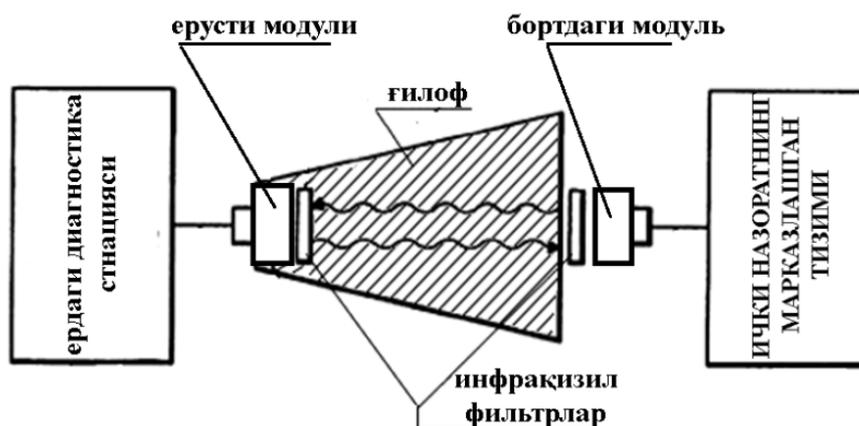


11-расм. Ерусти станциянинг қабул қилиб-узатгичи жойлашуви

Ерусти станциянинг қабул қилиб-узатгичи шаффоф бўлмаган қоплама ичида. Бу очик оптик алоқа каналига қуёш нурларининг тушишини олдини олиб, шу орқали тизимнинг халақитлардан химояланганлигини таъминлайди. Қоплама ўлчами инфрақизил нур ўлчамидан катта. Сутканинг қоронғу қисмида қопламани ечиш мумкин. Қабул қилгич каби, узаткич ҳам йўналганликнинг

кенг диаграммасига эга бўлиб, бу юстировка қилмаслик имконини беради. Нур ва атрофдаги предметлар ўртасидаги интерференция ҳодисасини олдини олиш учун ғилофнинг очик қисми ўлчами етарлича бўлиши зарур.

Сигнал ўтказгич йўловчи «рукав»ига қотирилгани сабабли тизмининг бортдаги қисмига тегишли инфрақизил филтрли ойнани (5) йўловчи эшиги остига ўрнатиш мақсадга мувофиқ бўлади. Ҳаво кемаси тўхтаб туриш жойига аниқ белги бўйича жойлаштирилганлиги сабабли, ерусти қисмининг қабул қилиб-узатгичи ғилофи бортдаги қисм билан қўшилган бўлиб қолади. Тизимнинг тузилиш схемаси 10-расмда акс этирилган.



10-расм. Масофадан туриб назорат қилиш тизимининг тузилиш схемаси

Шундан келиб чиқиб, тизим ерусти қисмининг қабул қилиб-узатгичи телескопик трапнинг пастки қимига ўрнатилади. Тизимнинг бортдаги қисмини монтаж қилишу чун А-320 ҳаво кемаси мисолида тавсия ишлаб чиқилган.

ХУЛОСА

Диссертация материаллари бўйича тизимли таҳлил, эҳтимоллар назарияси, оптик частоталар диапазонида ахборот узатиш назарияси усуллари асосида қуйидаги натижалар қўлга киритилди:

1. Замонавий ҳаво кемалари радиоэлектрон мажмуасининг таркиби, функционал имкониятлари ва стандарт интерфейси, шунингдек, унинг параметрларини назорат қилишнинг восита ва усуллари таҳлил қилинди. Таҳлил натижалари параметрларни масофадан туриб назорат қилиш тизимини ҳаво кемасида қўллашнинг техник имкониятларини баҳолаш имконини берди.
2. Ҳаво кемасининг ташини кўздан кечириш ва носозликларга оид маълумотларни қайта ишлашни ўз ичига олувчи чизиқли хизмат кўрсатишга сарфланадиган вақт тақсимотининг математик модели ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган моделлар транзит хизмат кўрсатишни амалга ошириш учун ХҚ параметрларини масофадан туриб назорат қилиш

тизимини қўллашнинг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш имконини беради.

3. Атсомфера оптик алоқа тармоғи ва классификация асосидаги IrDA интерфейси танлангани асосланиб, ХК параметрларини масофадан туриб назорат қилиш учун замонавий симсиз алоқа воситаларини қўллаш қиёсий таҳлил қилинди ва баҳоланди. Мазкур танлов натижалари параметрларни масофадан туриб назорат қилишнинг инфрақизил диапазондаги тизимини мавжуд элементлар базасида яратиш имконини беради.
4. Ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини тадбиқ этиш учун ахборот алмашувининг атмосфера тармоғи параметрларига оид техник ва энергетик ҳисоблаш услубияти ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган услубият ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш тизимини тадбиқ этиш учун инфрақизил диапазондаги қабул қилиб узатгичнинг энергетик қийматларини оптималлаштириш имконини беради.
5. Энергетик ва техник тавсифлар асосида масофадан назорат қилиш тизимининг математик модели ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган математик модел ёрдамида олинган маълумотлар таҳлили аэропортдаги турли об-ҳаво шароитида ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш учун тизимни қўллаш имконияти мавжуд эканлигини аниқлаш имконини беради.
6. Замонавий элементлар базасида ҳаво кемасини масофадан назорат қилиш тизими реализацияси учун қурилмаларнинг (бортдаги модуль ва ерусти станцияси) функционал ва принципиал схемалари ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган схемаларни тадбиқ этиш минимал иқтисодий харажатлар билан параметрларни масофадан туриб назорат қилиш тизимини қуриш имконини беради.
7. Иш алгоритми ва ҳаво кемаси параметрларини масофадан назорат қилиш тизимидан олинган ахборотларни таҳлил қилиш учун дастурий таъминот ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган алгоритмлар бортдаги модул орқали узатилган параметрларини назорат қилиш орқали ерусти модули ёрдамида ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилиш имконини беради.
8. Ҳаво кемаси параметрларини масофадан туриб назорат қилишнинг инфрақизил алоқа тармоғига асосланган тизимини «Тошкент» аэропорти шароитида қўллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди. Ишлаб чиқилган тавсия масофадан туриб назорат қилиш модулини аэропортда ўрнатилган қурилмалар билан интеграциялаш имконини беради.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.27.06.2017.Т.03.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ЗАКИРОВ РУСЛАН ГИЛЬМУЛЛАЕВИЧ

**СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО СУДНА**

05.03.01-Приборы. Методы измерения и контроля (технические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент- 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №В2017.2.PhD/T200.

