

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021. Т.06.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА ТУЗИЛГАН
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ЭШМУРОДОВ ЗИЁДУЛЛО ОРИПОВИЧ

**КОН ТРАНСПОРТ ТИЗИМЛАРИДА РОСТЛАНУВЧИ ЭЛЕКТР
ЮРИТМАЛАР АСОСИДА ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС ТЕЖАМКОР
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**04.00.16 – Кон машиналари;
05.05.01 – Энергетик тизимлар ва мажмуалар**

**техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Навоий – 2021

Докторлик диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата докторской диссертации
Content of the abstract of doctoral dissertation

Эшмуродов Зиёдулло Орипович

Кон транспорт тизимларида ростланувчи электр юритмалар
асосида энергия ва ресурстежамкор технологиялар.....3

Эшмуродов Зиёдулло Орипович

Энерго- и ресурсосберегающие технологии на основе
регулируемого электропривода в горнотранспортных системах.....27

Eshmurodov Ziyodullo Oripovich

Energy and resource-saving technologies based on adjustable electric
drive in mining transportation systems.....51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works. 55

**НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.17/04.06.2021.Т.06.02
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА ТУЗИЛГАН
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

ЭШМУРОДОВ ЗИЁДУЛЛО ОРИПОВИЧ

**КОН ТРАНСПОРТ ТИЗИМЛАРИДА РОСТЛАНУВЧИ ЭЛЕКТР
ЮРИТМАЛАР АСОСИДА ЭНЕРГИЯ ВА РЕСУРС ТЕЖАМКОР
ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

**04.00.16 – Кон машиналари;
05.05.01 – Энергетик тизимлар ва мажмуалар**

**техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси
АВТОРЕФЕРАТИ**

Навоий – 2021

Фан доктори (Doctor of Science) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида №B2021.1.DSc/T325 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Навоий давлат кончилик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.ndki.uz) ва «Ziyonet» Ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Бобожанов Махсуд Каландарович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Арипов Назиржон Мукаррамович
техника фанлари доктори, профессор

Умаров Фарходбек Яркулович
техника фанлари доктори, доцент

Джураев Рустам Умарханович
техника фанлари доктори, доцент

Етакчи ташкилот:


«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖ

Диссертация ҳимояси Навоий давлат кончилик институти ҳузуридаги DSc.17/04.06.2021.Т.06.02 рақамли Илмий кенгаш асосида тузилган бир марталик Илмий кенгашнинг 2021 йил «29» ноябр соат 15⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, sher-z@mail.ru).


Диссертация билан Навоий давлат кончилик институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (78 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 210100, Навоий шаҳри, Махмуд Таробий кўчаси, 72-уй, Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Диссертация автореферати 2021 йил 9 ноябр куни тарқатилди.
(2021 йил 9ноябр 38 рақамли реестр баённомаси).




И.Т.Мислибаев
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор


Ш.Ш.Заïров
Илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби, техника фанлари доктори, профессор


Н.А. Абдуазизов
Илмий даражалар берувчи Илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, техника фанлари доктори, доцент

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда технологик машина ва механизмлар самарадорлигини ошириш ҳамда электромеханик тизим элементларини такомиллаштириш орқали яхшилаш, энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, ташиш жараёнлари энергетик самарадорлигини ошириш учун электр механик мажмуаларни такомиллаштириш ва ростланувчи электр юритмаларни бошқариш, транспорт-технологик жараёнларининг самарадорлигини оширувчи техник восита ва технологияларни ишлаб чиқариш етакчи ўринни эгаламоқда. Ушбу соҳада частотавий ростланадиган электр юритмали кон транспорт ускуналарида энергия ва ресурс тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш, лентали конвейерлар, майдалагичлар ва уларни электр юритмаларини энергия самарадор иш режимларини ишлаб чиқиш, уларга таъсир кўрсатувчи асосий омилларни ҳисобга олган ҳолда, частотавий ростланувчи электр юритмаларни бошқариш схемаларини, янги энергия ва ресурс тежамкор технологияларни яратиш муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда кончилик корхоналари кон-транспорт тизимларини яхшилаш, электр механик тизим элементларини замонавий ростланувчи қурилмалар билан алмаштириш, бошқариш усулларида фойдаланиш орқали кон-металлургия саноатида энергия самарадор ва ресурс тежамкор технологияларни яратиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, кон транспорт тизимлари иш унумдорлигини ошириш, конвейер қурилмаларида электр энергия сарфини камайтириш, конвейер иш режимига таъсир этувчи омилларни аниқлаш мақсадида кон массаларини ташиш учун конвейер технологик схемасини тадқиқ қилиш, лентали конвейер ҳаракати умумий қаршилигига боғлиқ равишда конвейер юритмаси юкмасини аниқлаш ва «юк – лента – таянч ролик» тизими динамик моделини ишлаб чиқиш, лентали конвейер частотали ростланувчи энергия самарадор электр юритмаларини лойиҳалаш алгоритмининг ва математик моделини ишлаб чиқиш ва кон-транспорт тизими электр юритмаларининг кучли токли ташкил этувчиларини коммутациялаш учун ярим ўтказгичлар асосида контактсиз ишга туширгичларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда кон массаларини ташиш учун цикли оқим технологиялар ва тик қияли конвейерларни қўллаш, уларнинг самарадорлигини тадқиқ қилиш, энергия ва ресурс тежамкор технологиялар қўлланилиш самарадорлигини ошириш, электр энергия истеъмолини тежаш бўйича илғор илмий асосланган чора-тадбирлар ишлаб чиқилиб, бир қатор илмий-амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармонида¹ « энергия тежамкор ва экологик хавфсиз технологияларни яратиш ва ишлаб чиқаришга жорий қилиш бўйича илмий

