

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.15/30.12.2019.Т.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ОРТИҚОВ МИРОНШОҲ СОДИҚОВИЧ

**ЭЛЕКТРОМАГНИТ УСУЛЛАРИ АСОСИДА ПОЕЗДЛАР ҲАРАКАТ
ХАВФСИЗЛИК ТИЗИМИ УЧУН ДЕФЕКТОСКОП ҚУРИЛМАСИ**

05.08.03– Темир йўл транспортини ишлатиш

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

Тошкент– 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии
(PhD)
по техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)
on technical sciences**

Ортиқов Мироншоҳ Содикович

Электромагнит усуллари асосида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими
учун дефектоскоп қурилмаси..... 3

Ортиқов Мироншоҳ Содикович

Устройство дефектоскопии для системобеспечения безопасности
движения поездов на основе электромагнитных методов..... 21

Ortiqov Mironshoh Sodiqovich

Flaw detector device for train safety system based on electromagnetic
methods 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
PhD.15/30.12.2019.Т.73.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ

ОРТИҚОВ МИРОНШОҲ СОДИҚОВИЧ

**ЭЛЕКТРОМАГНИТ УСУЛЛАРИ АСОСИДА ПОЕЗДЛАР ҲАРАКАТ
ХАВФСИЗЛИК ТИЗИМИ УЧУН ДЕФЕКТОСКОП ҚУРИЛМАСИ**

05.08.03– Темир йўл транспортини ишлатиш

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

Тошкент– 2021

Техника фаилари буйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация
комиссиясида В2019.2.PhD/T1212 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Тошкент давлат транспорт университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-
саҳифасида (www.tashit.uz) ва "ZiyoNet" Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz)
жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Халиков Абдулҳак Абдулҳанович техника фаилари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Сиддиқов Илҳомжон Ҳакимович техника фаилари доктори, профессор Ҳаджимухаметова Матлуба Адилевна техника фаилари номзоди
Ётақчи ташкилот:	Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги
PhD 15/30.12.2019.Т.73.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «12» 06 соат
1000 даги мажлисида бўлиб ўтди. Манзил: 100167, Тошкент, Темирийўлчилар кўчаси, 1 уй.
Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashit_rektorat@mail.ru.

Диссертацияси билан Тошкент давлат транспорт университетининг Ахборот-ресурс
марказида танишни мумкин (17 рақами билан рўйхатга олинган). Манзил: 100167,
Тошкент, Темирийўлчилар кўчаси, 1 уй. Тел: (99871) 299-05-66

Диссертация автореферати 2021 йил «31» 05 куни тарқатилди.
(2021 йил «31» 05 даги 18 рақамли реестр баённомаси).



А.Э. Адилходжаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

Я.О. Рузметов
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.н.

Н.Н. Ибрагимов
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳон темир йўл транспорт тармоғида юқори тезликда ҳаракатланувчи ҳаракат таркиблари хавфсизлигини таъминлаш усулларида бири темир йўл рельс плет маҳсулотларини назорат қилиш, уларни доимий текширувдан ўтказиш ва мавжуд дефектларни ўз вақтида аниқлаб берувчи дефектоскопия қурилмаларни ишлаб чиқариш, янги усулларни қўллаш етакчи ўринни эгалламоқда. Дунё миқёсида темир йўл рельси плетларидаги дефектларни сифатли аниқлашни амалга оширадиган қўзғалувчан, мобил дефектоскоп қурилмаларни амалиётга жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш мақсадида темир йўл рельси плетларидаги нуқсонларни аниқлайдиган, иш сифати юқори ҳамда энергия-ресурстежамкор техника воситалари ва қурилмаларидан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда темир йўл транспорти ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш учун рельс плетларини дефектоскопия технологияларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, доимий магнит, ўзгармас ва импульсли электромагнит майдон назариялари асосида рельс плетларидаги дефектлар таҳлилий натижалари, импульсли таъсирлардаги ўткинчи жараёнларининг математик ифодалари, рельс плетлардаги дефектларни аниқлаш учун рақамли дефектоскоп қурилмасининг асосий параметрларини ҳисоби ва лойиҳасидан фойдаланиш, шу билан бирга, электромагнит усуллар асосида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун дефектоскоп қурилмасини параметрлари ва иш режимларини асослашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда темир йўл инфратузилмасини ривожлантириш, юқори тезликдаги поездлар ҳаракатланувчи темир йўл линияларини кўпайтириш, шунингдек мавжуд линияларни электрлаштириш, темир йўл рельс плетларида вужудга келувчи дефектларни бартараф этиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришга қаратилган Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётнинг рақобатбардошлигини ошириш, ...транспорт-коммуникация ва социал-инфратузилмавий лойиҳаларни ҳал қилишга йўналтирилган фаол инвестицион сиёсат, ...ишлаб чиқаришни техник ва технологик янгилаш, ...ишлаб чиқаришга энергия тежайдиган технологияларни кенг татбиқ этиш»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, темир йўл рельс плетларидаги дефектларни аниқлаш усуллари ва дефектоскопияловчи қурилмаларнинг янги моделларини ишлаб чиқиш,

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

мавжудларини маҳаллийлаштириш темир йўл транспортида темир йўл рельс плетларини дефектоскопиялаш, янги электромагнит усулларига асосланган вагон-платформада жойлашган, импульсли дефектоскопияловчи мобил қурилмаларни, такомиллаштириш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони, 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида» ги Қарори, Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 136-сон «2020-2021 йилларда ички ва ташқи бозорларда харидоргир маҳсулотларни ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштириш дастури тўғрисида» ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурстежамкорлик» устувор йўналишига мувофиқ равишда бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Стационар ва ҳаракатланувчи импульсли электромагнит дефектоскопиялаш қурилмаларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга қаратилган кенг қамровли илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва таълим муассасаларида амалга оширилмоқда. Темир йўл транспортида ҳаракатланиш хавфсизлигида рельс плетларни ҳолатини узлуксиз текшириб бориш мақсадида дефектоскопияловчи қурилмаларни ишлаб чиқиш билан боғлиқ долзарб муаммоларни ҳал этишга қаратилган илмий изланишлар, уларнинг назарий ва амалий асосларини ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотларга доир илмий-техник адабиётларнинг таҳлили бу соҳада жиддий назарий ва амалий натижаларга эришилганлигини кўрсатади. Ушбу соҳада рельс плетларни дефектоскопиялаш муаммоларининг ёритишга доир кўплаб илмий техник адабиётлар нашр этилган. МДҲ ва хорижий давлатлар темир йўл участкаларида рельс плетларни дефектоскопияловчи қурилмалар мавжуд ва ишлаб чиқилмоқда.

Темир йўллар учун рельс плетларни дефектоскопияловчи қурилмаларни яратишнинг назарий ва амалий масалалари билан, бу йўналишда хорижий олимлардан G.Teeg, E.Andres, F.Bailey, T.Brendt, Y.Paxl, D. Straetton, A.B.Сапожников, В.К.Аркадьев, А.И.Янус, Н.С.Акулов, Б.П. Кашкин, Н.В. Мирошин, А.Б. Никитин, Г.А.Бюллер, А.Е. Мудров, Г.А. Редькин, В.А. Мещеряков, А.А. Жуков ва бошқалар кўпгина таниқли олимлар ва мутахассислар сезиларли даражада ўз хиссаларини қўшганлар.

Шунингдек, белгиланган муаммони тадқиқ қилиш масалаларига республикамиз олимлари А.А.Халиков, Амиров С.Ф., Н.М.Арипов, Ж.Ф.Курбанов ва бошқаларнинг илмий ишлари бағишланган.

Бирок, номи келтирилган муаллифларнинг ишларида, ҳаракатланувчи (кўзғалувчан), стационар дефектоскопиялаш қурилмаларини қуришнинг янги услуб ва усулларини қўллашнинг барча имкониятлари тўлиқ ишлатилмай, хусусан, темир йўл транспортида рельс плетларда вужудга келиши мумкин бўлган дефектларни ўз вақтида аниқловчи маҳаллий электромагнит дефектоскопия қурилмасини қўллашга доир қатъий назария мавжуд эмас, юқори тезликда ҳаракатланадиган вагон-платформаларда микропроцессор қурилмалардан фойдаланиб рельс плетларни дефектоскопиялаш услублари, усуллари ва қурилмаларини Ўзбекистон темир йўл транспортида кенг қўлланиши мумкин бўлган оддий, маҳаллий ва универсал дефектоскопия қурилмасини такомиллаштириш масалалари етарли даражада ёндашилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент темир йўл муҳандислари институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 97-сон «Рельс пайвандлаш ишлаб чиқаришида рельс плетларини магнитсизлантириш қурилмасини ишлаб чиқиш» (2017-2018), 120-сон «Рельс плетларини магнитсизлантириш қурилмасини ишлаб чиқиш ва уни вагон-платформага ўрнатиш» (2018-2019) мавзуларидаги амалий лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади электромагнит усуллар асосида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун дефектоскоп қурилмасини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

электромагнит майдон назарияси асосида махсус вагонда жойлашган, поезд ҳаракати давомида рельсли плетлардаги дефектларни аниқловчи рақамли дефектоскоп қурилмасини такомиллаштириш;

доимий магнит, ўзгармас ва импульсли электромагнит майдон назариялари асосида рельс плетларидаги дефектлар таҳлилий натижаларини ишлаб чиқиш;

рельс плетлари дефектоскопия қурилмасини ишлаши, рельсдаги дефектларни доимий, ўзгарувчан ва импульсли таъсирларда ўткинчи жараёнларининг математик ифодаларини ишлаб чиқиш;

рельс плетлардаги дефектларни аниқлаш учун рақамли дефектоскоп қурилмасининг асосий параметрларини ҳисоби ва лойиҳасини ишлаб чиқиш;

рельс плетларидаги дефектларни назорат ва таҳлил қилишда электромагнит майдон жараёнлар моделини яратиш;

рельс плетлар дефектоскопияси учун ток амплитудаларини тартибга солиш, частота ва импульслар давомийлигини танлаш учун бошқарув тизимини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида темир йўл участка рельс плетлари ва рельс пайвандлаш корхонаси рельс плетлари олинган.

Тадқиқотнинг предмети электромагнит майдони назарияси асосида рельс плетларни дефектоскопиялаш услублари ва усуллари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида тизимли таҳлил, тарқоқ параметрли электромагнит майдон назарияси ва математик моделлаштириш усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

рельс плетларидаги дефектларни масофадан импульсли электромагнит қолдиқ индукция таъсирида аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

рельс плетларидаги дефектларни аниқлаш учун электромагнит импульс сигналли узатувчи ва қабул қилувчи датчикга эга рақамли дефектоскоп қурилмаси ишлаб чиқилган;

рельс плетларидаги дефектларни аниқлаш ва назорат қилишда электромагнит майдон тўлқин чуқурлигини частота ўзгаришига боғлиқлиги асосида электромагнит майдон жараёнлар модели яратилган;

рельс плетлар дефектоскопияси учун ток амплитудаларини тартибга солиш, частота ва импульслар давомийлигини танлаш имконини берувчи РС 16F628-04/P микроконтроллер асосида бошқарув тизими ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

дефектоскопиялашни назарий услублари ва амалий усуллари асосида темир йўл транспорти рельс плетлари, туташмалари ва стрелка ўтказгичларидаги дефектлар ҳолатини аниқлаш имконияти ишлаб чиқилган;

рельс пайвандлаш ишлаб чиқаришида рельс плетларни пайвандлашда пайдо бўлувчи дефектларни аниқлаш имконини берувчи стационар дефектоскопиялаш қурилмаси такомиллаштирилган;

рельс плетларни дефектоскопиялаш сифатини яхшилаш мақсадида, бошқарув тизими қурилмаси ток амплитудалари, импульслар давомийлиги ва частотасини ростлаш қурилмаси ишлаб чиқилган;

мобил ҳаракатланувчи дефектоскопияловчи қурилма локомотивнинг белгиланган тезликдаги ҳаракатида рельс плетлар, туташма ва стрелка ўтказгичларини сифатли дефектоскопиялаш имконини берувчи вагон-платформа такомиллаштирилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Электромагнит майдон назарияси асосида яратилган илмий ишланмалар ва тажриба натижаларининг ўзаро мувофиқлиги ва мослигига асосланиб, темир йўл транспорти рельс плетларида вужудга келувчи дефектларни электромагнит

