

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖА БЕРУВЧИ DSc 03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**РАХМОНОВ ФАРХОД НОРМУРАТОВИЧ**

**ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ ЭЛЕКТР УЗАТИШ ЛИНИЯЛАРИНИНГ  
МУЗЛАШИ ОҚИБАТИДАГИ ЗАРАРНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ  
(Ўзбекистон Республикаси Навоий вилояти мисолида)**

**05.05.01 – Энергетик тизимлар ва мажмуалар**

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

**Тошкент – 2020**

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

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

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

**Рахмонов Фарход Нормуратович**

Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаши  
оқибатидаги зарарни тадқиқ этиш (Ўзбекистон республикаси навоий  
вилояти мисолида).....3

**Рахмонов Фарход Нормуратович**

Исследование ущерба от обледения ЛЭП высокого напряжения  
(на примере Навоийского региона Республики Узбекистан).....

**Raxmonov Farxod Normuratovich**

The study of damage from icing high voltage power lines (on the example of the  
Navoi region of the Republic of Uzbekistan).....

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМий ДАРАЖА БЕРУВЧИ DSc 03/10.12.2019.Т.03.03 РАҚАМЛИ  
ИЛМий КЕНГАШ**

---

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ**

**РАХМОНОВ ФАРХОД НОРМУРАТОВИЧ**

**ЮҚОРИ КУЧЛАНИШЛИ ЭЛЕКТР УЗАТИШ ЛИНИЯЛАРИНИНГ  
МУЗЛАШИ ОҚИБАТИДАГИ ЗАРАРНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ  
(Ўзбекистон Республикаси Навоий вилояти мисолида)**

**05.05.01 – Энергетик тизимлар ва мажмуалар**

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

**Тошкент – 2020**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги олий аттестация комиссиясида В2019.3. (PhD)/Т1322 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус,инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида ([www.ndki.uz](http://www.ndki.uz)) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Қаршибаев Асқар Илашевич**  
техника фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Етакчи ташкилот:**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва «илмий-техника марказ» МЧЖ ҳузуридаги DSc 27.06.2017.Т.03.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2020 йил “ \_ ” \_\_\_\_\_ соатдаги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100095, Тошкент ш., Университет кўчаси, 2-уй). Тел.:(998971) 246-46-00, факс.: (998971) 227-10-32; e-mail:tstu info@tdtu.uz.

Диссертация билан Тошкент давлат техника университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ \_\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган).( Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2- уй. Тел./факс (99871) 227-03-41).

Диссертация автореферати 2020 йил “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2020 йил “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ - рақамли реестер баённомаси).

**Қ.Р .Аллаев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси  
техника фанлари доктори, профессор, академик

**О.Х.Ишназаров**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий  
котиби, техника фанлари доктори , катта илмий ходим

**И.И.Ибодуллаев**

Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги  
илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда электр энергия ишончлиги ва самарадорлигини ошириш муҳим вазифа ҳисобланади. Электр узатиш линия симларининг музлашига қарши кураш дунё бўйича муҳим вазифа ҳисобланади. Айниқса, юқори намлик ва паст ҳароратли ҳудудларда шамол ва ҳаво ҳароратининг кескин ўзгариши сабабли электр узатиш линия симларининг музлаши натижасида зарарли оқибатларга олиб келиши мумкин. Бу эса ўз навбатида симлар ва троснинг узилишига, таянч, изоляторларнинг бузилишига сабаб бўлади. Бу эса катта иқтисодий харажатларга олиб келади. Ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Германия, Канада, Франция ва Россия каби давлатларда юқори кучли электр узатиш линияларнинг музлашувига қарши кураш усуллари ишлаб чиқишда ва тадқиқ этишида катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда корхоналарнинг ишлаб чиқариш самарадорлигини ва электр энергиясини узлуксиз ва сифатли таъминлаш мақсадида юқори кучли электр узатиш линияларнинг музлашини олдини олишга қаратилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан корхоналарда ишлаб чиқаришни зарур миқдорда электр энергияси билан ишончли таъминлаш бўйича белгиланган вазифаларни муваффақиятли ҳал этишда электр узатиш линияларининг ишончлигини янада ривожлантириш, ишлаб чиқариш корхона истеъмолчиларига электр энергиясини етказиб беришнинг ишончилигини ошириш муҳим ҳисобланади.

Республикамизда ҳам электр энергетикани жадал ривожлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда, бу айниқса юқори кучли электр узатиш линияларнинг музлашига қарши кураш усуллари, янгилаш ва ишончилигини ошириш усуллари кўллаш бўйича кенг кўламли чора - тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017–2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида “...иқтисодиётнинг энергия ва ресурслар сиғимларини қисқартириш, иқтисодиёт тармоқларида энергия сарфини камайтиришнинг мақсадли параметрларига мувофиқ амалга ошириладиган энергия тежовчи технологияларни ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш...”<sup>1</sup> вазифалари белгиланган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан юқори кучли электр узатиш линияларнинг музлаши оқибатида зарарни тадқиқ этиш корхоналарга етказилган иқтисодий зарарларни аниқлаш ва уларнинг ишончилигини оширишда назарий ва илмий ишларни олиб бориш ва модернизация қилиш ҳамда ишга тушириш бўйича тегишли тавсиялар олиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ – 4947 – сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш

---

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

бўйича ҳаракатлар стратегияси” қарорида ҳамда Ўзбекистон республикаси Президентининг 2018 – йил 23 октябрдаги ПҚ – 3981 – сонли қарорларида белгиланган вазифаларни бажаришга хизмат қилади. “Электр энергетикасини жадал ривожлантириш ва молиявий барқарорлигини таъминлаш чора – тадбирлари тўғрисида” ва 2016 йил 23 ноябрдаги ПҚ – 2661 – сонли “2017 – 2021 йилларда паст кучланишли электр тармоқларини янада модернизация қилиш дастури тўғрисида”ги Қарорларини ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни 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 ресурстежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳаво электр узатиш линияларининг эксплуатациясида симларнинг музлаш муаммосини ечишига қаратилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан Freiberg Mining Academy (Германия), Massachusetts Institute of Technology (АҚШ), California Institute of Technology (АҚШ), University of Cambridge (Буюк британия), University of Ontario Institute of Technology (Канада), Санкт-Петербург политехника университети, Н.Э.Бауман номидаги Москва давлат техника университети (Россия), Тошкент давлат техника университети, “Ўзбекэнерго” АЖ Илмий техника маркази МЧЖ ҳамда Навоий давлат кончилик институти (Ўзбекистон)да кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Ҳаво электр узатиш линияларининг музлашини олдини олишга қаратилган илмий муаммоларни ўрганиш бўйича хорижда бир қатор олимлар, жумладан Т.Fieback, D.Saovay, N.Lewis, R.Jones, L.Roy, И.И.Левченко, В.И.Каганов, Л.Б.Бойнович, А.М.Емельянов, Д.М.Бельй, Г.Ф.Афанасьев, В.А.Соловьев, Д.А.Орлов, С.И.Сухоруков, В.Г.Герасимова, Ю.А.Васильев, С.Л.Гребнев, С.М.Алейников, Г.Н.Александров, Ю.И.Ванников, Ю.И.Банников, Н.Я.Николаев, И.П.Анеш, Г.И.Башкирова, В.Я.Никандров, Г.А.Першин, Й.М.Белоус, И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев, Б.П.Вейнберг, А.А.Воробьев, Г.С.Голетиани, В.С.Гапонов, В.Г.Глуков, М.Л.Ланда ва бошқалар ўзларининг маълум даражада ҳиссаларини қўшганлар. Ўзбек олимлари орасида юқори кучланишли ҳаво электр узатиш линияларининг ишончилигига қаратилган энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва уларни тадбиқ қилиш масалаларини ўрганиш бўйича Ҳ.Ф.Фозилов, М.З.Хамудханов, Қ.Р.Аллаев, Р.А.Захидов, Т.Х.Насиров, А.С.Қудратуллаев, Т.Ш.Ғойибов, М.И.Ибодуллаев, О.О.Хашимов ва бошқалар томонидан катта ҳисса қўшилган.