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони // Ўзбекистон Республикаси норматив ҳужжатлар тўплами. – Т., 2017. – 103 б.

изланишларни кенгайтириш...» каби муҳим вазифалар белгиланган. Ушбу вазифалардан келиб чиққан ҳолда кон транспорт тизимларини энергия ва ресурс тежамкорлик самардорлигини ошириш, кон транспорт тизимлари тузилмаси ва конвейерлар рационал кўрсаткичларини аниқлаш ва тадқиқ қилиш, лентали конвейерлар самардорлигига таъсир қилувчи омилларни аниқлаш, ушбу конвейерларда ростланувчи электр юритмаларни қўллаш ва уларнинг динамик и энергетик тавсифларини шакллантириш усулларини ишлаб чиқиш вазифаларини бажариш илмий ва амалий аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси» тўғрисидаги 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон «2015-2019 йилларга мўлжалланган, ишлаб чиқаришни структуравий қайта тузиш, диверсификациялашни таъминлаш бўйича чора-тадбирлар дастури» тўғрисидаги Фармонлари ва 2019 йил 17 январдаги ПҚ-4124-сон «Кон-металлургия саноати корхоналари фаолиятини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарори ҳамда тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни бажаришда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мувофиқлиги. Мазкур илмий тадқиқот иши республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» йўналишига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи². Ростланувчи электр юритмалар асосида кон массасини қазииш ва ташиш жараёнларининг энергия самардорлигини оширишга, технологик ускуналарда энергия ва ресурс тежамкор режимларини жорий этишга, кон машиналари ва энергия ва ресурс самардорлигини ошириш усуллари ва бошқариш тизимларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказларида ва олий таълим муассасаларида, жумладан: Massachusetts Institute of Technology, University of Texas at Austin (АҚШ), Curtin University (Австралия), McGill University (Канада), Technische Universität Bergakademie Freiberg (Германия), Aalborg University (Дания), Kyushu University, Токио технологик институти (Япония), «Москва энергетика институти» ИТУ (Россия), Москва пўлат ва қотишмалар институти (Россия), Кузбасс давлат кончилик университети (Россия), Украина миллий кончилик университети (Украина), «Ўзбекэнерго» АЖ «Илмий техник маркази», Тошкент давлат техника университети ва Навоий давлат кончилик институтида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

Кон-металлургия саноатида энергия ва ресурс тежамкор технологияларни жорий этиш, рудани тайёрлаш ва ташиш жараёнларида

² Диссертациянинг мавзуси бўйича хорижий илмий-тадқиқотлар шарҳи www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amozon.com>, <http://www.mirknigi.ru> ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

энергия тежамкорликни ошириш, технологик ускуналарни бошқариш усулларини такомиллаштириш бўйича амалга оширилган тадқиқотлар натижасида қатор илмий натижалар олинган, жумладан: кон-металлургия саноатида машина ва механизмлар электр юритмаларини бошқариш назарияси ривожлантирилган (Maassachusetts Institute of Technology, АҚШ); умумсаноат машина ва механизмларининг энергия тежайдиган электр юритмалари учун ноаниқ мантикий ёндашув яратилган (McGill University, Канада); технологик жараёнларни ростланувчи электр юритма воситалари орқали оптимал бошқариш тизими ишлаб чиқилган (Aalborg University, Дания); бойитиш жараёнида кон машиналарининг энерготежамкор режимлари ишлаб чиқилган (AGH University of Science and Technology, Польша); автоматлаштирилган электр юритмаларни ишга тушириш режими ва динамик жараёнларини қуллаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган (Москва пўлат ва қотишмалар институти, Россия; University of Texas at Austin, АҚШ).