усуллари ёрдамида аниқлаш учун назарий асосланган концепциялар қўлланиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Олинган тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, темир йўл рельс плетларидаги дефектларни ҳисобга олиш ва назорат қилиш шароитида рақамли дефектоскопия қурилмасини ишлаб чиқилганлиги ва бу ҳаракат таркибини йўлдан чиқиб кетиш ҳолатида дефектларни олдиндан мониторинг қилиш, шунингдек қўлланилган схема ва алгоритмларнинг минималлашган хоссалари, математик асосда техник параметрларни ифодалаш, уч томонлама кўринишини моделлаштириш, синтез қилиш ва шакллантириш билан билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти рельс плетларини мониторинг қилиш ва бошқаришнинг инструментал воситаларини ишлаб чиқилганлиги ва у турли вазиятларини башорат қилган ҳолда таъмирлаш-технологик участкаларнинг ишини режалаштириш вазифаларида мақбул ечимларни танлаш, темир йўл рельс плетларини дефектларини ҳисобга олиш ва назорат қилиш жараёнларини автоматлаштиришпоездлар ҳаракат хавфсизлигини таъминлашга хизмат қилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши электромагнит усуллари асосида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун дефектоскоп қурилмаси бўйича олинган натижалар асосида:

рельс пайвандлашда рельс плетларни линия дефектоскопиялаш қурилмаси «Ўзбекистон темир йўллари» АЖ тасарруфидаги «РСР-14» ишлаб чиқариш Унитар корхонасида ишлатиш ва модернизациялаш амалиётига жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 9 декабрдаги №01/4003-20-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқотлар натижасида рельс плетларни дефектоскопиялаш қурилмаси пайванд чокларини шикастланишдан ҳимоя қилиш учун, асосий қисм сифатида пайвандлашдан олдин ва ундан кейин рельс плетларни дефектоскопиялаш имконини берган;

рельс плетлар, туташмалар ва стрелка ўтказгичлардаги дефектларни аниқлаш учун ҳаракатланувчи вагон-платформадаги дефектоскопия қурилмаси жорий қилинган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 9 декабрдаги №01/4003-20-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқотлар натижасида станцияларда поездлар ҳаракати хавфсизлигини ошириш имконияти, рельс плетлар, туташмалар, стрелка ўтказгичларда пайдо бўлувчи дефектларни аниқлаш имконини оширишга эришилган;

рельс плетлар дефектоскопияси учун ток амплитудаларини тартибга солиш, частота ва импульслар давомийлигини танлаш учун PIC 16F628-04/P микроконтроллер асосида бошқарув тизими электр схемаси тузилган ва Proteus дастурий таъминотида моделлаштирилган («Ўзбекистон темир йўллари» АЖнинг 2020 йил 9 декабрдаги №01/4003-20-сонли маълумотномаси). Тадқиқот натижаларига кўра рельс плетларини

дефектоскопиялаш сифатини оширишга эришилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 2 таси республика ва 6 таси хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, умумий хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 120 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯ ИШИНING АСОСИЙ МАЗМУНИ

Киришда диссертация мавзусининг долбзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотларнинг мақсад вавазифалари, объекти ва предметлари тавсифланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикасида илм-фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мувофиқлиги аниқлаштирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, олинган натижаларни амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация ишининг тузилмаси бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Электромагнит дефектоскопия соҳасидаги тадқиқотлар ва ишланмаларнинг замонавий ҳолатини таҳлил қилиш**» деб номланган биринчи бобида рельс плетларида дефектларнинг пайдо бўлиш сабаблари ва уларнинг ривожланиш ҳолатлари, дефектлар ва шикастланиш синфланиши, дефектоскопиялашда магнит катталикларни ўлчаш усуллари таҳлили ўтказилди ва замонавий ҳолати кўриб чиқилди. Таҳлил асосида рельс плетларида дефектларни аниқлаш, дефектоскопиялашнинг жаҳон бозорида рақобатбардошлигини таъминлаш, импортдан мустақил янги электромагнит дефектоскопия усуллари кўллаш натижасида ажратиладиган маблағлар ҳажмини қисқартириш зарурлиги тўғрисида хулоса чиқарилди.

Ўтказилган тадқиқотлар ҳаракатланувчи (кўзгалувчан), стационар дефектоскопиялаш қурилмаларини қуришнинг янги услуб ва усуллари кўллашнинг барча имкониятлари тўлиқ ишлатилмай, хусусан, темир йўл транспортида рельс плетларда вужудга келиши мумкин бўлган дефектларни ўз вақтида аниқловчи маҳаллий электромагнит дефектоскопия қурилмасини кўллашга доир қатъий назария мавжуд эмаслиги, юқори тезликда ҳаракатланадиган вагон-платформаларда микропроцессор қурилмалардан фойдаланиб рельс плетларни

дефектоскопиялаш услублари, усуллари ва қурилмаларини Ўзбекистон темир йўл транспортида кенг қўлланиши мумкин бўлган оддий, маҳаллий ва универсал дефектоскопия қурилмасини яратиш ва уни тадбиқ этиш муаммоси сўнгги пайтда алоҳида касб этганлигини кўрсатди.

Рельс плетларининг дефект ва шикастланишларининг синфланиши жадвалида дефектларнинг ҳаммаси бўлиб 38 таси келтирилган ва улар 9та гуруҳда ўз ифодасини топган.

Биринчи бобининг охирида ўтказилган таҳлил бўйича асосий хулосалар келтирилган бўлиб, бу ерда темир йўл транспорти рельс плетларида дефектларнинг пайдо бўлиши, рельснинг каллаги ва бўйинчасида вертикал қатламланиш шу жумладан, кўндаланг синиши, уларни тайёрлашда шлак ёки бошқа бегона металлларнинг қўшилиб қолиши натижасида жуда хавфли дефектларни пайдо бўлиши ва ривожланиши, рельс плетларини ишлатиш, сирпаниш сиртида металлларни қатламланиши ва бўялиши, турли фаслларда рельс плетларида вужудга келадиган дефектлар сабаблари ўрганилган. Темир йўл транспорти рельс плетлари дефектларининг синфланиши, уларни ишлатишда бардошлилик даражаси таҳлили ва чидамлигини статистик ҳисобга олиш, рақамли кодли белгиларга эгаллиги, НТД-3-14 йўриқномасидаги келтирилган қонун-қоидаларга бўйсунган ҳолда ишлаб чиқаришга мос ҳолда жадвал кўринишида гуруҳларга ажратилган ҳолда ишлаб чиқилган.

Темир йўл транспортида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун рельс плетларини электромагнит усуллари асосида ишлайдиган дефектоскоп қурилмасини ишлаб чиқиш зарурияти ва муаммоларни тубдан ечишга имкон бериши исботланган.

Диссертациянинг «Рельс плетларини дефектоскопиялаш тизимларида электромагнит жараёнларни тадқиқ этиш» деб номланган иккинчи бобда рельс плетларини техник магнитлаш жараёни ҳамда рельс плетларида магнетизм параметрлари, рельс плетлариларини дефектоскопиялаш, ўзгармас, ўзгарувчан ва импульсли электромагнит майдонларда рельс плетлариларини дефектоскопиялашда магнитлаш хусусиятларидаги мураккаб кўринишлари магнитланганлик векторлари магнит майдон таъсирида бурилиш жараёнлари магнит сингдирувчанликка боғлиқлиги физик ифодалар ёрдамида аниқланган.

Магнитланишда магнитланганлик векторлари магнит майдон таъсирида бурилади. Магнитланганлик векторининг бурилишида ҳосил бўладиган энергия (бир ўқли анизотропия ҳолати учун) қуйидагига тенг бўлади, яъни:

$$E = -K_u \cos^2(\theta - \theta_0) - JH \cos\theta, \quad (1)$$

бу ерда: K_u -бир ўқли анизотропия ўзгармас коэффициент.

Магнитланганлик векторларининг турғун йўналиши минимал энергия шартидан келиб чиқади, яъни:

$$\frac{\partial E}{\partial \theta} = K_u \sin 2((\theta - \theta_0) + JH \sin \theta) = 0. \quad (2)$$

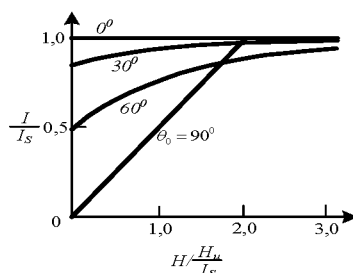
$\cos \theta = x$; $p = JH/K_u$ белгилашлар киритиб, қуйидагига эга бўламиз, яъни:

$$4x^2 + 4p \cos 2\theta_0 x^3 - (4 - p^2)x^2 - 4p \cos 2\theta_0 x + \sin^2 2\theta_0 - p^2 = 0 \quad (3)$$

Магнитланганлик вектори учун

$$J = J_m \cos \theta = J_m x. \quad (4)$$

ифодани ёзамиз.



1- расм. Магнитланганликни магнит майдон кучланганлигига боғлиқлик чизмаси

Магнитланганликни магнит майдон кучланганлигига боғлиқлик чизмаси 1- расмда тасвирланган. Ушбурасмдан кўриниб турибдики, $\theta_0 = 90^\circ$ да магнитланганлик эгри чизиғи тўғри чизиклига айланиб қолар экан. Бу ҳолат $\theta = \pi/2$ да (2) ифодадан ҳам ўз тасдиғини топади. Яъни:

$$\cos \theta = \frac{J_m H}{2K_u}. \quad (5)$$

(5) ифодани (4) ифодага қўйсақ, $J = \frac{J_m^2}{2K_u} H$ эканлиги келиб чиқади. (6)

(6) ифодага мувофиқ, магнитланиш эгри чизиғи тўғри чизикқа айланади. Майдон кучланганлиги $H = 2K_u/J_m$ қийматли магнит майдон таъсирида тўйинишга эришилади. Кичик θ_0 бурчакларда тўйинишга кучли магнит майдонларда эришилади. Кучсиз майдонлар учун $\theta = \theta_0$ бўлиб, анизотропия энергияси $2K_u \Delta \theta = J_m H \sin \theta_0$ га тенг бўлади, натижада

$$\Delta \theta = \frac{J_m H}{2K_u} \sin \theta_0. \text{ ифодани оламиз.} \quad (7)$$

Рельс плетларини дефектоскопияловчи детал ва қурилмалар ўзгармас магнит, ўзгармас, ўзгарувчан ва импульсли тоқларда магнитланиши мумкин. Ушбу йўлларнинг ҳар биридан фойдалиш ўзига хос ижобий томонлари бор. Ўзгармас тоқдан фойдаланилганда детал ёки маҳсулотларнинг ички кесими бўйлаб магнит оқимининг текис тақсимланиши аниқланган.

Қолдиқ магнитланганлик асосидаги дефектоскопия усули қолган барча усуллардан афзал туради.

Импульсли магнитлаш учун энг тўғри келадиган эгри чизик тўғри бурчакли гистерезис халқаси ҳисобланади.

Қолдиқ индукцияни амплитуда қийматга нисбати тўғри бурчаклилик коэффициенти дейилиб, у қуйидаги ифодаланади, яъни:

$$K_{пр} = \frac{B_r}{B_m}. \quad (8)$$

$\frac{4}{6}H_c$ да индукцияни $\frac{4}{3}H_c$ даги индукцияга нисбатини белгилайдиган коэффицент квадратлилик коэффициенти дейилади ва қуйидагича ифодаланади, яъни: $K_{кв} = \frac{B_{(-\frac{4}{6}H_c)}}{B_{(\frac{4}{3}H_c)}}.$ (9)

Индуктив ғалтак орқали йўналтирилган импульс тўғри бурчак шаклда бўлиб, унинг T даври T_0 . қайта магнитланиш давридан катта бўлади. Қайта магнитланиш самарадорлиги магнит майдон кучланганлиги билан белгиланади, яъни: $H = \frac{iw}{l_{cp}},$ (10)

Бу ерда: l_{cp} – магнит ўтказгичнинг ўртача узунлиги w – ғалтакдаги ўрамлар сони. Ўзакнинг қайта магнитланиш вақти тахминан

$$T_0 = \frac{a}{H-H_k}, \text{ га тенг бўлади.} \quad (11)$$

Бу ерда: $a = 0,6 \div 1 \text{ А} \cdot \frac{\text{сек}}{\text{м}}$ материал русуми ва температура диапазонини белгилайди; $H_k = 50 \div \frac{200\text{А}}{\text{м}}$ материал ва қайта магнитланиш тезлигига боғлиқ.