Кўплаб илмий муваффақиятларга қарамай, Ўзбекистон Республикасида юқори кучланишли электр узатиш линияларнинг музлаши

оқибатида келиб чиқадиган зарарни аниқлаш усулларини такомиллаштириш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилиқ институти илмий тадқиқот ишлари режасининг 1/2019-Э “Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлашини бартараф этиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш” (2019) мавзусидаги лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаши оқибатида келиб чиқадиган зарарни тадқиқ этиш ва уни бартараф этиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

-юқори кучланишли электр узатиш линия симларининг музлаш ҳолатлари ва уларни олдини олиш усулларини таҳлил қилиш;

-юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини тадқиқ этишнинг математик моделлаштириш усулларини такомиллаштириш;

-юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини башорат қилиш усулларини такомиллаштириш;

-электр узатиш линиялари эксплуатациясининг самарадорлигига музлаш оқибатида етказиладиган зарарнинг таъсирини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш;

-юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида “Навоий кон металлургия комбинати” Давлат корхонасига қарашли Зарафшон-Бессопан (ЛЗБ-220 кВ), Бессопан-Горний (ЛБГ-220 кВ) ва Мурунгов-Томдибулоқ (ЛМТ-35 кВ)ли электр узатиш линиялари олинган.

**Тадқиқотнинг предмети**ни юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаши натижасида келиб чиқадиган зарарларни аниқлаш ва эксплуатация самарадорлигига таъсирини техник-иктисодий асослаш усуллари ҳамда музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича тавсиялар ташкил этади.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқот жараёнида математик статистика ва эҳтимоллар назарияси, математик таҳлил, энг кам квадратлар, асосий компонентлар, босқичли регрессион ва корреляцион-регрессион усуллардан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

музлаш оқибатида юқори кучланишли электр узатиш линияларида келиб чиқадиган зарарларни аниқлаш усуллари таҳлил этилган;

юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини тадқиқ этишнинг математик моделлари ишлаб чиқилган;

-юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музли ва музли-шамолли бузилишлар оқибатида таянчлар, симлар, трослар, изоляторлар,

арматураларнинг емирилиш жараёнларини башорат қилиш усуллари такомиллаштирилган;

электр узатиш линиялари эксплуатациясининг самарадорлигига музлаш оқибатида етказиладиган зарарнинг таъсирини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

юқори кучланишли электр узатиш линияларидаги симларнинг ёпишқоқлик хусусиятларини супергидрофобик қопламалар ёрдамида камайтириш орқали электр узатиш линияларининг музлаши оқибатида келиб чиқадиган зарарларни йўқотиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижаси** қуйидагилардан иборат:

юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини тадқиқ этишнинг математик модели ишлаб чиқилган;

электр узатиш линияларининг музли ва музли-шамолли бузилишлар оқибатида таянчлар, симлар, трослар, изоляторлар, арматураларнинг емирилиш жараёнларини башорат қилиш усул ишлаб чиқилган;

электр узатиш линияларидаги симларнинг ёпишқоқлик хусусиятларини супергидрофобик қопламалар ёрдамида камайтириш бўйича тавсия ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги қабул қилинган таққослаш мезонларига асосланади ва аналитик формулалар билан тасдиқланиб, ишлаб чиқилган математик моделлар, назарий ва экспериментал маълумотларнинг қиёсий таҳлилини, шунингдек, ишлаб чиқариш корхоналарини узлуксиз электр энергия билан таъминлашнинг замонавий усуллари, юқори кучланишли электр узатиш линияларидаги симларнинг ёпишқоқлик хусусиятларини супергидрофобик қопламалар ёрдамида камайтириш бўйича тавсияларнинг амалиётига жорий этилганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юқори кучланишли электр узатиш линиялари эксплуатациясининг самарадорлигига музлаш оқибатида етказиладиган зарарнинг таъсирини аниқлашнинг математик моделини яратиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти юқори кучланишли электр узатиш линиялари эксплуатациясининг самарадорлигига музлаш оқибатида етказиладиган зарарнинг таъсирини аниқлашнинг математик моделидан фойдаланишга асосланган «Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг марказий ва шимолий кон бошқармалари корхоналарини қишки мавсуда узлуксиз электр энергияси билан таъминлашда юқори кучланишли электр узатиш линияларидаги симларнинг ёпишқоқлик хусусиятларини супергидрофобик қопламалар ёрдамида камайтириш бўйича тавсияларни ишлаб чиқиш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаши натижасида келиб чиқадиган зарарларни аниқлаш ва эксплуатация самарадорлигига таъсирини техник-



иқтисодий асослаш усуллари ҳамда музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича тавсияларни қўллаш асосида:

юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини тадқиқ этишнинг математик моделлари «Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасида жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг 2020 йил 27 февралдаги 02-07-04/2624-сон маълумотномаси). Натижада марказий ва шимолий кон бошқармалари корхоналарини қишки мавсуда узлуксиз электр энергияси билан таъминлашнинг ишончлигини ортишига эришилган.

юқори кучланишли электр узатиш линияларидаги симларнинг ёпишқоқлик хусусиятларини супергидрофобик қопламалар ёрдамида камайтириш усули «Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасида жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг 2020 йил 27 февралдаги 02-07-04/2624-сон маълумотномаси). Натижада қишки мавсумларда электр узатиш линия симларининг муз массасини 60%га камайтиришга эришилган.

юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича тавсиялар «Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасида жорий этилган («Навоий кон-металлургия комбинати» Давлат корхонасининг 2020 йил 27 февралдаги 02-07-04/2624-сон маълумотномаси). Натижада юқори кучланишли электр узатиш линиялари учун сарфланадиган маблағларни бир йилда 173 000 000 сўм миқдоридан тежашга эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 13 та халқаро илмий–амалий анжуманларда, жумладан 7 та халқаро 6 та республика илмий техник анжуманларида, Навоий давлат кончилик институтининг «Электр энергетикаси» кафедрасида, Бухоро муҳандислик-технология институтида ва «Илмий-техника маркази» масъулияти чекланган жамиятида баён этилган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 21 та илмий иш чоп этилган. Ўзбекистон Республикаси ОАКнинг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш бўйича тавсия қилган илмий нашрларида 8 та (2 та халқаро ва 6 та республика журналларида) мақола нашр этилган, ЭХМлар учун 2 та дастурий маҳсулотга гувоҳнома олинган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати келтирилган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги, муаммонинг ўрганилганлик даражаси, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, илмий янгилиги, амалий натижалари баён қилинган шунингдек, олинган натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти кенг ёритилиб берилган, тадқиқот натижалари амалиётга жорий қилинган, нашр этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш ҳолатлари ва уни олдини олиш усулларини таҳлил қилиш”**деб номланаган биринчи бобида юқори кучланишли электр узатиш линияларини музли ҳудудларини қайта диагностика қилиш қор ва музларни назорат қилишни ташкил этиш, хавфсизлик чораларини кўриш ва электр узатиш линияларининг ишочлилигининг иқтисодий самарадорлигини баҳолаш ва музлашнинг олдини олишга қаратилган бир канча усуллар таҳлил қилинган.

Бугунги кунда Республикамиздаги тоғли ҳудудларидан ўтувчи юқори кучланишли электр узатиш линияларида асосан йилнинг қишки мавсумларида қор ва муз қоплаш ҳодисалари рўй бериб, салбий оқибатларга олиб келмоқда. Натижада, энергия компаниялари ва истеъмолчилар катта зарар кўришмоқда. Шикаст етган электр узатиш линияларини таъмирлаш эса қиммат ва анча вақт талаб қиладиган жараёндр.

Электр энергетика соҳасидаги мутахассислар электр узатиш линияларидаги музлашларни энг жиддий зарарлардан бири деб ҳисоблашади ва музлаш оқибатида мамлакат ҳудудларининг электр таъминотида вақти-вақти билан тартибсизликларни келтириб чиқаради. Кўплаб шимолий мамлакатлар, шунингдек, Россия, Хитой Япония ва Ўзбекистон ҳам айнан шу муаммоларга дуч келишмоқда. Шу боис электр узатиш линияларини музлашига қарши курашиш учун илмий-тадқиқот ишларини фаол равишда олиб бориш кераклиги кўрсатиб берилди.