Жаҳонда кон транспорт тизимларида ростланувчи электр юритмалар асосида энергия ва ресурстежамкор технологияларни ишлаб чиқишга оид қуйидаги устувор йўналишлар бўйича қатор, жумладан, кон машиналари частотавий ростланувчи электр юритмалар воситаларида энергия ва ресурс тежамкорлик технологияларини ишлаб чиқиш; конвейерлар самарадорлигини ошириш ва конструкциясини такомиллаштириш; нейротўр технологиялар ва ноаниқ мантиқ назарияси асосида кон машина ва механизмлари ҳаракатини оптималлаштириш каби тадқиқот ишлари амалга оширилмоқда.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Мамалакатимизда кон-металлургия соҳаси илмини ривожлантиришга В.Р.Раҳимов, Қ.С.Санакулов, Н.И.Кучерский, Е.А.Толстов, Б.Р.Раимжанов, Ю.Д.Норов, О.Н.Мальгин, В.Н.Сытенков, У.Ф.Насиров, Ш.Ш.Заиров, И.Т.Мислибаев, А.М.Махмудов, Ж.Б.Тошов, Ф.Я.Умаров, Л.Н.Атакулов, Н.А.Абдуазизов ва бошқалар катта ҳисса қўшганлар.

Хориж амалиётида кон-металлургия саноатида кон массаларини қозиш ва ташишда энергия тежамкор технологиялар, кон машиналари энергия самарадор частотавий бошқариладиган электр юритмалари, кон машиналари ростланувчи электр юритмалари воситаларида энергия тежаш масалалари бўйича Н.Ф.Ильинский, А.Е.Козярук, А.М.Вейнгер, Р.Т.Шрейнер, И.Я.Браславский, В.И.Ключев, В.М.Завьялов, И.Ю.Семькина, В.К.Босе, М.Депенброк, G.Dong, J.Holtz, T.Noguchi, I.Takahashi, C.Thanga Raj ва бошқа олимлар шуғуланганлар.

Ўзбекистонда энергия ресурсларидан саноатда самарали фойдаланиш ва электр энергиясини истеъмол қилишни оптималлаш ва меъёрлаштириш, ростланувчи электр юритмалар воситасида электр моторлар энергетик самарадорлигини ошириш масалалари М.З.Хамудханов, К.Р.Аллаев, Т.Х.Насыров, Т.С.Камалов, Н.М.Арипов, М.К.Бобожанов, О.Х.Ишназаров, А.И.Қаршибаев, О.З.Тоиров, Қ.Ф.Абидов ва бошқа ўзбек олимлари ишларида кўриб чиқилган.

Олиб борилган илмий ишларга қарамасдан кон-транспорт тизими учун ростланувчи электр юритмалар асосидаги энергия ва ресурстежамкор технологиялар ишлаб чиқиш масалалари етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Навоий давлат кончилик институти илмий-тадқиқот режасига мувофиқ №БВ-Ф5-006 «Маҳсулот сифати ва ишлаб чиқаришни ошириш учун кон жинсларини қозиш, қайта ишлаш ва ташиш жараёнларини автоматик бошқариш тизими илмий асосларини ишлаб чиқиш», №БА-А3-035 «Тоғ-кон комплекслари электр юритгичлари динамик жараёнлари, энергия ва ресурс тежамкорлик режимлари», № ОТ–Атех-2018-357 «Контактсиз қурилмалар қўллаш йўли билан электр таъминоти тизимлари энергия самарадорлиги ва ишончлилигини ошириш» мавзуларидаги фундаментал ва амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади кон транспорт тизимларида ростланувчи электр юритмалар асосида конвейерлар энергия самарадорлигини ошириш имконини берувчи энергия ва ресурс тежовчи технологияларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

конвейер иш режимига таъсир этувчи конструктив ва технологик омилларни аниқлаш мақсадида кон массаларини ташиш учун конвейер технологик схемасини тадқиқ қилиш;

кон массаларини ташишда ростланадиган электр юритма иш режимини оптималлаш учун «конвейер-бункер-конвейер» тизими бўйича конвейер транспорти технологик схемасини тадқиқ қилиш;

лентали конвейер ҳаракати умумий қаршилигига боғлиқ равишда конвейер юритмаси юкламасини аниқлаш ва «юк-лента-таянч ролик» тизими динамик моделини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқиш;

юклама ва машина параметрлари, динамик кўрсаткичлари орасидаги боғлиқликни ўрнатиш мақсадида асинхрон электр юритмаларни ишга тушириш режимлари ва динамик жараёнларини тадқиқ қилиш;

частотали ростланадиган асинхрон электр юритмалардан фойдаланиш асосида конвейерларни ишлаш самарадорлигини аниқлаш алгоритмларини ишлаб чиқиш;

кон-транспорт тизими электр юритмаларининг кучли токли ташкил этувчиларини коммутациялаш учун ярим ўтказгичлар асосида контактсиз ишга туширгичларни яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида лентали конвейерлар ва кон-транспорт машиналари ва уларнинг кириш юк оқим функцияси бўйича ростланувчи электр юритмалари олинган.