Докторская диссертация выполнена в Ташкентском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.tdtu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyounet» по адресу (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:	Абдукаюмов Абдурашид доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Сиддиков Илхомжон Хакимович доктор технических наук, профессор Назаров Хайридин Нуритдинович кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация:	Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Защита диссертации состоится «__» ____ 2020 года в __ часов на заседании Научного совета DSc.27.06.2017.T.03.02 при Ташкентском государственном техническом университете по адресу: 100095, г.Ташкент, ул. Университетская 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871)227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный №_____). Адрес: 100095, г. Ташкент, ул. Университетская 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «__» ____ 2019 г.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» ____ 2019 г.)

Н.Р. Юсупбеков

Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

У.Ф. Мамиров

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
доктор философии (PhD) по техническим наукам

Х.З.Игамбердиев

Председатель научного семинара
при научном совете по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире в настоящее время наиболее перспективным направлением развития технического обслуживания (ТО) авиационной техники является разработка систем дистанционного контроля параметров воздушного судна (ВС). Это вызвано постоянно повышающимися требованиями к обеспечению регулярности полетов и сокращению времени выполнения транзитного ТО. Также в последнее время наблюдается тенденция к переходу от выполнения периодического технического обслуживания к непрерывному мониторингу состояния ВС, что требует анализа информации после каждого рейса. В связи с этим возникает необходимость дистанционной передачи информации с бортовых регистрирующих устройств в наземные аналитические центры.

В мире ведутся научно-исследовательские работы по созданию средств и методов построения систем дистанционного контроля и диагностики параметров ВС, а также по разработке алгоритмов их функционирования и методов повышения защищенности и помехоустойчивости передачи информации в этих системах. В связи с этим важной задачей является проведение исследований и разработка предложений по созданию систем дистанционного контроля параметров ВС, применение которых технически возможно и экономически целесообразно на территории аэропорта.

В настоящее время в Республике Узбекистан уделяется большое внимание развитию транспортной инфраструктуры, важную роль в которой играет авиационный транспорт. В Стратегии по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы обозначены задачи «..развитие транспортно-логистической инфраструктуры, повышение инвестиционной привлекательности для развития предпринимательства и иностранных инвесторов..»¹. В свою очередь, регулярность и своевременность выполнения рейсов из аэропортов Узбекистана является одной из основных характеристик авиационной логистической системы. В этом аспекте создание эффективных систем дистанционного контроля параметров ВС, разработка методов помехоустойчивой передачи информации в таких системах является весьма актуальной задачей.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг.» и постановлениями №ПП-1730 от 21 марта 2012 года «О мерах по дальнейшему внедрению и развитию современных информационно-коммуникационных технологий» и №ПП-3682 от

¹Указ Президента Республики Узбекистан «О стратегии по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» УП-4947 от 7 февраля 2017 года

27 апреля 2018 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертация выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии республики IV-«Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Степень изученности проблемы. На основе анализа научно-технической информации по теме настоящей диссертации, в том числе приведенной в базе данных SCOPUS, можно выделить работу Smith M., Sulcs P., Walthall R., Mosher M., Kasprzyński G. «Design and implementation of aircraft system health management (ASHM) utilizing existing data feeds», где приводится исследование мониторинга состояния ВС на основе данных, полученных дистанционно при помощи радиолинии связи. Также можно привести исследование «Optical wireless interface of the ARINC 429 avionics bus: Design and implementation», выполненное J. Perez-Mato, R. Perez-Jimenez, J. Tristanchó в университете Las Palmas de Gran Canaria, Испания, где приводятся экспериментальные данные по исследованиям возможности совмещения бортового интерфейса ARINC 429 с открытой оптической линией связи.

Исследованиями и разработкой систем атмосферной оптической связи для широкого применения, а также их серийным производством на территории СНГ в настоящее время занимается ООО «МОСТКОМ» (Россия).

В Узбекистане наиболее близкие к теме диссертации исследования в области открытых оптических систем связи, выполняются учеными в ташкентском физико-техническом институте под руководством проф. Каримова А.В., а также в Ташкентском университете информационных технологий под руководством академика Раджабова Т.Д. и др.

На основе анализа существующих разработок можно утверждать, что в разработанной системе впервые предложено осуществлять обмен данными между ВС и наземной станцией при помощи атмосферной оптической линии связи (АОЛС), что не требует получения разрешения Центра электромагнитной совместимости Республики Узбекистан.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках следующих научно-исследовательских проектов Ташкентского государственного технического университета: НТП-15 «Создание наукоемких, высокоэффективных, конкурентоспособных и направленных на экспорт технологий, машин, устройств, приборов, эталонных средств и методов контроля для промышленности, транспорта, сельского и водного хозяйства», а также (2009-2011 гг.) и НТП-17 «Широкое развитие информационных и

телекоммуникационных технологий, обеспечение современными информационными системами, разработка управляющих и обучающих интеллектуальных средств, научно-технической базы и программных продуктов» (2013-2015 гг.).

Целью исследования является разработка беспроводной системы дистанционного контроля параметров воздушного судна и тестирования его систем в оптическом диапазоне частот, создание бортовой и наземной частей системы, а также разработка программного обеспечения для персонального компьютера, обеспечивающего работу системы.

Задачи исследования:

анализ состава оборудования воздушного судна, средств и методов его контроля и диагностики;

оценка эффективности применения системы дистанционного контроля параметров ВС и формирование требований к ней;

выбор типа беспроводной передачи данных для реализации системы дистанционного контроля параметров ВС;

расчет технических и энергетических характеристик беспроводной линии связи для системы дистанционного контроля параметров ВС;

разработка методов защиты информации в линии передачи данных системы дистанционного контроля параметров ВС;

разработка функциональных и принципиальных схем элементов системы дистанционного контроля параметров ВС;

разработка и отладка программного обеспечения для системы дистанционного контроля параметров ВС.

Объектом исследования являются системы дистанционной диагностики параметров воздушного судна; бортовые комплексы централизованного контроля систем ВС; атмосферные оптические линии передачи данных.

Предметом исследования являются методы обмена информацией и кодировки данных в системах дистанционного контроля параметров ВС, основанных на атмосферных оптических линиях связи.

Методы исследования. В диссертационной работе использованы методы создания виртуальных моделей; методы математического анализа; теория вероятностей; теория информации; двоичная логика.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан способ дистанционной диагностики оборудования воздушного судна, позволяющий осуществлять передачу данных при помощи атмосферной оптической линии связи;

разработаны критерии и требования к характеристикам приборов дистанционного контроля параметров воздушного судна, работающих в оптическом диапазоне частот;

разработана методика расчетов энергетических и технических характеристик системы дистанционного контроля параметров ВС оптического диапазона частот.

разработаны математические модели элементов, алгоритмы работы и программное обеспечение для систем дистанционного контроля и тестирования параметров ВС.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны принципиальные схемы приборов для построения системы дистанционного контроля параметров ВС;

разработан помехозащищенный интерфейс для связи бортового и наземного модулей системы дистанционного контроля параметров ВС;

разработаны рекомендации по практическому применению системы дистанционного контроля параметров ВС в условиях аэропорта «Ташкент».