Ўзак қайта магнитлашда энергиянинг қуйидаги қисмини ютади, яъни:

$$W_{п} = \int_0^{T_0} iwS \frac{dB}{dt} dt = iwS(B_r + B_m) = H_m(B_r + B_m)l_{cp}S. \quad (12)$$

Энергиянинг бир қисми ўзакнинг қизишига сарфланади, иккинчи қисми эса потенциал энергияни оширишга сарфланади. T_0 даврли импульс таъсири тугагандан сўнг магнит майдон индукцияси B_m дан B_r , гача камаяди, яъни ўзак магнитсизланади. Қайта магнитланиш натижасида ғалтакга қайтадиган энергия қуйидагига тенг бўлади, яъни:

$$W_0 = l_{cp}S \int_{B_r}^{B_m} H dB. \quad (13)$$

Гистерезис халқасидаги $B_m - B_r$ индукциялар орасидаги участкани тўғри чизикли деб ҳисобланса, у холда қуйидагини оламиз, яъни:

$$W_0 = l_{cp}S \int_{B_r}^{B_m} B_m \frac{B-B_r}{B_m-B_r} dB = \frac{H_m}{2} (B_m - B_r)l_{cp}S. \quad (14)$$

Маҳсулот ва рельс плетлариларни B_r максимал қолдиқ индукцияли энг кўп магнитлашга тўғри тўрт бурчак гистерезисда эришилар экан. Бунда импульсли магнитлашда динамик характеристикалар материаллар хусусияти, ўлчамлари, импульс шакли ва частотасига боғлиқ бўлади.

Импульсли магнитлашда импульсли магнит сингдирувчанлик, импульсли магнитлаш эгри чизиғи, қайта магнитлашдаги солиштирма исрофлар, қайта магнитлаш вақти, қайта магнитлаш коэффиценти ва қайта магнитлаш тезликлари асосий динамик характеристикалар ҳисобланади.

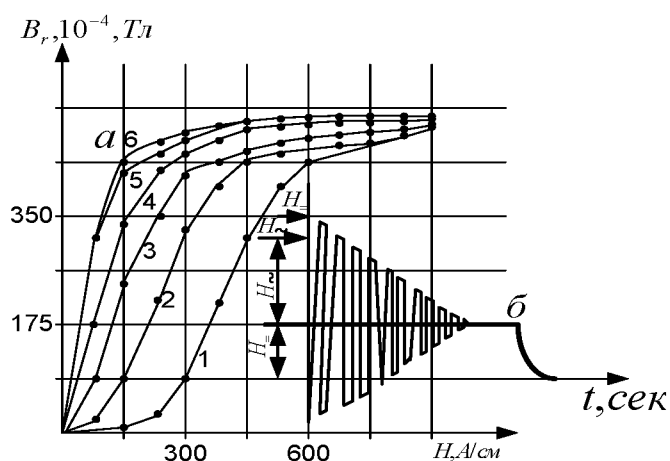
Импульсли магнит сингдирувчанлик деганда, индукциянинг энг катта орттирмасини магнитловчи майдоннинг энг катта кучланганлиги орттирмасига нисбати билан ўлчанадиган катталик тушунилади, яъни:

$$\mu_{\text{имп}} = \frac{\Delta B_{\text{max}}}{\Delta H_{\text{max}}} = F_1(\Delta H_{\text{max}}). \quad (15)$$

Магнит индукциянинг максимал орттирмасининг майдон кучланганлигининг энг катта орттирмасига боғлиқлиги импульсли магнитлаш эгри чизиғи деб юритилиб, у қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\Delta B_{\text{max}} = F_2(\Delta H_{\text{max}}). \quad (16)$$

2(а)-расмда қолдиқ магнит индукциянинг ўзгармас ва ўзгарувчан магнитловчи майдонлар $B_r = F(H_{\text{=}} + H_{\sim})$, $H_{\sim} = \text{const}$. йиғинди кучланганлигига таъсирида ўзгариш графиги тасвирланган. Ўзгарувчан майдонда: 1 – $H_{\sim} = 0\text{А/см}$; 2 – 120А/см ; 3 – 200А/см ; 4 – 250А/см ; 5 – 300А/см ; 6 – 350А/см .



2- расм. Ўзгарувчан магнитловчи майдонли бир жинсли электромагнит майдон билан қолдиқ индукциянинг боғлиқлиги

2(б)-расмда кучланганликларнинг $H_{\text{=}} = \text{const}$; $H_{\sim} = \text{const}$. қийматларида $B_r = F(t)$ вақт бўйича ўзгарувчан қолдиқ индукциянинг ўзгариш графиги тасвирланган.

Рельс плетларини дефектоскопияловчи детал ва қурилмалар ўзгармас магнит, ўзгармас, ўзгарувчан ва импульсли тоқларда магнитланиши ва магнитлаш усуллари (циркуляр, бўйлама ва комбинацияланган), депо ва вагонларни таъмирлаш заводларида ғилдирак жуфтлиги ўқи ва букса подшипникларни дефектоскопия қилишда ҳам магнитлаш қўлланилиши, ўзгармас, ўзгарувчан ва импульсли тоқларда магнитлашни таққослашда импульсли магнитлашни афзаллиги, энергия ва ресурс тежамлилиги магнит ўтказгичнинг элементар участкасини ҳисоблаш формулалари

ёрдамида асосланган, импульсли магнитлашда динамик характеристикалар материаллар хусусияти, ўлчамлари, импульс шакли ва частотасига боғлиқлиги аниқланган.

Диссертациянинг «Рельс плетларининг дефектларини аниқлаш усуллари ишлаб чиқиш» деб номланган учинчи бобда электромагнит дефектоскоп сигналлари орқали рельс чуқурлигини аниқлаш учун, рельс плетларига юборилиши керак бўлган электромагнит тўлқинларнинг рельс бўшлиғига кириб бориш чуқурлигининг частотага боғлиқлиги ҳисоблаб чиқилган.

Рельс плетларига ўзгарувчан дефектоскопияловчи майдоннинг кириб бориш чуқурлиги фақат майдоннинг частотаси билан белгиланади.

Плетларидаги электромагнит майдон чуқурлигини аниқлаш учун қуйидаги параметрларни қабул қиламиз:

- рельс материали-пўлат М74 ёки М76(турли хил модификацияли);
- рельс плетлари гуруҳи- I ёки II;
- рельснинг магнит ўтказувчанлиги (рельс турига боғлиқ)-220;
- рельснинг электр ўтказувчанлиги- $7,6 \cdot 10^6$ см/м;

Электромагнит майдон тўлқинини рельсдаги чуқурлигини қуйидаги ифода ёрдамида аниқланади. $e^{-kd} = e^{-1}$. (17)

$$\text{Бундан келиб чиқадики, } kd=1 \text{ ёки } d = \frac{1}{k}. \quad (18)$$

Бу ерда d -муҳит учун электромагнит майдон таъсир чуқурлиги, м;
 k -электромагнит майдон тескари чуқурлик катталиги 1/м.

Электромагнит тўлқин чуқурлиги u тарқалаётган муҳит параметрларига γ ва μ_a бундан ташқари циклик частота ω боғлиқ.

Бу ерда γ – материалнинг электр ўтказувчанлиги(ом*м)⁻¹;

$\mu_a = \mu_r \cdot \mu_0$ -материалнинг абсолют магнит ўтказувчанлиги, гн/м;

μ_r - нисбий магнит ўтказувчанлик; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ вакуумда магнит тказувчанлик, гн/м; $\pi = 3,14$ –ўзгармас катталиқ; ω -циклик частота, с⁻¹.

Электромагнит майдон циклик частотаси қуйидаги формула ёрдамида топилади. $\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314$ с⁻¹. (19)

Юқоридаги ифода орқали электромагнит майдон тескари чуқурлик ифодасини топамиз:

$$k = \sqrt{\frac{\omega \gamma \mu_a}{2}} = \sqrt{\frac{220 \cdot 2\pi f \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2}} = 2\pi \cdot \sqrt{220 f \gamma \cdot 10^{-7}} \quad (20)$$

ифодани содда кўринишга келтириб оламиз ва бу орқали турли частота диапазоли учун k нинг қийматлари ҳисобланади. Масалан 50Гц учун:

$$k = 2\pi \cdot \sqrt{50 \cdot 7,6 \cdot 10^6 \cdot 220 \cdot 10^{-7}} = 6,28 \cdot \sqrt{5 \cdot 76 \cdot 22} = 574,19 \text{ м}^{-1}.$$

Ўз навбатида 50Гц учун рельсдаги электромагнит майдон тўлқин

чуқурлиги $d = \frac{1}{k} = \frac{1}{574,19} = 0,00174$ м эканлиги аниқланди. (21)

(21)- ифодани тахлили шуни кўрсатдики, 1,74мм чуқурликда магнит майдон кучланганлиги ва электр майдон кучланганлиги амплитудаси 2,71 марта камаяди.

Рельсдаги электромагнит майдон тўлқин чуқурлигини частота ўзгаришига боғлиқлик жадвалини тузамиз.

Электромагнит майдон тўлқинининг рельсдаги чуқурлигини турли частоталарда ўзгариш жадвали

1 - жадвал

f, Гц	50,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0	1,0
d, мм	1,74	2,46	2,75	3,18	3,89	5,5	12,32

Рельсдаги электромагнит майдон тўлқин узунлиги λ ни тебранишлар фазаси 2λ да ўзгарганда аниқлаймиз. Тўлқин узунлиги ушбу формула ёрдамида топилади. $\lambda k = 2\pi$ (22)

бундан частота 50Гца $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{574,19} = 0,01$ бўлади. (23)

Унда частота 50Гца фаза тезлиги қуйидагича бўлади.

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{314}{574,19} = 0,546 \text{ м/с} \quad (24)$$

Олинган натижалар шуни кўрсатдики 50Гц частота диапазонидаги электромагнит майдон тўлқини рельс плетида 1,74мм чуқурликкача бора олади. Бу эса рельс ҳолатини тўлқинга дефектоскопия қилиш имконини бермайди. Шунинг учун амалда электромагнит майдон дефектоскоп қурилмасидан рельс плетларидаги дефектларни аниқлаш учун кенг фойдаланилмаган. Аммо ўтказилган тадқиқотлар натижасида, электромагнит тўлқин частота диапазонини камайтириш орқали рельс ҳолатини тўлиқ дефектоскопия қилиш имконига эга бўлди. Рельс плетларида электромагнит тўлқинларнинг тарқалиш энергияси, Пойтинг вектори билан характерланади ва унинг ўртача қиймати қуйидагига тенг бўлади, яъни:

$$P_{cp} = \frac{H_0^2 \cdot \sqrt{2}}{4} \sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma}} e^{-2z} \sqrt{\frac{\omega \mu \gamma}{2}}. \quad (25)$$

(25) ифода бўйича тўлқин узунлиги λ дага тенг рельс плетлари сиртидан унинг ичига кириб боришда рельс плетлари ютадиган энергиянинг фақат 0,2% сарфланиши аниқланган.

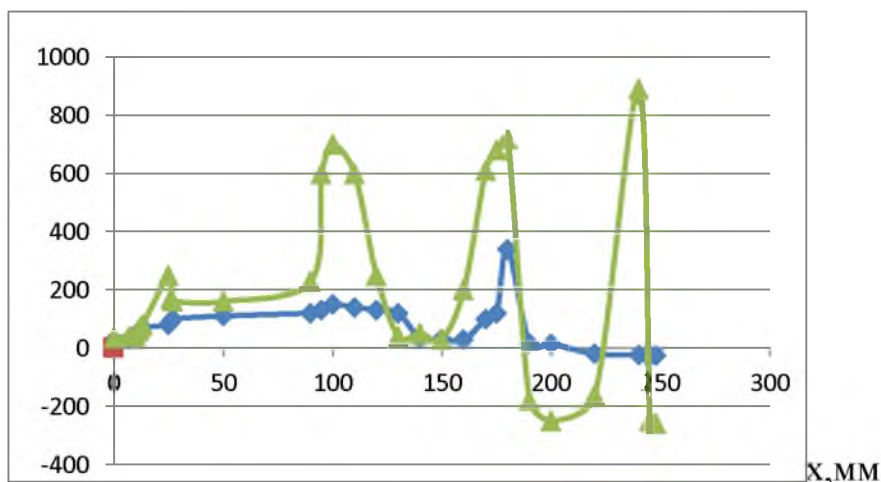
Рельс плетларини дефектоскопиялаш қурилмаларининг ғалтакида содир бўладиган ўткинчи жараёнларни ҳисобланган.

Ҳисоблаш учун тўғри тўртбурчак импульснинг қуйидаги реал параметрларидан фойдаланилди, яъни: частота $\nu = 5\text{Гц}$; даври $T = 0,2\text{с}$; импульс давомийлиги $\tau_{и} = 30\text{мс}$; кучланиш $U_m = 230\text{В}$.

Коррозияли ва коррозиясиз рельс плетларида олиб борилган тадқиқотлар натижасида олинган чиқиш сигналларини графиги қуйидаги 8-расмда кўрсатилган.

Тадқиқотлар натижасида коррозияга учраган рельс плетлари электромагнит дефектоскоп дефектоскопиялашидан ўтганда чиқиш сигнали амплитудаси 20%га камайишини кўрсатди, бу эса дефектоскопия хатолигини оширади. Агарда рельсда турли хил ёриқлар мавжуд бўлса дефектоскопия чиқиш сигнали 3 баробаргача камайиши аниқланди.