Тадқиқотнинг предмети конвейерлар иш режимлари ва унинг электр юритмалари ҳамда уларни самарадорлик кўрсаткичлари ташкил этган.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишда кон машиналари ва электр юритмаларнинг замонавий усуллари, электр механик тизимларини

математик моделлаштириш, ишлаб чиқариш энергия самарадорлиги ва сифимдорлигини аниқлаш бўйича комбинациялашган усул, қиёсий таҳлил, аналитик ҳисоблаш ва статистик ишлов беришдан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги:

кон транспорт тизимларига қўйиладиган техник-технологик талабларни ҳисобга олган ҳолда лентали конвейерлар энергия самарадорлигини ошириш учун конвейерлар иш самарадорлигига таъсир этувчи конструктив ва технологик омиллар аниқланган;

кон массаларини ташиш учун конвейер транспорти мехатрон тизими иш режимини ростлаш имконини берувчи электр юритмаларга эга «конвейер-бункер-конвейер» тизими бўйича технологик схема асосланган;

тортиш қурилмаси ва юритмадаги юкламани аниқлаш, параметрларни оптималлаш ҳамда электр энергия исрофини минималлаш учун «юк-лента-таянч ролик» тизимида конвейер қурилмаси кучланиш-деформация ҳолатини аниқлаш усули ишлаб чиқилган;

конвейер юк ташиш самарадорлигини лента тезлигини ростлаш режимига ва юритма моторларини фойдали иш коэффициентига, шунингдек лента юкланиши характеридаги тасодифийликни ҳисобга олувчи ташишда ўртача меъёрий энергия сарфини шакллантирувчи жараён математик модели ишлаб чиқилган;

асинхрон электр юритмаларнинг динамик хусусиятларини аниқлаш учун юклама ва машина параметрлари, динамик қўрсаткичлар орасидаги ўзаро боғлиқликни ҳисобга олган ҳолда аналитик боғлиқликлар олинган;

кон массаларини ташишда энергия тежамкорлигига эришиш учун юклама ҳажми ва унумдорликни оширишни ҳисобга олувчи лентали конвейернинг частотавий ростланувчи электр юритмаларини ишлаш самарадорлигини аниқлаш алгоритми ва математик модели ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари:

лентали конвейерлардаги электр энергия сарфи ва энергия ва ресурс тежамкор иш режимларини аниқлаш усули асосида кон-транспорт тизимлари самарадорлигини ошириш учун амалий тавсиялар ишлаб чиқилган;

кон массаларини ташувчи конвейерлар учун электр энергия истеъмолини камайтирувчи, кучланишнинг кенглиги бўйича импульсли модуляцияланган (ШИМ) инверторли частотавий ростланадиган электр юритма ишлаб чиқилган;

тезлик контурига топширикни юк оқимининг ҳажми бўйича квантлаш блоклари ва жадаллаштириш топширгичи ёрдамида шакллантирадиган, юк оқимига боғлиқ тезликни ростлашни бошқариш схемаси ишлаб чиқилган;

юклама ҳажми ва унумдорликни ҳисобга олувчи лентали конвейерлар энергия самарадор ростланувчи электр юритмаларини яратиш учун алгоритмлар ва дастурий таъминотлар кўринишидаги инструментлар воситалар ишлаб чиқилган;

кон-транспорт тизими ёрдамчи қурилмалари юритмаларидаги бир ва уч фазали электр моторларни ишончли коммутациялашни таъминлаш учун ярим ўтказгичли элементлари базасида янги контактсиз ишга туширгичлар яратилган (FAP 01474, 03.01.2020; FAP 01506, 22.05.2020).

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги амалиётда математик усуллар ва моделларни қўлланилиши, уларни ўрганилаётган жараёни баҳолашни маълум мезонлари бўйича адекватлиги, маълум назарий ва экспериментал кўрсаткичларни қўлланилиши, аналитик ифодалар билан тасдиқланганлиги, шунингдек кон саноати корхоналарида ростланувчи электр юритмалар воситасида электр энергия йўқолишини камайтириш усуллари жорий этиш орқали асосланганлиги билан исботланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Олиб борилган тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти конвейер юритмалари юкламаларини «юк – конвейер лентаси – таянч ролик» тизимига боғлиқ аниқланганлиги, конвейер тизими энергия самарадорлигини ошириш имконини берувчи, ташиш қўндаланг кесимини ошириш ва максимал қиялик бурчагини, юклама ҳажми ва унумдорликни ҳисобга олувчи лентали конвейер юритмасини энергия самарадор ишини аниқлаш алгоритми ишлаб чиқилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти кон транспорт тизимларида ростланувчи электр юритмалар асосида энергия ва ресурс тежамкор техника ва технологияларни ишлаб чиқиш, юк оқимига боғлиқ тезликни ростлаш схемасини ишлаб чиқиш, шунингдек энергия ва ресурс тежамкор технологияларни кон-металлургия тармоғи корхоналарида қўллашга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Кон-металлургия саноатида кон массаларини ташиш учун частотавий-ростланувчи электр юритмаларини қўллаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