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается данными, полученными при экспериментальной проверке элементов разработанной системы дистанционного контроля параметров ВС на основе АОЛС при различных условиях работы.

Проверка данных производилась как на математических и на натуральных моделях, где в качестве имитатора системы централизованного контроля использовалось одобренное программное обеспечение компании AIRBUS AIB Avionics simulator.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования определяется применением конструктивных методов и алгоритмов синтеза приборов дистанционного контроля параметров воздушных судов и других подвижных объектов на территории аэропорта, где применение средств связи радиодиапазона ограничено.

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке системы дистанционного контроля параметров воздушного судна на основе АОЛС инфракрасного диапазона, позволяющей производить диагностику систем одновременно с организационными процедурами, благодаря чему достигается экономия времени на транзитном техническом обслуживании.

Внедрение результатов исследования.

Научные результаты разработки системы дистанционного контроля параметров ВС внедрены:

разработанные принципиальные схемы приборов реализованы на авиапредприятии «Uzbekistan Airways technics» (Справка НАК «Узбекистон Хаво Йуллари» №2018-6204 от 25 мая 2018 года). В результате появляется возможность производить тестирование бортовых систем, не создавая помехи организационным работам, проводимым на ВС после посадки;

разработанный помехозащищенный интерфейс для связи бортового и наземного модулей системы дистанционного контроля параметров ВС внедрен

на авиапредприятии «Uzbekistan Airways technics» (Справка НАК «Узбекистон Хаво Йуллари» №2018-6204 от 25 мая 2018 года). В результате достигается экономия топлива за счет уменьшения времени работы вспомогательной силовой установки при ожидании доставки запасных частей, так как используя предложенный интерфейс появляется возможность установки ВС непосредственной близости от склада запчастей;

разработанные рекомендации по практическому применению системы дистанционного контроля параметров ВС в условиях аэропорта «Ташкент» внедрены на авиапредприятии «Uzbekistan Airways technics» (Справка НАК «Узбекистон Хаво Йуллари» №2018-6204 от 25 мая 2018 года). В результате достигается экономия валютных средств на использовании зарубежных аналогов разработанной системы в условиях аэропорта «Ташкент».

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были обсуждены на 13 научных конференциях, в том числе на 10 международных и 3 республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 25 научных работ, из них: 10 в журнальных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 6 в международных изданиях, получены 1 патент на изобретение 1 свидетельство о регистрации программных продуктов для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Основное содержание диссертации изложено на 117 страницах, содержит 48 рисунков. Библиография включает 101 наименование.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, определена связь исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан, приведены краткий обзор научных работ по теме диссертации, степень изученности проблемы, сформулированы цели и задачи, выявлены объекты, предметы и методы исследования, изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов и апробации работы.

В первой главе «**Анализ средств и методов диагностики параметров воздушного судна**» произведена оценка возможностей дистанционного контроля параметров комплекса бортового оборудования на основе анализа его структуры. Наиболее распространенными типами комплексов оборудования ВС являются бортовые информационные измерительные системы (ИИС). В функцию ИИС входит формирование управляющих сигналов на основе измерительной информации, получаемой от датчиков систем ВС. Для обмена

информацией между модулями бортового оборудования применяется стандартный интерфейс ARINC 429. Существующая система дистанционного контроля параметров ИИС пассажирских самолетов рассмотрена на примере ВС типа Airbus-320, где установлена централизованная система встроенного контроля (ЦСВК). Схема ЦСВК приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема централизованной системы встроенного контроля

Проанализированы регламенты технического обслуживания ВС. Выявлены наиболее перспективные стратегии с контролем фактических параметров систем ВС, для чего осуществляется их непрерывный контроль, требующий оперативного снятия данных после каждого полета.

Проанализированы процедуры транзитного технического обслуживания ВС. Экспериментально определено, что время между посадкой ВС и его передачей техническому персоналу составляет 20-45 минут. При этом, ожидание доставки запчастей и затраты времени на устранение неисправности являются случайными функциями, и их изменение может привести к задержке рейса. Для решения этой проблемы предложено использовать систему дистанционного контроля параметров ВС на основе беспроводной линии связи. Проанализированы следующие существующие системы дистанционного контроля параметров ВС:

- AiRTHM (Airbus Real-Time Health Monitoring) – разработка компании Airbus,
- AIMS (Airplane Information Management System) – разработка компании Boeing,
- AHEAD (Aircraft Health Analysis and Diagnosis) – разработка компании Embraer.

Выявлено, что перечисленные системы дистанционного контроля параметров ВС, построенные на базе УКВ радиостанций, имеют высокую цену эксплуатации и рассчитаны на большой флот. Для небольшого флота (менее 30 ВС) применение этих систем экономически нецелесообразно. В результате проведенного анализа предложена система дистанционного контроля параметров воздушного судна на основе беспроводной оптической линии связи (рис.2).

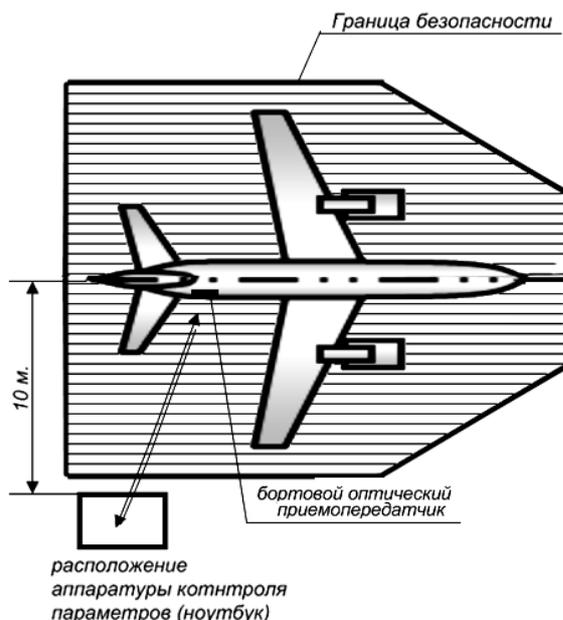


Рис.2. Расположение элементов системы дистанционного контроля параметров воздушного судна

Бортовая часть преобразует информацию ЦСВК в оптический сигнал и передает на наземную часть. В наземной части информация обрабатывается при помощи портативного персонального компьютера.

Во второй главе «**Беспроводная передача данных для измерения параметров состояния воздушного судна**» произведен анализ и классификация современных средств беспроводной связи.

Показано, что существующие беспроводные технологии, основанные на передаче СВЧ-сигналов не подходят для их использования на территории аэропорта. Это объясняется тем, что их частотный диапазон (2-80 ГГц) частично перекрывается частотным диапазоном бортовых метеонавигационных радиолокаторов (10ГГц), а также некоторых наземных радиолокаторов.