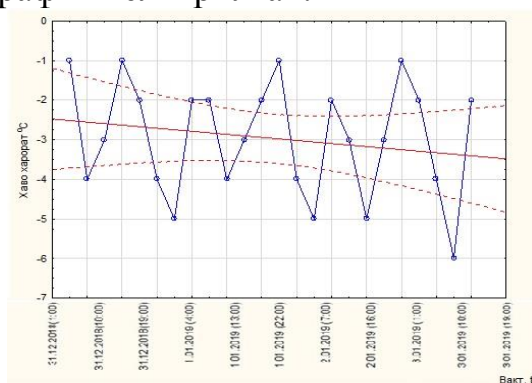
**“Юқори кучланишли ҳаво электр узатиш линияларини музлаши оқибатида келиб чиқадиган зарарларни тадқиқ этиш усулларининг таҳлили”** деб номланаган иккинчи бобда юқори кучланишли ҳаво электр узатиш линияларида қор ва муз йиғилмаларини массасининг ортиши оқибатида таянчлар, симлар, трослар, изоляторларнинг гирляндлари, арматураларнинг бузилиши натижасида линияларга зарар етади, бундай ҳолларда эса катта ҳудуддаги электр узатиш линиялари шикастланади. Қайта тиклаш анча вақтни, капитал кўйилмалар, моддий ресурс ва меҳнат харажатларини талаб қилади. Навоий кон-металлургия комбинати Давлат корхонасига қарашли Зарафшон-Бессопан (ЛЗБ-220 кВ); Бессопан-Горний (ЛБГ-220 кВ); Карьер (ЛКТ1,2-220 кВ); Мурунтау-Томдибулоқ (ЛМТ-35

кВ) юқори кучланишли электр узатиш линияларида экспериментал илмий-тадқиқот изланишлари олиб борилди.

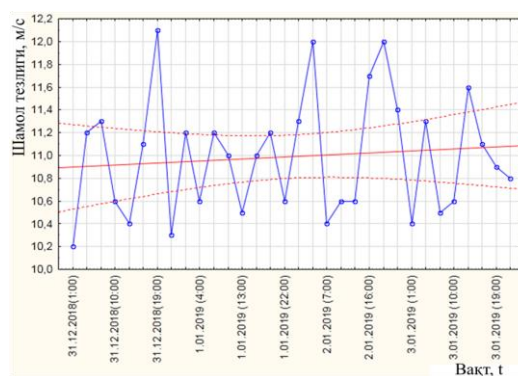
Зарафшон-Бессопан юқори кучланишли линияси (1-участка) Зарафшон шахрининг шимоли-шарқий томонида жойлашган. Линиянинг умумий узунлиги 26,648 км. Бу 220 кВ ҳаво линияси 10,6 километри Мурунтау тоғ тизмаларидан ўтади. Шунинг учун, бу линия қиш фаслида ва куз-қиш ва баҳор-қиш мавсумларида симларга ёпишган нам қорларга, шунингдек, муз ва аёз ётқизиқларининг ҳосил бўлишига мойилдир. Ҳаво ҳароратининг кескин ўзгариши симларда муз ҳосил бўлишига ёрдам беради. Юқори кучланишли линиялардаги симлар ва трослардаги муз ётқизиқлари  $-5^{\circ}\text{C}$  атрофидаги ҳаво ҳароратида ва 5 м/с дан 10 м/с гача шамол тезлигида содир бўлади. Музларнинг мавжудлиги ҳаво электр узатиш линияларининг барча элементларининг қўшимча механик юкланишига олиб келади.

Ҳаво электр узатиш линиялари симлари массасининг 6-8 т/км сезиларли даражада ортиши ва уларга таъсир этувчи динамик ва статик юкланишлар натижасида, айниқса кучли шамолларда, хавфли авария ҳодисалари содир бўлади. Булар қаторига қор ва муз оғирлиги остида ток ўтказувчи симлар ва чакмоқдан ҳимояловчи тросларнинг узилиши, симларнинг мумкин бўлмаган яқинлашиши ва уларнинг кучли тебраниши, изоляторлар ҳимоя хусусиятлари ёмонлашуви, тачнларнинг бузилиши киради. Бундай авариялар катта иқтисодий зарар келтиради, уларни бартараф этиш учун бир неча кун кетади ва катта миқдордаги маблағ сарфланади. Натижада тармоқ энергия компаниялари ва истеъмолчилар катта зарар кўришади. Шикастланган ҳаво электр узатиш линиялар симларни қайта тиклаш эса қиммат ва қийин жараён дир

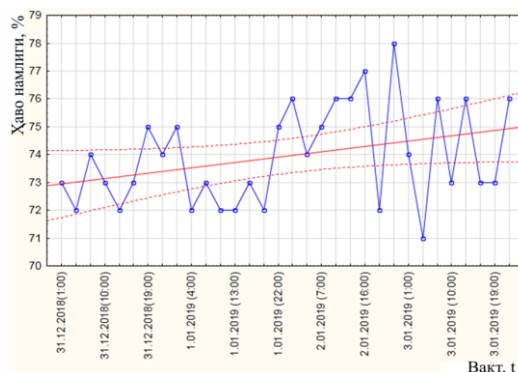
Экспериментал тадқиқотлардан олинган қийматлар асосида 1- участка учун ҳаво ҳарорати, шамол тезлиги ва ҳаво намлигининг вақтга боғлиқлик характеристикалари қурилди (1, 2 ва 3- расмларда кўрсатилган) ва 2,3,4-участкалар учун об-ҳаво параметрларининг вақтга боғлиқлик график келтирилган.



**1-расм. Ҳароратнинг вақтга боғлиқлиги**



**2-расм. Шамол тезлигининг вақтга боғлиқлиги**



**3-расм. Ҳаво намлигининг вақтга боғлиқлиги**

Шамол - бу қуёш нурларининг интенсивлиги ва босимнинг ўзгариши туфайли ҳаво массасининг оқимидир. Одатда, шамол энергияси шамолга перпендикуляр бўлган маълум бир ҳудуд таъсирида аниқланади.

$$N_{\text{шамол}} = 0,0049 * g * V * F; \quad (1)$$

бу ерда  $g$ -ҳаво зичлиги (ҳарорат ва атмосфера босимиغا нисбатан), ( $\text{кг}/\text{м}^2$ );  $V$  -ҳаво оқими тезлиги ( $\text{м}/\text{с}$ );  $F$  – майдон юзаси.

2018 йил 31 декабрдан 2019 йил 4 январгача шамол ва муз таъсирида Зарафшон-Бессопан 220 кВ линиясида шамолнинг ўртача тезлиги 10,9 м/с, ҳаво намлиги 73,9 %, ҳаво ҳарорати  $-4$  °С бўлганда технологик бузилишлар, келиб чиқди. Симларда диаметри 180 мм гача бўлган музли муфталар ҳосил бўлиб, натижада симларнинг одатдаги оғирлигидан 20-30 мартага ошганлиги кузатилди.

Бессопан-Горний юқори кучланишли ҳаво линияси (2-участка) Зарафшон шахрининг шимоли-Шарқий томонида жойлашган. Линиянинг умумий узунлиги 43,5 км. Бу 220 кВ ли ҳаво линиясининг 10,5 километри Мурунтау тоғ тизмаларидан ўтади. Бессопан-Горний 220 кВ линияси ҳам қиш мавсумида симларга ёпишган нам қорларга, шунингдек, муз-қиров ётқизиқларининг ҳосил бўлишига мойил ҳисобланади.

“Карьер” нимстанциясининг биринчи ва иккинчи трансформаторларига келувчи 220 кВ юқори кучланишли линиялари (3-участка). Линиянинг умумий узунлиги 7.9 километр бўлиб унинг 6 километри Мурунтау тоғ тизмаларидан ўтади. Шунинг учун бу линия ҳам Зарафшон-Бессопан ва Бессопан-Горний линиялари каби қиш мавсумида симларга ёпишган нам қор ва муз-қиров ётқизиқларининг ҳосил бўлишига мойилдир. “Карьер” нимстанциясининг биринчи ва иккинчи трансформаторларига келувчи 220 кВ юқори кучланишли линияларининг асосий техник характеристикалари: Юқори кучланишли линиянинг умумий узунлиги 7,9 км. Линиянинг музлайдиган қисми 6 километрни ташкил этади

Мурунтау-Томдибулоқ юқори кучланишли линия (4-участка) Линиянинг умумий узунлиги 29,6 км. Мурунтау-Томдибулоқ 35 кВ

линиясининг 7 километри Мурунтау тоғ тизмаларидан ўтади ва бу линиялардаги симлар ва трослардаги муз ётқизиқлари  $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$  атрофидаги ҳаво ҳароратида ва 15-17 м/с шамол тезлигида содир бўлади. Симлар массасининг (10-12 т/км) сезиларли даражада ортиши ва уларга таъсир этувчи динамик ва статик юкланишлар натижасида, айниқса кучли шамолларда, хавфли авария ҳодисалари содир бўлади

Мурунтау-Томдибулоқ 35 кВ линиясида 2018 йилнинг 31 декабрдан 2019 йил 4 январгача шамол ва муз таъсирида технологик бузилишлар келиб чиқди. Симларда диаметри 100 мм гача бўлган музли муфтлар ҳосил бўлиши натижасида симларнинг одатдаги оғирлигидан 10-12 мартага ошган. Шамолнинг ўртача тезлиги 16-21 м/с гача, ҳаво намлиги 81,9 %, температура  $-7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  бўлганда симларнинг музлаши содир бўлган. Юқорида келтирилган жадвал ва графиклардан келиб чиқиб симларнинг музлаши декабр ва январ ойларида содир бўлиши эҳтимоли кўпроқ деб хулоса қилишимиз мумкин.