частотавий ростланувчи асинхрон электр юритмали конвейерлар энергия ва ресурс тежамкор иш режимлари ҳамда конвейер мехатрон тизимларида ишлаб чиқилган юк оқимига боғлиқ тезликни ростлаш схемаси Навоий кон-металлургия комбинати 4-сон гидрometаллургия заводида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 19 февралдаги 02-06-07/2040-сон маълумотномаси). Натижада, қўллаш электр энергия истеъмолини ўртача 30% га, мотор моментини ўта ростлашни 15% гача, юритма моторлари ўртасидаги юклама тенг тақсимланишини 10%га камайтириш имконини берган;

такомиллаштирилган лентали конвейерларни ишга туширишни бошқариш тизими Навоий кон-металлургия комбинати 4-сон гидрometаллургия заводида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 19 февралдаги 02-06-07/2040-сон маълумотномаси). Натижада, ишга тушириш режимларида электр энергия сарфи 15-25%га ва динамик ўта юкланишни 2-3 мартага камайтириш имконини берган;

рудани ташиш ва майдалашда энергия самарадорлик кўрсаткичларини яхшилаш учун кон массаларини ташиш ва майдалаш машина ва механизмлари энергия ва ресурс тежамкорлигини аниқлаш усули Навоий кон-металлургия комбинати 4-сон гидрометаллургия заводида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 19 февралдаги 02-06-07/2040-сон маълумотномаси). Натижада, бирлик маҳсулотни ишлаб чиқиш учун электр энергиянинг солиштирма меъёрини тоннасига 1кВт соатга тежаш имконини берган;

ярим ўтказгич элементлар базасида янги ишга туширгичлар ёрдамида кон транспорт тизими ёрдамчи қурилмалари учун уч ва бир фазали электр моторларини коммутациялаш жараёнини такомиллаштириш усули Навоий кон-металлургия комбинати 4-сон гидрометаллургия заводида амалиётга жорий этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2021 йил 19 февралдаги 02-06-07/2040-сон маълумотномаси). Натижада, технологик циклда сарфларни камайтириш, юритма асосий қисмлари ишлаш муддатини узайтириш ва кон транспорт тизимлари ёрдамчи қурилмалари юритмасидаги электр моторларни ишончли коммутациялаш имкони яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотларнинг натижалари 8 та республика ва 20 та халқаро илмий-амалий анжуманларида муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 68 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларда 20 та мақола, жумладан 18 та республика ва 2 та хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, олти боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 176 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

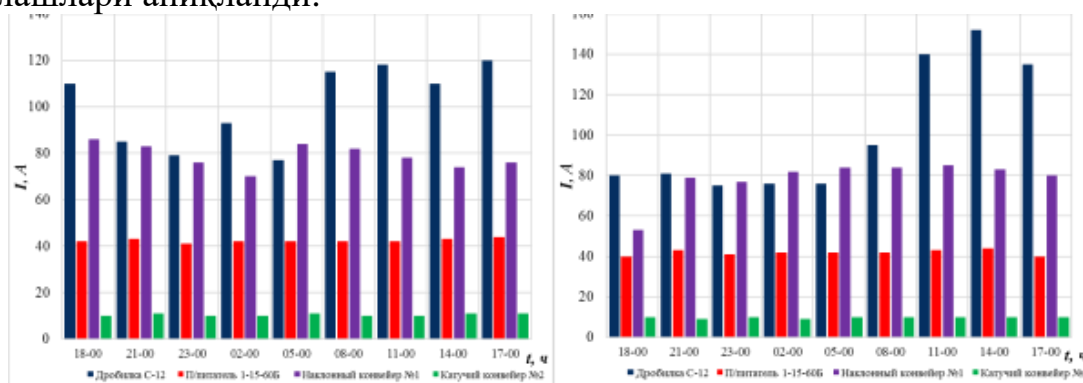
Кириш қисмида олиб борилган илмий тадқиқотнинг долзарблиги ва унга бўлган талаб, тадқиқот мақсади ва вазифалари асосланган, тадқиқот объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг амалиётга қўлланилиши, нашр қилинган ишлар ва диссертация тузилиши келтирилган.