В целях устранения изложенных выше недостатков для дистанционной диагностики систем ВС предложено использовать диагностическое оборудование, использующее в качестве канала связи атмосферную оптическую линию инфракрасного диапазона.

Для реализации системы дистанционного контроля параметров воздушного судна произведен расчет энергетических параметров линии

передачи данных, а также обоснован выбор протокола обмена данными в формате IrDA (Infrared data association). Этот формат передачи данных обеспечивает использование доступной элементной базы, предъявляет низкие требования к электропитанию, а также предоставляет возможность установки соединения устройств друг с другом без юстировки.

Произведена оценка защищенности оптического канала связи. Соотношение сигнал/шум q_0 и полоса частот сигнала F являются основными ресурсами канала. Поэтому для оценки защищенности информационного канала введены коэффициенты β и γ , определяющие энергетическую и частотную эффективность средств регистрации информации:

$$\beta = \frac{C}{q_0}; \gamma = \frac{C}{F}. \quad (1)$$

Коэффициент γ характеризует скорость передачи информации в единичной полосе частот, а коэффициент β - удельной скоростью передачи информации по отношению к коэффициенту сигнал/шум q_0 . На основе (1) информационная эффективность равна:

$$\eta = R/C = 1/\beta. \quad (2)$$

Диаграммы β (γ) позволяют определить системы, реализующие регистрацию информации и системы, для которых исключается регистрация информации.

Для двоичного симметричного канала можно записать:

$$\gamma = 1/F \cdot [1 + P \cdot \log P + (1 - P) \cdot \log(1 - P)], \beta = \gamma / q_0. \quad (3)$$

Кривые предельной эффективности определяют точку диаграммы β (γ), которой соответствуют предельные значения β и γ , для которых перехват информации исключается, ввиду невозможности реализации системы перехвата. Для системы дистанционного контроля параметров ВС этими точками являются: ($\beta=-0,4$ дБ, $\gamma=0$) - для противоположных сигналов, ($\beta=-3,4$ дБ, $\gamma=0$)- для ортогональных сигналов с активной паузой, ($\beta=-6,4$ дБ, $\gamma=0$)- для ортогональных сигналов с пассивной паузой. Данные точки представлены на рис. 3.

Выведены основные соотношения для расчета параметров приемопередатчика предложенной системы дистанционного контроля параметров воздушного судна. Так как система является цифровой, качество передачи определяется коэффициентом ошибок BER (bit error ratio). При расчете передаточной способности атмосферно-оптической линии связи использовались термины Q-фактора- параметра, определяющего качество сигнала системы. Он рассчитывается с помощью статистической обработки результатов измерения электрического уровня амплитуды и фазы сигнала.

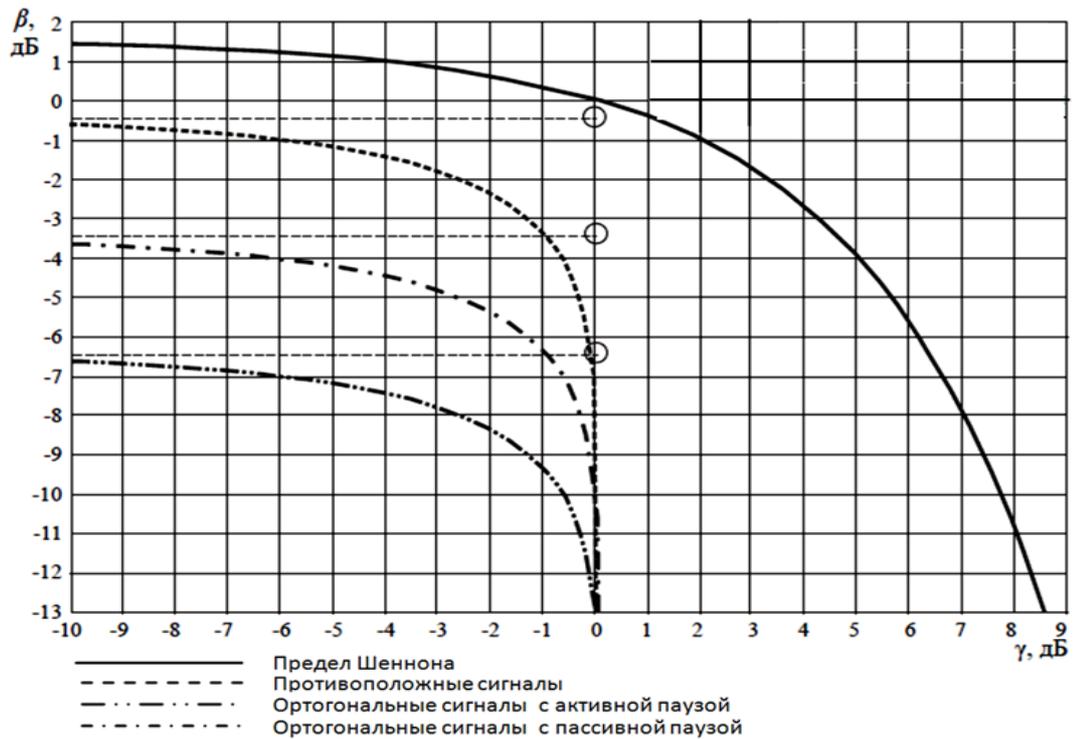


Рис.3. Диаграммы $\beta(\gamma)$

Предположив гауссовский закон распределения состояний логических «1» и «0», определим математическое ожидание E_1 и E_0 :

$$E_1 = \begin{cases} P_L \text{ при } P_L \geq P_R \\ P_R \text{ при } P_L < P_R \end{cases}, \text{ мВт} \quad (4)$$

$$E_0 = P_{noise}$$

и среднеквадратическое отклонение σ_1 и σ_0 , используя правило «три сигма»- все значения нормально распределённой случайной величины лежат в интервале $(\bar{x} + 3\sigma) - (\bar{x} - 3\sigma)$:

$$\sigma_1 = \frac{E_1 - P_{1min}}{3} \text{ мВт}$$

$$\sigma_0 = \begin{cases} \frac{E_0 + P_{0max}}{3}, \text{ мВт} \\ \frac{E_0 - P_{0max}}{3}, \text{ мВт.} \end{cases} \quad (5)$$

Рассчитаем Q-фактор по формуле:

$$Q = \frac{|E_1 - E_0|}{\sigma_1 + \sigma_0}, \text{ мВт.} \quad (6)$$

График зависимости значения Q-фактора от расстояния передачи представлен на рис. 4.

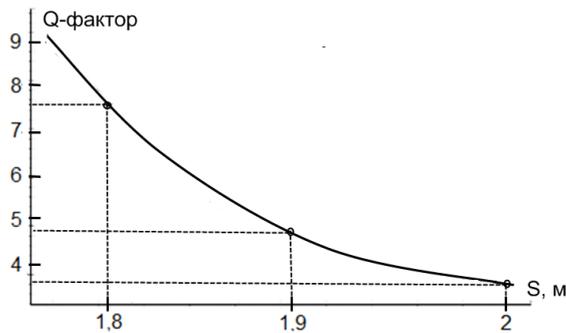


Рис.4. Зависимость Q-фактора от расстояния

Q-фактор сигнала функционально зависит от коэффициента ошибок BER и определяется путем статистической обработки результатов измерения параметров сигнала.

