

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

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**АЛИЕВ РАВШАН МАРАТОВИЧ**

**ПОЕЗДЛАР ҲАРАКАТИНИ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИДА ЙЎЛ  
УЧАСТКАЛАРИ ҲОЛАТИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ ДАТЧИКЛАРИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ МОДЕЛЛАРИ, АЛГОРИТМЛАРИ ВА  
ДАСТУРИЙ ВОСИТАЛАРИ**

**05.01.06 – Ҳисоблаш техникаси ва бошқарув тизимларининг элементлари  
ва қурилмалари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2018**

**Докторлик (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси**  
**Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации**  
**Content of the abstract of Doctoral (DSc) dissertation**

**Алиев Равшан Маратович**

Поездлар ҳаракатини бошқариш тизимларида йўл участкалари  
ҳолатини назорат қилиш датчикларини такомиллаштириш  
моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситалари .....5

**Алиев Равшан Маратович**

Модели, алгоритмы и программные средства  
усовершенствования датчиков контроля состояния  
путевых участков в системах управления движением поездов.....27

**Aliev Ravshan Maratovich**

Models, algorithms and software for the  
improvement of track sensors in train control systems .....51

**Список опубликованных работ**

Эълон қилинган ишлар рўйхати  
List of published works .....55

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

---

**ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

**АЛИЕВ РАВШАН МАРАТОВИЧ**

**ПОЕЗДЛАР ҲАРАКАТИНИ БОШҚАРИШ ТИЗИМЛАРИДА ЙЎЛ  
УЧАСТКАЛАРИ ҲОЛАТИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШ ДАТЧИКЛАРИНИ  
ТАКОМИЛЛАШТИРИШ МОДЕЛЛАРИ, АЛГОРИТМЛАРИ ВА  
ДАСТУРИЙ ВОСИТАЛАРИ**

**05.01.06 – Ҳисоблаш техникаси ва бошқарув тизимларининг элементлари ва  
қурилмалари**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2018**

Техника фанлари бўйича фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2017.2.DSc/T87 - сонли рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент темир йўл муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация авторсферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси ([www.tgtu.uz](http://www.tgtu.uz)) ва "Ziyouct" таълим ахборот порталида ([www.ziyouct.uz](http://www.ziyouct.uz)) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:	Халиков Абдулҳак Абдулҳайрович техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Абдукаюмов Абдурашид техника фанлари доктори, профессор Плахтнев Анатолий Михайлович техника фанлари доктори, профессор Нурмухамедов Толаниддин Рамзидинович техника фанлари доктори, профессор
Етақчи ташкилот:	«Илмий-техник марказ» МЧЖ


Диссертация химояси Тошкент давлат техника университети ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.03.02.рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил 2 июль соат 10 даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2 уй. Тел: (99871) 246-46-00, факс: (99871) 2271032, e-mail: [tgtu\\_info@edu.uz](mailto:tgtu_info@edu.uz)).


Диссертация билан Тошкент давлат техника университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин ( \_ рақами билан рўйхатга олинган).


Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси 2 уй. Тел: (99871) 2460341.

Диссертация авторсферати 2018 йил 17 май куни тарқатилди.  
(2018 йил 20 май даги 1 рақамли ресстр баёномаси)



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

  
Ж.У. Севинов  
Илмий даражалар берувчи  
Илмий кенгаш котиби, т.ф.н., доцент

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

## КИРИШ (Фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминловчи техник воситалар ишончилигини оширишда ахборот-коммуникация технологиялари асосида юқори самарадорликка эга бўлган поездлар ҳаракатини интервалли бўйича бошқариш тизимларини яратиш етакчи ўринларни эгаллайди. Шу жиҳатдан поездлар ҳаракатини интервалли бўйича бошқариш тизимлари таркибидаги йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини ишлаб чиқишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу йўналишда ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Англия, Франция, Германия, Швеция, Япония, Россия мамлакатларида тез юрар поездлар ҳаракати хавфсизлигини оширувчи техник воситаларини, интервал бўйича бошқариш тизимларини такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳон амалиётида изоляцияловчи уламаларсиз тонал рельс занжирлари асосидаги назорат датчиклари ҳамда бошқариш тизимларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан изоляцияловчи уламаларсиз тонал рельс занжирларини (ТРЗ) ишлаб чиқиш, изоляцияловчи уламаларсиз ТРЗларни такомиллаштириш, шунтлаш ва автомат локомотив сигнализацияси (АЛС) кодли сигнали алмашинуви унга поезд кириб келган вақтдан эмас, балки унинг назорат қилинаётган участкага яқинлашиб келишида, муайян масофада, шунингдек поезд назорат датчигидан маълум масофага узоқлашганида кодли сигнали алмашинуви тизимини яратиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Республикамызда ҳозирги кунда тез юрар поездлар ҳаракати хавфсизлигини таъминловчи техника воситалари ва мажмуаларини, жумладан электрлаштирилган темир йўл линияларини кенгайтириш ҳамда уларда йўлланиладиган автоматика тизимининг элементларини такомиллаштириш чора-тадбирлари амалга оширилмоқда. Бу борада, жумладан назорат датчиклар изоляцияловчи уламаларсиз рельс занжирлари асосида поездлар ҳаракатини интервалли бўйича бошқаришга доир тизимларни яратишда сезиларли натижаларга эришиб келинмоқда ва поездлар ҳаракатини интервалли бўйича бошқариш тизимларини такомиллаштириш, энергия тежамкор қурилмалар, техник восита ва технологияларни такомиллаштириш талаб этилмоқда. 2017-2021 йилларида Ўзбекистон Республикасини Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, ишлаб чиқариш, йўл-транспорт инфратузилмасини янада ривожлантириш, иқтисодий, ижтимоий соҳа, бошқарув тизимига ахборот-коммуникация технологияларини жорий этиш»<sup>1</sup> вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифани амалга оширишда поездлар ҳаракатини бошқариш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини такомиллаштириш, тадбиқ этиш, уларни унумдорлигини, ишончилигини янада

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда янада ривожлантиришнинг бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

ошириш бўйича чора-тадбирлар ишлаб чиқишда диссертация тадқиқотида олинган натижалар маълум даражада хизмат қилади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини 2017-2021 йилларда янада ривожлантиришнинг бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларда таркибий ўзгаришларни, ишлаб чиқаришни модернизациялаш ва диверсификациялашни таъминлаш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги Фармони, 2015 йил 6 мартдаги ПҚ-2313-сон «2015-2019 йилларда муҳандислик, коммуникация ва йўл инфратузилмасини ривожлантириш ва модернизация қилиш дастури тўғрисида»ги Қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларини амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежаш» ва IV. «Ахборотлаштириш ва ахборот-коммуникация технологияларининг ривожлантириш» устувор йўналишларига доирасида бажарилган.

Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи.<sup>2</sup> Темир йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини ишлаб чиқишга қаратилган кенг қамровли илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, General Electric Transportation (АҚШ), Institute of Communications Technology Hannover, Siemens, AEG, SEL ва Брауншвейг Техника университети (Германия), Bombardier transportations (Канада-Швеция), Москва темир йўл муҳандислари институти, Самара давлат темир йўл университети, Петербург давлат темир йўл университети (Россия), Тошкент темир йўл муҳандислари институти (Ўзбекистон) томонидан кенг қамровли илмий-тадқиқотлар олиб борилмоқда.

Назорат датчикларининг моделлари ва алгоритмларини такомиллаштириш борасида жаҳонда олиб борилган илмий-тадқиқотлар асосида қатор, жумладан куйидаги илмий натижалар олинган: юқори тезликда ҳаракатланувчи поезд линиялари учун уламасиз рельс занжирлари ишлаб чиқилган (General Electric Transportation, АҚШ); уламасиз рельс занжирлари асосида импульс модуляцияли тонал частотали назорат датчиклари яратилган (Institute of Communications Technology Hannover, АҚШ); VM-71 типидagi уламасиз рельс занжирлари асосидаги назорат датчиклари яратилган (Science and Research Center Alcatel, Франция); Нанбоку йўналиши бўйича метрополитен поездларининг ҳаракатини бошқариш тизими ишлаб чиқилган (LIFE халқаро лабораторияси, Япония); ўзгарувчан токда ишлайдиган, тонал частотаси  $4,75 \div 16,5$  кГц бўлган уламасиз кодланган, масофадан қувватланадиган назорат датчиклари ишлаб чиқилган (Research Center Siemens, ФРГ, Bombardier transportations, Канада-Швеция); автомат тарзда

<sup>2</sup> Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотларни шарҳи: <https://signallingsolutions.com/>; [http://www.unece.org/trans/theme\\_its.html](http://www.unece.org/trans/theme_its.html); <http://www.era.europa.eu>; <https://www.bombardier.com/en/transportation.html> ва бошқа материаллар асосида бажарилган

мувофиқлаштириладиган тонал рельс занжирлари ишлаб чиқилган (ТРЦ-А) (Москва темир йўл муҳандислари институти, Россия).

Жаҳонда назорат датчикларини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан қуйидаги устувор йўналишларда тадқиқотлар олиб борилмоқда: юқори тезликлар линиялари учун изоляция уламаларисиз назорат датчикларини ишлаб чиқиш; темир йўл поездлари растли фаолияти ҳаракатланадиган майдонлари учун назорат датчиклари ишлаб чиқиш; кўшимча шунтланиш зоналар бўлмаган назорат датчикларни ишлаб чиқиш, темир йўл рельс линиясининг изоляция қаршилиги доимий ўзгариш ва кўшни йўллардаги поездлар таъсирига боғлиқлиг масалаларни ишлаб чиқиш; замонавий микропроцессорли технологияларни қўллаган ҳолда датчикларнинг математик апарати, моделлаш услублари ишлаб чиқиш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Сўнгги йиллардаги поездлар ҳаракатини интервалли мувофиқлаштириш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини яратишнинг назарий асосларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотларга доир илмий-техник адабиётларнинг таҳлили бу соҳада жиддий назарий ва амалий натижаларга эришилганлигини кўрсатади. Изоляцияловчи уламали рельс занжирлари асосидаги маънавий эскирган датчикларни алмаштириш масалаларига бағишланган кўплаб ишлар чоп этилиб, назорат датчикларини яратишнинг умумий назарий концепциялари ишлаб чиқилган ва ҳал этилган амалий масалалар сонни ортиб бормоқда. Россия ва хорижий давлатлар темир йўлларининг турли участкаларида ишлаётган назорат датчикларини яратишнинг турли усуллари мавжуд ва ишлаб чиқилмоқда.

Магистрал темир йўллари ва метрополитен йўллари ҳолатини назорат қиладиган датчиклар яратишга доир назарий ва амалий масалалар билан Gregor Teeg, W.Vantuono, O. Weber, M. Fisher, J. Hubner, H. Hristov, I. Okimura, G. Thomasch, Брылеев А.М., Пенкин Н.Ф., Котляренко Н.Ф., Шишляков А.В., Кравцов Ю.А., Аркатов В.С., Дмитриенко И.Е., Лисенков В.М., Бестемьянов П.Ф., Сапожников Вл.В., Сапожников В.В., Шелухин В.И., Шалягин Д.В., Нестеров В.Л., Лекута Г.Ф., Полевой Ю.И каби етакчи олимлар шуғулланган ва шуғулланмоқда. Юртимиз олимларидан Юсупбеков Н.Р, Игамбердиев Х.З, Халиков А.А, Амиров С.Ф., Шипулин Ю.Г., Арипов Н.М. ва бошқа олимларнинг назарий ва тажрибавий тадқиқотларида кўриб чиқилган ва муҳим натижаларга эришилган.

Шу билан бирга ҳамон Ўзбекистон темир йўлларида кенг қўлланилиши мумкин бўлган оддий ва универсал ечим топилганича йўқ. Ҳозирга келиб турли иш режимларидаги назорат датчикларини таҳлил ва синтез қилишнинг кўшни темир линияларини уларнинг кириш тўлқинлари қаршиликлари билан алмаштиришга асосланган аналитик ифодаларини аниқлаш услублари ишлаб чиқилган ва қўлланиб келиниб, уларнинг тахминий аналитик ифодалари олинган, бу эса бир-биридан каттагина фарқ қилиши мумкин бўлган кўшни рельс линиялари бўйлаб тоқлар ва кучланишларнинг ҳақиқий тақсимланиши, рельс линиялари параметрларидаги фарқни, ёнма-ён (кўшни) назорат датчикларида ҳаракатланувчи таркиб мавжудлигини ҳисобга олиш имконини

бермайди. Бўйлама ассиметриянинг назорат датчиклари ишлашига таъсири бўйича тадқиқотлар ўтказилмаган, шунингдек шунтлаш қўшимча зоналари муаммоси ҳал этилмаган бўлиб, булар туфайли назорат датчигининг ҳақиқий узунлиги мавжуд эмаслиги бўйича тадқиқотлар етарли даража ўрганилмаган.

**Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл мухандислари институти илмий тадқиқот ишлари режасининг 27-сон «АРМ таъмирлаш ва сигнализация ва алоқа масофаларидаги технологик бўлимларини ташкил этиш учун дастурий таъминотни ишлаб чиқиш (2013), 96-сон «Юқори тезликдаги йўллардаги локомотивга маълумот етказиш учун темир йўл линиясининг оптимал узунлигини аниқлаш учун дастурий таъминотни ишлаб чиқиш» (2016) мавзудаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** поездлар ҳаракатини бошқариш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини яратиш бўйича математик моделлар, уларнинг алгоритмлари, ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

йўл участкаси ҳолатини назорат қилиш датчиги ҳақиқий узунлигини барқарорлаштириш усулини ишлаб чиқиш;

асосий ишчи режимларида назорат датчикларини таҳлил ва синтез қилиш учун аналитик ифодаларни аниқлашнинг усул ва моделларини ишлаб чиқиш;

йўл қабул қилгичларини бир-бирига турлича улаш усулларига эга бўлган назорат датчикларининг математик моделларини ишлаб чиқиш;

адаптив қабул қилгичли йўл участкаларини назорат қилишнинг назорат датчиклари математик модели, алгоритми, дастурий таъминотини ишлаб чиқиш;

комбинацияли назорат қилиш датчиги математик модели, алгоритми, ҳамда тадқиқ этиш дастурий таъминотини ишлаб чиқиш;

юқори тезликдаги участкалар учун локомотив қабул қилгичи бўйича рельс линиясининг оптимал узунлигини аниқлаш;

йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш микропроцессорли тизимини техник жиҳатдан амалга оширилишини ишлаб чиқиш.

**Тадқиқотнинг объекти** темир йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш назорат датчиклари ва микропроцессор қўрилмалар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** йўл қабул қилгичларининг турли улаш усуллари билан назорат қилиш датчикларининг математик моделларини ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлилнинг умумий методологияси, тақсимланган параметрлари билан рельс занжирлар назарияси, темир йўл оқимлари назарияси, ҳаракат таркибининг интервалли назорат қилиш назарияси, математик анализнинг аналитик ва сонли усуллари, моделлаштиришнинг математик усуллари ва алгоритмларидан фойдаланилган.