Бундай авариялар катта иқтисодий зарар келтиради, уларни бартараф этиш учун бир неча кун ёки ундан кўп вақт талаб этилади. Юқори кучланишли ҳаво линиялари ва алоқа тармоқларида музлашга қарши кураш дунёнинг кўплаб минтақалари учун асосий муаммолардан бири бўлиб қолмоқда. Ҳозирги вақтда музлаш билан курашиш усулларининг ҳар бири маълум камчиликларга эга. Шунинг учун музлашларнинг олдини олиш, муз йиғилмаларини ҳажмини камайтириш ва олиб ташлашга қаратилган самарали, тежамли, хавфсиз қурилма ва усулларни ишлаб чиқиш долзарб вазифа бўлиб қолмоқда.

**“Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш жараёнини тадқиқ этишни математик моделлаштириш”** деб номланаган учинчи бобда юқори кучланишли электр узатиш линияларида қор ва муз шаклланишининг зарарини ўрганиш усулларидан бири бу линияни маълум бир қисмида сим ва муз массасининг ҳисоблаш усулини ишлаб чиқишдан иборат. Юқорида келтирилган муаммоларни тадқиқ этишда ва линия симларида муз қатламларининг ҳосил бўлиш жараёнини ўрганишда унинг математик модели ва ҳисоблаш алгоритми ишлаб чиқилган.

Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш параметрларини ҳисоблашда интерполяцион полиноминал усули ёрдамида кўриб чиқамиз. Линияни музлаш жараёнига мойил бўлган нуқтаси атрофида кўпхад усули элемент сифатида тасвирлашга асосланган. Кўпхадлар алгебраик, тригонометрик, фазовий ва ҳар хил тартибда бўлиши мумкин. Масалан, алгебраик кўпхадлар текисликда биринчи ва иккинчи тартибли кўринишида бўлади:

$$\mu_1(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y; \quad (2)$$

$$\mu_2(x, y) = a_{00} + a_{10}x + a_{01}y + a_{11}xy + a_{20}x^2 + a_{02}y^2 = \sum_{i,j=0}^{i+j=2} a_{ij}x^i y^j; \quad (3)$$

бу ерда,  $x, y$ -координата ўқлари,  $a_{ij}$ -коэффициенти.

Линияни музлаш майдонини таҳлиллар асосида биринчи тартибли кўпхаддан фойдаланиб, асосий усулини кўриб чиқамиз. Координатага кўриб чиқиладиган нуқтани қўямиз ва тугун атрофида  $\varphi(x, y)$  ҳаво ҳарорати, шамол тезлиги, шамол йўналиши, намлик майдони қуйидагича аниқлаймиз:

$$\varphi(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y, \quad (4)$$

бу ерда  $\varphi$ - об ҳаво параметри (муз деворини қалинлиги, температура, шамол тезлиги ва ҳоказолар).

Энг кичик квадратлар усули билан  $a_0, a_1, a_2$  коэффициентлари аниқланади ва  $a$  коэффициентлари қуйидагича бўлади,  $\delta_i$  квадратларини хатоларини жамлаш учун барча нуқталарида оғирлик коэффициентларини ҳисобга олиш минимал бўлади ва  $a$  коэффициентларининг қийматини қуйидаги ифодалаш учун минимал шартдан топиш керак бўлади:

$$Q = \sum_{i=1}^N g_i \delta_i^2 = \sum_{i=1}^N g_i [\varphi(x_i, y_i) - \varphi_i]^2 = \sum_{i=1}^N g_i (a_0 + a_1x_i + a_2y_i - \varphi_i)^2 \quad (5)$$

бу ерда,  $\varphi_i$  — метеорологик бўйича ўлчанган об-ҳаво параметрлари қийматини ўрнатилган координаталар ва нуқтаси  $(x_i, y_i)$ .

Оғирлик коэффициентларини танлаш ( $\delta_i$ ) учун ҳар қандай вариант учун мос, уларни аниқлаш учун умумий методологияси йўқлиги, қоида тариқасида, экспериментлардан олинган маълумотларга асосланади. Масалан ( $\delta_i$ ) оғирликларни кўриб чиқаётган нуқтани метеорологик параметрини аниқлашда ўртача квадратик хатосига пропорционал деб қабул қилиш мумкин:

$$g_i = \frac{1}{\sigma_i}; \quad (6)$$

Кўриб чиқиладиган нуқтага яқинроқ бўлган жисмларга кўпроқ оғирлик бериш учун қабул қилинади. Масалан:

$$g_i = \frac{1}{1 + \alpha r_i^2}; \quad (7)$$

бу ерда,  $r$ - нуқтадан Зарафшон шаҳри тармоқ ва нимстанциялар цехигача бўлган масофа  $i$ ,  $\alpha$  — коэффициент.

Об-ҳаво параметрларини аниқ башорат қилиш учун турли даврдаги кузатишларни фазовий вақт ёки тўрт ўлчамли рақамларни таҳлил қилиш керак. Ушбу муаммони ҳал қилиш учун турли ёндашувлар мавжуд, улардан бири бу вақт фазовий координаталари мустақил ўзгарувчи ҳисобланади. Иккинчи ёндашув бу синхрон бўлмаган маълумотларни олдиндан белгиланган муддатда аниқлаш ва фазовий сон усулларини қўллашни таҳлил қилиш. Об-ҳаво маълумотларни синхрон бўлмаган ва

битта вақтга келтириш учун башорат модели қўлланилади. Башорат натижаларидан иккала ёндашувда ҳам маълумот сифатида қўшимча фойдаланиш мумкин. Синхрон бўлмаган кузатувлардан олинган маълумотлар усулига қараб, фазовий ва вақтинчалик рақамли таҳлилни амалга ошириш усули мавжуд. Метеорологик параметрларнинг фазода тақсимланишини ҳисоблашни амалга оширади ва фақат олдиндан белгиланган шартларини маълум кетма-кетлик учун тегишли  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , худудлар учун ёки бошқа ўзгаришлар билан берилган кузатув маълумотлари моментга боғлиқ, бу таҳлилнинг вақти билан ўзгаришига мос келмайди. Бундай ҳолда фазовий-вақтинчалик метеорологик параметрлар таҳлили схемасидан фойдаланилади. Фазовий вақтинча таҳлилни амалга ошириш учун башорат натижаларига мос келиши ва фақат белгиланган саналар учун эмас. Бу модел ҳар қандай вақт учун об-ҳаво параметрларини тақсимлашнинг энг аниқ усулидир. Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музнинг ҳолатини башорат қилиш учун Грин функциясидан фойдаланган ҳолда, тасодифий жойлашган интерполяция тугунлари билан худудни сплайн-аппроксимация функцияси билан баҳолаш энг истиқболлиси ҳисобланади. Юқори кучланишли электр узатиш линияларида об-ҳаво параметрлари ва муз юкламалар қийматини аниқлашда юқори кучланишли электр узатиш линиясини ҳар бир участкаси бир хил узунликдаги  $\delta r$  булақларга бўлинади. Бундай ҳолда нуқталарнинг координаталари куйидагича аниқланади:

$$x_i = x_6 + \frac{i \cdot \delta r (x_0 - x_6)}{\sqrt{(x_0 - x_6)^2 + (y_0 - y_6)^2}}; \quad (8)$$

$$y_i = y_6 + \frac{i \cdot \delta r (y_0 - y_6)}{\sqrt{(x_0 - x_6)^2 + (y_0 - y_6)^2}}; \quad (9)$$

бу ерда,  $x_i, y_i$  - координата  $i$ - ҳаво линия участкадаги нуқталар;  $i$  нуқта сони;  $x_0, y_0, x_6, y_6$  – ҳаво линия участка координаталари боши ва охири;  $\delta r$  – панжара майдончаси.