Q-фактор и BER связаны следующей зависимостью:

$$BER = \frac{\exp\left(\frac{Q^2}{2}\right)}{\sqrt{2\pi}Q}. \quad (7)$$

В третьей главе «Разработка программно-аппаратных средств дистанционного контроля параметров воздушного судна» сформулированы требования к техническим характеристикам элементов системы. Предложенная система дистанционной диагностики параметров ВС, описанная в патенте IAP 05892 приведена на рис.5.

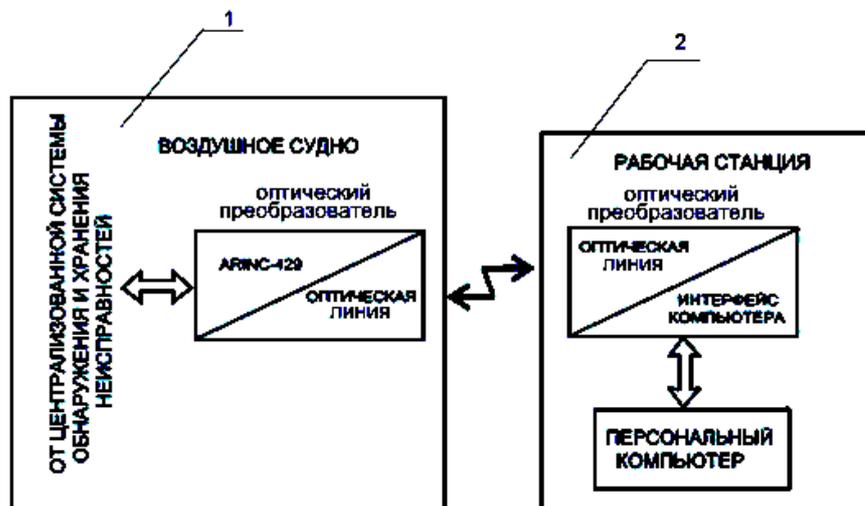


Рис.5. Функциональная схема предложенной системы дистанционного контроля

Как следует из структурной схемы, приемопередатчик бортового модуля оптической линии передачи данных, для преобразования сигнала формата ARINC 429 в оптический сигнал, необходимо применить систему «двойного преобразования». Это продиктовано тем, что для оптимизации выбора элементной базы для практической реализации предложенной системы в

качестве большинства модулей структурной схемы используются готовые изделия.

Разработан алгоритм, использующий вместе с данными по отказам элементов сведения о времени проведения измерений. Данный алгоритм предполагает проведение проверок так, чтобы выполнялось условие:

$$\sum_{n=1}^N T_{изм} \cdot P_n \rightarrow \min, \quad (8)$$

где $T_{изм}$ – время проведения измерений для определения состояния блока системы, P – вероятность безотказной работы данного блока.

Разработан алгоритм оптимального поиска места отказа методом половинного разбиения (метода дихотомии). Как следует из теории оптимизации функций, что стратегия поиска искомой точки оптимальна, если для построения последовательности итераций использовать числа ряда Фибоначчи в форме: $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$. Т.е. следующее число равно сумме двух предыдущих. Первые два числа равны 1, затем 2(1+1), затем 3(1+2), 5(2+3) и так далее: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21....

Для отношения двух чисел ряда Фибоначчи установлен предел:

$$q = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n-1}}{F_n} = 0.618034. \quad (9)$$

Разбиение интервала неопределенности в соотношении производится методом золотого сечения. Количество измерений, необходимых при поиске места отказа методом золотого сечения, где могут возникнуть две равновероятные ситуации:

- неисправный элемент всегда оказывается в большей части;
- неисправный элемент всегда оказывается в меньшей части.

В случае, если неисправность оказывается в большей части, количество элементов, оставшихся после первого измерения равно $N_1=q \cdot n$, после второго - $N_2=q^2 \cdot n$ и т.д. После m -го измерения $N_m=q^m \cdot n$, то есть можно записать:

$$N_m = q^m \cdot n = 1 \rightarrow m_{max} = \log_q \left(\frac{1}{n} \right) \approx 1.44 \cdot \log_2 n. \quad (10)$$

Если неисправный элемент оказывается в части с меньшим количеством элементов то $N_m=(1-q)^m \cdot n$, тогда:

$$N_m = (1 - q)^m \cdot n = 1 \rightarrow m_{min} = \log_{1-q} \left(\frac{1}{n} \right) \approx 0.72 \cdot \log_2 n. \quad (11)$$

Определим среднее количество измерений. Предположим, что отказ попеременно может оказываться в большей, или в меньшей ее части. Если после первого измерения $N_1=q \cdot n$, то после второго может быть $N_2=q \cdot (1-q) \cdot n$ и т.д. Поэтому нахождение отказа на каждом участке равновероятно очевидно, и в среднем будет $m/2$ сомножителей q и $m/2$ сомножителей $(1-q)$:

$$N_m = [q(1 - q)]^{m/2} \cdot n = 1 \rightarrow m = \log_{q(1-q)} \left(\frac{1}{n} \right) \approx 0.96 \cdot \log_2 n. \quad (12)$$

На графике (рис.6) показан процесс поиска места отказа, сходящийся к неисправному блоку для системы последовательного типа, а также график сходимости при поиске методом дихотомии.

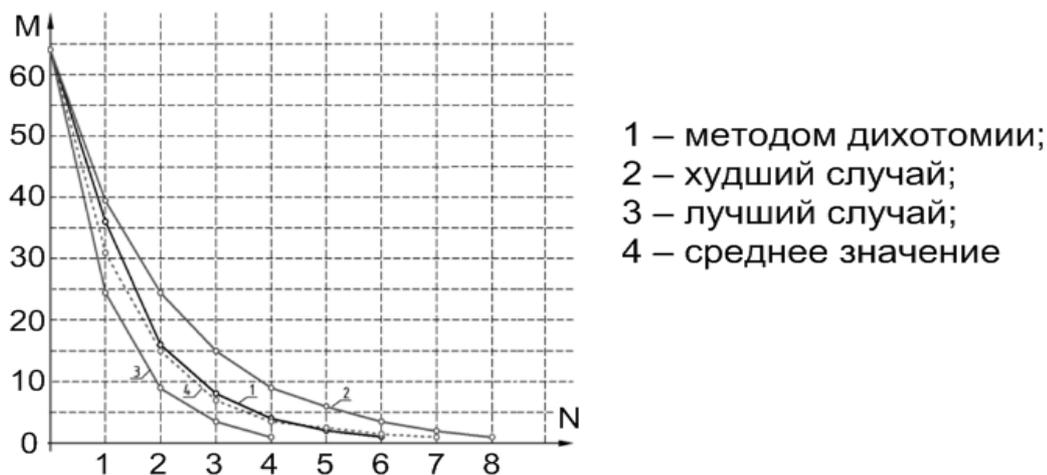


Рис.6. Сходимость к месту отказа при поиске методом золотого сечения

Для реализации преобразования электрического сигнала в формате ARINC 429 в оптический предложена двухступенчатая модель: преобразование формата ARINC 429 в формат USB и преобразование данных формата USB в формат инфракрасной передачи данных.