**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** куйдагилардан иборат:

йўл участкаси ҳолатини комбинацияланган усулда назорат қилиш учун изоляция уланмаларисиз рельс занжири қурилмаси ишлаб чиқилган;

йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларининг нормал, шунтли ва назорат режимларида ишлайдиган математик моделлари ишлаб чиқилган;

норматив шунтлаш сезувчанлиги, мутлақ (абсолют) шунтлаш сезувчанлиги ва рельсли линияси узилишиларига сезувчанлигининг мезонлари асосида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун датчиклар ишлаб чиқилган;

датчикларнинг қўшимча шунтлаш зоналарининг оптимал узунликларини аниқлаш орқали формаллаштирилган ифодалар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган;

адаптив қабул қилгич билан ишлайдиган назорат датчиклари учун математик моделлар ва алгоритмлар ишлаб чиқилган;

локомотив қабул қилгичи бўйича асосий ва йўл қурилмалари носозлигини назорат қилишга асосланган назорат ҳамда икки поезднинг яқинлашиш режимлари бўйича назорат қилиш датчигининг математик модели ишлаб чиқилган;

юқори тезликда ҳаракатланувчи йўлларда локомотивга ахборотни узатиш учун поезд станцияга яқинлашиб келишидаги кодлашнинг математик модели ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** куйдагилардан иборат:

йўл участкалари ҳолатини назорат қиладиган замонавий датчикларни лойиҳалаш ва уларнинг оптимал параметрларини аниқлаш учун математик моделлар, алгоритмлар ва дастурлар ишлаб чиқилган;

ишлаб чиқилган назорат датчикларидан изоляциянинг анча паст қаршиликларида ҳам фойдаланиш имконини берадиган изоляция қаршилигининг оптимал қиймати ҳамда поезд шунти қаршилигининг норматив қийматлари асосланган;

назорат датчикнинг таклиф қилинган математик модели локомотив қабул қилгичи бўйича муайян юқори тезликли ҳаракатланиш участкаларида рельс линияларининг оптимал узунлиги аниқланган;

изоляция уланмаларисиз йўл участкаларини назорат қилишга мўлжалланган назорат датчикларининг амалдаги узунлигини аниқ қайд этиш учун қабул қилгичли датчиги қурилма ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқотлар натижаларининг ишончлилиги поездлар ҳаракатини интервалли бошқариш тизимлари таркибида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини яратишга доир назарий жиҳатдан асосланган, рельс занжирлари назарияси асосидаги концепцияларнинг қўлланиши, назарий ишланмалар ва экспериментал тажрибалар натижаларининг ўзаро мос ва мувофиқлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти темир йўл линиялари йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун инновацион назорат датчикларини ишлаб чиқишнинг илмий асослари яратилиб, турли ахборот қабул қилгичларига эга

бўлган назорат датчикларининг математик моделлари, усуллари ва ҳисоблаш алгоритмлари ҳам йўл ҳаракатининг юқори даражадаги хавфсизлигини таъминлайдиган микропроцессорли технологияларидан фойдаланган ҳолда темир йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун назорат датчикларини яратиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ишлаб чиқилган математик моделлар, тадқиқот усулларини қўллаш, юқори тезликда йўллар учун йўллар ҳолатини назорат қилиш учун назорат датчикларини яратиш, ишлаб чиқилган услуб ва алгоритмлар темир йўлларда поездлар ҳаракатини интервалли бўйича бошқариш замонавий тизимларини лойиҳалаштириш, микропроцессорли технологияларни қўллаш билан поездлар ҳаракати хавфсизлигини яхшилашга хизмат қилиши билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларинининг жорий қилиниши.** Поездлар ҳаракатини бошқариш тизимларидаги йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини такомиллаштириш модели, алгоритмлари ва дастурий воситалари бўйича олинган натижалар асосида:

йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун датчиклар «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасарруфидаги Сигналлаштириш ва алоқа бошқармасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2016 йил 21 ноябрдаги НГ/3947-16-сон маълумотномаси). Натижада поездлар ҳаракатланиш хавфсизлигини 15% мартага ошириш имконини яратилган;

назорат датчикларнинг ускуналарини текшириш учун алгоритм ва дастурий воситалар «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасарруфидаги Сигналлаштириш ва алоқа бошқармасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2016 йил 21 ноябрдаги НГ/3947-16-сон маълумотномаси). Натижада йиллик иқтисодий самара темир йўл участкасининг 1 километрига 12,9% ташкил қилган;

йўлнинг юқори тезликли линияларида ахборотни локомотивга узатиш учун рельс линиясининг оптимал узунлигини аниқлашнинг алгоритмлари ва дастурий воситалари «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасарруфидаги Сигналлаштириш ва алоқа бошқармасида жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2016 йил 21 ноябрдаги НГ/3947-16-сон маълумотномаси). Натижада сигналларни узатиш жараёнида кодлаштириш участкалари учун сарфлар 40% га камайитириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Ушбу тадқиқот натижалари 5 та халқаро ва 8 та миллий илмий-техник анжуманларидан муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Тадқиқот мавзусига 38 та илмий мақолалар, шу жумладан 1 та монография, Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган 10 та мақола ва чет эл нашрларида 3 та мақола, Халқаро ва Республика конференцияларининг тўпламларида 13 та мақола чоп этилган. Фойдали модел учун 2 та патент ва ЭХМ учун дастурларни расмийлаштириш бўйича 9 та гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация таркиби кириш, бешта бўлим, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан

иборат. Диссертациянинг асосий қисми 196 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш** қисмида муаммони ҳал этишнинг муҳимлиги ва диссертация мавзусининг долзарблиги асосланган, мақсад ва вазифалар ифодаланган, объект ва тадқиқот мавзуси аниқланди, тадқиқот Ўзбекистон Республикаси илм-фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, илмий янгилик ва тадқиқотларнинг амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончилиги исботланган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти аниқланган, тадқиқот натижаларининг амалий қўлланмалар рўйхати, шунингдек нашр қилинган асарлар, фойдали моделларга патентлар, дастурларни рўйхатдан ўтказиш гувоҳномалари ва диссертация тузилмалари тўғрисидаги маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Поездлар ҳаракатини интервалли тартибга солиш тизимларида йўллар ҳолатини назорат қилиш датчиклари тизимининг таҳлили**» номли биринчи бобида йўл участкаларининг ҳолатини назорат қилиш учун «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ темир йўлларида қўлланадиган назорат датчикларининг тизимли таҳлили берилган бўлиб, йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш усуллари ва услубларига оид умумий тасаввур масалалари ўрганилган. Йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш усуллариининг афзалликлари ва камчиликлари аниқланди.

Йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун назорат датчикларнинг ривожланишидаги замонавий тенденциялар кўриб чиқилиб, кўзатувчи омилларнинг таъсирини ҳисобга олган ҳолда назорат қилишнинг энг истиқболли усуллари аниқланди.

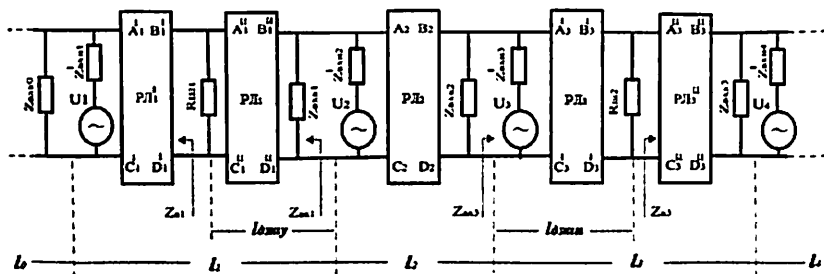
Йўл участкалари ҳолатини назорат қилишнинг мавжуд ва истиқболдаги услубларини тизимли таҳлил қилиш орқали йўлнинг юқори тезликда ҳаракатланадиган участкаларига мос ва юқори тезликда ҳаракатланадиган поездлар хавфсизлигини таъминлай оладиган замонавий датчиклар яратишнинг назарий ва амалий асосларини ишлаб чиқиш вазифасини ҳал этиш йўллари аниқланди.

Адабий манбаларни ўрганиш натижалари ва йўл участкалари ҳолати мониторингининг оператив ва истиқболли услублари таҳлили натижаларига асосланиб, тадқиқотнинг асосий вазифалари шакллантирилган.

Диссертациянинг иккинчи бобида «**Йўллар ҳолатини назорат учун датчикларнинг усуллари ва моделлари**» йўл участкаларининг ҳолатини назорат қилиш датчиклари ишлаб чиқишнинг назарий масалалари асосида кўриб чиқилган ва назорат датчикларини уларнинг барча иш режимларида таҳлил ва синтез қилиш учун аналитик ифодалар аниқланган.

Математик моделлар ишлаб чиқилган ва қўшимча шунтланиш зоналари аниқлаштирилган.

Қўшимча шунтлаш зоналарини аниқлаш учун потенциал қабул қилгичли назорат датчиклари учун алмаштириш схемаси таклиф этилган (1-расм).



1-расм. Потенциал қабул қилгичи бўлган назорат датчигининг алмаштириш схемаси

Поезднинг кетиш йўли бўйлаб назорат қилинадиган участкадан кетишини аниқлаш учун максимал қўшимча шунтланиш зонасини кетаётган поезднинг йўқлигидаги узатиш қаршилигининг  $Z_{ш\text{поу}}$  қўшни рельс занжирида кетаётган поезд мавжудлигидаги узатиш қаршилигига  $Z_{ш\text{шу}}$  нисбатини олиб, қўшимча шунтланиш зонасининг узунлиги максимал қиймати қуйидаги формула бўйича  $R_{ш1} = 0$  бўлганида қуйидаги формула бўйича мумкинлигини ҳисобга олиб содир бўлиши мумкин:

$$\frac{Z_{ш\text{поу}}}{K_{нв} Z_{ш\text{шу}}} > 1, \quad (1)$$

бунда

$$Z_{ш\text{поу}} = Z_{вк2} * (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + Z_{в2} sh\gamma_2 l_2 + Z'_{вкн2} * \rightarrow$$

$$\rightarrow * (Z_{вк2} * \frac{2}{Z_{в2}} (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2); \quad (2)$$

$$Z_{ш\text{шу}} = (ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{в3}}) * Z_{вк2} + Z_{в2} sh\gamma_2 l_2 + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z'_{вкн2} * [\frac{ch\gamma_2 l_2}{Z_{в1}} + \frac{1}{Z_{в2}} sh\gamma_2 l_2 + \frac{1}{Z_{в3}} (ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{в1}}) + \rightarrow$$

$$+ \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{в1}} + ch\gamma_2 l_2]; \quad (3)$$

$$Z_{вк1} = \frac{Z_{вк1} * (\frac{ch\gamma_1 l_{дш\text{у}}}{Z_{в1}} * \frac{R_{ш1} * Z_{в1} + Z_{ш1}}{R_{ш2} + Z_{в1}} + sh\gamma_1 l_{дш\text{у}})}{Z_{в1} * (\frac{1}{Z_{в1}} * sh\gamma_1 l_{дш\text{у}} * \frac{R_{ш1} * Z_{в1} + Z_{ш1}}{R_{ш1} + Z_{в1}} + ch\gamma_1 l_{дш\text{у}})}; \quad (4)$$

$$Z_{вк1} = \frac{Z_{вк1} * (\frac{ch\gamma_1 l_{дш\text{у}}}{Z_{в1}} * \frac{R_{ш1} * Z_{в1} + Z_{ш1}}{R_{ш2} + Z_{в1}} + sh\gamma_1 l_{дш\text{у}})}{Z_{вк1} * (\frac{1}{Z_{в1}} * sh\gamma_1 l_{дш\text{у}} * \frac{R_{ш1} * Z_{в1} + Z_{ш1}}{R_{ш1} + Z_{в1}} + ch\gamma_1 l_{дш\text{у}})};$$

$$Z_{\text{ВХЗ}} = \frac{\left(\frac{Z_{\text{П4}} \cdot Z_{\text{ВХКЗ}}}{Z_{\text{В4}} + Z_{\text{ВХКЗ}}} \cdot ch\gamma_3 l_3 + Z_{\text{В3}} sh\gamma_3 l_3\right) \cdot Z'_{\text{ВХНЗ}}}{\left(\frac{Z_{\text{П4}} \cdot Z_{\text{ВХКЗ}}}{Z_{\text{В4}} + Z_{\text{ВХКЗ}}} \cdot \frac{1}{Z_{\text{В3}}} sh\gamma_3 l_3 + ch\gamma_3 l_3\right) + Z'_{\text{ВХНЗ}}}$$

Поезднинг назорат участкасига яқинлашуви бўйича максимал шунтлаш зонасини аниқлаш учун кетаётган поезднинг йўқлигида  $Z_{\text{ПОП}}$  узатиш қаршилигини қўшни рельс занжирида кириб келаётган поезд борлигида  $Z_{\text{ПШП}}$ , узатиш қаршилигининг ўзаро нисбатлари олиниши билан аниқлаш мумкин, бунда қўшимча шунтлаш зонаси узунлигининг максимал қиймати  $R_{\text{Ш1}} = 0$  ва  $R_{\text{Ш2}} = 0$  бўлганида қуйидаги формула бўйича ўрин олиши мумкинлиги ҳисобга олинади:

$$\frac{Z_{\text{ПОП}}}{K_{\text{ИВ}} Z_{\text{ПШП}}} > 1, \quad (4)$$

бунда

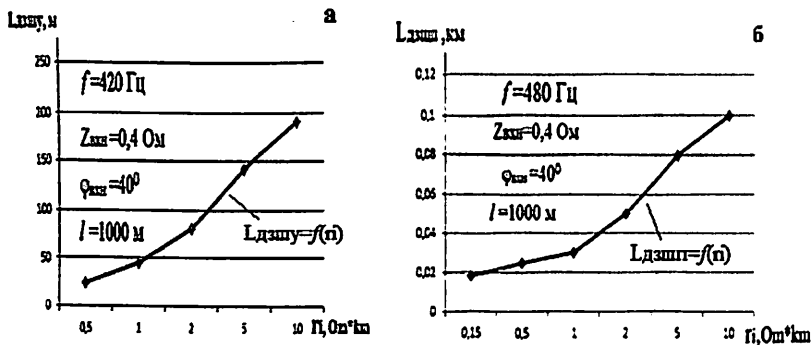
$$\begin{aligned} Z_{\text{ПОП}} &= Z_{\text{ВХК2}} \cdot (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + Z_{\text{В2}} sh\gamma_2 l_2 + Z'_{\text{ВХН2}} \rightarrow \\ &\rightarrow * \left( Z_{\text{ВХК2}} * \frac{2}{Z_{\text{В3}}} (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2 \right); \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{ПШП}} &= \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{В2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{ВХ3}}} \right) * Z_{\text{ВХК2}} + Z_{\text{В2}} sh\gamma_2 l_2 \rightarrow \\ &\rightarrow + Z'_{\text{ВХН2}} * \left[ \frac{ch\gamma_2 l_2}{Z_{\text{ВХ1}}} + \frac{1}{Z_{\text{В2}}} sh\gamma_2 l_2 + \frac{1}{Z_{\text{ВХ3}}} \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{В2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{ВХ1}}} \right) \right] \rightarrow \\ &\rightarrow + ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{В2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{ВХ1}}}. \end{aligned} \quad (6)$$

$$Z_{\text{ВХ1}} = \frac{\left(\frac{Z_{\text{ПО}} \cdot Z'_{\text{ВХН}}}{Z_{\text{ВО}} + Z'_{\text{ВХН}}} \cdot ch\gamma_1 l_1 + Z_{\text{В1}} sh\gamma_1 l_1\right) \cdot Z_{\text{ВХК1}}}{\left(\frac{Z_{\text{ПО}} \cdot Z'_{\text{ВХН}}}{Z_{\text{ВО}} + Z'_{\text{ВХН}}} \cdot \frac{1}{Z_{\text{В1}}} sh\gamma_1 l_1 + ch\gamma_1 l_1\right) + Z_{\text{ВХК1}}};$$

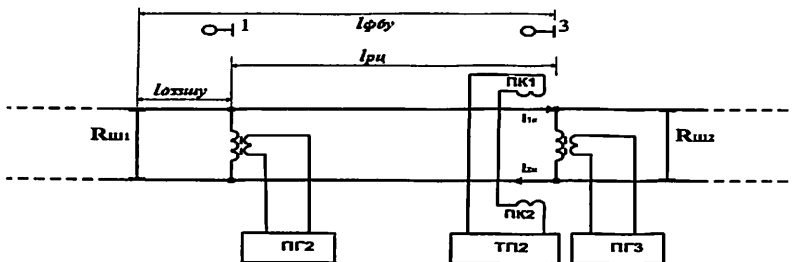
$$Z_{\text{ВХЗ}} = \frac{Z'_{\text{ВХНЗ}} * \left( \frac{ch\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} * \frac{R_{\text{Ш2}} * Z_{\text{В3}}}{R_{\text{Ш2}} + Z_{\text{В3}}} + Z_{\text{В3}} sh\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}}}{Z_{\text{В3}}} + \left( \frac{1}{Z_{\text{В3}}} sh\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} * \frac{R_{\text{Ш2}} * Z_{\text{В3}}}{R_{\text{Ш2}} + Z_{\text{В3}}} + ch\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} \right) \right)}{Z'_{\text{ВХНЗ}} * \left( \frac{ch\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} * \frac{R_{\text{Ш2}} * Z_{\text{В3}}}{R_{\text{Ш2}} + Z_{\text{В3}}} + Z_{\text{В3}} sh\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}}}{Z_{\text{В3}}} + \left( \frac{1}{Z_{\text{В3}}} sh\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} * \frac{R_{\text{Ш2}} * Z_{\text{В3}}}{R_{\text{Ш2}} + Z_{\text{В3}}} + ch\gamma_3 l_{\text{ДЗШП}} \right) \right)}$$

Юқорида келтирилган аналитик ифодалар асосида поезднинг кириши ва чиқиши бўйича қўшимча шунтлаш зоналарини аниқлашнинг, уч қисмлари бўйича изоляция қаршилигининг турли қийматлари, сигнал токнинг частоталари ва киришдаги кириш қаршиликлари модули ва аргументи учун ҳамда алгоритми ва дастури ишлаб чиқилди:



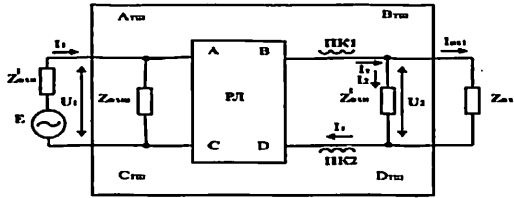
2-расм. Кўшимча шунтлаш зонаси узунлигининг: (а) поезднинг чикиши ва поезднинг (б) яқинлашиши бўйича боғлиқлик графикалари

Назорат қилинадиган участканинг чегарасини аниқ белгилаб қўйиш учун поезд назорат майдонга яқинлашиб келганида, ток қабул қилгичли назорат датчикларини қўллаш тавсия этилади (3-расм).