Синхрон бўлмаган кузатув маълумотларини фазовий-вақтинча ҳар бир нуқта вақт даврлари ёрдамида таҳлил қилиш усуллар танланди. Ўлчанадиган участкада  $\varphi$  (ҳаво ҳарорати, шамол тезлиги, шамол йўналиши, ҳаво намлиги) маълумотлар маълум бир вақт учун синхронлашган бўлади ва берилган  $t_0$  вақт ичида  $t_1, t_2, t_3$  моменти башорат қилинади ва вақт доимийлари учун яқинлаштирувчи Сплайн-аппроксимация функцияси ёрдамида тармоқнинг барча нуқталарида параметр қийматлари аниқланади.

Метеорологик параметрларнинг Сплайн функцияси қуйидагича:

$$\varphi(x, y) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \lambda_i ((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2) \ln((x - x_i)^2 + (y - y_i)^2) +$$

$$+v_{00} + v_{10}x + v_{01}y; \quad (10)$$

бу ерда,  $\lambda_i, v_{00}, v_{10}, v_{01}$  -Сплайн функцияси **коэффициенти**.

Коэффициентлар кўйидаги Gauss тенгламалар системаси усули орқали аниқланади:

$$\begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{1N} & 1 & x_1 & y_1 \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2N} & 1 & x_2 & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & 0 & 1 & x_N & y_N \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_1 & x_2 & \dots & x_N & 0 & 0 & 0 \\ y_1 & y_2 & \dots & y_N & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_N \\ v_{00} \\ v_{10} \\ v_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dots \\ \varphi_N \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$\text{бу ерда, } a_{ij} = \left( (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \right) \ln \left( (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \right); \quad (12)$$

Ушбу усулдан фойдаланганда интерполяция тугунига якин бўлган ( $x$ ,  $y$ ) сплайн функцияси қийматларини аниқлай олмаймиз. Ҳисоблашларни соддалаштириш ва камайтириш учун Gauss усулидан фойдаланиб, чизиқли ўзгарувчиларни алмаштириш орқали координаталарни нормал ҳолатга келтираемиз:

$$x' = (x - x_{min})/\Delta_{max}, y' = (y - y_{min})/\Delta_{max}; \quad (13)$$

$$\text{бу ерда, } \Delta_{max} = \max(x_{max} - x_{min}, y_{max} - y_{min}); \quad (14)$$

$$x_{max} = \frac{\max x_i}{i=1,N}, x_{min} = \frac{\min x_i}{i=1,N}; \quad (15)$$

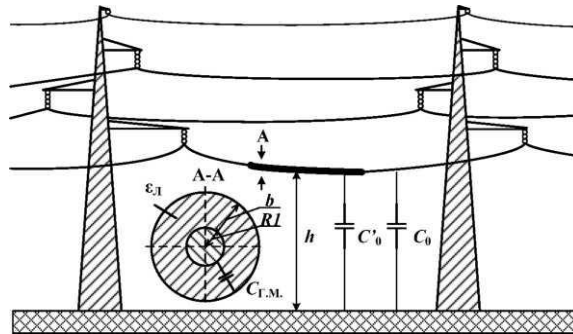
$$y_{max} = \frac{\max y_i}{i=1,N}, y_{min} = \frac{\min y_i}{i=1,N}; \quad (16)$$

Шундай қилиб, юқорида кўрсатилган усуллардан фойдаланиб, юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш жараёнларини назорат қилиш етарли бўлган тақдирда, электр узатиш линиясини исталган нуқтасида музлаш қийматини аниқлаш мумкин.

Юқори кучланишли электр узатиш линияларида қор ва муз қопламаларининг ҳосил бўлиш жараёнларини юқори частотали сигналлар орқали аниқлаш мезонлари назарий жиҳатдан ҳисобланиб, «Зарафшон-Бессопан» ва «Бессопан-Горний» юқори кучланишли электр узатиш линиялари учун қор ва муз қопламаларининг ҳосил бўлиш жараёнларини аниқлашнинг математик модели ишлаб чиқилди. Натижада, юқори



кучланишли электр узатиш линия симларида қор ва муз қопламаларини ҳосил бўлиш жараёнининг параметрларини математик усулда аниқлаш имконини берди



4-расм. Электр узатиш линия схемасида қор ва музларнинг кўриниши

Электромагнит тўлқиннинг тарқалиш тезлиги  $V'$  нинг ҳосил бўлган музли муфтани қалинлигига боғлиқлигини аниқлаймиз:

$$V' = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{Л}} \cdot \ln\left(\frac{h}{R_1+b} - 1\right) + \varepsilon \cdot \ln\left(1 + \frac{b}{R_1}\right)}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_{\text{Л}} \cdot L_0}}; \quad (17)$$

бунинг натижасида электрмагнит тўлқиннинг тарқалиш тезлиги камаяди ва музли муфтанинг қалинлиги катта бўлади.

Электр узатиш линияларида  $\Delta l$  сигналининг кечикиши бу масофанинг ортиши ва линияларда музнинг пайдо бўлишидир, яъни кўйидаги формуладан аниқланади:

$$\Delta l = c \cdot l \cdot \sqrt{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot L_0} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \ln\left(1 + \frac{b}{R_1}\right) + \varepsilon_{\text{Л}} \cdot \ln\left(\frac{h}{R_1+b} - 1\right)}} - \frac{1}{\sqrt{\ln\left(\frac{h}{R_1}\right)}} \right); \quad 18$$

Линияларда қор ва муз қатламларининг мавжуд ва мавжуд бўлмаган ҳолларида амплитудаларнинг боғлиқлиги  $K_U$  (сигнал сусайиши)га тенг:

$$K_U = \left(1 - \sqrt{\frac{P}{P_0}}\right)^l = \left(1 - \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\text{Л}}} \cdot \frac{\ln\left(1 + \frac{b}{R_1}\right)}{\ln\left(\frac{h}{R_1+b} - 1\right)}} \cdot \text{tg} \delta\right)^l; \quad 19$$

Амплитуда сигнали  $K_U$  пасайишининг  $b$  муз девори қалинлигига боғлиқлик графиги келтирилган. Ушбу графикдан шуни аниқлаш мумкинки,  $b$  муз деворининг қалинлиги катталашган сари амплитуда сигнали камаяди.



5-расм. (а) Импулс кечикишининг  $\Delta t$  га боғлиқлиги  
(б)  $K_U$  музли муфтанинг узатиш коэффиценти.

Олиб борилган илмий тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатдики, агар 1 км масофада юқори кучланишли электр узатиш линия симларида 50 мм муз билан қопланса, амплитуда сигнали 12% га камаяди. Юқори кучланишли электр узатиш линияларида муз қатламлари шаклланганда  $K_U$  сигналининг пасайиши ва  $\Delta l$  сигналининг кечикишини назарий жиҳатдан асослаб,  $b$  қор ва муз девор қалинлиги ва муз қатламларининг узунлигини қўйидаги формуладан аниқланади:

$$b = \frac{R_1}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot \left[ \frac{\varepsilon_{\text{л}} - \varepsilon}{\varepsilon_{\text{л}} R_1^2} \cdot \frac{c^2 e^2 2\pi \varepsilon_0 \varepsilon l_0 \ln \frac{h}{R_1}}{[\Delta l \cdot \ln \frac{h}{R_1} + \varepsilon l 2\pi \varepsilon_0 \varepsilon l_0]^2} \right]^{\varepsilon_{\text{л}} \left(1 - k \frac{1}{e}\right)} ; \quad (20)$$

Юқори кучланишли электр узатиш линияларида қор ва муз қопламаларининг ҳосил бўлиш жараёнларини юқори частотали сигналлар орқали аниқлаш мезонлари назарий жиҳатдан ҳисобланиб, “Электр узатиш линиялари симлари бўйлаб импульс сигналларининг тарқалиш шароитларида муз шаклланишининг таъсирини ҳисоблаш” мавзусида Ўзбекистон Республикаси адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлигининг DGU 07705 рақамли гувоҳномаси мавжуд.