В качестве преобразователя формата ARINC 429 в формат USB предложено использовать преобразователь ECE 0206 (Россия).

В качестве преобразователя формата USB в формат инфракрасной передачи данных предложено использовать контроллер STIr 4200.

Разработаны алгоритмы для реализации программного обеспечения для работы предложенной системы.

В качестве драйвера предложено использование стандартного приложения разработки компании SIGMATEL, которое поставляется вместе с контроллером STIr 4200 и устанавливается на персональный компьютер.

Алгоритм работы системы в режиме чтения данных из памяти неисправностей ЦСВК приведен на рис.7.

В четвертой главе **«Применение разработанной системы дистанционного контроля параметров воздушного судна»** рассмотрены вопросы практического применения разработанной системы дистанционного контроля параметров воздушного судна в условиях аэропорта «Ташкент».

В результате анализа выявлено, что большая часть работ по посадке/высадке пассажиров производится через телескопический трап «Рукав». Телескопический трап устанавливается в определенном месте воздушного судна, поэтому, при установке наземной части системы на «Рукаве» отпадает необходимость проведения юстировки. В связи с этим

предложение по установке приемопередатчика наземной станции на телескопический трап является целесообразным.

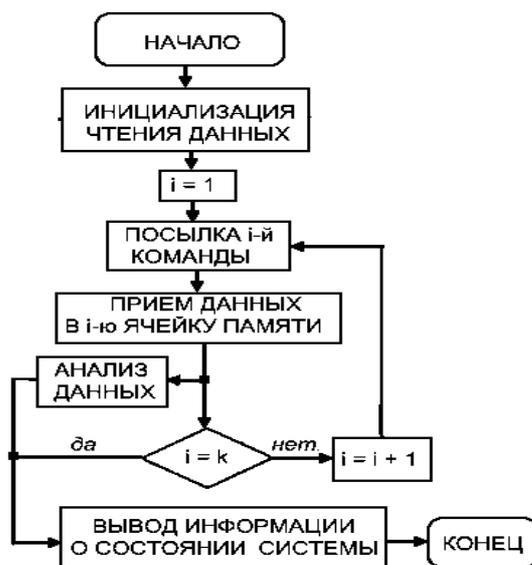


Рис.7. Алгоритм работы системы в режиме чтения данных из памяти неисправностей ЦСВК

Предложен вариант конструкции системы дистанционного контроля параметров, исходя из имеющихся возможностей расположения элементов системы в условиях аэропорта «Ташкент» (рис.8.).

Воздушное судно (1) установлено возле рукава для загрузки/выгрузки пассажиров (2). Обмен информацией происходит по атмосферной оптической линия связи (3) через инфракрасные окна приемопередатчиков, один из которых установлен на воздушном судне, а второй- на кронштейне рукава. Приемопередатчик, установленный на кронштейне рукава, соединен с наземной станцией кабелем (4). Особенностью предложенной системы является большая ширина оптического луча благодаря использованию диффузионного ИК светодиод, что избавляет от необходимости юстировки приемопередатчиков.

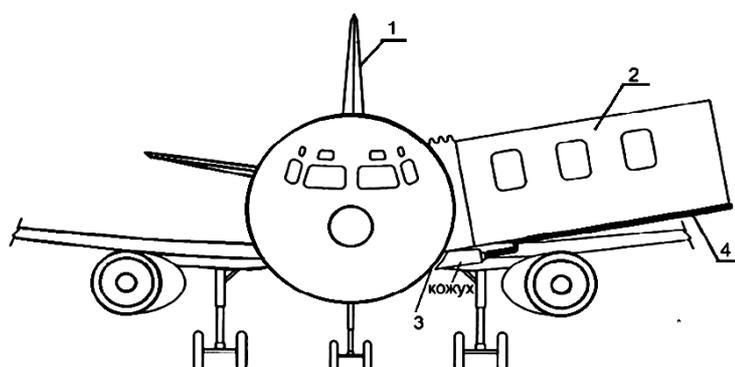


Рис.8. Расположение элементов предложенной системы дистанционного контроля параметров воздушного судна

Подробная схема установки приемопередатчика наземной станции представлена на рис.9.

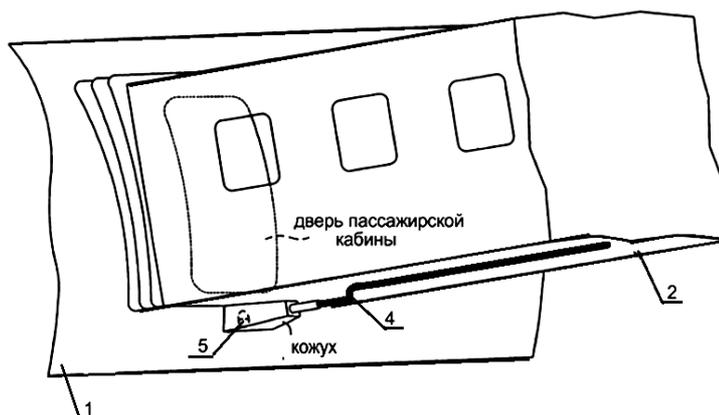


Рис.9. Расположение приемопередатчика наземной станции

Приемопередатчик наземной станции заключен в непрозрачный кожух. Это предотвращает попадание солнечного света в открытый оптический канал связи, и, тем самым, обеспечивает помехозащищенность системы. Размер кожуха превышает размер инфракрасного луча. В темное время суток возможно снятие кожуха. Как приемник, так и передатчик имеют широкую диаграмму направленности, что позволяет не производить юстировку.

Размер открытого конца футляра должен быть достаточным для предотвращения интерференции между лучом и окружающими предметами.

В связи с креплением проводника сигнала на рукаве для посадки-высадки пассажиров, окно с инфракрасным фильтром бортовой части системы (5) целесообразно разместить под пассажирской дверью.

Так как воздушное судно размещается на стоянке точно по разметке, кожух приемопередатчика наземной части оказывается совмещенным с бортовой частью.

Структурная схема системы приведена на рис.10.