3-расм. Ток қабул қилгичли назорат датчиги схемаси

Поезд  $R_{ш2}$  назорат қилинадиган майдонга яқинлашганда, сигнал токи қабул қилувчи ғалтаклар устидан оқишда давом этади ва ток қабул қилгич ТП2 шунтланмай, қабул қилгич ғалтаклардан ўтиб кетганидан сўнг, поезд узатиш токини шунтлайди ва ТП2 ток қабул қилгичи ўчиб, ҳаракатланувчи бирликнинг йўлнинг назорат қилинадиган қисмига кириб келишини аниқ-равшан назорат қилади, аммо бу занжирлар ҳам назорат датчиклардан узоқлашаётган поездга боғлиқ. Поезд назорат қилинадиган майдонни тарк этганида, у муайян  $l_{дзш}$  масофадан ток қабул қилувчини шунтлашни давом эттиради. Ушбу масофани аниқлаш учун, 4-расмдаги схема таклиф этилади.



4-расм. Йўл ток қабул қилгичили назорат датчигининг асосий алмаштириш схемаси

Поезднинг назорат қилинадиган участкадан кетиш бўйича максимал қўшимча шунтлаш зонасини йўл ток қабул қилгичи бўйича қуйидаги формулага биноан аниқлаш мумкин:

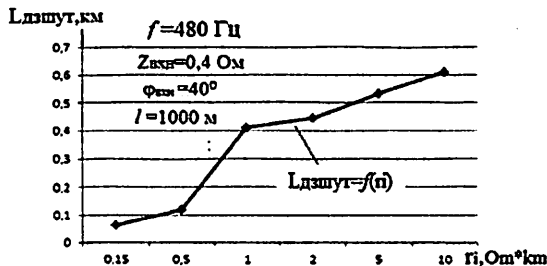
$$K_{\text{шнт}} = \frac{Z_{\text{шнт}}}{N \cdot Z_{\text{пот}}} \geq 1, \text{ каерда}$$

$$Z_{\text{шнт}} = \frac{Z_{\text{вх1}} \cdot Z'_{\text{вхн}}}{Z_{\text{вх1}} + Z'_{\text{вхн}}} (ch\gamma l + Z_B sh\gamma l + \frac{Z_{\text{вх1}} \cdot Z'_{\text{вхн}}}{Z_{\text{вх1}} + Z'_{\text{вхн}}} (\frac{ch\gamma l \cdot ch\gamma_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}}{Z_{\text{вдзшут}} sh\gamma_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}} + \rightarrow$$

$$\rightarrow + \frac{Z_B sh\gamma l \cdot ch\gamma_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}}{Z_{\text{вдзшут}} sh\gamma_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}} + ch\gamma l);$$

$$Z_{\text{пот}} = \frac{Z_B}{Z_B + Z'_{\text{вхн}}} (ch\gamma l \cdot Z'_{\text{вхн}} + Z_B sh\gamma l + Z'_{\text{вхн}} (\frac{1}{Z_B} sh\gamma l \cdot Z'_{\text{вхн}} + ch\gamma l)).$$

Йўл ток қабул қилувчиси бўлган участкалар ҳолатини назорат қилиш датчиклари учун, поезднинг кетиш йўли бўйлаб қўшимча шунтланиш зонасининг узунлигини аниқлаш бўйича алгоритм ва дастур ишлаб чиқилган бўлиб, тадқиқотлар натижаларини ўз ичига олган бир график 5-расмда келтирилган.



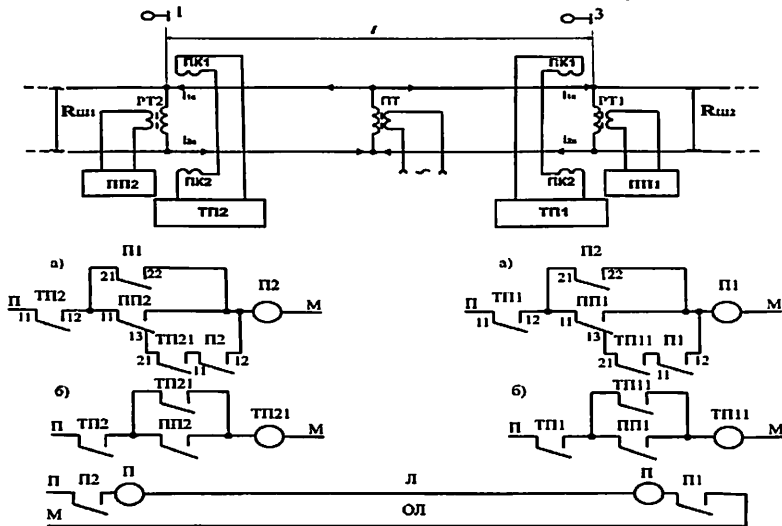
5-расм. Поезднинг назорат қилинаётган участкадан чиқиб кетишида ток қабул қилгичи бўйича қўшимча шунтлаш зонасининг узунликларининг боғлиқликлари графиклари

Ўтказилган тадқиқотлар натижаларининг таҳлилидан қўшимча шунтланиш зоналари кенг миқёсда ўзгариб туриши ва кўплаб параметрларга, жумладан об-

ҳаво шароитларига боғлиқ эканлиги ҳақида хулоса чиқариш мумкин.

Шунга боғлиқ равишда рельс занжирининг аниқ чегарасини аниқлаш ва светофорларни ўрнатиш билан боғлиқ қийинчиликлар юзага келади.

Ушбу узунликларни барқарорлаштириш учун техник ечимлар таклиф этилиб, улардан бири поезд яқинлашиб келиш йўлида рельс занжирининг чегарасини аниқ белгилаб қўйиш учун йўлга оид қабул қилгичини ахборотни жорий токли олиш усули билан киритиш шарт, аммо бу ҳолда токни йўл қабул қилгичининг икки томонлама шунтлиниш самараси пайдо бўлади.



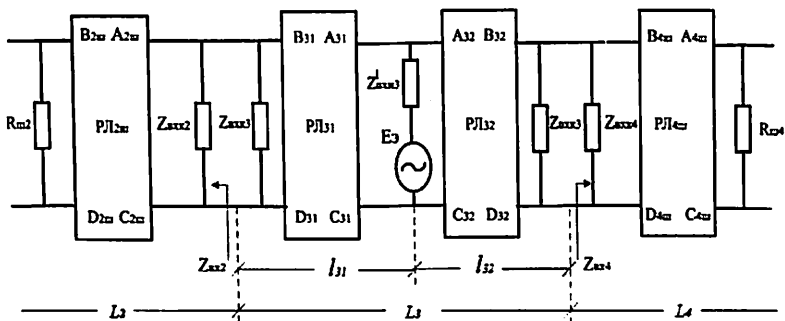
6-расм. Потенциал ва токли қабул қилгич мосламали ва рельс линиясининг ўртасида электр таъминотиغا эга бўлган назорат датчикларининг схемаси

Ушбу муаммоларни ҳал қилиш учун электр таъминотини рельс занжирининг ўртасига ўрнатиш ва рельс занжирининг қабул қилиш уч қисмларига иккита қабул қилгич ўрнатиш таклиф этилади: потенциал ва ток олинадиган. (Изоляция уламаларисиз рельс занжири тармоғи қурилмаси. Фойдали моделга патент 2015 йил 21 июльдаги № FAP 01132 рақами). Бундай рельс занжирининг схемаси 6-расмда келтирилган.

Адаптив қабул қилгичли назорат датчикларининг оптимал параметрларини аниқлаш, таҳлил, синтез қилиш ва ҳисоб-китобини амалга ошириш учун асосий математик ифодалар бу рельс тўрт кутблӣ мосламаларининг нормал ва назорат режимларида ишлайдиган коэффициентлари, ҳамда назорат датчикларининг шунтли ва назорат режимларида ишлашидаги сезгирлик мезонлари бўлиб ҳисобланади.

Адаптив қабул қилгичли назорат датчигининг алмаштириш схемаси 7-расмдаги схема шаклида тақдим этилган.





7-расм. Назорат датчикларини адаптив қабул қилувчи билан алмаштириш схемаси

Ушбу схема бўйича, бир нечта ўзгаришлардан сўнг, рельсларнинг тўрт кубтбли коэффициентлари датчикнинг нормал ва назорат иш режимида қабул қилинди:

а) нормал фаолият режими

$$A_{3n} = \text{ch}\gamma_{32}l_{32} + \frac{Z_{\text{вх}32} \cdot \text{sh}\gamma_{32}l_{32}}{Z_{\text{вх}4}}, \quad (7)$$

$$B_{3n} = Z_{\text{вх}32} \cdot \text{sh}\gamma_{32}l_{32}; \quad (8)$$

$$C_{3n} = \frac{1}{Z_{\text{вх}32}} \cdot \text{sh}\gamma_{32}l_{32} + \frac{\text{ch}\gamma_{32}l_{32}}{Z_{\text{вх}3\text{л}}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{\text{ch}\gamma_{32}l_{32} \cdot Z_{\text{вх}3\text{л}} + \text{sh}\gamma_{32}l_{32}}{Z_{\text{вх}4} \cdot Z_{\text{вх}3\text{л}}}; \quad (9)$$

$$D_{3n} = \text{ch}\gamma_{32}l_{32} + \frac{Z_{\text{вх}32} \cdot \text{sh}\gamma_{32}l_{32}}{Z_{\text{вх}3\text{л}}}. \quad (10)$$

бунда  $Z_{\text{вх}32}$ ,  $Z_{\text{вх}31}$  – учинчи рельс линиясининг тўлқинли қаршиликлари;  $\gamma_{31}$  ва  $\gamma_{32}$  – учинчи рельс линиясининг тўлқинли тарқалиши доимийси;

$$Z_{\text{вх}4} = \frac{Z_{\text{вх}4} \left[ \frac{\text{ch}\gamma_{42}l_{4\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}4} + Z_{\text{вх}4\text{ш}} \text{sh}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}}}{C_{4\text{ш}} = \frac{1}{Z_{\text{вх}4\text{ш}}} \text{sh}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}2} + \text{ch}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}}} \right]}{Z_{\text{вх}4} + \frac{\text{ch}\gamma_{42}l_{4\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}4} + Z_{\text{вх}4\text{ш}} \text{sh}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}}}{\frac{1}{Z_{\text{вх}4\text{ш}}} \text{sh}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}4} + \text{ch}\gamma_{4\text{ш}}l_{4\text{ш}}}};$$

$$Z_{\text{вх}3\text{л}} = \frac{\text{ch}\gamma_{31}l_{31} \cdot \frac{Z_{\text{вх}2} \cdot Z_{\text{вх}3} + Z_{\text{вх}31} \text{sh}\gamma_{31}l_{31}}{Z_{\text{вх}2} + Z_{\text{вх}3}}}{\frac{1}{Z_{\text{вх}31}} \text{sh}\gamma_{31}l_{31} \cdot \frac{Z_{\text{вх}2} \cdot Z_{\text{вх}3}}{Z_{\text{вх}2} + Z_{\text{вх}3}} + \text{ch}\gamma_{31}l_{31}}.$$

в) рельс линияларидан бири узилганида:

$$A_{\text{нн}} = \text{sh}\gamma_{13} + \text{ch}\gamma_{13} + \frac{1}{2}E\sqrt{1 + 2p}[\text{sh}\gamma_{13} + \text{ch}\gamma_{13} + 1];$$

$$B_{\text{ка}} = Z_{\text{в}} \text{sh}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E Z_{\text{в}3} \sqrt{1 + 2p} (\text{ch}\gamma l_3 + 1); \quad (12)$$

$$C_{\text{ка}} = \frac{2}{Z_{\text{в}}} (\text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3) + \frac{1}{2Z_{\text{в}}} E \sqrt{1 + 2p} [\text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3 - 1] + \rightarrow \\ \rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{вх}3}} (\text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2p} [\text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3 + 1]); \quad (13)$$

$$D_{\text{ка}} = \text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2p} \cdot \text{sh}\gamma l_3 (1 + E \sqrt{\frac{1}{1+2p}}) + \rightarrow \\ \rightarrow \frac{1}{Z_{\text{вх}3}} (Z_{\text{в}} \text{sh}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E Z_{\text{в}3} \sqrt{1 + 2p} (\text{ch}\gamma l_3 + 1)). \quad (14)$$

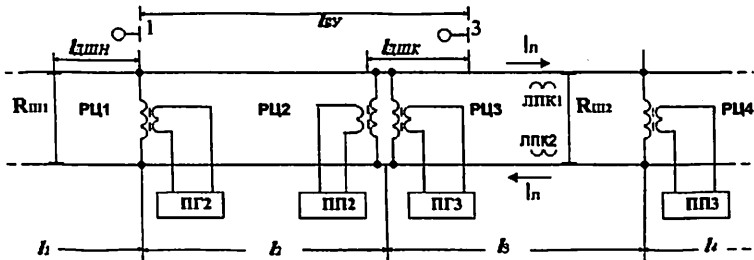
Юқоридаги иборалардан фойдаланиб, барча рельс линияларининг ҳар қандай комбинацияда изоляциялаш қаршилигидаги ўзгариш билан кучланиш ва ток қийматларини ҳисоблаш мумкин бўлиб, бу билан исталган иш режимида адаптив қабул қилгичли назорат датчикларини ўрганиш мумкин.

Рельс линияларининг РЛ<sub>3</sub> учидagi кучланиш ва тоқларини асосий схемаси бўйича ҳисобланади, ҳар қандай темир йўл линиялари, поездларнинг ҳар қандай координаталари ва ушбу поездларнинг ҳар қандай узунлиги бўйича ҳар қандай изоляциялаш чидамлилиги билан амалга оширилиши мумкин. Адаптив қабул қилгичли назорат датчикларини тадқиқ этиш учун математик модел, алгоритм ва дастур ишлаб чиқилди.

Темир йўл линиясининг модели етарлича эгилувчан ва темир йўл линияси барча параметрларини ва поезд жойлашини ўзгартиришга имкон беради. Айниқса, ҳисоблашгача ва ҳисоблаш вақтида, ҳар бир темир йўл линияси учун изоляциялаш қаршилигини созлаш мумкин. Бу бир ёки бир неча поездларнинг ҳаракати изоляция қаршилигини ўзгартирганда реал вазиятни тақлид қилиш имконини беради.

Диссертациянинг учинчи бобида «Локомотив қабул қилгич томонидан йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш учун назорат датчикларининг математик моделлари ва ҳисоблаш усуллари» кўриб чиқилди.

Назорат датчиклари перегонда йўл светофорлари бўлмаган, айниқса поездлар ҳаракати автоматик локомотив сигнализацияси (АЛС) билан назорат қилинган ҳолларда яхши самара беради. Бундай ҳолларда назорат датчигининг чегаралари ноаниқлиги амалий аҳамиятга эмас ва фақат потенциал қабул қилгич қўлланиши мумкин бўлиб, бу ҳолда АЛС локомотив қабул қилгичига юқори талаблар қўйилади. Локомотив қабул қилгичи рельсдаги ток Іл томонидан локомотив қабул қилгичига йўналтириладиган э.ю.к. ҳисобига ишлаб кетади (8-расм).



8-расм. Локомотив қабул қилгичи бўйлаб йўл участкаларининг ҳолатини назорат қилиш датчиги схемаси

Поезд рельс занжири РЦ3 га кириб келганида йўл генератори ПГ3 дан локомотив ғалтаклари остидан РЦ2 рельс занжирининг ҳолати ҳақида ахборотга эга бўлган ток ўтиб, поезднинг йўл қабул қилгичи ПП2 га яқинлаши билан, ўчади ва локомотивга сигнал жўнатишни тўхтатади, лекин локомотивга сигнал йўл генератори ПГ2 дан келиб туша бошлайди. Ушбу сигнал даражаси рельс занжири РЦ1 дан чиқиб кетаётган поездга боғлиқ. Шунинг учун ҳисоб-китобларда бу ҳолат ҳисобга олиниши керак.

Локомотив сигнализацияси қабул қилиш ғалтаклари остидан оқадиган токни электр таъминот кучланишининг назорат датчиги узатилиш қаршилигига нисбатини олиб аниқлаш мумкин:

рельс линиялари соз ҳолатида:

$$I_{лн} = \frac{U_{мин}}{Z_{лн}},$$

бу ерда,  $U_{мин}$  - нормал ишлаш режимида электр таъминотининг кучланиши,

$Z_{лн}$  – локомотив қабул қилгичи бўйича назорат датчигининг нормал иш режими учун қаршилиги, у қуйидаги тенглама бўйича аниқланади:

$$Z_{лн} = A_{лн} * Z_{вкк} + B_{лн} + (C_{лн} + D_{лн}) * Z'_{вкк},$$

рельс линияларидан бири узилганида:

$$I_{лк} = \frac{U_{тнк}}{Z_{лк}},$$

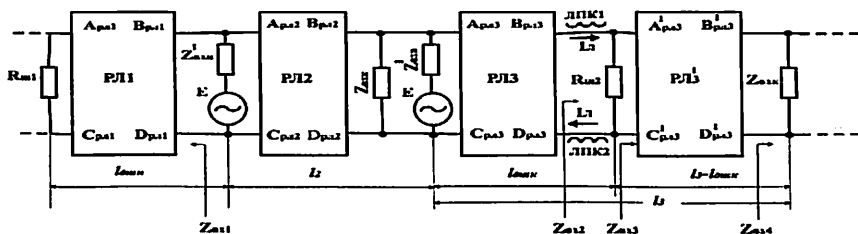
бунда,

$U_{тнк}$  - бир ипнинг узилиш режимида электр таъминоти манбаининг кучланиши,

$Z_{лк}$  - бу назорат датчигининг локомотив қабул қилувчи мосламаси томонидан бир ипнинг узилиш режими учун узатиш қаршилиги, бу қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Z_{\text{ПЛК}} = A_{\text{ЛК}} * Z_{\text{ВХК}} + B_{\text{ЛК}} + (C_{\text{ЛК}} + D_{\text{КН}}) * Z_{\text{ВХН}}^I,$$

$A_{\text{ЛН}}$ ,  $B_{\text{ЛН}}$ ,  $C_{\text{ЛН}}$ ,  $D_{\text{ЛН}}$ ,  $A_{\text{ЛК}}$ ,  $B_{\text{ЛК}}$ ,  $C_{\text{ЛК}}$  ва  $D_{\text{ЛК}}$  коэффициентлари учун ҳисобланган тенгламаларни олиш учун юқорида келтирилган вазиятларни ҳисобга олган ҳолда темир йўл занжирлари схемасини 9-расмдаги ўрнини босиш (алмаштириш) схемаси кўринишида тақдим этамиз.