**“Музлаш жараёнида электр узатиш линияларининг ишлаш самарадорлигига етказиладиган зарарларнинг таъсирини экспериментал тадқиқ этиш”** деб номланган тўртинчи бобда юқори кучланишли электр узатиш линияларида музнинг массаси ошиши, натижасида етказилган зарар миқдорини аниқлашга қаратилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилган ва зарарни баҳолашнинг усуллари ишлаб чиқилган ва кўплаб саноат корхоналарига етказилган зарарлар таҳлил қилинган.

Экспериментал тадқиқотлар натижасида 2018 йил 31 декабрдан 2019 йил 4 январгача шамол ва муз таъсирида Зарафшон-Бессопан 220 кВ юқори кучланишли электр узатиш линиясида технологик бузилишлар содир бўлганлиги аниқланди. Натижада, Марказий кон бошқармасига қарашли қуйидаги ишлаб чиқариш корхоналарини тармоқдан узилишига олиб келди:

-иккинчи гидро металлургия заводи (ГМЗ-2) - 21,6 МВт, 2 соат 20 минут;

-тик-қия конвери (КНК-270) - 1,8 МВт, 54 минут;

-олтинни уюмда танлаб эритиш цехи (ЦКВЗ) - 42,2 МВт, 3 соат 05 минут;

-даврий оқим технологияси (ЦПТ) - 13,9 МВт, 2 соат 21 минут;

-қизилқум фасфарит мажмуаси (КФК PALKAL) - 3,1 МВт, 1 соат 20 минут.

Зарарлар миқдорини аниқлашнинг баъзи умумий қоидаларини кўриб чиқилган. Электр энергиянинг тармоқдан узилиши энерго тизимига  $\varphi_{\text{сис}}$  ва истеъмолчига  $\varphi_{\text{ист}}$  ҳам зарар етказади.

$$\varphi = \varphi_{\text{сис}} + \varphi_{\text{ист}}; \quad (21)$$

Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музнинг массаси ошиши, яъни авария ҳолатини олдиндан аниқлаш чора тадбирлари амалга оширилса, ишлаб чиқариш корхоналарининг зарар миқдорини камайтириш мумкин. Ишлаб чиқариш корхоналари истеъмолчисига етказиладиган зарарлар миқдорини икки кўрсаткичга бўламиз:

$$\varphi_{\text{ист}} = \varphi_{\text{тз}} + \varphi_{\text{қз}}; \quad (22)$$

бу ерда,  $\varphi_{\text{ист}}$  - авария ҳолати натижасида истеъмочидаги зарар миқдори;  $\varphi_{\text{тз}}$  - авария ҳолати натижасида тармоқдан узилишида тўғридан-тўғри зарар миқдори;  $\varphi_{\text{қз}}$  - кўшимча зарар миқдори.  $\varphi_{\text{тз}}$  - тўғридан-тўғри зарар миқдори бу техник жараён бўлиб унга, материал ва маҳсулот сифатининг бузилиши, ускуна, қурилмаларни ишсиз ҳолатга келиши ва хизмат муддати қисқартирилиши, технологик жараённинг техник иқтисодий кўрсаткичларини ёмонлашиши ҳамда ишчи-ходимларнинг бўш қолиши билан боғлиқ ишлаб чиқариш харажатлари ва бошқалар киради. Тўғридан-тўғри зарар миқдори қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\varphi_{\text{тз}} = \varphi_{\text{тс}} + \varphi_{\text{т}}(t) + \varphi_{\text{т}}(t_{\text{тех}}); \quad (23)$$

бу ерда,  $\varphi_{\text{тс}}$  - электр таъминотининг узилиш оқибатида аниқланган зарар;  $\varphi_{\text{т}}(t)$  - зарар миқдори электр таъминотидаги узилишлар давомийлигига қараб (электр таъминоти тизимидаги зарар миқдорини тиклаш вақти);  $\varphi_{\text{т}}(t_{\text{тех}})$  - технологик жараённи тиклаш харажатларини ҳисобга олувчи зарар.

Тўғридан-тўғри зарар миқдори қуйидаги омилларга боғлиқ бўлади:

-юқори кучланишли электр узатиш линияларининг тармоқдан узилиш давомийлиги;

-технологик жараённинг хусусиятлари;

-ишлаб чиқаришнинг муаян босқичлари билан ишдан чиқиш жараёнининг мос келиши ва бошқалар.

Кўшимча зарарлар миқдorigа  $\varphi_{\text{қ}}$  қуйидагилар киради:

-авария ҳолатларда саноат корхоналарининг тармоқдан узилиши ишлаб чиқаришнинг пасайишига олиб келади ва уни қоплаб бўлмайди;

-авария ҳолатларда саноат корхоналарининг тармоқдан узилиши сабабли рудани қайта ишлаш миқдори камаяди ва зарар миқдорини қоплаш учун кўшимча ишчи кучи талаб этилади;

-маҳсулот тури бўйича зарар миқдорини қоплаш мақсадида технологик жараёнларнинг иш режимига ўзгартиришлар киритилади;

-авария ҳолатларда саноат корхоналарининг тармоқдан узилиши корхонанинг захира миқдorigа ҳам таъсир кўрсатади.

Ишлаб чиқариш жараёнига зарар етказилиши мумкин бўлган энг кам иқтисодий зарар ва иқтисодий жиҳатдан паст даражада ишончилигини аниқлаш лозим. Ишлаб чиқариш жараёнларини узлуксиз электр энергия билан таъминлаш учун ишончилилик муаммоларини ҳал қилиш электр тизими параметрларининг қийматларига боғлиқ бўлиши керак. Шунинг учун, ҳозирги кунда, энг кенг тарқалган ўзига хос зарар қуйидагича аниқланади. Ишлаб чиқаришда маҳсулот бирлиги (*маҳсулот/бирлиги*); электр таъминотида бир соатлик тармоқдан узилиши (*маҳсулот/соат*); ишлаб чиқаришда ўрнатилган қувват (*кВт/с*); бир маҳсулот турига сарфланадиган электр энергияси (*кВт/с*) ушбу кўрсаткичлар ёрдамида зарарлар миқдори ҳисобланади.

Юқорида келтирилган экспериментал маълумотлар асосида, юқори кучланишли электр узатиш линиясининг музлаши оқибатида Навоий вилоятининг Зарафшон худудидаги Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли бир қанча объектларнинг тармоқдан узилишида етказилган зарарларнинг ҳажми ва миқдорини назарий жиҳатдан қуйидагича аниқлаймиз:

$$\varphi = Pt + Zt + Ot + \beta t + \mu t + \gamma t; \quad (24)$$

бу ерда,  $\varphi$ - корхонанинг тармоқдан узилиши вақтида етказилган умумий зарар миқдори;  $Pt$ - актив қувватни вақтга боғлиқлиги, МВт/соат;  $Zt$  –рудани ҳажми, м<sup>3</sup>/соат;  $Ot$ - рангли метал массасининг вақтга боғлиқлиги, кг;  $\beta t$ - олинандиган соф фойданинг вақтга боғлиқлиги, сўм/соат;  $\mu t$ - ишлаб чиқариш самардорлигининг пасайиши, сўм/соат;  $\gamma t$ - бошқа қўшимча эксплуатацион харажатлар, сўм/соат.

Натижада истеъмолчига етказилган тўлиқ иқтисодий зарарни қуйидаги формула орқали аниқлаймиз:

$$\varphi = \gamma \cdot (\gamma_0 + \gamma_{t/w} \cdot T_{в/хис.}) \frac{W_{хис.} - W_{узил.}}{8760} \cdot \omega_{хис.}; \quad (25)$$

бу ерда,  $\gamma$ - ишлаб чиқариш жараёнининг тармоқдан узилиш вақтида чеклаш даражасини ҳисобга олувчи коэффициент;  $\gamma_0$ - қувват йўқотилиши билан боғлиқ бўлган аниқ зарарнинг солиштирма таркибий қисми, сўм/(маҳсулот бирлигини тўхташи);  $\gamma_{t/w}$ - иккиламчи ишлаб чиқаришнинг солиштирма зарари, сўм/кВт\*соат;  $T_{в/хис.}$ -аварияни бартараф этиш вақти, соат;  $W_{хис.}$ - корхонанинг нормал режимда ҳисобланган қувват сарфи, кВт\*соат/йил;  $W_{узил.}$ - корхона тармоқдан узилган вақтдаги ҳақиқий энергия истеъмоли, кВт\*соат/йил;  $\omega_{хис.}$ - авария ҳолати натижасида линия узилишларининг тахмин қилинаётган интенсивлиги, 8760 соат ёки 365 кун.