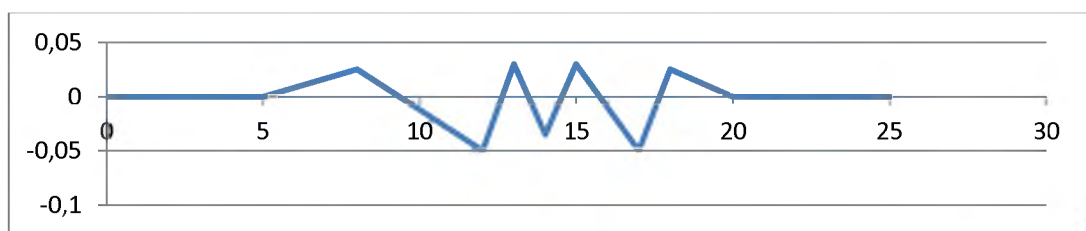
$U, \text{мВ}$



3-расм. Электромагнит дефектоскоп чиқиш сигналлари ҳолати

Ҳисоблаш ва амалий текширувлар шуни кўрсатдики коррозияга учраган дефектли рельс плетларида магнит майдон кучланганлиги 60дан 65гача А/см ни ташкил қилади, ушбу ҳолатда электромагнит дефектоскоп чиқиш сигналлари олиш учун мавжуд коррозия таъсирини зарарсизлантириш зарурати туғилади.

$U, \text{В}$



4- расм. Электромагнит дефектоскоп рақамли филтрдан сўнг чиқиш сигналлари

Электромагнит дефектоскоп сигналларини таҳлили ва шарҳлаш учун рельс дефектларини аниқлашда назарий моделлардан фойдаланиш кам ҳаражатли оптимал усул ҳисобланади.

Электромагнит дефектоскопдан фойдаланилганда рельс плетларида пайдо бўлиши мумкин бўлган, ҳар бир дефектни белгиларига кўра синфлаш лозим. Ҳозирда темир йўл транспортида 99 хил дефектлар синфланган бўлиб, уларни хусусиятига кўра дефектли рельс плетлари таъмирланади ёки бутунлай алмаштирилади.

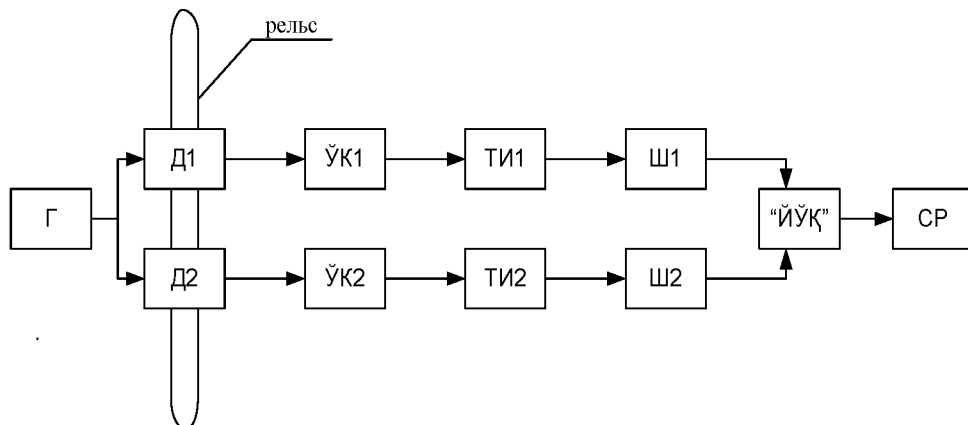
Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, электромагнит дефектоскоп чиқиш сигналларини рақамли филтрлашдан ўтказиш орқали сигналларда пайдо бўладиган тасодифий шовқинлар ва ҳалақитлар тўлиқ бартараф этилади.

Темир йўл транспортида рельс плетларида коррозия таъсир таҳлиллари, металлларда пайдо бўладиган коррозия электромагнит хусусиятга эга эканлиги, коррозия таъсири туфайли мавжуд дефект чуқурлигини ўлчаш аниқлигини камайтириши, электромагнит дефектоскоп чиқиш сигналларини рақамли филтрлашдан ўтказиш орқали дефектоскопия тизими идентификацияланган.

Диссертациянинг «Темир йўл транспортида электромагнит дефектоскоп қурилмасини ишлатиш натижалари» деб номланган тўртинчи бобда электромагнит дефектоскопни қурилмасини яратиш ва уни иш унумдорлигини ошириш масалалари кўрилган.

Электромагнит дефектоскоп ишлашида пайдо бўладиган асосий ҳалақитлар назорат қилинаётган рельс плетларини бир жинсли эмаслиги, саноат ҳалақитлари, вибрация ва зарблар натижасида вужудга келади.

Электромагнит дефектоскоп ҳалақитга бардошлилигини ошириш асосий масалалардан бири бўлиб, дефектоскоп блок-схемаси қуйидаги 5-расмда кўрсатилган.



5 - расм. “ЙЎҚ” мантикий элементли дефектоскоп блок -схемаси
 Г-генератор; Д1; Д2-дефектоскоп канали; ЎК1; ЎК2-ўлчов канали;
 ТИ1; ТИ2-тўғри тўртбурчакли импульслар; Ш1; Ш2- шакллантиргичлар;
 СР-регистрация схемаси

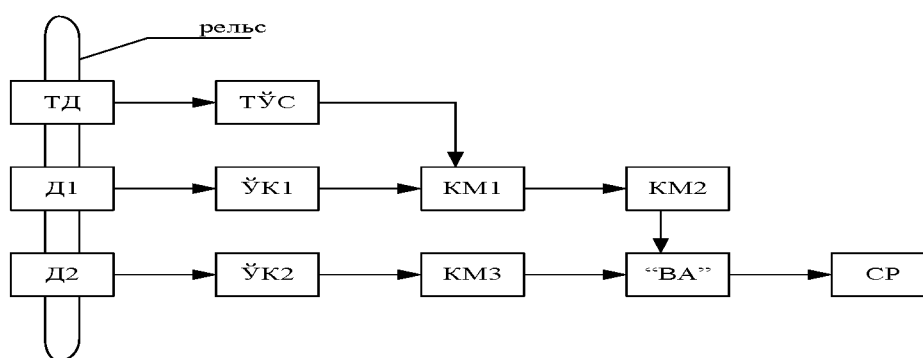
Назарий ва тажрибавий дефектоскопия шуни кўрсатдики, яратилган икки каналли тизим оддий бир каналли тизимга нисбатан ҳалақитга бардошлилиги анча юқори экан. Ушбу тизимни асосий камчилиги унинг ҳалақитларни рўйхатга олаётганда вақт бўйича маълум сурилишларни вужудга келишидир. Сигналлар сурилиши натижасида улар орасидаги масофа нотўғри ҳисобланиши мумкин.

Ушбу камчиликни бартараф этиш учун қуйидаги 6-расмдаги блок схемадан фойдаланилди.

Ушбу дефектоскоп олдингисидан каналларни ўлчаш тезлиги ва қўшимча мултивибраторлар билан фарқланади. Бунда биринчи канал чиқишидаги дефектли сигнални кутувчи мултивибратор КМ₁ қабул қилади ва у тўғри тўртбурчакли импульслар $t_1=t_3$ вақт оралигида ишлаб чиқади.

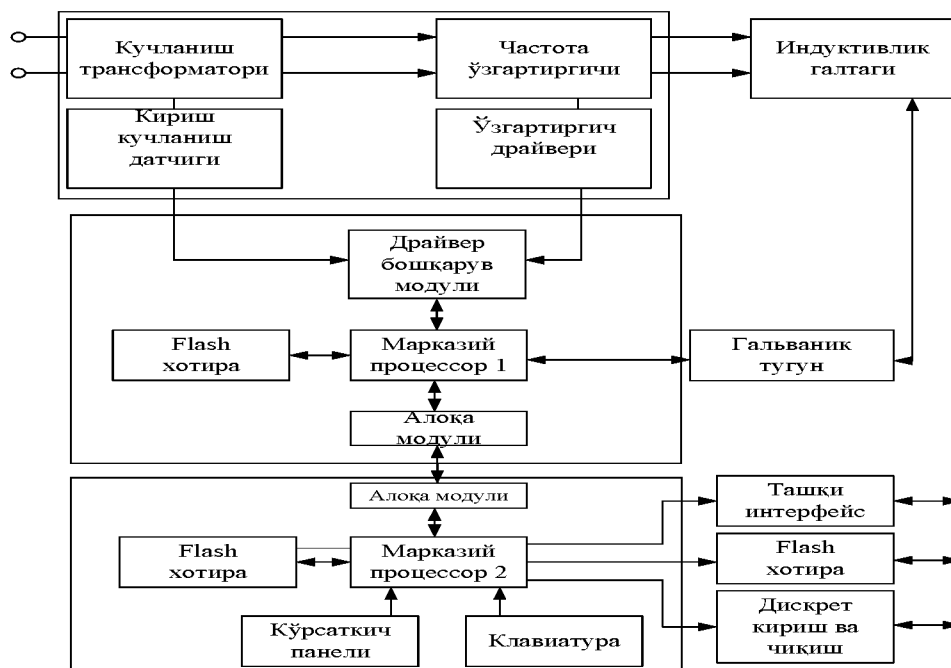
Кутувчи мултивибратор КМ₂ эса юқоридаги импульслар ортида туриб T_3 вақтида кечикиб келаётган импульсларни мослаштириш вазифасини бажаради. Бу импульс И ячейкасида рўйхатга олинади.

Бошқариш блокада реал вақт режимда элементлари ишини таъминлаш имконини берадиган «ATMEGA8» русумли микроконтроллердан фойдаланилган.



6- расм. Рельс назоратини тезлик бўйича ростлагичли дефектоскоп блок схемаси

ТД-тезлик датчиги; Д1; Д2- дефектоскоп канали; ТЎС-тезлик ўлчов схемаси; ЎК1; ЎК2-ўлчов канали; КМ1; КМ2; КМ3-кутувчи мултивибратор; СР-сигнал регистратори.



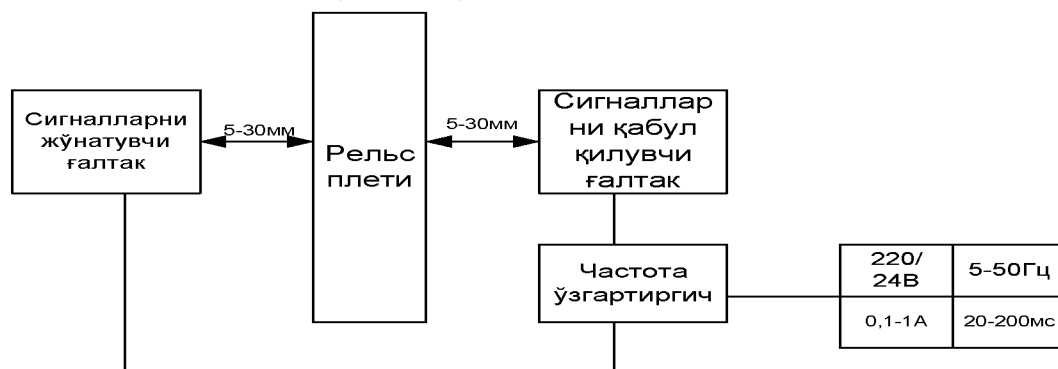
7- расм. Рельс плетларини дефектоскопиялаш қурилмасида бўладиган технологик жараёнларни назорат қилиш блок – схемаси

Электромагнит майдон базасида рельс плетларини дефектоскопиялаш қурилмасида бўладиган технологик жараёнларни назорат қилиш тизимининг схемаси 7- расмда тасвирланган.

Электромагнит жараёнларни моделлаштиришда магнитли, электр ва иссиқлик, механик деформация ва кучланиш каби икки ўлчовли фазода электромагнит майдон масалаларини ечиш ҳамда ҳар қандай ихтиёрий шаклдаги зоналарда Лаплас ва Пуассон тенгламалари билан ифодаланадиган майдонларни ҳисоблаш имконини берадиган «ELCUT» ва «Maxwell» дастурларидан фойдаланилди.

Ишлаб чиқилган дефектоскоп қурилмаси рельс плетларини дефектоскопиялаш учун РСР-14 линиясидаги пайвандлаш ишларидан кейин пайвандланган рельс плетларини дефектлардан текшириш учун ўрнатилди.

Қурилмани асосий блокинни бошқарув тизими ва частота ўзгартиргичи ташкил этади (8- расм).



8- Расм. Рельс плетларига 30мм дан 5мм ораликларда ўрнатилган электромагнитли ғалтаклар синови

Рельс плетларига 30мм, 15мм ва 5мм ораликларда ўрнатилган электромагнитли ғалтаклар синови текшириш вақтида жўнатувчи ғалтакнинг рельс плетига электромагнит майдон таъсири тесламетр ёрдамида ўлчанганда индукцияси мос равишда 5мТл, 10 мТл ни ва 20мТл ни ташкил этди. Бунда ток қийматлари мос равишда 1А, 0,5А ва 0,1А ни кўрсатди.