9-расм. Локомотив қабул қилгичи бўйича йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчигининг алмаштириш схемаси

Бир қатор ўзгаришлар ва ҳисоб-китоблардан сўнг, локомотив қабул қилгичи бўйича назорат датчигининг соз ҳолдаги рельс ипларида рельс тўрт қутбли мосламасининг қуйидаги коэффициентлари олинди:

$$A_{\text{ЛН}} = \text{ch}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} \left( \text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} + \frac{Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I} \right) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}} * \frac{1}{Z_{\text{врл3}}} \text{sh}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}}; \quad (15)$$

$$B_{\text{ЛН}} = Z_{\text{вх2}} [\text{ch}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} (\text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} + \frac{Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I}) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}} * \frac{1}{Z_{\text{врл3}}} \text{sh}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}}] + Z_{\text{врл3}} \text{sh}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} * \rightarrow$$

$$\rightarrow * (\text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} + \frac{Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I}) + Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}} * \text{ch}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}}; \quad (16)$$

$$C_{\text{ЛН}} = \text{ch}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} \left[ \frac{\text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I} + \frac{1}{Z_{\text{врл2}}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} + \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{вхн}}^I} \left( \frac{Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I} + \text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right) \left. + \frac{1}{Z_{\text{врл3}}} \text{sh}\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} * \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow * \left( \frac{Z_{\text{врл2}} \text{sh}\gamma_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^I} + \text{ch}\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right); \quad (17)$$

$$\begin{aligned}
D_{\text{лн}} &= Z_{\text{вх2}} \{ ch\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} \left[ \frac{ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + \frac{1}{Z_{\text{врл2}}} sh\gamma_{\text{лр2}} l_{\text{лр2}} \right] + \rightarrow \\
&\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{вхн}}^l} \left( \frac{Z_{\text{врл2}} sh\gamma_{\text{лр2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right) \left. \right\} + \frac{1}{Z_{\text{врл3}}} sh\gamma_{\text{лр3}} l_{\text{дшк}} * \rightarrow \\
&\rightarrow * \left( \frac{Z_{\text{врл2}} sh\gamma_{\text{лр2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right) \left. \right\} + Z_{\text{врл3}} sh\gamma_{\text{лр3}} l_{\text{дшк}} * \rightarrow \\
&\rightarrow * \left[ \frac{ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + \frac{1}{Z_{\text{врл2}}} sh\gamma_{\text{лр2}} l_{\text{лр2}} + \frac{1}{Z_{\text{вхн}}^l} \left( \frac{Z_{\text{врл2}} sh\gamma_{\text{лр2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right) \right] + \rightarrow \\
&\rightarrow + ch\gamma_{\text{рл3}} l_{\text{дшк}} \left( \frac{Z_{\text{врл2}} sh\gamma_{\text{лр2}}}{Z_{\text{вхн}}^l} + ch\gamma_{\text{рл2}} l_{\text{рл2}} \right). \tag{18}
\end{aligned}$$

ва битта узилган рельс ипи учун:

$$A_{\text{лк}} = ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 sh\gamma l_2; \tag{19}$$

$$\begin{aligned}
B_{\text{лк}} &= \frac{R_{\text{ш}} * Z_{\text{вх2}}}{R_{\text{ш}} + Z_{\text{вх2}}} * (ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} ch\gamma l_1 sh\gamma l_2) + \rightarrow \\
&\rightarrow + Z_{\text{в}} (sh\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 ch\gamma l_2); \tag{20}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_{\text{лк}} &= \frac{1}{Z_{\text{в}}} (ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 sh\gamma l_2) + \rightarrow \\
&\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{в}}} (sh\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * sh\gamma l_1 sh\gamma l_2); \tag{21}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_{\text{лк}} &= \frac{R_{\text{ш}} * Z_{\text{вх2}}}{R_{\text{ш}} + Z_{\text{вх2}}} \left[ \frac{1}{Z_{\text{в}}} (ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 sh\gamma l_2) + \rightarrow \right. \\
&\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{в}}} (sh\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * sh\gamma l_1 sh\gamma l_2) \left. \right] + \rightarrow \\
&\rightarrow + sh\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 ch\gamma l_2 + \rightarrow \\
&\rightarrow + ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * sh\gamma l_1 ch\gamma l_2. \tag{22}
\end{aligned}$$

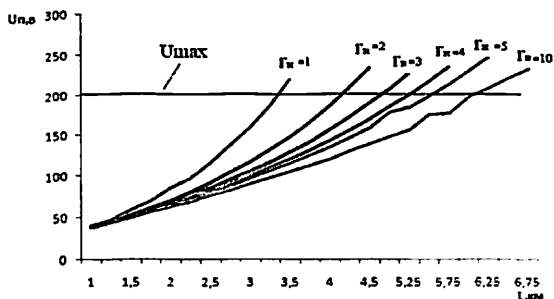
Локомотив қабул қилгичи бўйича назорат датчиги рельс тўрт қутбли мосламасининг олинган коэффицентлари локомотив қабул қилгичи бўйича назорат датчиклари таҳлили ва синтезини ўтказиш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Диссертациянинг тўртинчи бобида «Тезюрар темир йўл участкалар учун кодлаш математик модели ва микропроцессор тизими» поезднинг станцияга яқинлашиб келиш кодлаштириш участкасининг оптимал



$$\rightarrow +Z_{vxn}^i * \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_1 * \frac{Z_{ch} * (\cosh \gamma l_2 Z_{vzk} + Z_p \sinh \gamma l_2)}{Z_{ch} \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_2 Z_{vzk} + \cosh \gamma l_2 \right) + \cosh \gamma l_2 Z_{vzk} + Z_p \sinh \gamma l_2} + \cosh \gamma l_1 \right).$$

Алгоритм ва дастур ишлаб чиқилган бўлиб, ҳисоб-китобларнинг натижалари 12-расмда кўрсатилган.

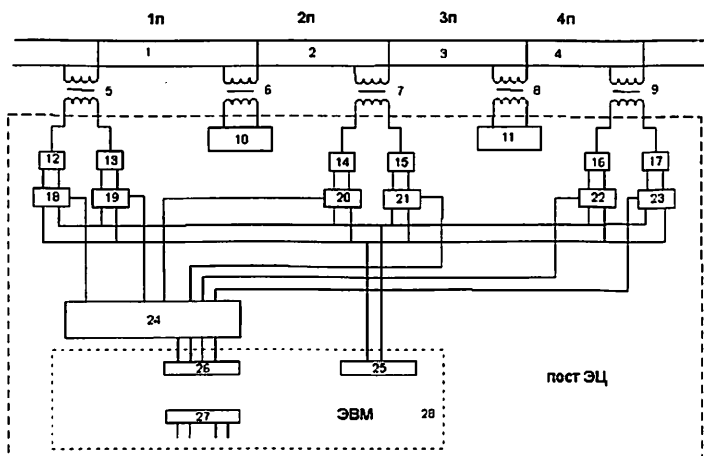


12-расм. Электр таъминоти максимал кучланиш қийматининг темир йўл линияси узунлигига боғлиқлиги графиги

Ушбу ҳисоб-китобларнинг натижалари узатиш нуқтасини олиб ташлаш ҳамда 14,0 минг АҚШ доллари миқдорида иқтисодий самара олиш имконини берди.

Ўзбекистон темир йўлларида перегонларни назорат қилиш учун кўплаб жойларда реле-контактли асосда қурилган, маънавий ва техник жиҳатдан эскирган ярим автоматик блокировка тизимларидан фойдаланилади. Биз перегон ҳолатини назорат қилишнинг макроконтроллерлардан фойдаланиб ишлаб чиқилган замонавий микропроцессорли тизимини ишлаб чиқиб, тақлиф этдик.

Диссертациянинг бешинчи бобида «Йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчиклари учун техник ечимлар ва дастурий таъминотини ишлаб чиқиш ва иқтисодий кўрсаткичлар» масалалари кўриб чиқилган. Назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида поездлар ҳаракатини интервалли мувофиқлаштириш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш усуллари тақдим этилиб, шунингдек йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш бўйича микропроцессор қурилмаси ишлаб чиқилди (қурилма ҳолатини назорат қилиш фойдали модели патенти 2015 йил 21июльдаги FAP 01155-сонли). Техник ечим перегон ҳолатини назорат қилувчи қурилма тақдим этилишидан иборат (13-расм) бўлиб, у қуйидаги элементлардан ташкил топган: темир йўл линиялари 1, 2, 3, 4; мувофиқлаштирувчи трансформаторлар 5, 7, 9; таъминот трансформаторлари 6, 8; йўл генераторлари 10, 11; йўлдаги қабул қилгич мосламалари 12-17; аналог-рақамли ўзгартиргичлар 18-23; демультиплексор 24; аналог-рақамли ўзгартиргичлардан алоҳида сигналини компьютерга киритиш учун кириш порти 25; чиқиш порти 26, демультиплексорнинг ишлашини назорат қилиш учун; светофорлар ва ўқларни ЭХМнинг назорат қилиш схемаларига улаш учун 27-чиқиш порти.



13-расм. Перегон ҳолатини назорат қилиш мосламаси

Поездлар ҳаракатини интервалли бошқариш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш бўйича таклиф этилган қурилмасини амалда татбиқ этиш назорат датчикларининг узунлигини ошириш, рельс линиясининг изоляциялаш қаршилигини боғлиқлигини камайтириш, шунт сезувчанлигини ошириб, рельс линиясининг узилишига сезувчанлиги ошириш имконини беради ва бу билан поездларнинг ҳаракат хавфсизлигини ошади.

## ХУЛОСА

“Поездлар ҳаракатини бошқариш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини такомиллаштириш моделлари, алгоритмлари ва дастурий воситалари” мавзусидаги диссертация ишида амалга оширилган тадқиқотларнинг асосий натижалари қуйидагилардан иборат:

1. “Ўзбекистон темир йўллари” АЖ асосан йўл участкаларни маънан ва техник жиҳатдан эскирган назорат қилиш датчиклардан фойдаланиши аниқланди. Асосан, бу ўзгармас ва ўзгарувчан токда ишлайдиган изоляцион уланмали рельс занжирлари бўлиб, улар энг кўп ишдан чиқиш ҳолатларига сабаб бўлиб, техник тўзиш даражаси 60-75 фоизда бўлиш имконини берган.

2. Поездлар ҳаракатини интервалли бошқариш тизимларида йўл участкалари ҳолатини назорат қиладиган замонавий датчикларни ишлаб чиқиш имконини берадиган ана шу каби йўл участкалари ҳолатининг назорат датчикларини яратишнинг назарияси таклиф қилинган назарий асослари янада ривожлантириш имконини берган.

3. Йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларининг нормал, шунтли ва назорат режимларида ишлайдиган математик моделлари таклиф этилди ва ана шу режимлар учун назорат қилиш датчигини таҳлил ва синтез қиладиган, замонавий назорат қилиш датчикларини ишлаб чиқиш ва лойиҳалаш имконини берадиган датчикларнинг математик моделлари ишлаб чиқиш имконига эришилган.



4. Мутлақ шунт сезувчанлиги, норматив шунтга нисбатан сезувчанлик ва рельс линиясининг узилишига сезувчанлик мезонлари таклиф этилиб, улар асосида йўл участкалари ҳолатини назорат қилувчи датчикларнинг оптимал параметрлари ишлаб чиқиш имконини берган.

5. Йўл участкаси ҳолатини комбинацияланган усулда назорат қилишдан фойдаланиш асосланиб, “Изоляция уланмаларисиз рельс занжири қурилмаси” ишлаб чиқиш имконини берган.

6. Формаллаштирилган ифодалар, алгоритмлар таклиф этилиб, назорат участкасининг поезд томонидан эгалланиши ва бўшатилишини ишонч билан қайд этиш имконини берадиган датчикларнинг қўшимча шунтлаш зоналари оптимал узунликлари аниқлаш имконини берган.

7. Изоляция қаршилиги дрейфини, изоляция қаршилигининг қўндаланг асимметрияси ва қўшни датчикда ҳаракатланувчи бирлик назорат қилинаётганлигини ҳисобга олиш, назорат қилиш датчигини реал фойдаланиш шартларига максимал яқинлаштирилган шароитларда тадқиқ этиш имконини берадиган, адаптив қабул қилгич билан ишлайдиган назорат датчиклари учун математик моделлар, алгоритмларни ишлаб чиқишга эришилган.

8. Локомотив қабул қилгичи бўйича асосий режимда – локомотив қабул қилгичига йўлда ахборот узатишга, йўл қурилмалари носозлигини назорат қилишга асосланган назорат режимда, шунингдек, поездлар ҳаракатланиши хавфсизлигини ва ҳисоб-китоблар аниқлигини ошириш имконини берувчи икки поезднинг яқинлашиш режимлари бўйича назорат қилиш датчигининг математик модели ишлаб чиқиш имконига эришилган.

9. Ўқлар ҳисоблагичлари билан жиҳозланган йўлнинг тезюар участкаларида поезднинг станцияга кириш светофорига ёндашиш участкасини кодлаштириш мақсадида темир йўл линиясининг оптимал узунлигини аниқлаш учун математик модел, алгоритм ишлаб чиқилган ва дастур учун расмий рўйхатдан ўтказилганлиги тўғрисидаги гувоҳнома олиш имконини берган.

10. Имитацияланган моделлаштириш учун алгоритмлар ва дастурлар ишлаб чиқилди ва уларни қўллашда поезд назорат қилинадиган ҳудудда аниқ қайд этиладиган поезд шунтининг максимал қийматлари ва изоляция қаршилигининг минимал қийматларини аниқлаш имконига эришилган.

11. Адаптив қабул қилувчи назорат датчиклари темир йўл участкалари изоляциясининг қаршилигини  $0,03 \text{ Ом} \times \text{км}$  гача қисқартириш ва поезд шунтланишининг  $0,16 \text{ Ом}$  га нисбатан қаршилигини ошириб бориши билан ишончли тарзда назорат қилиниши исботланган.

12. Перегоннинг поездларни интервалли мувофиқлаштириш тизимлари билан жиҳозланмаган участкалари ҳолатини назорат қилиш учун микропроцессорли қурилма ишлаб чиқишга эришилган.

13. Адаптив қабул қилгичли назорат датчикларидан фойдаланган ҳолда “Перегон ҳолатини назорат қилиш қурилмаси”ни яратишга эришилган.

14. Диссертация ишининг поездлар ҳаракатини интервалли мувофиқлаштириш тизимлари учун мўлжалланган натижалари татбиқ этилишидан олинадиган йиллик иктисодий самара темир йўл участкасининг 1 километрга

12,9% ташкил қилган, шунингдек “Ўзбекистон темир йўллари”. АЖнинг тезюрар поездлари ҳаракатланадиган участкалари учун бир узатиш нуқтасига учун ускуналар бўйича сарф-харажатларни 40% га камайтириш имконини берган.