Диссертациянинг «**Энергия ва ресурс тежамкор технологиялар ривожланишининг замонавий тенденциялари ва кон транспорти тизимлари энергия самарадорлигини ошириш бўйича амалга оширилган тадқиқотлар**» деб номланган биринчи бобида Зармитан олтин-

руда зонасидаги технологик схема ва ишлов бериш комплекси рудани ташиш схемаси таҳлил қилинган, назарий тадқиқотлар учун патент излаш ва адабиётлар таҳлили натижалари, юк оқимини конвейер тезлиги функцияси бўйича ростлаш бўйича ишлар таҳлили келтирилган, кон транспорт тизими энергия самарадорлигига таъсир кўрсатувчи асосий омиллар аниқланган.

1-расмда 4-сон гидрометаллургия заводида рудани тайёрлаш ва ташиш технологик схемаси қурилмалари электр моторлари юкламалари диаграммаси келтирилган.

Руда тайёрлаш ва руда ташиш мажмуаси технологик схемаси электр моторлари иш режими таҳлил қилинганда, электр моторлари номинал юкламаларининг ярмидан камроқ яъни 33,7-50,39% юклама билан ишлашлари аниқланди.



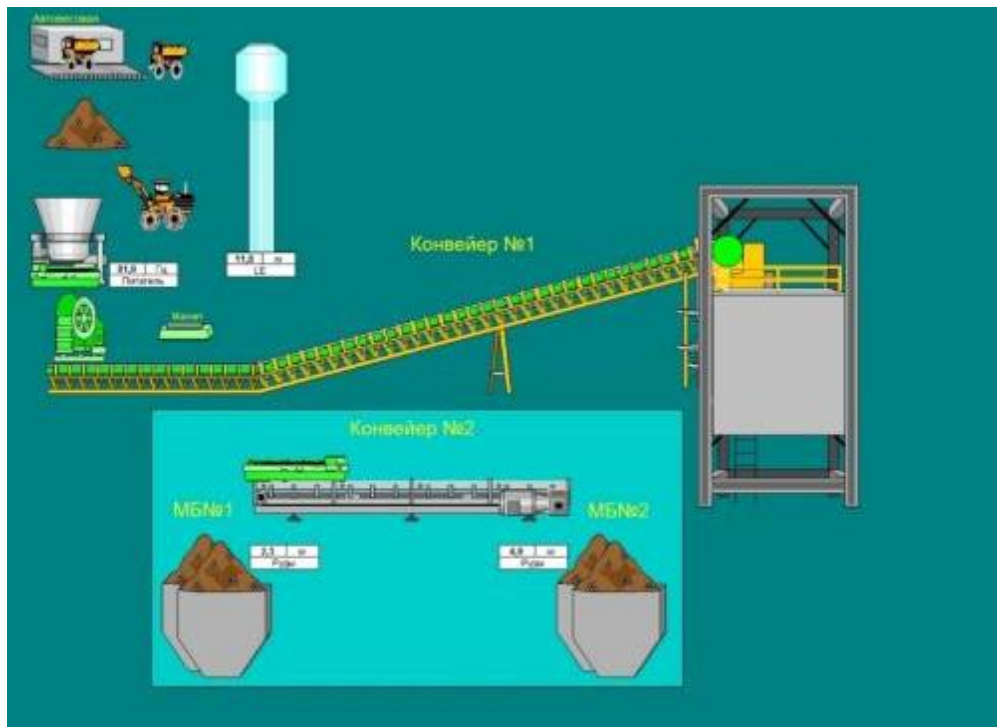
1- расм. Рудани тайёрлаш ва ташиш технологик схемаси қурилмалари электр моторлари юкламаси диаграммаси.

Кон-транспорт тизими энергия самарадорлигига технологик ва техник омиллар таъсирини ҳисобга олган ҳолда конвейер тизимларида ростланувчи электр юритмаларни энергия сарфини камайтириш ва унумдорликни ошириш мақсадида қўллаш мақсадга мувофиқдир.

Диссертациянинг «**Кон транспорт тизими лентали конвейерлари самарадор иш режимларини таъсир этувчи факторларини ҳисобга олган ҳолда тадқиқ қилиш**» деб номланган иккинчи боби лентали конвейерлар конструкцияси ва технологик иш режимлари таҳлиliga, лентани тезлиги ростланмаган ва ростланган ҳолда лентали конвейерлар ишлаш самарадорлигига, кон транспорт тизими лентали конвейерлари иш режими самарадорлигига параметрлар таъсирини тадқиқ қилишга, лентали конвейерлар нотекис юкланиши юритмалар моторларига, шунингдек ташишдаги энергия сарфига бағишланган.