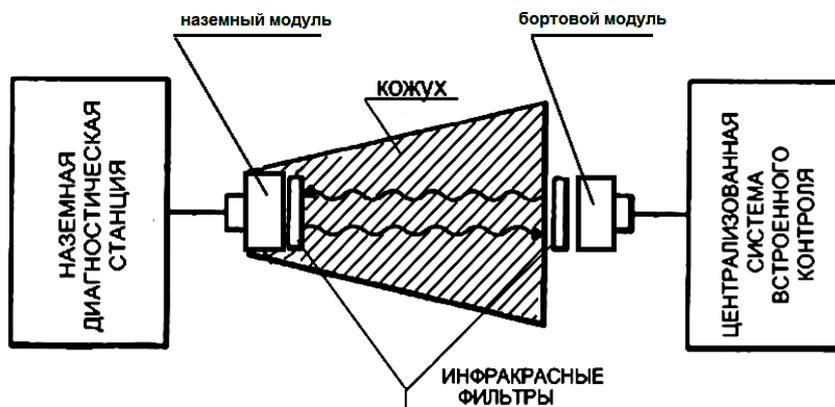


Рис.10. Структурная схема системы дистанционного контроля

Исходя из того, что приемопередатчик наземной части системы будет установлен в нижней части телескопического трапа, разработаны рекомендации по монтажу бортовой части системы на примере воздушного судна А-320.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По материалам диссертации, на основе методов системного анализа, теории вероятности, теории передачи информации в оптическом диапазоне частот получены следующие научные результаты:

1. Проанализированы состав, функциональные возможности и стандартные интерфейсы комплекса радиоэлектронного оборудования современного воздушного судна, а также средства и методы контроля его параметров. Результаты анализа позволяют оценить технические возможности применения на ВС системы дистанционного контроля параметров.
2. Разработаны математические модели распределения времени на проведение форм линейного обслуживания ВС, включающими в себя, внешний осмотр ВС и обработку информации об отказах. Разработанные модели позволяют оценить экономическую эффективность применения системы дистанционного контроля параметров ВС для выполнения транзитного ТО.
3. Обоснован выбор атмосферной оптической линии связи и применение интерфейса IrDA на основе классификации, сравнительного анализа и оценки применимости современных средств беспроводной связи для реализации системы дистанционного контроля параметров воздушного судна. Результаты этого выбора позволяют создавать системы дистанционного контроля параметров инфракрасного диапазона на основе доступной элементной базы.
4. Разработана методика расчета энергетических и технических параметров атмосферной линии передачи данных для реализации системы дистанционного контроля параметров воздушного судна. Разработанная методика позволяет оптимизировать энергетические характеристики приемопередатчика инфракрасного диапазона для реализации системы дистанционного контроля параметров воздушного судна.
5. Разработаны математические модели системы дистанционного контроля на основе ее энергетических и технических характеристик. Анализ данных, полученных при помощи разработанных математических моделей позволяет выявить возможности применения системы для дистанционного контроля параметров воздушного судна в условиях аэропорта при различных погодных условиях.
6. Разработаны функциональные и принципиальные схемы приборов (бортового модуля и наземной станции) для реализации системы дистанционного контроля параметров воздушного судна на основе современной элементной базы. Реализация разработанных схем позволит

построить систему дистанционного контроля параметров с минимальными экономическими затратами.

7. Разработаны алгоритмы работы и программное обеспечение для анализа измерительной информации, получаемой от системы дистанционного контроля параметров воздушного судна. Разработанные алгоритмы позволяют производить дистанционную диагностику воздушного судна при помощи наземного модуля на основе контроля его параметров, переданных бортовым модулем.
8. Разработаны рекомендации по применению системы дистанционного контроля параметров воздушного судна на основе инфракрасной линии связи в условиях аэропорта «Ташкент». Разработанные рекомендации позволяют интегрировать модули системы дистанционного контроля в установленное в аэропорту оборудование.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.T.03.02
ON THE ADMISSION OF SCIENTIFIC DEGREES AT THE
TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ZAKIROV RUSLAN GILMULLAYEVICH

**DEVELOPMENT OF AIRCRAFT PARAMETERS REMOTE CONTROL
SYSTEM**

05.03.01 – Devices. Methods of measurement and control (technical sciences)

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent–2019

The theme of doctor of philosophy (PhD) dissertation was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.2.PhD/T200.

The Doctor dissertation has been prepared at the Tashkent State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (summary)) on the web page of the Scientific Council (www.tdtu.uz) and on the website of "Ziyonet" Information and educational portal (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:	Abdukaumov Abdurashid doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Siddikov Ilkhomjon Khakimovich doctor of technical sciences, professor Nazarov Khayriddin Nuritdinovich candidate of technical sciences, docent
Leading organization:	Tashkent railway engineering institute

Defense of dissertation will be take place in «__» ____ 2020 at ____ o'clock the meeting of scientific council DSc.27.06.2017.T.03.02 at Tashkent State Technical University (Address: 100095, Tashkent city, Street. University 2. Tel./fax: (+99871) 246-46-00; (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information-recourse centre of the Tashkent State Technical University (registration number ____). Address: 100095, Tashkent str. University 2. Tel.: (99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on «__» ____ 2019 year.
(mailing report №. ____ on «__» ____ 2019 year)

N.R. Yusupbekov
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

U. F. Mamirov
Scientific secretary of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of Philosophy (PhD) on technical sciences

X.Z. Igamberdiev
Chairman of the Academic seminar under the
Scientific Council on awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is to develop a wireless system for remote monitoring of aircraft parameters and aircraft systems diagnostics by using of optical frequency range.

The objects of the research work are the aircraft remote diagnostic system, onboard complexes of centralized control of aircraft systems, atmospheric optical communication lines

Scientific novelty of the research work is as follows:

- a method for remote diagnostics of aircraft equipment that allows data transmission using an atmospheric optical communication line has been developed;

- criteria and requirements for the characteristics of devices for remote monitoring of aircraft parameters operating in the optical frequency range has been developed;

- a methodology for calculating the energy and technical characteristics of the remote control system for the parameters of the aircraft in the optical frequency range has been developed;

- mathematical models of elements, operation algorithms and software for remote control systems and testing of aircraft parameters has been developed.

Implementation of the research results. A scientific results of the development of a system for remote monitoring of aircraft parameters are implemented:

the developed device schematic diagrams were implemented at the “Uzbekistan Airways technics” enterprise (NAC “Uzbekistan Airways” Certificate 2018-6204, dated May 25, 2018). As a result, it becomes possible to test on-board systems without interfering with the organizational work carried out on the aircraft after landing;

the developed interference-free interface for communication between the airborne and ground-based modules of the aircraft parameters remote monitoring system was introduced at the “Uzbekistan Airways technics” enterprise (NAC “Uzbekistan Airways” Certificate 2018-6204 dated May 25, 2018). As a result, fuel economy is achieved by reducing the operating time of the auxiliary power unit while waiting for the delivery of spare parts, since using the proposed interface it becomes possible to install the aircraft nearby spare parts storage;

the developed recommendations on the practical application of the system for remote monitoring of aircraft parameters in the conditions of the Tashkent airport were implemented at the “Uzbekistan Airways technics” enterprise (NAC “Uzbekistan Airways” Certificate 2018-6204 dated May 25, 2018). As a result, currency savings are achieved by using foreign analogues of the developed system in the conditions of Tashkent Airport.