Шундай қилиб, диссертация ишида келтирилган назарда тутилган янги назарий умумлашмалар ва амалиётга татбиқ этиш натижаларига асосланган ҳолда, йўл участкалари ҳолатини назорат қилиш датчикларини яратишнинг илмий асосини ишлаб чиқиш муаммолари ечими топилди ва бу назоратнинг юқори ишончлилигини таъминлаш, поездлар ҳаракати хавфсизлигини ошириш билан бирга халқ хўжалиги учун ҳам муҳим иқтисодий аҳамият асосланган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.24.06.2017.Т.03.02. ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО  
ТРАНСПОРТА**

**АЛИЕВ РАВШАН МАРАТОВИЧ**

**МОДЕЛИ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА  
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ  
ПУТЕВЫХ УЧАСТКОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ**

**05.01.06 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ (DSc)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2018**

Тема докторской (DSc) диссертации по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2017.2.DSc/T87

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров железнодорожного транспорта. Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiYONET» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Научный консультант:** Халиков Абдулхак Абдулхайрович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Абдукаюмов Абдурашид  
доктор технических наук, профессор  
Плахтиев Анатолий Михайлович  
доктор технических наук, профессор  
Нурмухамедов Толаниддин Рамзиддинович  
доктор технических наук, профессор

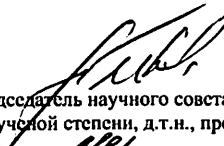
**Ведущая организация:** ООО «Научно-технический центр»


Защита диссертации состоится «2» июля 2018 года в 10<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc. 27.06.2017.Т.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 номер \_\_\_\_\_).  
Адрес: 100095, г. Ташкент, университетская 2. Тел: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «17» июля 2018 года.  
(ресстр протокола рассылки №1 от «07» \_\_\_\_\_ 2018 года)



  
H.P. Юсупбеков  
Председатель научного совета по присуждению  
ученой степени, д.т.н., профессор, академик

  
Ж.У. Севинов  
Учсый секретарь научного совета по  
присуждению ученой степени, к.т.н., доцент

  
Х.З. Игамбердиев  
Председатель научного семинара при совете  
по присуждению ученой степени,  
д.т.н., профессор, академик

## ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской (DSc) диссертации)

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире в сфере повышения безопасности движения поездов ведущее место занимает создание высокоэффективных систем интервального управления движением поездов с привлечением современных информационных технологий. В этой связи особое внимание уделяется разработке датчиков контроля состояния путевых участков в системах интервального управления движением поездов. В этом направлении в развитых странах, в том числе, США, Англии, Франции, Германии, Швеции, Японии и России уделяется большое внимание техническим средствам обеспечения безопасности движения высокоскоростных поездов и совершенствованию систем интервального управления.

В мировой практике ведутся научно-исследовательские работы по разработке систем управления и датчиков контроля на основе тональных рельсовых цепей без изолирующих стыков. В этой связи, в том числе, разработка датчиков контроля на основе тональных рельсовых цепей без изолирующих стыков (ТРЦ), совершенствование тональных рельсовых цепей без изолирующих стыков (ТРЦ), шунтирование и смена кодового сигнала АЛС наступает не с момента вступления на нее поезда, а при приближении его к контролируемому участку на некотором расстоянии и удалении поезда на некоторое расстояние от датчика контроля создание кодированной системы является одной из наиболее важных задач.

В Республике Узбекистан в настоящее время принимаются меры по совершенствованию технических устройств и комплексов, обеспечивающих безопасность высокоскоростных поездов, в том числе по расширению электрофицированных железнодорожных линий и совершенствованию элементов систем железнодорожной автоматики. В этой связи, в том числе были достигнуты определенные результаты в разработке систем интервального управления движением поездов с датчиками контроля на основе рельсовых цепей без изолирующих стыков, требуется совершенствование систем интервального управления поездов, совершенствование энергосберегающих устройств, технических средств и технологий. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы указаны задачи, в том числе «...модернизации производства, техническому и технологическому обновлению производства, дальнейшему развитию дорожно-транспортной инфраструктуры, внедрению информационно-коммуникационных технологий в экономику, социальную сферу, системы управления»<sup>1</sup>. Реализации этой задачи в системах управления поездов по совершенствованию датчиков контроля состояния путевых участков, их внедрению, повышению производительности и надежности в определенной степени служат результаты исследований диссертации.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, указанных в Указе Президента Республики Узбекистан

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. №УП-4947/О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан

от 7 февраля 2017 года №УП-4947 “О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, от 04 марта 2015 года УП-4707 «О Программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы», постановлениями Президента Узбекистан от 06 марта 2015 года ПП-2313 «О Программе развития и модернизации инженерно-коммуникационной и дорожно-транспортной инфраструктуры на 2015-2019 годы», а также другим нормативно-правовым документам, касающихся развития отрасли.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан.** Исследовательская работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии республики II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение» и IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>22</sup>.** Научные исследования, направленные на разработку и создание датчиков контроля состояния путевых участков осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира в том числе, General Electric Transportation (США), Institute of Communications Technology Hannover, фирмы Siemens, AEG, SEL и Технический университет в Брауншвейге (Германия), Bombardier transportations (Канада-Швеция), Московский институт инженеров транспорта, Самарский государственный университет путей сообщения, Петербургский государственный университет путей сообщения (Россия), Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Узбекистан).

В результате мировых исследований по совершенствованию моделей и алгоритмов по созданию датчиков контроля получены ряд научных результатов, в том числе, разработаны: бесстыковые рельсовые цепи для скоростных линий США (General Electric Transportation, США); на базе бесстыковых рельсовых цепей датчики контроля тональной частоты с импульсной модуляцией, используемых как в качестве путевых датчиков, так и в качестве телемеханического канала передачи информации на светофоры и устройства автоматической локомотивной сигнализации (Institute of Communications Technology Hannover, США); датчики контроля на основе бесстыковых рельсовых цепей типа VM-71 (Science and Research Center Alcatel, Франция); система управления движением поездов метрополитена линии Нанбоку (Международная лаборатория LIFE, Япония); бесстыковые кодовые рельсовые цепи переменного тока тональной частоты 4,75 – 16,5 кГц с дистанционным питанием (Research Center Siemens, ФРГ, Bombardier transportations, Канада-Швеция); тональные рельсовые цепи с автоматической регулировкой ТРЦ-А (Московский институт инженеров железнодорожного транспорта, Россия).

В мире исследования по совершенствованию датчиков контроля ведутся по следующим основным направлениям: разработка датчиков контроля без изолирующих стыков для высокоскоростных линий; разработка датчиков

<sup>22</sup> При обзоре зарубежных научных исследований по теме диссертации использовались источники: <https://signallingsolutions.com>; [http://www.unece.org/trans/theme\\_its.html](http://www.unece.org/trans/theme_its.html); <http://www.era.europa.eu>; <https://www.bombardier.com/en/transportation.html> и выполнено на основе других материалов.

контроля для малодетальных участков дорог; разработка датчиков контроля без дополнительных зон шунтирования, разработка вопросов, связанных с постоянным изменением сопротивления изоляции рельсовой линии, а также влиянием поездов на смежных участках; разработка математического аппарата, методов и моделей исследования и разработки этих датчиков с использованием современных микропроцессорных технологий.

**Степень изученности проблемы.** Анализ научно-технической литературы последних лет, касающийся исследований по разработке теоретических основ создания датчиков контроля состояния путевых участков в системах интервального регулирования движением поездов, свидетельствует о достижении значительных теоретических и практических результатов в этой области. Опубликовано большое количество работ, посвященных проблемам замены морально устаревших датчиков контроля на основе рельсовых цепей с изолирующими стыками, разработаны общетеоретические концепции создания датчиков контроля, возрастает число решенных практических вопросов. Существуют и разрабатываются различные пути создания датчиков контроля, работающих на различных участках железных дорог России и зарубежных стран.

Теоретическими и практическими вопросами создания датчиков контроля состояния путевых участков для магистральных железных дорог и метрополитена занимались и занимаются ведущие ученые, такие как, Gregor Theeg, W. Vantuono, O. Weber, M. Fisher, J. Hubner, H. Hristov, I. Okimura, G. Thomosch, Брылеев А.М., Пенкин Н.Ф., Котляренко Н.Ф., Шишляков А.В., Кравцов Ю.А., Аркатов В.С., Дмитриенко И.Е., Лисенков В.М., Бестемьянов П.Ф., Сапожников Вл.В., Сапожников В.В., Шелухин В.И., Шалягин Д.В., Нестеров В.Л., Лекута Г.Ф., Полевой Ю.И. Большой вклад в разработку датчиков и приборов внесли отечественные ученые Юсупбеков Н.Р., Игамбердиев Х.З., Халиков А.А., Амиров С.Ф., Шипулин Ю.Г., Арипов Н.М. и другие ученые, которые добились значительных результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях.

Вместе с тем пока нет простого и универсального решения, которое могло бы быть широко внедрено на железной дороге Узбекистана. К настоящему времени разработаны и используются методы определения основных аналитических выражений для анализа и синтеза датчиков контроля в различных режимах работы, основанных на замене соседних рельсовых линий их входными волновыми сопротивлениями и получены приближенные аналитические выражения, что не позволило учесть действительное распределение токов и напряжений вдоль смежных рельсовых линий, разницу параметров рельсовых линий, которые могут сильно отличать друг от друга, наличие на соседних датчиках контроля подвижных единиц. Не проведены исследования по влиянию продольной асимметрии на работу датчиков контроля, а также пока не решена проблема дополнительных зон шунтирования, из-за которых отсутствует фактическая длина датчика контроля.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Исследования выполнялись в Ташкентском институте инженеров

железнодорожного транспорта по договорам: №27–«Разработка программного обеспечения для организации АРМ ремонтно-технологических участков дистанций сигнализации и связи» (2013); №96–«Разработка программного обеспечения определения оптимальной длины рельсовой линии для передачи информации на локомотив на высокоскоростных участках дороги» (2016).

**Цель исследования** заключается в разработке математических моделей, алгоритмов, методов исследований по созданию датчиков контроля состояния путевых участков в системах управления движением поездов.

**Задачи исследования:**

разработка способа стабилизации фактической длины датчика контроля состояния путевого участка;

разработка методов и моделей определения аналитических выражений для анализа и синтеза датчиков контроля в основных режимах работы;

разработка математических моделей датчиков контроля с различными способами подключения путевых приемников;

разработка математической модели, алгоритмов, программного обеспечения и исследование датчика контроля состояния путевых участков с адаптивным приемником;

разработка математической модели, алгоритма и программы для исследования датчика контроля с комбинированным контролем;

разработка методов и моделей определения аналитических выражений датчиков контроля по режиму автоматической локомотивной сигнализации;

определить оптимальную длину датчика контроля по локомотивному приемнику для высокоскоростных участков;

разработка технической реализации микропроцессорной системы контроля состояния путевых участков.

**Объектом исследования** являются датчики контроля состояния путевых участков и микропроцессорные устройства.

**Предмет исследования** составляют математические модели датчиков контроля с различными способами подключения путевых приёмников.

**Методы исследований.** В исследовании использованы общая методология системного анализа, теории цепей с распределенными параметрами, теория рельсовых цепей, теории интервального управления подвижным составом, аналитические и численные методы математического анализа, математические методы моделирования, алгоритмизация.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработано устройство рельсовой цепи без изолирующих стыков для комбинированного контроля состояния путевого участка;

разработаны математические модели датчиков контроля состояния путевых участков в нормальном, шунтовом и контрольном режимах работы;

на основе нормативной шунтовой чувствительности, абсолютной шунтовой чувствительности и критерия чувствительности к обрыву рельсовой линии разработаны датчики для контроля состояния путевых участков;

разработаны формализованные выражения, алгоритмы и определены оптимальные длины дополнительных зон шунтирования датчиков;



разработаны математические модели и алгоритмы для датчиков контроля с адаптивным приемником;

разработаны математические модели датчика контроля по локомотивному приемнику в основном режиме работы, в режиме контроля неисправности путевых устройств, а также в режиме сближения двух поездов;

разработана математическая модель кодирования на высокоскоростных линиях для передачи информации на локомотив при приближении поезда к станции.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработанные математические модели, алгоритмы и программы для исследований и определения оптимальных параметров датчика контроля, позволяют проектировать современные датчики контроля состояния путевых участков;

предложенная имитационная модель датчика контроля с адаптивным приемником позволит проводить исследования датчиков контроля с учетом условий максимально приближенных к реальным;

обосновано оптимальное значение сопротивления изоляции и нормативное значение сопротивления поездного шунта, позволяющие использовать разработанные датчики контроля при пониженных сопротивлениях изоляции;

предложенная математическая модель рельсовой линии по локомотивному приемнику позволяет проводить расчеты и определять оптимальные длины рельсовых линий на конкретных высокоскоростных участках;

разработанное устройство датчика контроля путевых участков без изолирующих стыков с комбинированным приемником позволяет четко фиксировать фактическую длину датчика контроля;

разработанное микропроцессорное устройство контроля перегона позволяет перейти от релейно-контактной структуры к современной микропроцессорной элементной базе и тем самым увеличить безопасность движения поездов.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследований обосновывается применением теоретически обоснованных концепций создания датчиков контроля состояния путевых участков в системах интервального управления движением поездов на основе теории рельсовых цепей, корректностью совпадения теоретических разработок и экспериментальных исследований.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что созданы научные основы для разработок инновационных датчиков контроля состояния путевых участков на линиях железной дороги, предложены математические модели, методы и алгоритмы расчетов датчиков контроля состояния путевых участков с различными приемниками информации. Предложен принцип построения датчика контроля состояния путевых участков с использованием микропроцессорных технологий, обеспечивающих высокий уровень безопасности движения поездов.

Практическая значимость результатов работы заключается в использовании разработанных математических моделей, методов исследований, алгоритми-

ческого обеспечения задач создания датчиков контроля состояния путевых участков для высокоскоростных линий, разработанные методы и алгоритмы могут найти широкое применение при проектировании современных систем интервального управления движением поездов на линиях железной дороги, с использованием микропроцессорных технологий, способствующих увеличению безопасности движения поездов.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по работе модели, алгоритмы и программные средства усовершенствования датчиков контроля состояния путевых участков в системах управления движением поездов:

по результатам научных исследований внедрены датчики контроля состояния путевых участков в Управление сигнализации и связи при АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» за №НГ/3947-16 от 21 ноября 2016 г). Внедрение результатов научно-исследовательских работ позволило увеличить на 15 % безопасность движения поездов;

для проверки аппаратуры датчиков контроля в Управлении сигнализации и связи АО «Ўзбекистон темир йўллари» внедрены алгоритм и программные средства (Справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» за №НГ/3947-16 от 21 ноября 2016 г). В результате внедрения годовой экономической эффект работы для систем интервального регулирования движения поездов составляет 12,9% на один километр железнодорожного участка;

алгоритмы и программные средства определения оптимальной длины участка кодирования для передачи информации на локомотив на высокоскоростных участках дороги внедрены в Управление сигнализации и связи при АО «Ўзбекистон темир йўллари» (Справка АО «Ўзбекистон темир йўллари» за №НГ/3947-16 от 21 ноября 2016 г). В результате для передачи сигналов на участках кодирования позволило снизить затраты на 40%.

**Апробация результатов исследований.** Результаты данного исследования докладывались, обсуждались и получили одобрение на 5 международных и 8 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследований.** По теме исследований опубликовано 38 научных работ, в том числе 1 монография, рекомендованных ВАКом 10 журнальных статей и 3 статьи в зарубежных изданиях, 13 статей в сборниках Международных и республиканских конференций. Получено 2 патента на полезную модель и 9 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Основной объем диссертации составляет 196 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснована актуальность решаемой проблемы и востребованность темы диссертации, сформулированы цели и задачи,

выявлены объект и предмет исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведен список внедрений в практику результатов исследования, результаты апробации работы, а также сведения по опубликованным работам, патентам на полезные модели, свидетельствам об регистрации программ и структура диссертации.

В первой главе диссертации **«Системный анализ датчиков контроля состояния путевых участков в системах интервального регулирования движением поездов»** дан системный анализ датчиков контроля состояния путевых участков в системах интервального управления движением поездов применяемых на дороге АО «Ўзбекистон темир йўллари», изучены вопросы общего представления о способах и методах контроля состояния путевых участков. Выявлены достоинства и недостатки способов контроля состояния путевых участков.

Рассмотрены современные тенденции разработки датчиков контроля состояния путевых участков и определены наиболее перспективные методы контроля с учетом влияния возмущающих факторов.

Системным анализом существующих и перспективных методов контроля состояния путевых участков определены пути решения поставленной задачи по разработке теоретических и практических основ создания современных датчиков, пригодных для скоростных участков дороги и обеспечивающих безопасность движения высокоскоростных поездов.

Исходя из результатов обзора литературных источников и анализа эксплуатируемых и перспективных методов контроля состояния путевых участков, а также, в соответствии с поставленной целью сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе диссертации рассмотрены **«Методы и модели датчиков контроля состояния путевых участков»** на основе теоретических вопросов разработки датчиков контроля состояния путевых участков и определены аналитические выражения для анализа и синтеза датчиков контроля во всех режимах их работы.

Разработаны математические модели и уточнены дополнительные зоны шунтирования.

Для определения дополнительных зон шунтирования была предложена схема замещения датчика контроля с потенциальным приемником (рис.1).