Юқори кучланишли электр узатиш линия симларида муз ҳосил бўлиш сабабларини ўрганиш ва уларни бартараф этиш бўйича самарали усулларни ишлаб чиқиш учун бир қатор илмий-тадқиқот изланишлар

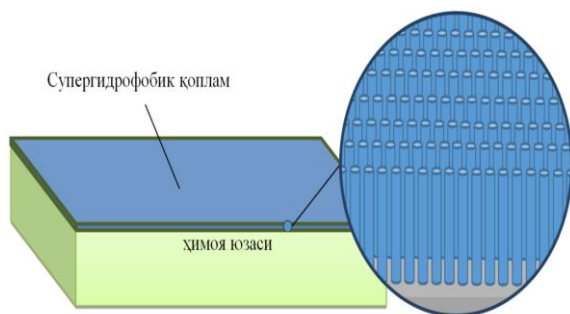
Ўтказилди. Натижада, юқори кучланишли электр узатиш линия симларида муз ҳосил бўлишини бартараф этиш бўйича ишлаб чиқилган усул асосида материалларнинг ҳимоя қатламини мустақкамлаш ва чидамлилигини ошириш мақсадида янги супергидрофоб қоплама тавсия этилди. Ушбу усул амалиётга жорий этилганда юқори кучланишли электр узатиш линия симларида қор ва музларнинг шаклланиш хавфини сезиларли даражада камайтириш имконини берди

**Табиий кадмий силикатига асосланган супергидрофоб қоплама таркиби**

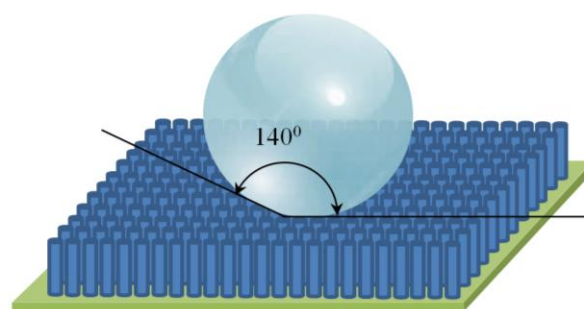
№ т/р	Таркиб номи	Ҳоиз
1	Валлостонит	38%
2	Канакунжут ёғи	18%
3	ФС-3 боғловчи фосфат	1,2%
4	Ацетон	0,9%
5	Эпоксид (синтетик) смола	4,5%
6	Рух кукуни	14%
7	Техник спирт	3,4%
8	Хлорид кислота	20%

**Тўйинган углеводородларнинг мумсимон аралашмалари асосидаги супергидрофоб қопламанинг таркиби**

№ т/р	Таркиб номи	Ҳоиз
1	Саноат парафини	53%
2	Канакунжут ёғи	9%
3	ФС-3 боғловчи фосфат	0,02%
4	Глицерин (оддий спирт)	15%
5	Эпоксид (синтетик) смола	4,5%
6	Рух тузи	0,4%
7	Техник спирт	18,08%



**6-расм. Ҳимоя юзасининг умумий кўриниши**



**7-расм. Намланиш бурчаги**

**Супергидрофоб ҳимоя қатламисиз намланиш бурчаги**

	- 4 ° С	- 7 ° С	- 10 ° С	- 14 ° С
<b>Намланиш бурчаги α°</b>	86	88	86	88
	87	86	86	89
	83	89	87	89
	88	87	85	89

## Супергидрофоб қопламаларнинг ҳисобий натижалари

Маҳсулот номи	Қатлам қалинлиги, мм	Намланиш бурчаги, $\alpha^{\circ}$	Атроф-муҳит ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$
Табиий кадмий силикатига асосланган супергидрофоб қоплама таркиби	0,04	145	-4
	0,037	142	-7
	0,037	143	-10
	0,038	143	-14
Тўйинган углеводородларнинг мумсимон аралашмалари асосидаги супергидрофоб қоплама таркиби	0,039	151	-4
	0,036	148	-7
	0,028	147	-10
	0,032	148	-14



**8-расм. Ишлов берилмаган алюминий пластинасининг юзаси**



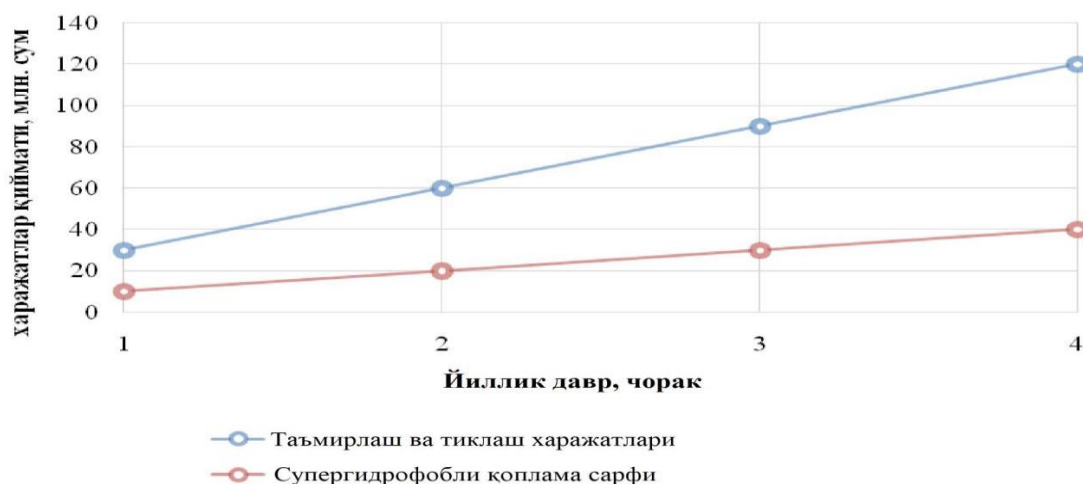
**9-расм. Табиий кадмий силикатига асосланган супергидрофоб қоплама билан ишлов берилган юзанинг умумий кўриниши**



**10-расм. Тўйинган углеводородларнинг мумсимон аралашмаларига асосланган супергидрофоб қоплама билан ишланган юзанинг умумий кўриниши**

### Супергидрофоб қопламани ишлаб чиқариш ва қўллаш сарф-харажатлари

№	Сарф харажатлар	1 кг қоплама учун барча компонентлар жамланмаси, млн.сўм	1 кг қоплама тайёрлашга кетадиган технологик харажатлар, млн.сўм	Махсус қурилма ёрдамида қоплаш, млн.сўм
1	Табиий кадмий силикатига асосланган супергидрофоб қоплама таркиби	2 014 879,25	1 015 890,20	1 042 890,00
2	Тўйинган углеводородларнинг мумсимон аралашмалари асосидаги супергидрофоб қоплама таркиби	1 889 650,09	890 248,25	1542 890,00



**11-расм. Техник-иқтисодий асослаш графиги.**

Ушбу усулдан фойдаланишда супергидрофоб қоплама зарур зичликда эмулсия эритмаси шаклида электр линияси юзасига қўлланилди. Қўллаш технологияси супергидрофоб қоплама таркибидаги металл кўшимчаларининг қутбланишини назарда тутди. Қоплама пневматик пушкаш ёрдамида, ҳарорат режимига риоя қилган ҳолда амалга оширилади. Қўллаш жараёни электр узатиш линиясида кучланиш бўлмаганда амалга оширилади

Навоий кон-металлургия комбинатига қаршли Марказий кон бошқармаси учун таклиф этилган Навоий вилоятининг Зарафшон худуди шароитида юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялардан фойдаланишнинг иқтисодий самарадорлиги юқори кучланишли электр узатиш линиялари учун сарфланадиган маблағларни бир йилда 173 000 000 (бир юзи етмиш уч миллион) сўмга тежаш имконини берди

## ХУЛОСА

«Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаши оқибатидаги зарарни тадқиқ этиш. (Ўзбекистон Республикаси Навоий

вилояти мисолида)» мавзусидаги диссертация ишининг асосий илмий – тадқиқот натижалари қуйидагилардан иборат:

1. Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлашига қарши курашишда мавжуд усуллар, қурилма ва тизимлар ҳамда авария ҳолатларнинг сабаблари таҳлил қилинди. Натижада, электр узатиш линияларида қор ва музларнинг мавжудлиги авария ҳолатига олиб келишини аниқлаш бўйича тадқиқотлар олиб бориш имконини берди.