The structure and volume of the dissertation is 117 pages of text, illustrated by 48 drawings. Bibliography consists of 101 items.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (1 часть; part1)

1. Закиров Р.Г., Сайдумаров И.М., Умаров А.А. Патент РУз № IAP05892- «Способ дистанционной диагностики оборудования воздушного судна». (Бюллетень АИС №7, 2019, с.115)
2. Закиров Р.Г. «Оптимизация алгоритмов диагностики бортового радиоэлектронного оборудования», Труды МАИ, №78, Москва, 2014. (01.00.00, №11)
3. Закиров Р.Г. «Прогнозирование технического состояния бортового радиоэлектронного оборудования», Труды МАИ №85, Москва, 2016. (01.00.00, №11)
4. Закиров Р.Г., Абдукаюмов А.А. «Комплекс дистанционной диагностики систем воздушного судна на основе атмосферной оптической линии связи». Журнал «Вестник ТашГТУ», №1, Ташкент, 2016, с. 62-69. (05.00.00, №16),
5. Закиров Р.Г., Гиясова Ф.А. «Бортовой интерфейс ARINC 429 на базе технологий беспроводной оптической связи», Научно-технический журнал ФерПИ, №3, Том 21, Фергана, 2017, с.17-22. (05.00.00, №20)
6. Ruslan Zakirov, Feruza Giyasova. «Aircraft information management system (AIMS) analysis» , International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, Issue 7, July 2017, India pp 4217-4222. (05.00.00, №8)
7. Закиров Р.Г., Гиясова Ф.А., Пулатова Д.М. «Анализ развития бортовых радиоэлектронных комплексов» Журнал «Вестник ТашГТУ», №2, Ташкент, 2017, с. 106-111. (05.00.00, №16)
8. Ruslan Zakirov, Feruza Giyasova «Application of magneto-optical sensors in modern technology» World Journal of Engineering, Research and technology (WJERT), vol.4, India, 2018, pp 427-432. (GIF: 0.342 (5))
9. Ruslan Zakirov, Feruza Giyasova. «ARINC 629 Digital Communication System Analysis» , International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 5, Issue 10, India, October 2018, pp 7104-7108. (05.00.00, №8)
10. Ф.А. Гиясова, Б.Ш. Юлдашев, Р.Г. Закиров, Г.Т. Мурадиллаева «Измеритель оптической мощности для диагностики оптоволоконных линий связи и цифровой мультиметр" , Научный журнал Физика полупроводников и микроэлектроника №1, Ташкент, 2019, с. 48-51. (01.00.00, №16)
11. У.Х. Арипова, Р.Г. Закиров «Применение фотовольтаического эффекта последовательно-включенных структур в датчиках дыма воздушного

судна» . Журнал Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика №10, Москва, 2019, с. 41-44. (05.00.00, №65)

II бўлим (2 часть; part2)

12. Закиров Р.Г. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин № DGU 2012 0008 от 20.01.2012.
13. Закиров Р.Г. “Внедрение новых технологий управления воздушным движением в Узбекистане”- тезисы доклада на республиканской научно-практической конференции молодых ученых, Ташкент, 2014, с.29-30.
14. Закиров Р.Г., Абдукаюмов А.А.,Рахманова Ф.К. “Использование системы зависимого автоматического наблюдения для дистанционного контроля параметров воздушного судна”- сборник материалов международной научно-практической конференции «Гражданская авиация: прошлое, настоящее и будущее» («Авиатранс-2015»), Ростов-на Дону, 2015, с.152-155.
15. Закиров Р.Г., Абдукаюмов А.А., “Оптимизация пакета дистанционно-контролируемых параметров воздушного судна” Сборник материалов международной научно-практической конференции «Проблемы управления и информационных технологий» , Бишкек, 2015, с. 29-35.
16. Закиров Р.Г., Абдукаюмов А.А. “Анализ интегрированного комплекса авионики”- журнал «Техника, технологии, инженерия» №1, Казань, 2016, с 20-23.
17. Закиров Р.Г., Абдукаюмов А.А. «Применение атмосферной оптической линии связи в системе встроенной диагностики воздушного судна», Проблемы автоматизации и управления, №2, Бишкек, 2016, с.89-95.
18. Закиров Р.Г., Сайдумаров И.М., Умаров А.А. “Анализ возможностей централизованной системы встроенного контроля и диагностики для дистанционного контроля параметров воздушных судов”- Proceedings of the II international scientific and practical conference “Scientific Issues of the Modernity”, April 27-28, 2016, Dubai, UAE, pp 602-605.
19. Закиров Р.Г., Шукурова С.М., Саидова Г.Э. “Выбор совокупности диагностируемых параметров радиоборудования воздушного судна”, сборник материалов международной научно-практической конференции «Инновационные аспекты развития гражданской авиации» («Авиатранс-2016»), Ростов-на Дону, 2016, с.169-173.
20. Ruslan Zakirov «Free space optical data link for aircraft parameters remote control», International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, 2016, pp. 103-108.
21. Ruslan Zakirov “Free space optical interface for diagnostics of aircraft electronical equipment” International symposium «New Trends of Development

Fundamental and Applied Physics: Problems, Achievements and Prospects», Tashkent, 2016, pp. 215-216.

22. Закиров Р.Г., Абдураимов О.Ш. «Применение волоконно-оптического гироскопа в инерциальных системах воздушных судов малой авиации.»- журнал «Техника, технологии, инженерия» №3, Казань, 2017, с.19-22 .
23. Р.Г. Закиров «Дистанционная диагностика систем воздушного судна при помощи инфракрасной линии связи»-Материалы XII научно-технической конференции «АВИА-2017», Киев, 2017, с. 4.10-4.13.
24. Ruslan Zakirov, A.B. Zhabborov, TSTU - Tashkent, Uzbekistan.«Control of electromagnetic interference in modern aircraft» Thursday, - IEEE - HIT 4th Conference on Electromagnetic Compatibility-EMC 2017-Holon (Israel), 2017.
25. Закиров Р.Г., Гиясова Ф.А., Бутунбаев Б.Н., Кулдашев Г.О.«Адаптер для диагностики целостности авиационных бортовых оптоволоконных соединений»-Материалы VI международной научно-практической конференции «Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты», Кемерово, 2018, с.134-138.

Автореферат «Яримўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ҳамда ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди 16.12.2019 й. Бичими 60x84^{1/16}.
Рақамли босма усули. Times гарнитураси. Шартли босма табағи 30.
Адади 100 нусха. Буюртма № 88.

Гувоҳнома реестр №10-3719.
“Тошкент кимё-технология институти” босмаҳонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.