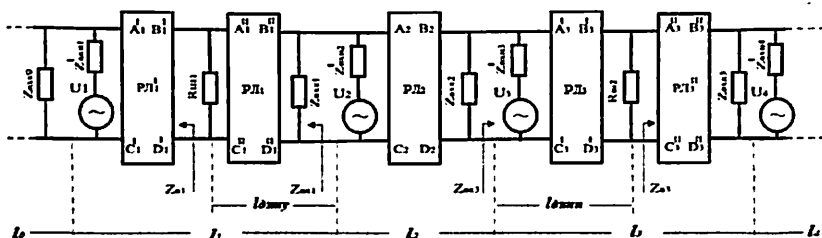


Рис. 1. Схема замещения датчика контроля с потенциальным приемником

Максимальную дополнительную зону шунтирования по уходу поезда с контролируемого участка можно определить, взяв соотношение сопротивления передачи при отсутствии поезда  $Z_{пou}$  к сопротивлению передачи при наличии уходящего поезда на соседней рельсовой цепи  $Z_{пшy}$ , с учетом того, что максимальное значение длины дополнительной зоны шунтирования может иметь место при  $R_{ш1} = 0$  по следующей формуле:

$$\frac{Z_{пou}}{K_{нв} Z_{пшy}} > 1, \quad (1)$$

где

$$Z_{пou} = Z_{вкк2} * (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + Z_{вх2} sh\gamma_2 l_2 + Z'_{вхн2} * \rightarrow$$

$$\rightarrow * \left( Z_{вкк2} * \frac{2}{Z_{в2}} (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2 \right); \quad (2)$$

$$Z_{пшy} = \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{вк3}} \right) * Z_{вкк2} + Z_{в2} sh\gamma_2 l_2 + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z'_{вхн2} * \left[ \frac{ch\gamma_2 l_2}{Z_{вк1}} + \frac{1}{Z_{в2}} sh\gamma_2 l_2 + \frac{1}{Z_{вк3}} \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{вк1}} \right) \right] + \rightarrow$$

$$+ \frac{Z_{в2} sh\gamma_2 l_2}{Z_{вк1}} + ch\gamma_2 l_2]; \quad (3)$$

$$Z_{вкк1} = \frac{\frac{ch\gamma_1 l_{дзшy} * R_{ш1} * Z_{в1} + Z_{в1} sh\gamma_1 l_{дзшy}}{Z_{в1} sh\gamma_1 l_{дзшy} * R_{ш1} + Z_{в1} + ch\gamma_1 l_{дзшy}}}{Z_{вкк1} + \left( \frac{1}{Z_{в1} sh\gamma_1 l_{дзшy} * R_{ш1} + Z_{в1} + ch\gamma_1 l_{дзшy}} \right)}$$

$$Z_{вк3} = \frac{\left( \frac{Z_{в4} * Z_{вкк3} + ch\gamma_3 l_3 + Z_{в3} sh\gamma_3 l_3 \right) * Z'_{вхн3}}{\left( \frac{Z_{в4} * Z_{вкк3} + 1}{Z_{в3}} sh\gamma_3 l_3 + ch\gamma_3 l_3 \right) + Z'_{вхн3}}$$

Максимальную зону шунтирования по подходу поезда к контролируемому

участку можно определить, взяв соотношение сопротивления передачи при отсутствии уходящего поезда  $Z_{\text{поп}}$  к сопротивлению передачи при наличии подходящего поезда на соседней рельсовой цепи  $Z_{\text{пшп}}$ , с учетом того, что максимальное значение длины дополнительной зоны шунтирования может иметь место при  $R_{\text{ш1}} = 0$  и  $R_{\text{ш2}} = 0$  по следующей формуле:

$$\frac{Z_{\text{поп}}}{K_{\text{пв}} Z_{\text{пшп}}} > 1, \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} Z_{\text{поп}} &= Z_{\text{вхк2}} * (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + Z_{\text{в2}} sh\gamma_2 l_2 + Z_{\text{вхн2}}^I * \rightarrow \\ &\rightarrow * \left( Z_{\text{вхк2}} * \frac{2}{Z_{\text{в3}}} (ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2) + ch\gamma_2 l_2 + sh\gamma_2 l_2 \right); \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Z_{\text{пшп}} &= \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{в2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{в3}}} \right) * Z_{\text{вхк2}} + Z_{\text{в2}} sh\gamma_2 l_2 + \rightarrow \\ &\rightarrow + Z_{\text{вхн2}}^I * \left[ \frac{ch\gamma_2 l_2}{Z_{\text{вк1}}} + \frac{1}{Z_{\text{в2}}} sh\gamma_2 l_2 + \frac{1}{Z_{\text{в3}}} \left( ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{в2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{вк1}}} \right) \right] + \rightarrow \\ &\rightarrow + ch\gamma_2 l_2 + \frac{Z_{\text{в2}} sh\gamma_2 l_2}{Z_{\text{вк1}}}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$Z_{\text{вк1}} = \frac{\left( \frac{Z_{\text{в0}} * Z_{\text{вкн}}^I}{Z_{\text{в0}} + Z_{\text{вкн}}^I} * ch\gamma_1 l_1 + Z_{\text{в1}} sh\gamma_1 l_1 \right) * Z_{\text{вкк1}}}{\left( \frac{Z_{\text{в0}} * Z_{\text{вкн}}^I}{Z_{\text{в0}} + Z_{\text{вкн}}^I} + \frac{1}{Z_{\text{в1}}} sh\gamma_1 l_1 + ch\gamma_1 l_1 \right) + Z_{\text{вкк1}}};$$

$$Z_{\text{вк3}} = \frac{Z_{\text{вкн3}}^I * \left( \frac{ch\gamma_3 l_{\text{дзшп}} * \frac{R_{\text{ш2}} * Z_{\text{в3}}}{R_{\text{ш2}} + Z_{\text{в3}}} + Z_{\text{в1}} sh\gamma_3 l_{\text{дзшп}}}{Z_{\text{в3}}^I} + \left( \frac{1}{Z_{\text{в3}}^I} sh\gamma_3 l_{\text{дзшп}} * \frac{R_{\text{ш2}} * Z_{\text{в3}}}{R_{\text{ш2}} + Z_{\text{в3}}} + ch\gamma_3 l_{\text{дзшп}} \right) \right)}{Z_{\text{вкн3}}^I + \left( \frac{ch\gamma_3 l_{\text{дзшп}} * \frac{R_{\text{ш2}} * Z_{\text{в3}}}{R_{\text{ш2}} + Z_{\text{в3}}} + Z_{\text{в1}} sh\gamma_3 l_{\text{дзшп}}}{Z_{\text{в3}}^I} + \left( \frac{1}{Z_{\text{в3}}^I} sh\gamma_3 l_{\text{дзшп}} * \frac{R_{\text{ш2}} * Z_{\text{в3}}}{R_{\text{ш2}} + Z_{\text{в3}}} + ch\gamma_3 l_{\text{дзшп}} \right) \right)}$$

На основании вышеприведенных аналитических выражений был разработан алгоритм и программа определения дополнительных зон шунтирования по уходу и подходу поезда для различных значений сопротивления изоляции, частот сигнального тока, модуля и аргумента входных сопротивлений по концам:

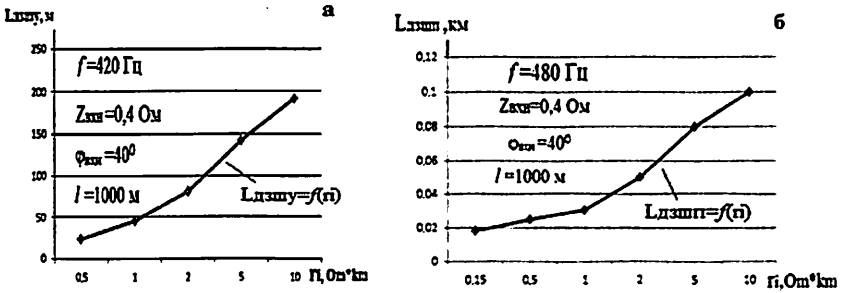


Рис. 2. Графики зависимости длины дополнительной зоны шунтирования по уходу(а) и по подходу(б) поезда

Для четкой фиксации границы контролируемого участка при подходе поезда к контролируемому участку предложено использовать датчик контроля с токовым путевым приемником (рис.3).

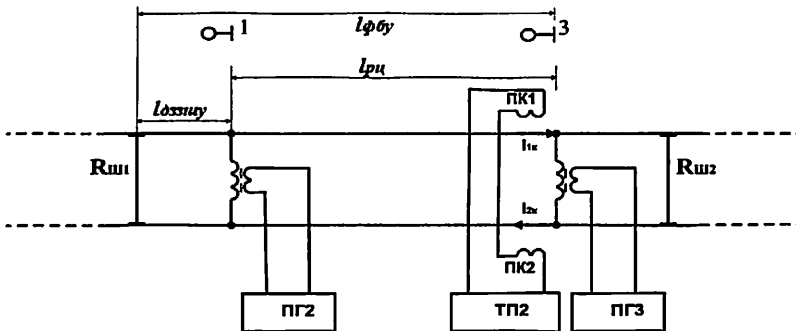


Рис. 3. Схема датчика контроля с токовым приемником

При подходе поезда  $R_{\text{ш}2}$  к контролируемому участку сигнальный ток продолжает протекать над приемными катушками и приемник TP2 не шунтируется, после проезда приемных катушек поезд шунтирует сигнальный ток и приемник TP2 выключается, четко контролируя въезд подвижной единицы на контролируемый участок пути, но эти цепи также зависят от уходящего поезда с контролируемого датчика. При уходе поезда с контролируемого участка он продолжает шунтировать приемник на некотором расстоянии  $l_{\text{дзшп}}$ . Для определения этого расстояния предлагается схема замещения на рис. 4.

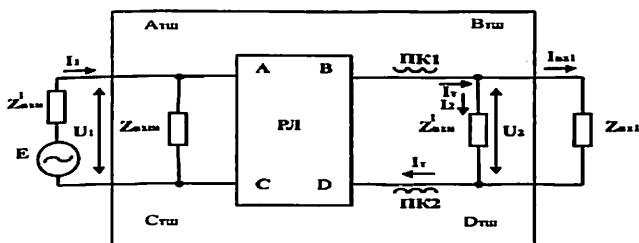


Рис. 4. Основная схема замещения датчика контроля с токовым путевым приемником

Максимальную дополнительную зону шунтирования по уходу поезда с контролируемого участка можно по токовому путевому приемнику можно определить по следующей формуле:

$$K_{\text{шнт}} = \frac{Z_{\text{шнт}}}{N \cdot Z_{\text{пот}}} \geq 1, \text{ где}$$

$$Z_{\text{шнт}} = \frac{Z_{\text{вх1}} \cdot Z'_{\text{вхн}}}{Z_{\text{вх1}} + Z'_{\text{вхн}}} (chyl + Z_B shyl + \frac{Z_{\text{вх1}} \cdot Z'_{\text{вхн}}}{Z_{\text{вх1}} + Z'_{\text{вхн}}} (\frac{chyl \cdot chY_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}}{Z_{\text{вдзшут}} shY_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}}) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + \frac{Z_B shyl \cdot chY_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}}{Z_{\text{вдзшут}} shY_{\text{дзшут}} l_{\text{дзшут}}} + chyl);$$

$$Z_{\text{пот}} = \frac{Z_B}{Z_B + Z'_{\text{вхн}}} (chyl * z'_{\text{вхн}} + Z_B shyl + z'_{\text{вхн}} (\frac{1}{Z_B} shyl * z'_{\text{вхн}} + chyl)).$$

Для датчиков контроля состояния путевых участков с токовым путевым приемником также были разработаны алгоритм и программа определения длины дополнительной зоны шунтирования по уходу поезда с контролируемого участка, один график из результатов исследований приведен на рис. 5.

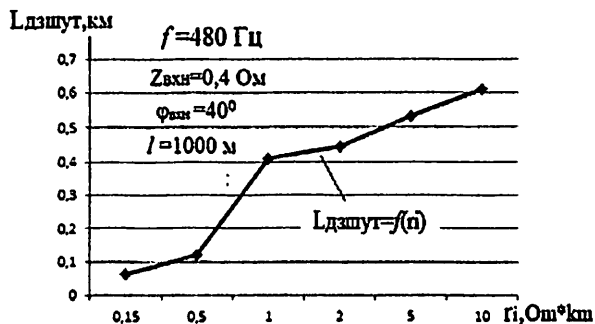


Рис. 5. Графики зависимости длины дополнительной зоны шунтирования при уходе поезда с контролируемого участка по токовому путевому приемнику

Из анализа расчетов проведенных исследований можно сделать вывод о том, что дополнительные зоны шунтирования изменяются в широких пределах и зависят от многих параметров, в том числе от погодных условий. В связи с чем возникают трудности определения четкой границы рельсовой цепи и установки светофоров.

Для стабилизации этих длин предложены технические решения, одно из которых заключается в том, что для четкой фиксации границы рельсовой цепи по подходу поезда необходимо путевой приемник включать по способу токового съема информации, но при этом появляется эффект двойного шунтирования токового путевого приемника. Для решения этих проблем было предложено устанавливать источник питания посередине рельсовой цепи и на приемных концах рельсовой цепи устанавливать два приемника: с потенциальным и с токовым съемом. (Устройство рельсовой цепи без изолирующих стыков. Патент на полезную модель. № FAP 01132 от 21.07.2015г.). Схема такой рельсовой цепи представлена на рис.6.

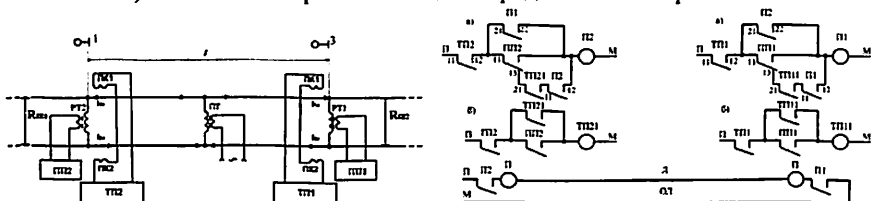


Рис. 6. Схема датчика контроля с потенциальным и токовым приемниками и питанием посередине рельсовой линии

Основными математическими выражениями для проведения исследований, определения оптимальных параметров, анализа, синтеза и расчета датчиков контроля с адаптивным приемником, являются коэффициенты рельсовых четырехполосников в нормальном и контрольном режимах работы датчиков контроля, а также критерии чувствительности датчиков контроля при шунтовом и контрольном режимах работы.

Схему замещения датчика контроля с адаптивным приемником можно представить в виде схемы, показанной на рис.7.

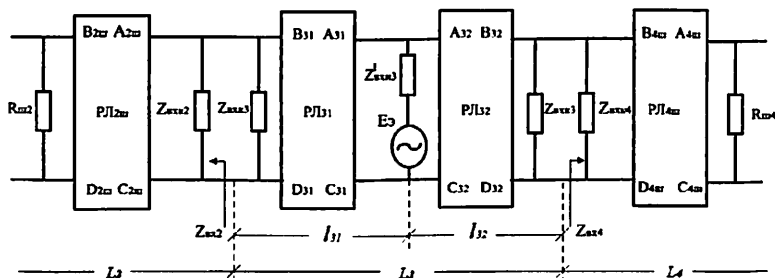


Рис. 7. Схема замещения датчика контроля состояния путевого участка с адаптивным приемником.



По этой схеме после ряда преобразований были получены основные коэффициенты рельсовых четырехполюсников для нормального и контрольного режимов работы датчика контроля:

а) нормального режима работы

$$A_{3п} = ch\gamma_{32}l_{32} + \frac{Z_{в32} * sh\gamma_{32}l_{32}}{Z_{вх4}}; \quad (7)$$

$$B_{3п} = Z_{в32} * sh\gamma_{32}l_{32}; \quad (8)$$

$$C_{3п} = \frac{1}{Z_{в32}} * sh\gamma_{32}l_{32} + \frac{ch\gamma_{32}l_{32}}{Z_{вх3л}} * \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{ch\gamma_{32}l_{32} * Z_{вх3л} + sh\gamma_{32}l_{32}}{Z_{вх4} * Z_{вх3л}};$$

$$D_{3п} = ch\gamma_{32}l_{32} + \frac{Z_{в32}sh\gamma_{32}l_{32}}{Z_{вх3л}}. \quad (10)$$

где,  $Z_{в32}$ ,  $Z_{в31}$  – волновые сопротивления третьей рельсовой линии;  
 $\gamma_{31}$  и  $\gamma_{32}$  – постоянная распространения волны третьей рельсовой линии;

$$Z_{вх4} = \frac{Z_{вхк4} \left[ \frac{ch\gamma_{4ш}l_{4ш} * R_{ш4} + Z_{в4ш}sh\gamma_{4ш}l_{4ш}}{C_{4ш} = \frac{1}{Z_{в4ш}}sh\gamma_{4ш}l_{4ш} * R_{ш2} + ch\gamma_{4ш}l_{4ш}} \right]}{Z_{вхк4} + \frac{ch\gamma_{4ш}l_{4ш} * R_{ш4} + Z_{в4ш}sh\gamma_{4ш}l_{4ш}}{\frac{1}{Z_{в4ш}}sh\gamma_{4ш}l_{4ш} * R_{ш4} + ch\gamma_{4ш}l_{4ш}}};$$

$$Z_{вх3л} = \frac{ch\gamma_{31}l_{31} * \frac{Z_{вх2} * Z_{вхк3}}{Z_{вх2} + Z_{вхк3}} + Z_{в31}sh\gamma_{31}l_{31}}{\frac{1}{Z_{в31}}sh\gamma_{31}l_{31} * \frac{Z_{вх2} * Z_{вхк3}}{Z_{вх2} + Z_{вхк3}} + ch\gamma_{31}l_{31}}.$$

в) при обрыве одной из нитей рельсовой линии:

$$A_{ка} = sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3 + \frac{1}{2}E\sqrt{1 + 2p[sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3 + 1]}; \quad (11)$$

$$B_{ка} = Z_{в}sh\gamma_l3 + \frac{1}{2}EZ_{в3}\sqrt{1 + 2p(ch\gamma_l3 + 1)}; \quad (12)$$

$$C_{ка} = \frac{2}{Z_{в}}(sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3) + \frac{1}{2Z_{в}}E\sqrt{1 + 2p[sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3 - 1]} + \rightarrow$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z_{вхэ}}(sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3 + \frac{1}{2}E\sqrt{1 + 2p[sh\gamma_l3 + ch\gamma_l3 + 1]}); \quad (13)$$

$$D_{ка} = \text{sh}\gamma l_3 + \text{ch}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E \sqrt{1 + 2p} \cdot \text{sh}\gamma l_3 (1 + E \sqrt{\frac{1}{1 + 2p}}) \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{Z_{ВХЭ}} \cdot (Z_{ВЭ} \text{sh}\gamma l_3 + \frac{1}{2} E Z_{ВЭ} \sqrt{1 + 2p} (\text{ch}\gamma l_3 + 1)). \quad (14)$$

Используя выше приведенные выражения, можно рассчитать значения напряжений и токов при изменении сопротивления изоляции всех рельсовых линий в любых сочетаниях, тем самым провести исследования датчиков контроля с адаптивным приемником во всех режимах работы.