Рельс плетларига 5мм ораликда ўрнатилган электромагнитли ғалтаклар синови текшириш вақтида жўнатувчи ғалтакнинг рельс плетига электромагнит майдон таъсири тесламетр ёрдамида ўлчанганда индукцияси 20мТл ни ва 0,1А токни кўрсатди. Ушбу танланган ғалтак билан рельс плетлари орасидаги масофа рельс плетларини тўлиқ дефектоскопиялаш имконини берди, ҳамда оралик масофа рельс плетларини дефектоскопиялашнинг меъёрий масофаси сифатида қабул қилиш мумкинлигини кўрсатди. Тақомиллаштирилган темир йўл транспорти рельс плетларини пайвандлашда дефектоскопиялаш имконини

берувчи қурилмадаги сигналларни доимий назорат қилишда, махсус DSO138 номли замонавий блок қўлланилган.

ХУЛОСА

“Электромагнит усуллари асосида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун дефектоскоп қурилмаси” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар тақдим этилади:

1. Темир йўл транспорти рельс плетлари дефектларининг синфланиши, уларни ишлатишда бардошлилик даражаси таҳлили ва чидамлигини статистик ҳисобга олиш, рақамли кодли белгиларга эгаллиги, НТД-3-14 йўриқномасидаги келтирилган қонун-қоидаларга бўйсунган ҳолда ишлаб чиқаришга мос ҳолда жадвал кўринишида гуруҳларга ажратилган ҳолда ишлаб чиқилган.

2. Темир йўл транспортида поездлар ҳаракат хавфсизлик тизими учун рельс плетларини электромагнит усуллари асосида ишлайдиган дефектоскоп қурилмаси яратилди, унда ўзгармас, ўзгарувчан ва импульсли кучланишларда галтакдаги ўткинчи жараёнлар ҳисоблаб чиқилди. Электромагнит дефектоскоп сигналлари орқали рельс чуқурлигини аниқлаш учун, рельс плетларига юборилиши керак бўлган электромагнит тўлқинларнинг рельс бўшлигига кириб бориш чуқурлигининг частотага боғлиқлиги ҳисоблаб аниқланган.

3. Рельс плетларини дефектоскопиялаш қурилмаларининг галтакида содир бўладиган ўткинчи жараёнларда тўғри тўртбурчак, учбурчак, ярим даврли синусоида кўринишидаги даврий ўзгарувчан импульсларни Фурье қаторига ёйиш, дефектоскопия қурилмасини ўзакли галтагидаги кучланишнинг турли гармоникасига, уланишда содир бўладиган ўткинчи жараёнлар ҳисобланган ва гармоник ташкил этувчилари аниқланган.

4. Рельс плетларини дефектоскопиялаш сифати ва диагностикасида рельс плетлари ва уланишларни пайвандлаш бўйича дефектоскопияловчи чидамли қурилмаларнинг бўлиши, рельс плетларини турли усулда дефектоскопиялаш сифати таҳлил қилинган.

5. Темир йўл транспортида рельс плетларида коррозия таъсир таҳлиллари, металлларда пайдо бўладиган коррозия электромагнит хусусиятга эга эканлиги, коррозия таъсири туфайли мавжуд дефект чуқурлигини ўлчаш аниқлигини камайтириши, электромагнит дефектоскоп чиқиш сигналларини рақамли филтрлашдан ўтказиш орқали дефектоскопия тизими мувофиқлаштирилган.

6. Темир йўл транспорти рельс плетларини пайвандлашда дефектоскопиялаш қурилмалари натижаларини амалга ошириш учун рельс плетларини «Рельс пайвандлаш ишлаб чиқариш» РСР-14 корхонасида рельс пайвандлаш ишлари алгоритми асосида, меъёрий кўрсаткичлар танланган. «Сергили-Кучлук» ва «Кучлук-Тўйтепа» темир йўл станцияларида ўтказилган, соатига 5 кмдан 30 кмгача тезликдаги

дефектоскоп вагон синови натижасида станциялар орасидаги рельс плетларидаги мавжуд дефектлар аниқланган.

7. Рельс – пайвандлаш ишлаб чиқариш корхонасида рельс плетлардаги дефектларни аниқловчи электромагнит усуллари асосида бошқарув тизимли дефектоскоп қурилмаси такомиллаштирилган. Рельс плетлардаги дефектларни аниқлашда ҳаракатланувчи ва стационар қурилмалари ишлаб чиқаришга тадбиғи натижасида йиллик қутилаётган иқтисодий самарадорлик 123,4млн. сўмни ташкил этади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/30.12.2019.Т.73.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

ОРТИКОВ МИРОНШОХ СОДИКОВИЧ

**УСТРОЙСТВО ДЕФЕКТОСКОПИИ ДЛЯ СИСТЕМ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА
ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕТОДОВ**

05.08.03 – Эксплуатация железнодорожного транспорта

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.2.PhD/T1212.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.tashiit.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Халиков Абдулхак Абдулхалирович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Сиддиков Илхомжон Хасимович доктор технических наук, профессор Хаджимухаметова Матлуба Адилловна кандидат технических наук, доцент
Ведущая организация	Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «12» 06 2021 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD.15/30.12.2019.T.73.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, ул. Темирбулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54; e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете (регистрационный номер - 17). (Адрес: 100167, Ташкент ул. Темирбулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66).

Автореферат диссертации разослан «31» 05 2021 года
(протокол рассылки № «18» от «31» 05 2021 года).



А.Э. Адилходжаев
Председатель научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Я.О. Рузметов
член научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н.

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Одним из способов обеспечения безопасности высокоскоростного подвижного состава в глобальной сети мирового железнодорожного транспорта является производство дефектоскопических приборов для контроля железнодорожных рельсов, их постоянный осмотр и своевременное обнаружение существующих дефектов, применение новых методов. Внедрение, мобильных дефектоскопов, которые качественно обнаруживают дефекты железнодорожных рельсов во всем мире, требуют их усовершенствования. В связи с этим для обеспечения безопасности движения важно использовать качественное и энергосберегающее оборудование и устройства, обнаруживающие дефекты железнодорожных путей.

Ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию технологии дефектоскопии рельсовых плетей для обеспечения безопасности железнодорожного транспорта в мире. В связи с этим представлены результаты анализа дефектов в рельсовых плетях на основе теорий постоянного магнитного, постоянного и импульсного электромагнитных полей, математических выражений переходных процессов при импульсных воздействиях, расчета основных параметров цифрового дефектоскопического устройства для обнаружения дефектов в рельсовых плетях и при использовании проекта, однако особое внимание уделяется обоснованию параметров и режимов работы устройства дефектоскопа системы безопасности движения поездов на основе электромагнитных методов.

В стране принимаются активные меры по развитию железнодорожной инфраструктуры, увеличению количества высокоскоростных железнодорожных линий, а также по электрификации существующих линий, устранению дефектов железнодорожных путей и достигнуты определенные результаты. Стратегия действий по развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в том числе «... повышение конкурентоспособности национальной экономики, ...активная инвестиционная политика, направленная на решение проектов транспортно-коммуникационной и социальной инфраструктуры, ...технико-технологическая модернизация производства, ...широкое

внедрение энергосберегающих технологий в производство»¹. При выполнении этих задач, включая разработку методов обнаружения дефектов железнодорожных рельсов и новых моделей дефектоскопических устройств, локализацию существующих дефектов в рельсовых плетях железнодорожного транспорта, большое значение имеет усовершенствование мобильных устройств импульсной дефектоскопии, размещаемых на платформе-вагоне, на основе новых электромагнитных методов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 г. № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 26 мая 2017 г., Постановление № ПКЗ -3012 «О программе мероприятий по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, энерго-эффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 годы», данная диссертация в определенной степени служит реализации задач, поставленных Кабинетом Министров Республики Узбекистан № 136 «О программе локализации товаров народного потребления на внутреннем и внешнем рынках на 2020-2021 годы» и других нормативных актов, связанных с этой деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития и технологий Республики Узбекистан II «Энергетика, энергия- и ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Обширные исследования, направленные на создание и усовершенствование стационарных и мобильных импульсных электромагнитных дефектоскопов в ведущих исследовательских центрах и образовательных учреждениях по всему миру.

Научные исследования, направленные на решение актуальных проблем, связанных с разработкой устройств дефектоскопии для непрерывного контроля состояния рельсов железнодорожного транспорта, анализ научно-технической литературы по разработке их теоретической и практической работы, позволили достичь значительных результатов в этой области. В этой области опубликовано большое количество научной и технической литературы по проблемам обнаружения дефектов рельсовых листов. Устройства для дефектоскопии рельсовых плетей имеются и разрабатываются на участках железных дорог СНГ и дальнего зарубежья.

¹Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

С теоретическими и практическими вопросами создания устройств по дефектоскопии рельсов для железных дорог в этом направлении внесли вклад зарубежные известные ученые Г.Тиг, Э.Андрес, Ф. Бейли, Т. Брендт, Я. Пал, Д. Стреттон, А.Б. Сапожников, В.В. К.Аркадьев, А.И. Янус, Н.С. Акулов, Б. Кашкин, Н.В. Мирошин, А. Никитин, Г.А. Буллер, А. Мудров, Г.А. Редькин, В.А. Мещеряков, А.А. Жуков и многие другие. Также изучению этой проблемы посвящены научные работы ученых республики А.А. Халикова, С.Ф. Амирова, Н.М. Арипова, Ж.Ф. Курбанова и других.

Однако в работах указанных авторов существует строгая теория использования локального электромагнитного дефектоскопа, своевременно выявляющего дефекты, которые могут возникнуть на рельсах, особенно на железнодорожном транспорте, без полного использования всех возможностей применения новых методов и приемов построения мобильных (стационарных) стационарных дефектоскопов. Методы дефектоскопии рельсов с помощью микропроцессорных устройств на скоростных вагонах-платформах, вопросы усовершенствования простого, локального и универсального прибора для дефектоскопии, который может найти широкое применение на железнодорожном транспорте Узбекистана, изучены недостаточно.

Связь диссертационного исследования с планом научно-исследовательских работ высшего учебного заведения, где была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проектов, включенных в план НИР Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта №97 «Разработка устройства для размагничивания рельсовых листов в производстве рельсовой сварки» (2017-2018), №120 «Разработка устройства для размагничивания рельсовых плетей и его установка на платформу вагона» (2018 -2019 г).

Целью исследования является совершенствование устройства дефектоскопа для системы безопасности движения поездов на основе электромагнитных методов.

Задачи исследования:

усовершенствование цифрового дефектоскопа, основанного на теории электромагнитного поля, расположенного в специальном вагоне, обнаруживающего дефекты в плетях рельсов при движении поезда;

разработка результатов анализа дефектов рельсовых плетей на основе теории постоянного магнитного, постоянного и импульсного электромагнитных полей;

эксплуатация аппарата дефектоскопии рельсовых плетей, разработка математических выражений, определения переходных процессов, дефектов на рельсы при постоянном, переменном и импульсном воздействиях;

расчет и проектирование основных параметров устройства цифрового дефектоскопа для обнаружения дефектов рельсов;

создание модели процессов электромагнитного поля при контроле и анализе дефектов рельсовых плетей;

создание системы управления для регулирования амплитуды тока, выбора частоты и длительности импульсов для дефектоскопии рельсовой плети.

Объектом исследования является производство станционных рельсовых плетей и сварка рельсов.

Предметом исследования являются методы и приемы дефектоскопии рельсовых плетей, основанные на теории электромагнитных полей.

Методы исследований. В процессе исследования использовались методы системного анализа, параметрической теории рассеянного электромагнитного поля и математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем: разработан метод обнаружения дефектов в рельсовых плетях под воздействием дистанционной импульсной электромагнитной остаточной индукции;

разработан цифровой дефектоскоп с передатчиком электромагнитного импульсного сигнала и датчиком-приемником для обнаружения дефектов рельсов;

создана модель процессов электромагнитного поля, основанная на зависимости глубины волны электромагнитного поля от изменения частоты при обнаружении и контроле дефектов в рельсовых плетях;

разработана система управления на базе микроконтроллера PIC 16F628 - 04/P для регулирования амплитуды, частоты и выбора длительности импульсов тока при дефектах рельсовых плетей.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

На основе теоретических и практических методов дефектоскопии разработаны возможности определения состояния дефектов рельсов, стыков и стрелок железнодорожного транспорта;

усовершенствован стационарный прибор дефектоскопии, который позволяет выявлять дефекты, возникающие при сварке рельсовых плетей в производстве рельсовой сварки;

для повышения качества дефектоскопии рельсовых плетей разработано устройство системы управления, позволяющее регулировать амплитуды тока, длительность и частоту импульсов;

усовершенствован мобильный дефектоскопический аппарат, в вагон-платформе, который позволяет качественно производить дефектоскопию рельсов, стыков и проводников стрелок при высоких скоростях движения локомотива.