Рудани ташиш ва майдалаш технологик схемаси 2-расмда келтирилган. Олдиндан аралаштирилган руда автоюклагичлар ёрдамида майдалагични қабул қилиш бункерига қуйилади. Юкланиш частотаси майдалаш, майдалаш ва саралаш машинаси (ДПСМ) оператори томонидан назорат қилинади. Йиғувчи бункер тўла бориши билан С-125 майдалагичининг ишлаши тўхтайтилади. Майдаланган маҳсулот пластин таъминловчи ПП-1-15-60Бдан КЛС-1 лентали қияли конвейерга берилади,

сўнгра КЛС-2 тескари конвейер ёрдамида йиғувчи бункер бўлинмалари ўртасида тақсимланади. С-125 ишлаётганда, №1 тегирмон блокининг иккита таъминловчилари тўлдирилади, шу билан бирга иккала ПП-1-15-60-Б пластин таъминловчилар КЛС-3 лентали конвейери орқали ММС 70x23 тегирмонига руда узатади (2-расм).

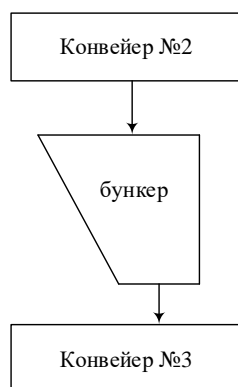


2-расм. Рудани майдалаш ва ташиш технологик схемаси

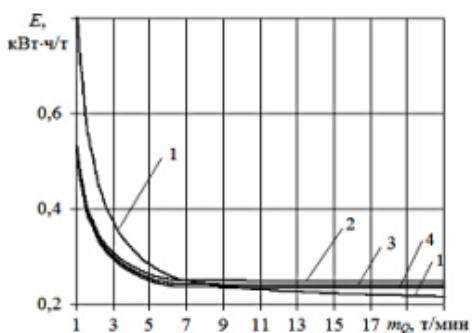
Технологик схема самарадорлигига тезликни ростлаш таъсирини аниқлаш учун «конвейер-бункер-конвейер» схемаси модели ишлаб чиқилди (3-расм).

Ишлаб чиқилган моделни қўллаб «конвейер-бункер-конвейер» тизимида ташишда меъёрий энергия E сиғимини ўртача юк оқимида m_Q боғлиқлик графиклари аниқланган. 3-расмда бошқарилмайдиган бункер ҳолатидаги ($\omega = \text{const}$) (1) ва лента тезлигини ростланганда бункер тепасидаги конвейерни номинал унумдорлиги турлича бўлганда E ни m_Q га боғлиқлиги $Q_{m1} = 5; 6; 7$ т/мин тенг бўлганда (2, 3, 4) келтирилган.

«Конвейер-бункер-конвейер» тизими бункер устидаги конвейерини тезлиги ростланганда, бу тизимнинг ўрта ва солиштирма энергия сиғими бункер устидаги конвейер тезлиги ростланмагандагига нисбатан ўртача 23 фоизга камаяди. Агар юк оқимининг қиймати бункер устидаги конвейерда $m_Q \geq 6,8$ т/мин, бўлса у ҳолда «конвейер-бункер-конвейер» тизимининг E меъёрий энергия сиғими бункер устидаги конвейер лентасининг ростланмайдиган ва ростланадиган ҳоллардаги тезлиги бункер устидаги конвейерга келадиган m_Q юк оқимидан қатъий назар ўзгармас қийматни қабул қилади ва бункер устидаги конвейернинг Q_{m1} унумдорлигининг номинал қийматига боғлиқ бўлмайди.



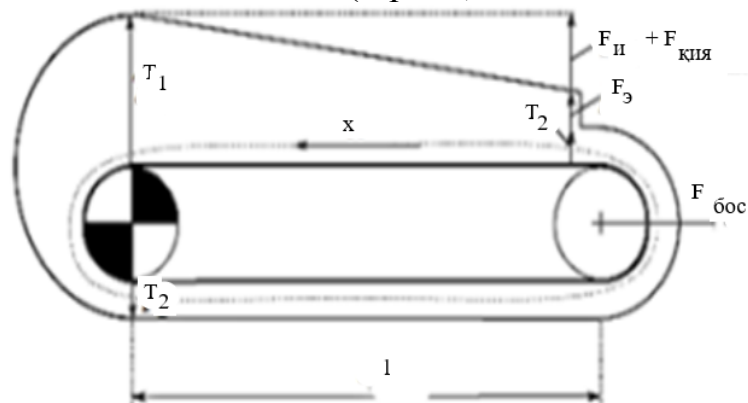
3-расм. «Конвейер–бункер–конвейер» модели



4-расм. Меъёрий энергия сигимини (E) «конвейер – бункер – конвейер» тизимида ўртача юк оқими (m_0) боғлиқлиги графиги

Бу графиклардан кўринадикки, конвейер лентаси тезлиги ростланганда конвейерга келаётган юк оқими катталиги икки марта камайган ҳолатда лентада чизикли юклама доимий максимал бўлганда конвейер лентаси тезлиги ростланганда электр энергия йўқотиш 30% га камаяди.