Расчет напряжений и токов концов рельсовой линии РЛЗ по базовой схеме замещения, может быть выполнен при любом сопротивлении изоляции на каждой из рельсовых линий, любых координатах поездов, и любых длинах этих поездов. Для исследования датчика контроля с адаптивным приемником были разработаны математическая модель, алгоритм и составлена программа.

Модель рельсовой линии достаточно гибка и позволяет изменять все параметры рельсовой линии и место нахождения подвижного состава. Особенно важным является то, что сопротивление изоляции может быть скорректировано для каждой рельсовой линии, как до начала расчета, так и в процессе расчета. Это позволяет создавать имитацию реальной ситуации, когда при движении одного или нескольких поездов по перегону происходит изменение сопротивления изоляции.

В третьей главе диссертации рассмотрены «Математические модели и методы расчета датчиков контроля состояния путевых участков по локомотивному приемнику». Датчики контроля особенно эффективны, когда отсутствуют на перегоне путевые светофоры и регулирование движения поездов осуществляется только автоматической локомотивной сигнализацией (АЛС). В таком случае нечеткость границ датчиков контроля не имеет практического значения и может быть применен только потенциальный путевой приемник, к работе локомотивного приемника АЛС предъявляются тогда более высокие требования. Локомотивный приемник срабатывает за счет э.д.с., которая наводится в локомотивных приемниках током в рельсах  $I_r$ , (рис.8).

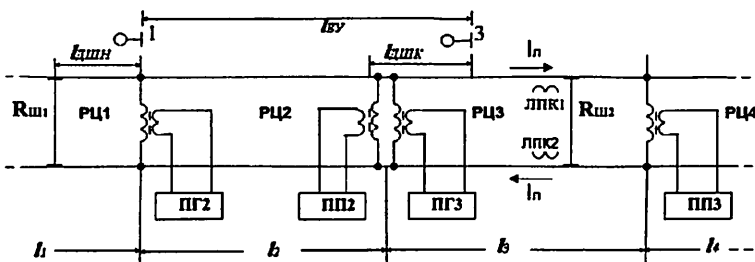


Рис. 8. Схема датчика контроля состояния путевых участков по локомотивному приемнику

При входе поезда на рельсовую цепь РЦ3, от путевого генератора ПГ3 под локомотивными катушками протекает ток несущий информацию о состоянии рельсовой цепи РЦ2 и по мере приближения поезда к путевому приемнику ПП2 он выключается, и прекращает подачу сигналов на локомотив, но на локомотив начинает поступать сигнал от путевого генератора ПГ2. Уровень этого сигнала зависит от уходящего поезда из рельсовой цепи РЦ1. Поэтому при расчетах необходимо учитывать это обстоятельство.

Ток протекающий под приемными катушками локомотивной сигнализации можно определить взяв соотношение напряжения источника питания к сопротивлению передачи датчика контроля:

при исправных рельсовых линиях:

$$I_{лн} = \frac{U_{минн}}{Z_{плн}},$$

где,  $U_{минн}$  – напряжение источника питания в нормальном режиме работы,  $Z_{плн}$  - сопротивление передачи датчика контроля по локомотивному приемнику для нормального режима работы, которое определяется по следующему уравнению:

$$Z_{плн} = A_{лн} * Z_{вхк} + B_{лн} + (C_{лн} + D_{лн}) * Z_{вхн}^I,$$

при обрыве одной из рельсовых линий:

$$I_{лк} = \frac{U_{минк}}{Z_{плк}},$$

где,  $U_{минк}$  – напряжение источника питания в режиме обрыва одной нити,  $Z_{плк}$  - сопротивление передачи датчика контроля по локомотивному приемнику для режима обрыва одной нити, которое определяется по следующему уравнению:

$$Z_{плк} = A_{лк} * Z_{вхк} + B_{лк} + (C_{лк} + D_{лк}) * Z_{вхн}^I,$$

Для вывода расчетных уравнений коэффициентов  $A_{лн}$ ,  $B_{лн}$ ,  $C_{лн}$ ,  $D_{лн}$ ,  $A_{лк}$ ,  $B_{лк}$ ,  $C_{лк}$  и  $D_{лк}$ , представим схему рельсовых цепей с учетом вышеприведённых обстоятельств в виде схемы замещения рис.9.

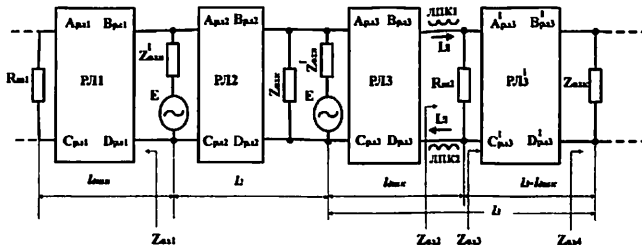


Рис. 9. Схема замещения датчика контроля состояния путевых участков по локомотивному приемнику

После ряда преобразований и вычислений были получены следующие коэффициенты рельсового четырехполосника датчика контроля по локомотивному приемнику при исправных рельсовых нитях:

$$A_{\text{лн}} = ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}} \left( ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} + \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} \right) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2} * \frac{1}{Z_{\text{врл}3}} sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}}; \quad (15)$$

$$B_{\text{лн}} = Z_{\text{вх}2} [ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}} (ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} + \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}}) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2} * \frac{1}{Z_{\text{врл}3}} sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}}] + Z_{\text{врл}3}sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}} * \rightarrow$$

$$\rightarrow * (ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} + \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}}) + Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2} * ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}}; \quad (16)$$

$$C_{\text{лн}} = ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}} \left[ \frac{ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + \frac{1}{Z_{\text{врл}2}} sh\gamma_{\text{лр}2}l_{\text{рл}2} + \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z'_{\text{вхн}}} \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right) \left. + \frac{1}{Z_{\text{врл}3}} sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}} * \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow * \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right); \quad (17)$$

$$D_{\text{лн}} = Z_{\text{вх}2} \left\{ ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}} \left[ \frac{ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + \frac{1}{Z_{\text{врл}2}} sh\gamma_{\text{лр}2}l_{\text{рл}2} + \rightarrow \right. \right.$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z'_{\text{вхн}}} \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right) \left. + \frac{1}{Z_{\text{врл}3}} sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}} * \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow * \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right) \left. + Z_{\text{врл}3}sh\gamma_{\text{лр}3}l_{\text{дшк}} * \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow * \left[ \frac{ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + \frac{1}{Z_{\text{врл}2}} sh\gamma_{\text{лр}2}l_{\text{рл}2} + \frac{1}{Z'_{\text{вхн}}} \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right) \right] + \rightarrow$$

$$\rightarrow + ch\gamma_{\text{рл}3}l_{\text{дшк}} \left( \frac{Z_{\text{врл}2}sh\gamma_{\text{лр}2}}{Z'_{\text{вхн}}} + ch\gamma_{\text{рл}2}l_{\text{рл}2} \right). \quad (18)$$

и одной оборванной рельсовой нити:

$$A_{\text{лк}} = ch\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * ch\gamma l_1 sh\gamma l_2; \quad (19)$$

$$B_{\text{лк}} = \frac{R_{\text{ш}} * Z_{\text{вх2}}}{R_{\text{ш}} + Z_{\text{вх2}}} * (\text{ch}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m}\text{ch}\gamma l_1 \text{sh}\gamma l_2) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + Z_{\text{в}}(\text{sh}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{ch}\gamma l_1 \text{ch}\gamma l_2); \quad (20)$$

$$C_{\text{лк}} = \frac{1}{Z_{\text{в}}} (\text{ch}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{ch}\gamma l_1 \text{sh}\gamma l_2) + \rightarrow$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{в}}} (\text{sh}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{sh}\gamma l_1 \text{sh}\gamma l_2); \quad (21)$$

$$D_{\text{лк}} = \frac{R_{\text{ш}} * Z_{\text{вх2}}}{R_{\text{ш}} + Z_{\text{вх2}}} \left[ \frac{1}{Z_{\text{в}}} (\text{ch}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{ch}\gamma l_1 \text{sh}\gamma l_2) + \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow + \frac{1}{Z_{\text{в}}} (\text{sh}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{sh}\gamma l_1 \text{sh}\gamma l_2) \left. + \rightarrow \right.$$

$$\rightarrow + \text{sh}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{ch}\gamma l_1 \text{ch}\gamma l_2 + \rightarrow$$

$$\rightarrow + \text{ch}\gamma(l_1 + l_2) + 2E\sqrt{1 + 2m} * \text{sh}\gamma l_1 \text{ch}\gamma l_2. \quad (22)$$

Полученные коэффициенты рельсового четырехполюсника датчика контроля по локомотивному приемнику являются основой для проведения анализа и синтеза датчиков контроля по локомотивному приемнику.

В четвертой главе диссертации рассмотрены «Математическая модель участка кодирования и микропроцессорная система для высокоскоростных участков железной дороги», вопросы определения оптимальной длины кодирования участка приближения поезда к станции.

Используя аналитический метод расчета длины тормозного пути, опирающийся на численное интегрирование уравнения движения поезда, была определена максимально возможная длина тормозного пути высокоскоростного поезда и опираясь на эти данные была разработана математическая модель, алгоритм и программа определения оптимальной длины участка кодирования.

Для передачи информации на локомотив о состоянии входного светофора, можно использовать схему, показанную на рис. 10.

При электротяге переменного тока, сигнальный ток должен отличаться от тягового тока, поэтому воспользуемся широко распространённой частотой сигнального тока 25 Гц.

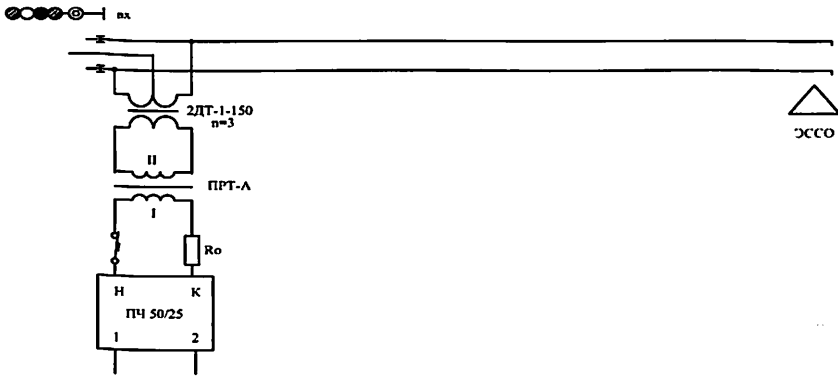


Рис. 10. Схема кодирования участка приближения поезда к станции Зирабулак

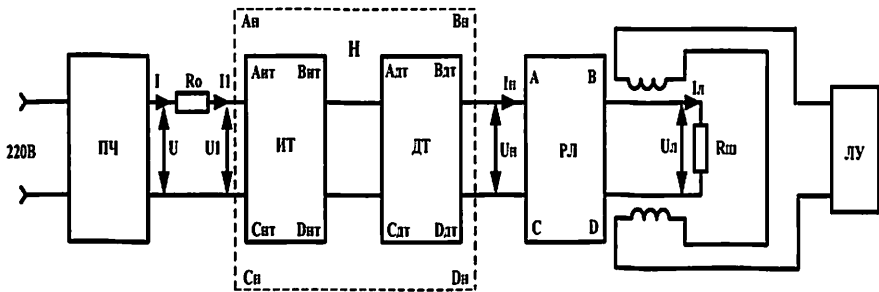
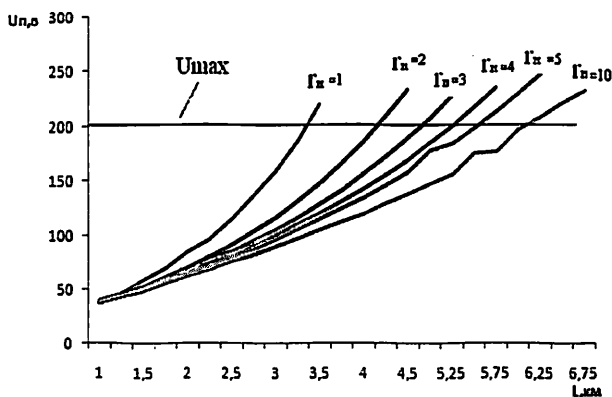


Рис. 11. Схема замещения участка кодирования

Для определения длины участка кодирования на высокоскоростном участке было выведено уравнение:

$$\begin{aligned}
 Z_{pl} &= \cosh \gamma l_1 * Z_{vxch} + Z_v \sinh \gamma l_1 + Z'_{vxn} * \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_1 * Z_{vxch} + \cosh \gamma l_1 \right) = \\
 &= Z_v \sinh \gamma l_1 + \frac{Z_{ch} * (\cosh \gamma l_2 Z_{vxk} + Z_v \sinh \gamma l_2)}{Z_{ch} \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_2 Z_{vxk} + \cosh \gamma l_2 \right) + \cosh \gamma l_2 Z_{vxk} + Z_v \sinh \gamma l_2} + \\
 &\rightarrow + Z'_{vxn} * \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_1 * \frac{Z_{ch} * (\cosh \gamma l_2 Z_{vxk} + Z_v \sinh \gamma l_2)}{Z_{ch} \left( \frac{1}{Z_v} \sinh \gamma l_2 Z_{vxk} + \cosh \gamma l_2 \right) + \cosh \gamma l_2 Z_{vxk} + Z_v \sinh \gamma l_2} + \cosh \gamma l_1 \right).
 \end{aligned}$$

Разработан алгоритм и программа, результаты расчетов приведены на рис. 12.



**Рис. 12.** Графики зависимости максимального значения напряжения источника питания от длины рельсовой линии.

Результаты этих расчетов позволили убрать транслирующую точку и дать экономический эффект в 14,0 тысяч долларов США.

На Узбекской железной дороге для контроля перегонов на многих участках используются морально и технически устаревшие системы полуавтоматической блокировки, построенные на релейно-контактной основе. Нами разработана и предложена микропроцессорная система контроля состояния перегона с использованием современных микроконтроллеров.

В пятой главе диссертации рассмотрены вопросы «**Разработка технических решений и программного обеспечения датчиков контроля состояния путевых участков и экономические показатели**». На основе теоретических и экспериментальных исследований были предложены способы контроля состояния путевых участков в системах интервального регулирования движением поездов, а также разработано микропроцессорное устройство контроля состояния путевых участков (Устройство контроля состояния перегона. Патент на полезную модель. № FAP 01155 от 21.07.2015 г.). Техническим решением является то, что предлагается устройство контроля состояния перегона (рис. 13), которое содержит следующие элементы: рельсовые линии 1,2,3,4; согласующие трансформаторы 5,7,9; питающие трансформаторы 6,8; путевые генераторы 10,11; путевые приемники 12 - 17; аналогово-цифровые преобразователи 18 - 23; демультиплексор 24; порт ввода 25 для ввода в ЭВМ дискретного сигнала из аналогово-цифровых преобразователей; порт вывода 26 для управления работой демультиплексора; порт вывода 27 для подключения к ЭВМ схем управления светофорами и стрелками.

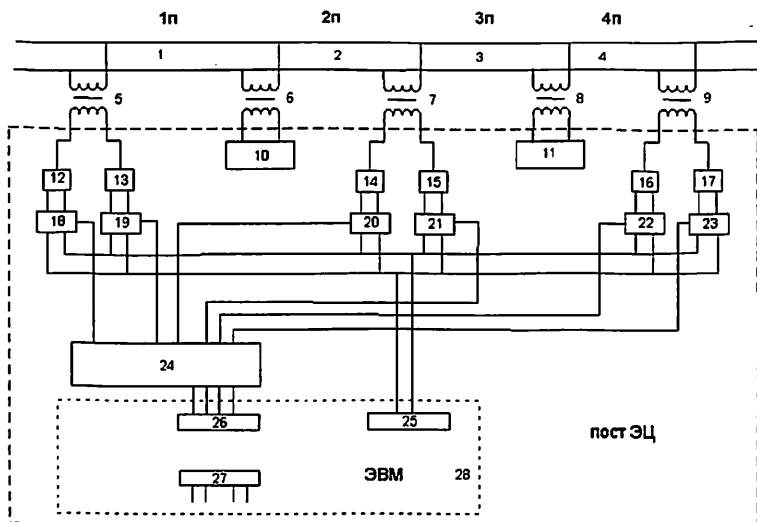


Рис. 13. Устройство контроля состояния перегона

Практическая реализация предложенного устройства контроля состояния путевых участков в системах интервального управления движением поездов позволяет увеличить длину датчика контроля, уменьшить его зависимость от изменения сопротивления изоляции рельсовой линии, увеличить шунтовую чувствительность и чувствительность к обрыву рельсовой линии и тем самым увеличить безопасность движения поездов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты исследований, проведенных в диссертационной работе на тему «Модели, алгоритмы и программные средства усовершенствования датчиков контроля состояния путевых участков в системах управления движением поездов» сводятся к следующему:

1. Установлено, что на железной дороге АО «Ўзбекистон темир йўллари» в основном используются морально и технически устаревшие датчики контроля состояния путевых участков. В основном это рельсовые цепи с изолирующими стыками постоянного и переменного тока, которые дают до 60-75% отказов и технический износ.