2. Юқори кучланишли электр узатиш линияларида қор ва муз йиғилмаларини массасининг ортиши оқибатида таянчлар, симлар, трослар, изоляторларнинг гирляндлари, арматураларнинг бузилиши натижасида келиб чиқадиган зарарлар аниқланди. Натижада, электр узатиш линия симларидаги қор ва муз йиғилмаларини ҳосил бўлиш жараёнларини тадқиқ этиш усулларини такомиллаштириш имконини берди.

3. Юқори кучланишли электр узатиш линияларининг музлаш жараёнини экспериментал тадқиқ этиш усуллари аниқланди. Натижада Зарафшон шаҳрининг шимоли-шарқида жойлашган тўрта музлашга мойил бўлган юқори кучланишли электр узатиш линияларини тадқиқ этиш имкони яратилди.

4. Навоий вилоятининг Зарафшон ҳудудидан ўтувчи юқори кучланишли электр узатиш линияларида музли ҳолатларнинг ривожланиш жараёнларини башорат қилинди. Натижада, юқори кучланиш электр узатиш линияларида музлаш жараёнини тадқиқ этишнинг математик моделлаштириш имкони яратилди.

5. Навоий вилоятининг юқори кучланишли электр узатиш линиялари учун қор ва муз жараёнларини аниқлашнинг математик моделлари ишлаб чиқилди. Натижада, қорхоналарининг тармоқдан узилишида уларга етказиладиган тўлиқ иқтисодий зарарларнинг ҳажми ва миқдорини аниқлаш имкони яратилди.

6. Навоий вилоятининг Зарафшон ҳудуди шароитида юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди. Натижада ушбу тавсиялар электр узатиш линия симларининг музлаши оқибатида келиб чиқадиган зарарларни йўқотишда хизмат қилади ҳамда юқори кучланишли электр узатиш линиялари учун сарфланадиган маблағларни тежаш имконини берди.

7. Навоий вилоятининг Зарафшон ҳудуди шароитида юқори кучланишли электр узатиш линияларида музлаш ҳолатларини бартараф этиш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли Марказий кон бошқармаси жорий этилди. Натижада, Навоий кон-металлургия комбинатига қарашли Марказий кон бошқармаси учун сарфланадиган маблағларни бир йилда 173 000 000 (бир юзи етмиш уч миллион) сўмга тежаш имконини берди.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ  
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**



## LIST OF PUBLISHED WORKS

### I бўлим (I часть; I part )

1. Аллаев К.Р., Жураев М.Ж., Алиев А.М., Рахмонов Ф.Н. Функция Ляпунова в квадратичной форме и статическая устойчивость электрических систем // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения». - Ташкент, 2009.- № 1.- С.22-32. (05.00.00; №21)

2. Рахмонов Ф.Н. Региональная энергетическая политика энергоснабжения // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник». - Навои, 2012. - № 1.- С.105-106. (05.00.00; №7)

3. Қаршибаев А.И., Рахмонов Ф.Н. Analysis Condition of Icing Problem in the Electrical Transmission Lines of High Voltage under the Conditions of Navoi Region // «International journal of advanced research in science engineering and technology». - Индия, 2019. - №5. – С. 9074-9077.

4. Қаршибаев А.И., Атауллаев Н.О., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Determination and collection of technical data ice ling of high voltage electric transmission lines (On the example of the air line Zarafshan-Besopan (LZB)-220 kV) // «International journal of advanced research in science engineering and technology». – Индия, 2019. - №6. – С. 11012-11017.

5. Сунликумар.М., Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Супергидрофобные покрытия в качестве метода предотвращения образования гололеда на воздушных линиях электропередач // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник». – Навои, 2019. – №4. –С. 100-102. (05.00.00; №7)

6. Холбоев Г.О., Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Предотвращения образования гололеда на воздушных линиях электропередач // Научно-технический журнал «Проблемы энерго-и ресурсосбережения». -Ташкент, 2019. – №3-4 –С-365-369. (05.00.00;№21)

7. Баранова М.П., Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Снижение интенсивности образования наледи на линиях электропередач высокого напряжения, путем нанесения супер гидрофобного покрытия // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник». – Навои, 2020. – №1. –С. 111-115. (05.00.00; №7)

8. Касобов Л.С., Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Юқори кучланишли электр узатиш линияларида музни олдини олиш бўйича услубий кўрсатмалар ишлаб чиқиш // Научно-технический и производственный журнал «Горный вестник». – Навои, 2020. – №2. –Б. 96-97. (05.00.00; №7)

### II бўлим (II часть; II part)

9. Рахмонов Ф.Н. О современном состоянии и перспективная развития электроэнергетики Узбекистана // Материалы международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно- металлургической отрасли и пути их развития». –Навои, 2010.- С. 195.

10. Эшев Х.Х., Рахмонов Ф.Н. Реализация комплекса мер по снижению энергоёмкости // Материалы Республиканской научно-технической конференции «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». - Навои, 2012. –С. 302.

11. Рахматов Ё.И., Хужанов Б.К., Рахмонов Ф.Н. Исследование статической устойчивости электрических систем функцией Ляпунова в квадратичной форме // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли». - Навои, 2013 –С. 249.

12. Рахмонов Ф.Н. Концепция перехода к устойчивому развитию и региональная энергетическая политики Узбекистана и в других странах // Республиканской научно-технической конференции «Перспективы науки и производства химической технологии в Узбекистана».- Навои, 2014 – С. 162.

13. Эшев Х.Х., Рахимов Ф.М., Рахмонов Ф.Н. Навоий иссиқлик электр станциясининг Ўзбекистон энерготизимидаги тутган ўрни // Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс проблемы и их решения материалы».- Олмалик, 2015- Б.213.

14. Рахмонов Ф.Н. Навоий иссиқлик электр станциясининг Ўзбекистон энерготизимидаги тутган ўрни // Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс проблемы и их решения материалы».- Навои, 2015 – Б. 255.

15. Рахмонов Ф.Н. Функция Ляпунова в квадратичной форме и статическая устойчивость электрических систем // Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс проблемы и их решения материалы».- Навои, 2015 – С. 232.

16. Рахмонов Ф.Н. Функция Ляпунова в квадратичной форме и статическая устойчивость электрических систем // Республиканской научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс проблемы и их решения материалы».- Навои, 2017 – С. 162.

17. Хамзаев А.А., Истамов М.Ф., Рахмонов Ф.Н. Исследование статической устойчивости НТЭС методом функцией Ляпунова в квадратичной форме // Международна научный журнал «Молодой учёный».- Москва, 2017-№43.-С. 177-185.

18. Товбаев А.Н., Хамзаев А.А., Усмонов М.З., Рахмонов Ф.Н. Энергоэффективности в Электроприводе дутьевого вентилятора с двухскоростным асинхронным электродвигателя // Научный журнал «Интернаука».- Москва, 2017-№24 (28).-С. 41-45.

19. Қаршибаев А.И., Атауллаев Н.О., Рахмонов Ф.Н. Анализ состояния проблемы обледенения в линиях электропередачи высокого напряжения в условиях Навоийского региона // Материалы международного научного семинара им. Ю.Н.Руденко «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики».- Ташкент, 2019- С. 105.

20. Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Содиков Ю.С., Туйева Ш.К., Рахмонов Ф.Н. Prevention of ice formation on overhead power lines // Халқаро илмий-амалий анжумани материаллари «Зарафшон воҳасини комплекс инновацион ривожлантириш ютуқлари, муаммолари ва истикболлари».- Навоий, 2019- Б. 633-636.

21. Қаршибаев А.И., Хамидов А.А., Рахмонов Ф.Н. Расчет влияния гололёдных образований на условия распространения импульсных сигналов по проводам линий электропередачи // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистана . Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 07705. 07.02.2020.

22. Қаршибаев А.И., Рахмонов Ф.Н. Исследование ущерба за счет обледенения линий электропередач высокого напряжения // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистана. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 07704. 07.02.2020.

23. Қаршибаев А.И., Рахмонов Ф.Н., Абдуллаев Ф.А., Хайруллаев И.Р. Разработка рекомендации по устранению обледенения на линиях электропередач высокого напряжения // Сборник статей XXI международной научно-практической конференции, Пенза «Инновационные научные исследования теория, методология, практика».- Россия, 2020- С.22-27.