Достоверность результатов исследований получена из совместимости научных разработок и экспериментальных результатов,

основанных на теории электромагнитного поля, это объясняется использованием теоретически обоснованных концепций для обнаружения дефектов рельсов железнодорожного транспорта с помощью электромагнитных методов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в разработке прибора цифровой дефектоскопии для учета и контроля дефектов на железнодорожных путях, которые используются при предварительном мониторинге дефектов в процессе схода с рельсов, а также минимизации свойств схем и алгоритмов, математических в основном объясняется выражением технических параметров, моделированием, синтезом и формированием трехмерного изображения.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке инструментальных средств мониторинга и контроля рельсов в виде пакетов программ, позволяющих прогнозировать и анализировать различные производственные ситуации и подбирать оптимальные решения задач планирования ремонтно-технологических участков, учета и контроля дефектов рельсов. Объясняется это тем, что поезда служат для обеспечения безопасности движения за счет применения логических моделей разработанных моделей и алгоритмов автоматизации производственных процессов.

Реализация результатов работы полученным на устройстве дефектоскопа системы безопасности движения поездов на основе электромагнитных методов:

в производственном унитарном предприятии «РСП-14» ОАО «Узбекистон темир йуллари» введено в эксплуатацию и модернизацию устройство для линейной дефектоскопии рельсовых плетей при сварке рельсов (справка ОАО «Узбекистон темир йуллари» 9 декабря 2020 г. 901 / 4003-20). В результате научных исследований устройства дефектоскопии рельсовых плетей позволено осуществлять дефектоскопию рельсовых плетей до и после сварки как основной части для защиты сварных швов от повреждений;

внедрено устройство дефектоскопии подвижного вагона-платформы для выявления дефектов рельсов, стыков и стрелочных переводов (справка ОАО «Узбекские железные дороги» от 9 декабря 2020 г. № / 01 / 4003-20). В результате научных исследований стало возможным повысить безопасность движения поездов на станциях, выявить дефекты рельсов, стыков, стрелок;

для регулирования амплитуд, частоты и длительности импульсов тока при дефектоскопии рельсов разработана схема управления на базе микроконтроллера PIC 16F628-04 / P и смоделирована в программе Proteus (справка ОАО «Узбекские железные дороги» от 9 декабря 2020 г. № / 01 /

4003-20). По результатам исследования улучшено качество дефектоскопии рельсовых плетей.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования обсуждались на 2 международных и 2 республиканских научных конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в том числе 8 статей в научных журналах, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 2 в национальных и 6 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка использованной литературы. Объём диссертации 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и значимость темы диссертации, сформулированы цели и задачи, выявлены объекты и предметы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий, актуальность исследования приоритетам науки и технологий Республики Узбекистан, изложены научная новизна и практические результаты исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены внедрения в практику результатов исследований, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «**Анализ современного состояния исследований и разработок в области электромагнитной дефектоскопии**», анализируются причины дефектов рельсовых плетей и их развитие, классификация дефектов и повреждений, методы измерения магнитных величин в дефектоскопии. По результатам анализа был сделан вывод о необходимости выявления дефектов рельсов, обеспечения конкурентоспособности дефектоскопии на мировом рынке, сокращения объема средств, выделяемых в результате применения новых импортно-независимых методов электромагнитной дефектоскопии.

Исследования показали, что весь потенциал новых методов и технологий построения мобильных (стационарных) стационарных дефектоскопов используется не в полной мере. В частности, на железнодорожном транспорте нет твердой теории применения локальных электромагнитных дефектоскопов, обнаруживающих дефекты, которые могут возникнуть на рельсах. Доказано, что проблема создания и внедрения простого, локального и универсального прибора для дефектоскопии, который может найти широкое применение на

железнодорожном транспорте Узбекистана, в последнее время привлекает особое внимание.

В таблице классификации дефектов и повреждений рельсовых плит всего 38 дефектов, которые разделены на 9 групп.

Основными выводами анализа в конце первой главы являются возникновение дефектов железнодорожных путей, образование очень опасных дефектов в результате добавления шлака или других посторонних металлов при их приготовлении, включая поперечные трещины, в том числе вертикальные наслоения на головке и шейке рельсов, разработка, применение рельсовых плетей, наслоение и покраска металлов на скользящей поверхности, причины возникновения дефектов в рельсовых плетях в разные сезоны. Классификация дефектов железнодорожных рельсов, статистический анализ степени допусков при их использовании и статистический учет долговечности, наличия числовых кодовых знаков, разрабатываются по группам в табличной форме в соответствии с правилами, изложенными в инструкции НТД-3-14.

Необходимость разработки дефектоскопического устройства, работающего на основе электромагнитных методов рельсовых плетей для движения поездов на железнодорожном транспорте, доказала, что решает проблему кардинальным образом.

Во второй главе «Исследование электромагнитных процессов в системах дефектоскопии рельсовых плетей» определена зависимость от магнитной восприимчивости с помощью физических выражений. При намагничивании векторы намагниченности поворачиваются под действием магнитного поля. Энергия, генерируемая вращением вектора намагниченности (для случая одноосной анизотропии), равна, то есть:

$$E = -K_u \cos^2(\theta - \theta_0) - JH \cos\theta, \quad (1)$$

где: K_u - постоянный коэффициент одноосной анизотропии. Устойчивое направление векторов намагниченности обусловлено условием минимальной энергии, то есть:

$$\frac{\partial E}{\partial \theta} = K_u \sin 2((\theta - \theta_0) + JH \sin\theta = 0. \quad (2)$$

$\cos\theta = x$; $p = JH/K_u$ вводя определения, получаем:

$$4x^2 + 4p \cos 2\theta_0 x^3 - (4 - p^2)x^2 - 4p \cos 2\theta_0 x + \sin^2 2\theta_0 - p^2 = 0 \quad (3)$$

$$\text{Для вектора намагниченности } J = J_m \cos\theta = J_m x. \quad (4)$$

пишем выражение.

Диаграмма взаимосвязи между магнетизмом и напряженностью магнитного поля показана на рис.1.

Как видно из рисунка 1, при $\theta_0 = 90^\circ$ кривая намагничивания становится прямой. Эта ситуация подтверждается и выражением (2) при $\theta = \pi/2$.

$$\text{То есть: } \cos\theta = \frac{J_m H}{2K_u}. \quad (5)$$

Подставляя выражение (5) в выражение (4), следует, что

$$J = \frac{J_m^2}{2K_u} H. \quad (6)$$

Согласно выражению (6) кривая намагничивания становится прямой.

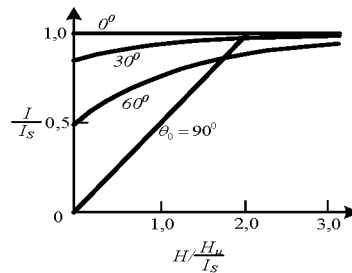


Рис.1. Схема взаимосвязи между магнетизмом и напряженностью магнитного поля

Насыщение достигается под действием магнитного поля с напряженностью поля $H = 2K_u/J_m$. Насыщение при малых углах θ_0 достигается в сильных магнитных полях. Для слабых полей $\theta = \theta_0$ анизотропная энергия составляет $K_u \Delta\theta = J_m H \sin\theta_0$, в результате чего получаем выражение.

$$\Delta\theta = \frac{J_m H}{2K_u} \sin\theta_0 \quad (7)$$

Дефектоскопические детали и устройства рельсовых плетей могут намагничиваться постоянными магнитными, постоянными, переменными и импульсными токами. У каждого из этих способов есть свои преимущества. При использовании переменного тока определяется плоское распределение магнитного потока по внутреннему сечению детали или изделия.

Метод дефектоскопии по остаточному магнетизму превосходит все остальные методы.

Наиболее подходящая кривая для импульсного намагничивания представляет собой прямоугольное кольцо гистерезиса.

Отношение остаточной индукции к значению амплитуды называется прямым угловым коэффициентом, который выражается следующим образом: $K_{пр} = \frac{B_r}{B_m}$. (8)

Коэффициент, определяющий отношение индукции при $\frac{4}{6} H_c$ к индукции при $\frac{4}{3} H_c$, называется квадратичным коэффициентом и выражается следующим образом:

$$K_{кв} = \frac{B_{(\frac{4}{6} H_c)}}{B_{(\frac{4}{3} H_c)}}. \quad (9)$$

Импульс, направляемый через индукционную катушку, имеет форму прямого угла с периодом T и T_0 больше периода перемагничивания.

Эффективность повторного намагничивания определяется напряженностью магнитного поля,

$$\text{то есть: } H = \frac{iw}{l_{cp}}, \quad (10)$$

Где: l_{cp} - средняя длина магнитопровода, w - количество витков в катушке. Время перемагничивания сердечника составляет $T_0 = \frac{a}{H-H_k}$.
(11)

Где: $a = 0,6 \div 1 \text{ А} \cdot \text{сек/м}$ определяет тип материала и диапазон температур; $H_k = 50 \div 200 \text{ А/м}$ в зависимости от материала и скорости перемагничивания.

Сердечник поглощает следующую часть энергии при перемагничивании, а именно:

$$W_{\Pi} = \int_0^{T_0} iwS \frac{dB}{dt} dt = iwS(B_r + B_m) = H_m(B_r + B_m)l_{cp}S. \quad (12)$$

Часть энергии используется для нагрева сердечника, а другая часть используется для увеличения потенциальной энергии. После воздействия периодического импульса T_0 индукция магнитного поля уменьшается с B_m до B_r , т.е. сердечник размагничивается. Энергия, возвращенная в катушку в результате перемагничивания, равна:

$$W_0 = l_{cp}S \int_{B_r}^{B_m} H dB. \quad (13)$$

Если считать участок $B_m - B_r$ в кольце гистерезиса линейным, то получим:

$$W_0 = l_{cp}S \int_{B_r}^{B_m} B_m \frac{B-B_r}{B_m-B_r} dB = \frac{H_m}{2} (B_m - B_r)l_{cp}S. \quad (14)$$

Пока изделие и рельсы получают под прямым углом к максимальной намагниченности с максимальной остаточной индукцией B_r под прямым углом. В этом случае динамические характеристики при импульсном намагничивании зависят от природы материала, размера, формы импульса и частоты.

При импульсном намагничивании основными динамическими характеристиками являются импульсное магнитное поглощение, кривая импульсного намагничивания, удельные потери при повторном намагничивании, время повторного намагничивания, коэффициент повторного намагничивания и скорости повторного намагничивания.

Импульсная магнитная восприимчивость - это величина, измеряемая отношением максимального усиления индукции к максимальному усилению намагничивающего поля, то есть: $\mu_{\text{имп}} = \frac{\Delta B_{\text{max}}}{\Delta H_{\text{max}}} = F_1(\Delta H_{\text{max}})$. (15)

Зависимость максимального усиления магнитной индукции от максимального усиления напряженности поля называется кривой импульсного намагничивания, которая имеет следующий вид:

$$\Delta B_{\text{max}} = F_2(\Delta H_{\text{max}}). \quad (16)$$

На рис.2(а) показаны постоянное и переменное магнитные поля остаточной магнитной индукции, которые равны $B_r = F(H_{\pm} + H_{\sim})$, $H_{\sim} = const$. Описан график изменения под действием совокупного напряжения. В переменной области: 1 – $H_{\sim} = 0$ А/см; 2 – 120 А/см; 3 – 200 А/см; 4 – 250 А/см; 5 – 300 А/см; 6 – 350 А/см.

$H_{\pm} = const$; напряжений на рис. 2 (б); $H_{\sim} = const$. $B_r = F(t)$ - это график изменения остаточной индукции, который изменяется во времени.

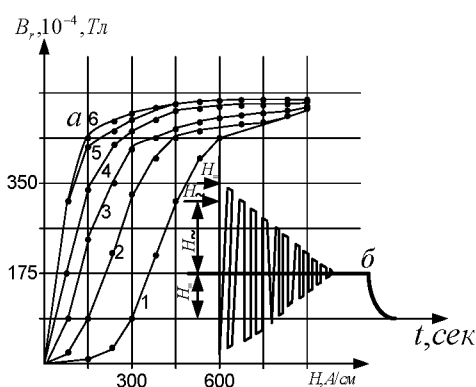


Рис.2. Связь остаточной индукции с однородным электромагнитным полем с переменным магнитным полем

Детали и устройства для дефектоскопии рельсовых плит, методы намагничивания и намагничивания постоянными магнитными, постоянными, переменными и импульсными токами (круговыми, продольными и комбинированными) в сравнении магнетизма преимущество импульсного намагничивания, экономии энергии и ресурсов основаны на формулах для расчета элементарного сечения магнитопровода, динамические характеристики импульсного намагничивания зависят от свойств материала, размера, формы импульса и частоты.