2. Получило дальнейшее развитие теоретических основ создания датчиков контроля состояния путевых участков, позволяющие разрабатывать современные датчики контроля состояния путевых участков в системах интервального управления движением поездов.

3. Разработаны математические модели датчиков контроля состояния путевых участков в нормальном, шунтовом и контрольном режимах работы и определены аналитические выражения для этих режимов работы, позволяющие проводить анализ и синтез датчиков контроля, разрабатывать и



проектировать современные датчики контроля.

4. Предложены критерии абсолютной шунтовой чувствительности, чувствительности к нормативному шунту и чувствительности к обрыву рельсовой линии, на основе которых определены оптимальные параметры датчиков контроля состояния путевых участков.

5. Обосновано использование комбинированного контроля состояния путевого участка и разработано «Устройство рельсовой цепи без изолирующих стыков».

6. Предложены формализованные выражения и алгоритмы, определены оптимальные длины дополнительных зон шунтирования датчиков, позволяющие надежно фиксировать занятие и освобождение поездом контролируемый участок.

7. Разработаны математические модели и алгоритмы для датчиков контроля с адаптивным приемником, позволяющие учитывать дрейф сопротивления изоляции, продольную асимметрию сопротивления изоляции и наличие на смежном датчике контроля подвижной единицы, проводить исследования датчиков контроля в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

8. Разработаны математические модели датчиков контроля по локомотивному приемнику в основном режиме работы - передачи информации с пути на локомотивный приемник, в режиме контроля неисправности путевых устройств, а также в режиме сближения двух поездов, позволяющие повысить точность расчетов и тем самым увеличить безопасность движения поездов.

9. Разработаны математическая модель, алгоритм и получено свидетельство о регистрации программы участков кодирования при приближении поезда к станции, позволяющие определять оптимальную длину участков кодирования для передачи информации на локомотив на высокоскоростных участках дороги.

10. Разработаны алгоритмы и программы для имитационного моделирования и определены минимальные значения сопротивления изоляции и максимальное значение сопротивления поездного шунта, при которых четко фиксируется поезд на контролируемом участке.

11. Доказано, что датчики контроля с адаптивным приемником достоверно контролируют состояние путевого участка при пониженном сопротивлении изоляции рельсовой линии до  $0,03 \text{ Ом} \cdot \text{км}$  и повышенном сопротивлении поездного шунта до  $0,16 \text{ Ом}$ .

12. Разработано микропроцессорное устройство контроля состояния перегона для участков, не оборудованных системами интервального регулирования поездов.

13. Разработано «Устройство контроля состояния перегона» с использованием датчиков контроля с адаптивным приемником.

14. Годовой экономический эффект от внедрения результатов диссертационной работы для систем интервального регулирования движения поездов составляет 12,9% на один километр железнодорожного участка, а

также позволило уменьшить затраты по оборудованию до 40% на одну транслирующую точку для железнодорожных участков с высокоскоростными поездами АО «Ўзбекистон темир йўллари».

Таким образом, на основе теоретического обобщения и практической реализации, изложенных в работе новых научных положений, решена проблема разработки научных основ создания датчиков контроля состояния путевых участков, обеспечивающих высокую достоверность контроля, повышающих безопасность движения поездов и имеющая важное народнохозяйственное значение.

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

---

**TASHKENT INSTITUTE OF RAILWAY ENGINEERS**

**ALIEV RAVSHAN MARATOVICH**

**MODELS, ALGORITHMS AND SOFTWARE FOR THE IMPROVEMENT  
OF TRACK SENSORS IN TRAIN CONTROL SYSTEMS**

**05.01.06-Components and devices of computer facilities and control systems**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent-2018**

The theme of Doctor of Science (DSc) dissertation is registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number № B2017.2.DSc/T87.

The dissertation has been prepared at Tashkent Institute of Railway Engineers.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the web page of the Scientific Council ([www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz)) and on the Information and Educational Portal "Ziyonet" ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific consultant:** Halikov Abdulhak Abdulhairovich  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** Abdukayumov Abdurashid  
doctor of technical sciences, professor

Plahatiev Anatoliy Mihaylovich  
doctor of technical sciences, professor

Nurmuhamedov Tolaniddin Ramziddinovich  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:** LLC "Scientific and Technical Center"

Defense of dissertation will be take place in "2 June 2018 at 10<sup>00</sup>" 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: [tdtu\\_info@tdtu.uz](mailto:tdtu_info@tdtu.uz)).

The dissertation is available at the Information Resourse Centre of Tashkent State Technical University (registration number \_\_\_). Address: 100095, Tashkentstr. University 2. Tel.: (+99871) 246-03-41.

Abstract of dissertation sent out on "17 May 2018 year.  
(mailing report №. 1 on "17" 04 2018 year).



*[Signature]*  
N.R. Yusupbekov  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
doctor of Technical Sciences, professor,  
Academician of the ASC RUz

*[Signature]*  
J.U. Sevinov  
scientific secretary of scientific council  
Awarding scientific degrees,  
doctor of technical sciences, associate professor

*[Signature]*  
X.Z. Igamberdiev  
Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific degrees,  
doctor of Technical Sciences, professor,  
Academician of the ASC RUz

## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**The aim of the research** is to develop mathematical models, algorithms, research methods and calculations for the creation of sensors to monitor the condition of track sections in the train control systems and their practical application in solving the problems of ensuring the safety of train traffic.

**The object of the research work** are sensors for monitoring the state of track sections, microprocessor control of the state of inter-station track sections.

**The scientific novelty of the research work** is as follows:

developed by constructive approaches for the further development of the theoretical foundations for the creation of sensors for monitoring the status of track sections;

developed by mathematical models of sensors for monitoring the state of track sections in normal, shunt and control modes of operation are proposed and analytical expressions for these operating modes are determined;

developed by criteria are proposed, absolute shunt sensitivity, sensitivity to the normative shunt and sensitivity to the break in the rail line, on the basis of which the optimal parameters of sensors for monitoring the state of track sections have been determined;

developed by formalized expressions, algorithms are proposed and optimal lengths of additional zones of shunting of sensors are determined;

developed by mathematical models and algorithms for control sensors with an adaptive receiver are proposed;

developed by mathematical models of the sensor for monitoring the locomotive receiver in the main mode of operation - the transfer of information from the track to the locomotive receiver, as well as in the approach of two trains;

developed by a mathematical model of the coding section is proposed when the train approaches the station on high-speed sections of the road.

**Implementation of the research results.** On the basis of the obtained results on the model work, algorithms and software for the improvement of sensors for monitoring the state of track sections in the traffic control systems of trains:

on the results of scientific research are introduced sensors for monitoring the status of track sections into the Management of Signaling and Communications of JSC "Uzbekiston Temir Yollari" (Reference JSC "Uzbekiston Temir Yollari" for No.NG / 3947-16 of November 21, 2016). The introduction of the results of scientific research has increased the safety of train traffic by 15%;

to check the equipment of the monitoring sensors into the Management of Signaling and Communications of JSC "Uzbekiston Temir Yollari" are introduced algorithm and software. (Reference of JSC "Uzbekiston Temir Yollari" for No.NG / 3947-16 of November 21, 2016). As a result of the introduction, the annual economic effect of work for interval control systems of train traffic is 12.9% per kilometer of the railway section;

algorithms and software for determining the optimal length of a coding section to transmit information to the locomotive on high-speed road sections are introduced into the Management of Signaling and Communications of JSC "Uzbekiston Temir

Yollari" (Reference JSC "Uzbekiston Temir Yollari" for No.NG / 3947-16 of November 21, 2016). As a result, for signal transmission in coding areas, it was possible to reduce costs by 40%.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, five chapters, conclusion, references and appendices. The volume of the thesis is 196 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Алиев Р.М. Методы контроля состояния путѣвых участков в системах интервального регулирования движением поездов. – Т. «Fan va texnologiyalar» Markazining bostmoxonasi. 2015. Монография.-123 с.
2. Арипов Н.М., Алиев Р.М. Определение зоны шунтирования для токового путевого приемника.// TATU xabarlagi. Ташкент, 2015.- №1. – с. 8-11. (05.00.00 №10)
3. Арипов Н.М., Алиев Р.М. Модель построения систем автоблокировки при организации высокоскоростного движения Республики Узбекистан.//Узбекский журнал. ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ №1-2 2015. – с.84-90.(05.00.00 №5)
4. Алиев Р.М. Модель рельсовой линии с дискретно-распределенными параметрами рельсовой цепи с адаптивным приемником. //Вестник ТГТУ. Ташкент, 2012.–№1-2.–С.25 – 29.(05.00.00 №16)
5. Строков В.Г., Хорунов Ш.Р., Алиев Р.М. Коэффициенты рельсового четырёхполюсника бесстыковой рельсовой цепи при исправных рельсовых нитях. // Вестник ТашИИТа. – Ташкент, 2012. –№3/4. – с.47–50 (05.00.00. №11)
6. Халиков А.А., Алиев Р.М. Коэффициенты рельсового четырёхполюсника бесстыковой рельсовой цепи с питанием от середины. //TATUxabarlagi. Ташкент, 2012.- №1. –с.78-81.(05.00.00. №10)
7. Халиков А.А., Алиев Р.М. Расчет оптимальных параметров бесстыковой рельсовой цепи. // TATU xabarlagi. Ташкент, 2012.- №2. –с.75-76.(05.00.00. №10)
8. Арипов Н.М., Алиев Р.М. Расчет дополнительной зоны шунтирования по уходу поезда с рельсовой цепи. //Вестник ТГТУ. Ташкент, 2014.–№4.–с.217 – 221.(05.00.00. №16)
9. Алиев Р.М., Халиков А.А. Алгоритм расчѣта абсолютной и относительной шунтовой чувствительности бесстыковых рельсовых цепей с токовым съѣмом.//TATU xabarlagi. Ташкент, 2015.- №3.–с. 108 - 112.(05.00.00. №10)
10. Алиев Р.М. Определение оптимальных параметров бесстыковых рельсовых цепей с потенциальным приемником. //Вестник ТГТУ. Ташкент, 2015.–№4.–с.50 – 54. (05.00.00 №16)
11. Алиев М.М., Алиев Р.М. Определение тока протекающего над приемными катушками в бесстыковых рельсовых цепях с токовым приемником. //Вестник ТашИИТ, 2015. - №3/4. –с. 80-84.(05.00.00 №11)
12. Aripov N.M., Aliev R.M. Methods for calculating the coefficients of the four-polerail track circuit without insulating joints for locomotive receiver at service able rail threads. European Science Review. Scientific journal

№7,2015. - p.146-148. «East West» Association for Advanced Studies and Higher education GmbH. Austria, Vienna. (05.00.00 №3)

13. Aliev R.M. Methods for calculating the coefficients of the four-pole rail track circuit without insulating joints for locomotive receiver when the broken rail thread. European Applied Sciences. Germany. ORT Publishing. #6, 2015. - p.55-58.(05.00.00 №2)
14. Aliev R.M. Analysis of shunt power track circuit without insulating joints. European Science Review. Scientific journal №8, 2015. - p.143-146. «East West» Association for Advanced Studies and Higher education GmbH. Austria, Vienna. (05.00.00 №3)

## II бўлим (II часть; II part)

15. Алиев М.М., Алиев Р.М., Акбаров М. Устройство рельсовой цепи без изолирующих стыков // Агентство по интеллектуальной собственности РУз.Ташкент.Патент на полезную модель № FAP 01132 от 21.07.2015 г.
16. Алиев Р.М., Алиев М.М., Акбаров М. Устройство контроля состояния перегона. // Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Патент на полезную модель № FAP 01155 от 21.07.2015 г.
17. Алиев Р.М. Программа для исследования бесстыковой рельсовой цепи с токовым путевым приемником. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 02975, 12.12.2014 г.
18. Алиев Р.М., Мишина Е.В., Алиев М.М. Программа для модернизации сетей оконечных телеграфных аппаратов. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 03011, 12.12.2014 г.
19. Алиев Р.М., Ташметов К.Ш. Программа для определения дополнительных зон шунтирования бесстыковой рельсовой цепи с потенциальным приемником. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 02973, 12.12.2014 г.
20. Алиев Р.М., Алиев М.М. Программа для исследования бесстыковой рельсовой цепи с потенциальным приемником. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 02974, 12.12.2014 г.
21. Алиев Р.М., Алиев М.М., Ташметов К. Программа микропроцессорной системы контроля и управления движением поездов. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 03304 22.06.2015 г.
22. Алиев Р.М., Алиев М.М., Ташметов К. Программа микропроцессорной полуавтоматической блокировки. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 03305 от 22.06.2015.
23. Камалов М., Алиев Р.М. Программа контроля аппаратуры систем интервального регулирования движения поездов.//Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU



- 02724 от 19.03.2013 г.
24. Алиев Р.М., Алиев М.М., Таджибаев М.М. Программа смены направления движения поездов на перегоне для высокоскоростных поездов. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 04987 от 20.12.2017 г.
  25. Алиев Р.М., Алиев М.М. Программа определения оптимальной длины рельсовой линии кодирования на высокоскоростных участках. //Агентство по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент. Свидетельство № DGU 04986 от 20.12.2017 г.
  26. Алиев Р.М., Алиев М.М. Расчет дополнительной зоны шунтирования по подходу поезда к рельсовой цепи с потенциальным путевым приемником //Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2013–с.131– 134.
  27. Алиев Р.М. Критерии бесстыковых рельсовых цепей с токовым путевым приемником.//Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2013–с.135– 136.
  28. Алиев М.М., Алиев Р.М. Определение критической зоны шунтирования для токового путевого приемника.//Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2014–с.129– 132.
  29. Алиев М.М., Алиев Р.М. Метод контроля участка приближения на скоростной линии железной дороги. Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2015– с.192– 193.
  30. Алиев Р.М., Абдуллаев Р.Б., Ваисов О.К. Методы анализа применения ЭССО в перегонных и станционных устройствах СЖАТ. Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2015– с.193–195.
  31. Арипов Н.М., Алиев Р.М., Хамраханов М.Н. Особенности построения микропроцессорной системы контроля состояния перегона на высокоскоростном участке. Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2015–с.198– 199.
  32. Aliyev R.M. Method of control condition of rails lines. // Proceedings Seventh World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation “WCIS – 2012”. - Tashkent, Vol.II., 2012. – p.91-93.
  33. Aliyev M.M., Aliyev R.M. Methods of calculation of coefficients of rail four-pole track circuit without insulating joints the precipice of one of the threads.// Proceedings Eighth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. “WCIS – 2014”. – Tashkent, 2014. – p.369 – 372.
  34. Aripov N., Aliyev R., Baratov D., Ametova E. Features of construction of systems of railway automatics and telemechanics at the organization of high-

speed traffic in the republic of Uzbekistan. 9<sup>th</sup> International Scientific Conference TRANSBALTICA 2015, May 7-8, 2015, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania

35. Арипов Н.М., Алиев Р.М. Организация и обеспечение безопасности движения скоростных и высокоскоростных пассажирских перевозок. Юқори тезликда ахаракатланувчи поездларнинг долзарб муаммолари. //Илмий семинар материаллари. - Тошкент, 2014. – 6.11-12.
36. Aliyev R.M., Aliyev M.M., Hamrahanov M.N. Intelligent system of control of track circuits on high – speed lines. // Ninth World Conference on Intelligent Systems for Industrial Automation. “WCIS – 2016”. - Tashkent, – p.91-93.
37. Алиев Р.М., Хакимов А.А. Способ контроля свободности участков пути методом счета осей на скоростных линиях железной дороги. Научные труды Республиканской научно–технической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте».– Ташкент, 2016–с.249– 252.
38. Алиев Р.М., Алиев М.М. Метод определения длины тормозного пути для высокоскоростных поездов. Труды Международной научно – технической конференции «Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств». – Карши, 17-18 ноября 2017, - с.166 – 168.

**Автореферат «ТошТЙМИ хабарномаси» илмий-амалий журнали  
тахририятида таҳрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди**

---

**Қоғоз бичми 84×60-1/16 Ризограф босма усули Times гарнитураси  
Шартли босма табағи: 3,75 б.т. Адади: 100 нусха.  
Буюртма № 19-3/2018. Нашрга рухсат этилди: 17.05.2018 й.**

**Тошкент темир йўл муҳандислари институти босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100167, Тошкент шаҳар,  
Одилхўжаев кўчаси, 1-уй.**