В третьей главе, озаглавленной «**Разработка методов определения дефектов рельсовых плетей**», рассчитана частотная зависимость глубины проникновения электромагнитных волн в полость рельса, определяемая по сигналам электромагнитного дефектоскопа.

Глубина проникновения переменного поля дефектоскопии в плетях рельса определяется только частотой поля.

Для определения глубины электромагнитного поля в плетях приняты следующие параметры:

- материал рельс-сталь М74 или М76 (различных модификаций);
- рельсы группы тарелок- I или II;
- магнитная проницаемость рельса (в зависимости от типа рельса) - 220;
- Электропроводность рельсов $-7,6 \cdot 10^6$ см/м;

Глубина волны электромагнитного поля на рельсе определяется с помощью следующего выражения.

$$e^{-kd} = e^{-1} . \quad (17)$$

Отсюда следует, что $kd=1$ или $d = \frac{1}{k}$. (18)

Где d - глубина воздействия электромагнитного поля на среду, м;
 k -электромагнитное поле обратное глубине магнитуды 1/м.

Глубина электромагнитной волны зависит от параметров среды, в которой она распространяется, γ и μ_a , а также от циклической частоты ω .

Где γ - электрическая проводимость материала ($\text{ом} \cdot \text{м}$)⁻¹;

$\mu_a = \mu_r \cdot \mu_0$ - абсолютная магнитная проницаемость материала, гн/м;

μ_r - относительная магнитная проницаемость; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ магнитная проницаемость в вакууме, гн/м;

$\pi = 3,14$ – постоянная величина; ω -циклическая частота, с⁻¹.

Циклическая частота электромагнитного поля находится по следующей формуле.

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}. \quad (19)$$

Из приведенного выше выражения находим выражение для обратной глубины электромагнитного поля:

$$k = \sqrt{\frac{\omega \gamma \mu_a}{2}} = \sqrt{\frac{220 \cdot 2\pi f \gamma 4\pi \cdot 10^{-7}}{2}} = 2\pi \cdot \sqrt{220 f \gamma \cdot 10^{-7}} \quad (20)$$

можем упростить выражение и тем самым вычислить значения k для различных частотных диапазонов. Например для 50Гц:

$$k = 2\pi \cdot \sqrt{50 \cdot 7,6 \cdot 10^6 \cdot 220 \cdot 10^{-7}} = 6,28 \cdot \sqrt{5 \cdot 76 \cdot 22} = 574,19 \text{ м}^{-1} .$$

В свою очередь, для 50 Гц глубина волны электромагнитного поля оказалась равной

$$d = \frac{1}{k} = \frac{1}{574,19} = 0,00174 \text{ м}. \quad (21)$$

Анализ выражения (21) показал, что на глубине 1,74 мм напряженность магнитного поля и амплитуда напряженности электрического поля уменьшились в 2,71 раза.

Составлена таблица зависимости глубины волны электромагнитного поля от изменения частоты на рельсах.

Таблица изменения глубины волны электромагнитного поля на рельсе на разных частотах

таблица 1

f, гц	50,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0	1,0
d,мм	1,74	2,46	2,75	3,18	3,89	5,5	12,32

Определим длину волны λ электромагнитного поля на рельсах при изменении фазы колебаний на 2π . Длина волны находится по следующей формуле $\lambda k = 2\pi$, (22)

тогда частота при 50Гц будет $\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{574,19} = 0,01 \text{ м}. \quad (23)$

Тогда фазовая скорость при частоте 50 Гц будет следующей

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{314}{574,19} = 0,546 \text{ м/с.} \quad (24)$$

Результаты показали, что волна электромагнитного поля в диапазоне частот 50 Гц может распространяться на плети рельса на глубину 1,74 мм. Это не позволяет провести полную дефектоскопию состояния рельса.

Однако в результате исследований нам удалось провести полную дефектоскопию состояния рельса за счет уменьшения частотного диапазона электромагнитной волны.

Энергия распространения электромагнитных волн по рельсам характеризуется вектором Пойтинга, а его среднее значение имеет следующий вид:

$$\Pi_{\text{ср}} = \frac{H_0^2 \cdot \sqrt{2}}{4} \sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma}} e^{-2z} \sqrt{\frac{\omega \mu \gamma}{2}}. \quad (25)$$

Согласно выражению (25) обнаружено, что только 0,2% энергии, поглощаемой рельсами, поглощается, когда она попадает на поверхность рельсов с длиной волны λ .

Рассчитаны переходные процессы, в катушке устройства дефектоскопии рельсовых плетей.

Для расчета использовались следующие реальные параметры прямоугольного импульса, а именно: частота $\nu = 5 \text{ Гц}$; период $T = 0,2 \text{ с}$; длительность импульса $\tau_{\text{и}} = 30 \text{ мс}$; напряжение $U_m = 230 \text{ В}$.

График выходных сигналов, полученных в результате исследований коррозированных и не коррозированных рельсовых плетей, показан на рис. 8.

Исследования показали, что при электромагнитной дефектоскопии коррозированных рельсовых плетей амплитуда выходного сигнала уменьшается на 20%, что увеличивает погрешность дефектоскопии. Дефектоскопия выявила уменьшение выходного сигнала в 3 раза при наличии различных трещин в рельсе.

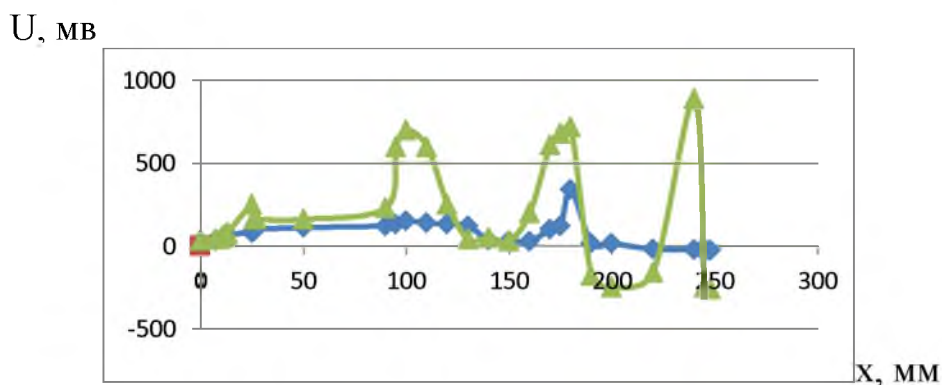


Рис.3. Состояние выходного сигнала электромагнитного дефектоскопа

Расчеты и практические проверки показали, что напряженность магнитного поля в коррозированных дефектных плетях рельса составляет от 60 до 65 А / см, в этом случае необходимо нейтрализовать существующее влияние коррозии для получения выходного сигнала электромагнитного дефектоскопа.

Использование теоретических моделей при обнаружении дефектов рельсов для анализа и интерпретации сигналов электромагнитных дефектоскопов является недорогим оптимальным методом.

При использовании электромагнитного дефектоскопа каждый дефект, который может возникнуть на плетях рельса, следует классифицировать по симптомам. В настоящее время на железнодорожном транспорте классифицируется 99 различных дефектов, и по их характеристикам дефектные рельсовые плети ремонтируются или полностью заменяются.

Исследования показали, что за счет цифровой фильтрации выходных сигналов электромагнитного дефектоскопа случайные помехи и помехи, возникающие в сигналах, полностью устраняются.

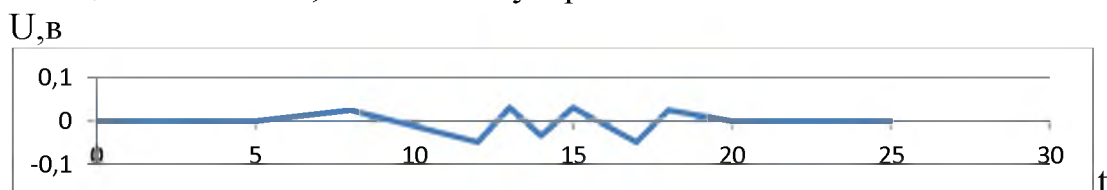


Рис.4. Электромагнитный дефектоскоп выходной сигнал после цифровой фильтрации

Система дефектоскопии была идентифицирована путем анализа воздействия коррозии на рельсовые плети на железнодорожном транспорте, электромагнитной природы коррозии металлов, снижения точности измерения глубины существующих дефектов из-за коррозии, цифровой фильтрации выходных сигналов электромагнитных дефектов.

Четвертая глава «**Результаты применения электромагнитных дефектоскопов на железнодорожном транспорте**» посвящена созданию электромагнитного дефектоскопа и его эффективности.

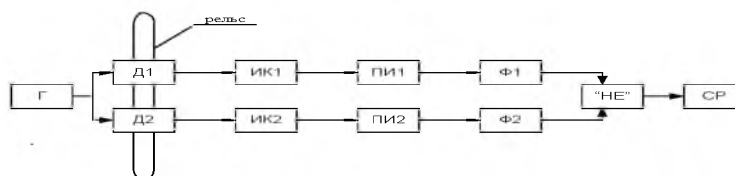


Рис.5. Блок-схема дефектоскопа с логическим элементом «НЕ»

Г-генератор; D1; D2- каналы дефектоскопа; ИК1; ИК2-измерительный канал; ПИ1; ПИ2-прямоугольные импульсы; Ф1; Ф2- формирователи; СР-схема регистрации

Основные помехи, возникающие в работе электромагнитного дефектоскопа, возникают из-за неоднородности контролируемых плетей рельсов, промышленных помех, вибрации и ударов.

Повышение стойкости электромагнитного дефектоскопа - один из ключевых вопросов, который показан на рис.5.

Как теоретически, так и экспериментально, созданная двухканальная система дефектоскопии показала, что имеет гораздо большую помехоустойчивость, чем простая одноканальная система. Основным недостатком этой системы является то, что она вызывает определенные задержки во времени при регистрации помех. В результате скользящих сигналов расстояние между ними может быть вычислено неправильно.

Чтобы преодолеть этот недостаток, предлагается использовать блок-схему представленную на рис.6.

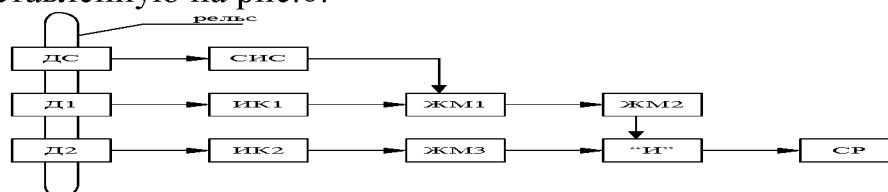


Рис.6. Схема блока дефектоскопа с регулируемой скоростью для рельсового контроля

ДС-датчик скорости; Д1; Д2- каналы дефектоскопа; СИС-схема измерения скорости; ИК1; ИК2- измерительный канал ЖМ1; ЖМ2; ЖМ3-ждущий мультивибратор; СР-регистраторы сигналов.

Этот дефектоскоп отличается от своего предшественника измерительными каналами и дополнительными мультивибраторами. В этом случае ждущий мультивибратор КМ1 принимает на выходе первого канала сигнал неисправности и выдает прямые прямоугольные импульсы на временном интервале $t_1=t_3$.

С другой стороны, резервный мультивибратор КМ2 поддерживает указанные выше импульсы и регулирует задержанные импульсы в момент времени t_3 . Этот импульс записывается в ячейке И.

В блоке управления используется микроконтроллер ATMEGA8, что позволяет обеспечивать работу элементов в реальном масштабе времени.

На рис.7 представлена схема АСУ ТП, имеющая место в устройстве дефектоскопии рельсовых плетей на основе электромагнитного поля.

При моделировании электромагнитных процессов программы ELCUT и Maxwell использовались для решения проблем электромагнитных полей в двумерном пространстве, таких как магнитные, электрические и тепловые, механической деформации и напряжения, а также для расчета полей, представленных уравнениями Лапласа и Пуассона в зонах любой формы.

Разработанное устройство дефектоскопа установлено для проверки сварных плетей рельсов на наличие дефектов после сварочных работ на линии РСР-14 по дефектоскопии плетей рельсов.

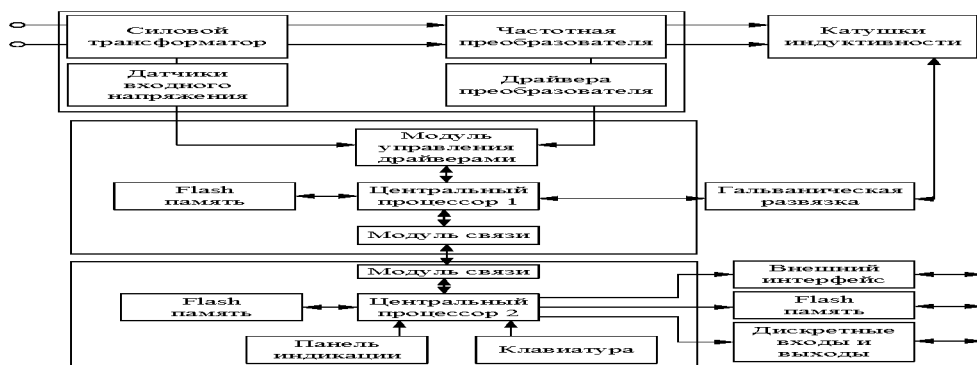


Рис.7. Блок-схема управления технологическими процессами в устройстве дефектоскопии рельсовых плетей

Основной блок устройства состоит из системы управления и преобразователя частоты (рис.8).

Во время испытания электромагнитных катушек, установленных на плетях рельсов с интервалами 30 мм, 15 мм и 5 мм, индукция промежуточной катушки к плети рельса при измерении тесламетром составляла 5 мТл, 10 мТл и 20 мТл соответственно. В этом случае значения тока были 1 А, 0,5 А и 0,1 А соответственно.

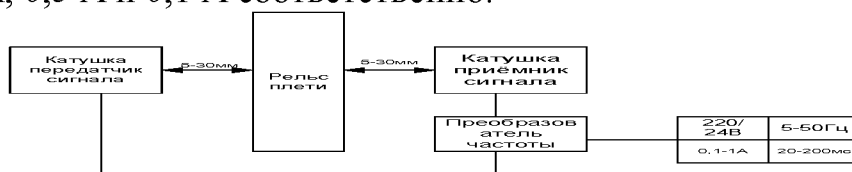


Рис.8. Испытание электромагнитных катушек, установленных на рельсовых плитах, с интервалом от 30 мм до 5 мм.

Во время испытания электромагнитных катушек, установленных на плетях рельсов с интервалом 5мм, индукция промежуточной катушки к плетям рельса при измерении тесламетром показала индукцию 20 мТл и ток 0,1 А. Расстояние между выбранным роликом и плетями рельса позволило провести полную дефектоскопию плетей рельса, а промежуточное расстояние показало, что плети рельса можно рассматривать как номинальное расстояние для дефектоскопии. Для постоянного контроля сигналов в устройстве использовался специальный современный блок DSO138, позволяющий производить дефектоскопию при сварке плетей рельсов железнодорожного транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований в диссертации доктора философии (PhD) на тему «Устройство дефектоскопии для систем обеспечения безопасности движения поездов на основе электромагнитных методов» представлено следующее заключение:

1. Разработана классификация дефектов железнодорожных рельсов, сделан статистический анализ степени допусков при их использовании и статистический учет долговечности, наличия цифровых знаков, разработанных в группах в табличной форме в соответствии с правилами, изложенными в инструкции НТД-3-14.

2. Для движения поездов на железнодорожном транспорте создано дефектоскопическое устройство на основе электромагнитных методов рельсовых плетей, в котором рассчитаны переходные процессы в катушке при постоянном, переменном и импульсном напряжениях. Для определения глубины рельсов по сигналам электромагнитного дефектоскопа была определена частотная зависимость глубины проникновения электромагнитных волн, которые необходимо направить на плетни рельса в полость рельса.

3. В сердечнике катушки, периодических переменных импульсов в виде прямых прямоугольников, треугольников, полу синусоид разложены в ряды Фурье гармонические составляющие, определены переходные процессы в катушке дефектоскопического устройства плетень рельсов, при различных гармонических напряжениях.

Проанализировано наличие дефектоскопический устойчивого устройства для сварки плетей и стыков рельсов, качество дефектоскопии рельсовых плетень различными способами при оценке и диагностики дефектов рельсовых плетей.

5. Система дефектоскопии идентифицирована путем анализа воздействия коррозии на рельсовые плетни на железнодорожном транспорте, электромагнитной природы коррозии металлов, снижения точности измерения глубины существующих дефектов из-за коррозии, цифровой фильтрации выходных сигналов электромагнитных дефектов.

6. Для реализации результатов дефектоскопии при сварке рельсовых плетей на железнодорожном транспорте, номинальные параметры были выбраны на основе алгоритма рельсовой сварки рельсовых плетей на предприятии РСП-14 «Производство рельсовой сварки». Испытание дефектоскопом на железнодорожных станциях «Сергели-Кучлук» и «Кучлук-Тойтепа» на скорости от 5 до 30 км/час выявило существующие дефекты в железнодорожных плитах между станциями.

7. На рельсосварочном заводе усовершенствован дефектоскоп с системой управления на основе современных электромагнитных методов обнаружения дефектов в рельсовых плетях. В результате внедрения в производство мобильных и стационарных устройств для обнаружения дефектов рельсов ожидаемая годовая экономическая эффективность составляет 123,4 млн. сумов.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES PhD.15/30.12.2019.T.73.01**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

ORTIQOV MIRONSHOH SODIQOVICH

**FLAW DETECTOR DEVICE FOR TRAIN SAFETY SYSTEM
BASED ON ELECTROMAGNETIC METHODS**

05.08.03 – Operation of railway transport

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

Tashkent – 2021

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under B2019.2.PhD/T1212.

The dissertation has been prepared at Tashkent State Transport University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tashit.uz) and on the web site of «ZiyoNet» Information and education portal (www.ziyo.net).

Scientific supervisor:	Khalikov Abdulxak Abdulxairovich doctor of technical sciences, professor
Official opponents:	Siddiqov Ilhomjon Xakimovich doctor of technical sciences, professor Xadjimuxamedova Matluba Adilovna candidate of technical sciences
Leading organization:	Tashkent State Technical University named by Islam Karimov

The defense will be take place 12 » 06 2021 at 10⁰⁰ at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council PhD.15/30.12.2019.T.73.01 Tashkent state transport university. Address: 1, Temiryo'chilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: tashit_rektorat@mail.ru

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information-Resource Center of the Tashkent state transport university (Registration number - 17) (Address: 1, Temiryo'chilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66)

Abstract of dissertation was distributed on « 31 » 05 2021 year.
(mailing record № 18 on « 31 » 05 2021 year)



A.E. Adilkhodjaev
Chairman of Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

Ya.O. Ruzmetov
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Candidate of technical sciences

N.N. Ibragimov
Chairman of the scientific seminar under scientific council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work is to create a flaw detector device for a train traffic safety system based on electromagnetic methods.

The object of research is the production of station rail strings and welding of rails.

The scientific novelty of the research work:

developed a method for detecting defects in rail strings under the influence of remote pulsed electromagnetic residual induction;

a digital flaw detector with an electromagnetic pulse signal transmitter and a receiver sensor for detecting rail defects has been developed;

a model of the processes of the electromagnetic field was created, based on the dependence of the depth of the wave of the electromagnetic field on the change in frequency during the detection and control of defects in rail strings;

a control system based on the PIC 16F628-04 / P microcontroller has been developed to regulate the amplitude, frequency and choice of the duration of current pulses in case of defects in rail strings.

Implementation of the work results obtained on the flaw detector device of the train traffic safety system based on electromagnetic methods:

in the production unitary enterprise "RSP-14" JS "Uzbekiston temir yullari" commissioned and modernized a device for linear defectoscopy of rails during welding of rails (reference of JS "Uzbekiston Railways" December 9, 2020 901 / 4003-20). As a result of scientific research, the device for flaw detection of rail strings allowed flaw detection of rail strings before and after welding as the main part to protect welded joints from damage;

a device for flaw detection of a mobile platform car was introduced to detect defects in rails, joints and switches (certificate of JS "Uzbekiston Railways" dated December 9, 2020, No. / 01 / 4003-20). As a result of scientific research, it became possible to improve the safety of train traffic at stations, to identify defects in rails, joints, switches.

The structure and volume of the research work. The thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of literature, and applications. The volume of the thesis is 120pages.

ЭЪЛОНҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОКОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Курбанов Ж.Ф., Халиков А.А., Ортиков М.С. Параметры магнетизма, намагничивания и размагничивания материалов и рельсовых плетей. // *Universum: технические науки*. – Москва, 2019.10(67). С.81-83. (02.00.00; №1).

2. Курбанов Ж.Ф., Халиков А.А., Ортиков М.С. Устройства намагничивания и размагничивания рельсовых плетей и их сравнительный анализ. // *Universum: технические науки*. – Москва, 2019.10(67). С.78-80. (02.00.00; №1).

3. Курбанов Ж.Ф., Колесников И.К., Ортиков М.С. Применение ультразвуковых волн для рельсовой дефектоскопии. // *Научно-технический журнал ВЕСТНИК ТашИИТ.–Ташкент*, 2018. №4. С.97-100. (05.00.00; №11).

4. Колесников И.К., Курбанов Ж.Ф., Ортиков М.С. Методы распознавания дефектов в контролируемом изделии на основе теории колебаний. // *Научно-технический журнал ВЕСТНИК ТашИИТ.–Ташкент*, 2018. №4. С.160-165. (05.00.00; №11).

5. Kurbanov Jonibek., Kolesnikov Igor., Ortikov Mironshoh. Application of ultrasonic waves for rail flaw detection. // *European science review* № 9–10. 2018 September–October Volume 1. – Vienna, 2018. P.241-244. (05.00.00; №3).

6. Kurbanov Jonibek., Kolesnikov Igor., Ortikov Mironshoh. Diffraction methods in pipeline examination. // *European science review* №11–12. 2018 November–December Volume 1. – Vienna, 2018. P.105-108. (05.00.00; №3).

7. Ортиков М.С. Расчет переходных процессов в соленоиде размагничивающего устройства рельсовых плетей при включении его на импульсное воздействие. // *Universum: технические науки*. – Москва, 2020. 10(79). С.46-52. (02.00.00; №1).

8. Ортиков М.С. Особенности дефектоскопия изделий рельсовых плетей постоянными, переменными и импульсными электромагнитными полями. // *Universum: технические науки*. – Москва, 2020. 10(79). С.53-58. (02.00.00; №1).

II бўлим (II часть; II part)

9. Халиков А.А., Курбанов Ж.Ф., Сагторов Х.А., Ортиков М.С. The Use of Hall Converters in Flaw Detection. // *International conference on information science and communications technologies*. -2020. -ICISCT 2020,

(ЎзР ОАК 30.09.2019й. 01-06/1747-сон хати ва ЎзР ОАК Раёсатининг 30.09.2019й. 269/8-сон қарори).

10. Курбанов Ж.Ф., Колесников И.К., Ортиков М.С. Применение преобразователей холла в дефектоскопии. // Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар. Хорижий олимлари иштирокидаги республика илмий – техника анжумани мақолалари тўплами.–Тошкент, 2018.(2018 йил 20-21 декабрь)212-215б.

11. Khalikov Abdulhak., Kurbanov Jonibek., Ortikov Mironshoh.Devices for magnetization and demagnization of rail lashes and their comparative analysis with existing. //«Интернаука»: научный журнал –№10(26). –М., Изд. «Интернаука». – Москва, 2019. Р.50-53.

12. Курбанов Ж.Ф., Ортиков М.С.Устранения неисправности рельсовых цепей на базе импульсного блок управления. // «Интернаука»: научный журнал – № 37(119). – М., Изд. «Интернаука. – Москва, 2019.С.43-46.

13. Курбанов Ж.Ф., Ортиков М.С.Особенности намагничивания изделий рельсовых плетей переменными электромагнитными полями.// «Интернаука»: научный журнал –№ 37(119). – М., Изд. «Интернаука».– Москва, 2019. С.46-48.

14. Халиков А.А., Курбанов Ж.Ф., Ортиков М.С. Процесс технического намагничивания изделий рельсовых плетей и цифровая дефектоскопия.

//Actual problems of modern science and innovation in the central asian region proceedings of the international conference 26 September, 2020, – Jizzakh, 2020. С.313-318.

15. Халиков А.А., Ортиков М.С. Электромагнит дефектоскоп сигналлари оркали рельс чуқурлигини аниқлаш. //Темир йўл транспортида ресурс тежамкор технологиялар. Хорижий олимлари иштирокидаги республика илмий – техника анжумани мақолалари тўплами.–Тошкент, 2020. (2020 йил 4-5 декабрь)220-224б.

Автореферат «ТДТрУ ахборотномаси» илмий-амалий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва матнларни мослиги текширилди (31.05.2021 йил).

Қоғоз бичими 84x60-1/16 Ризограф босма усули Times гарнитураси
Шартли босма табағи: 2,8 б.т. Адади: 100 нусха. Буюртма № 43-3/2021
Нашрга рухсат этилди: 31.05.2021 й.

Тошкент давлат транспорт университети босмахонасида чоп этилган.
Манзил: 100167, Тошкент шаҳар, Темирийўлчилар кўчаси, 1-уй.