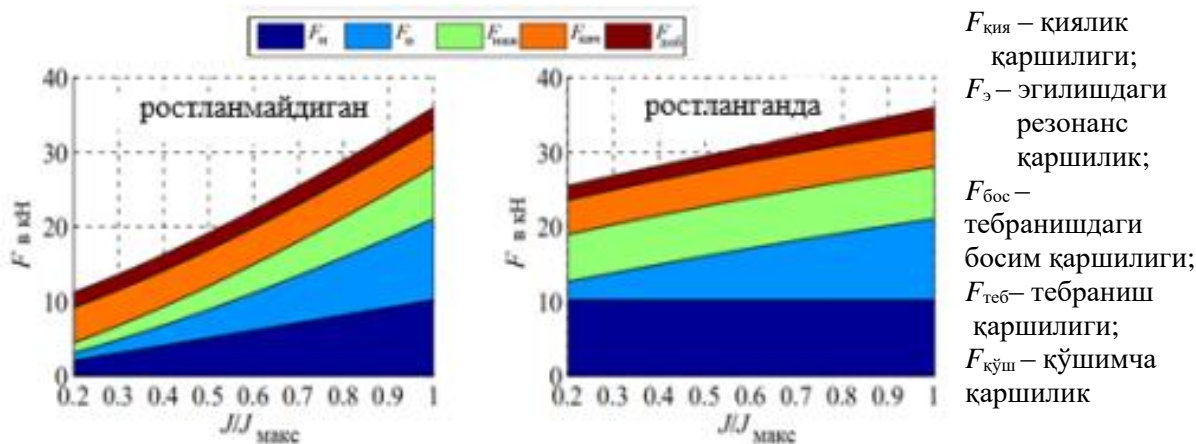
Лентали конвейерлар энергия самарадор ишлашига конструкцияси ва параметрларини, ҳамда тортиш кучлари таъсирини аниқлаш учун конвейер тизимининг схемаси тадқиқ қилинди (5-расм).



5-расм. Лентани тортиш кучлари

Ташиш жараёнида лентани роликка ишқаланиши ва қиялик қаршиликлари натижасида ҳосил бўладиган механик қаршилиқлар умумий қаршилиқ $F_{\text{умум}}$ таркибида бўлади. Умумий қаршилиқ, шунингдек лентани ҳаракати тезлиги v юклама ҳажмига тўғридан тўғри, яъни юк оқими J тезлигига ва кўтариш баландлиги H га боғлиқ.

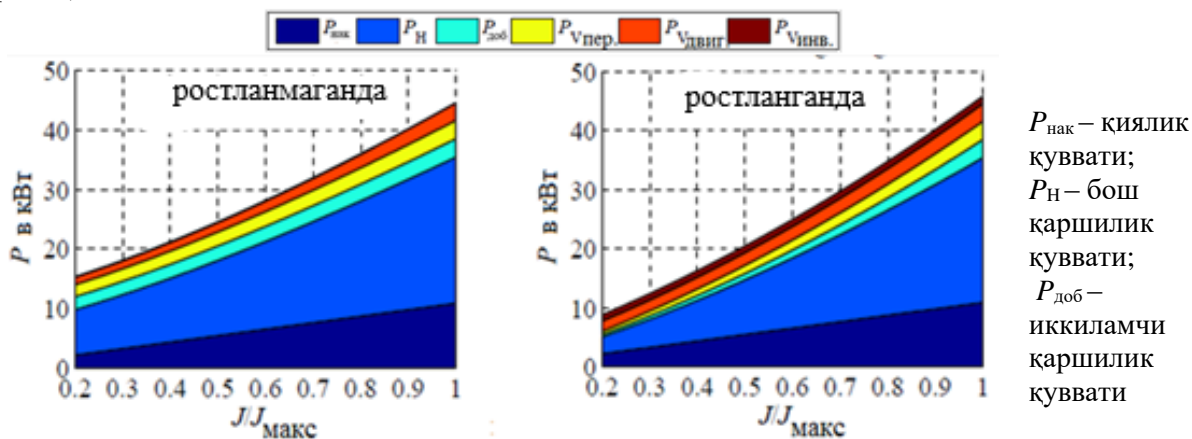
Лентали конвейерларни самарадорлигига таъсир кўрсатувчи параметрлардан бири лента ҳаракатига қаршилиқдир. Буни ҳисобга олган ҳолда электр юритмалар танлашга боғлиқ равишда ҳисобий қаршилиқлар аниқланган (6-расм). Бунда конвейер тизимининг умумий қаршилиги алоҳида ташкил этувчиларга бўлинган.



а) б)

6-расм. Оқимга (J) боғлиқ қаршилиқ (F) тақсимоти

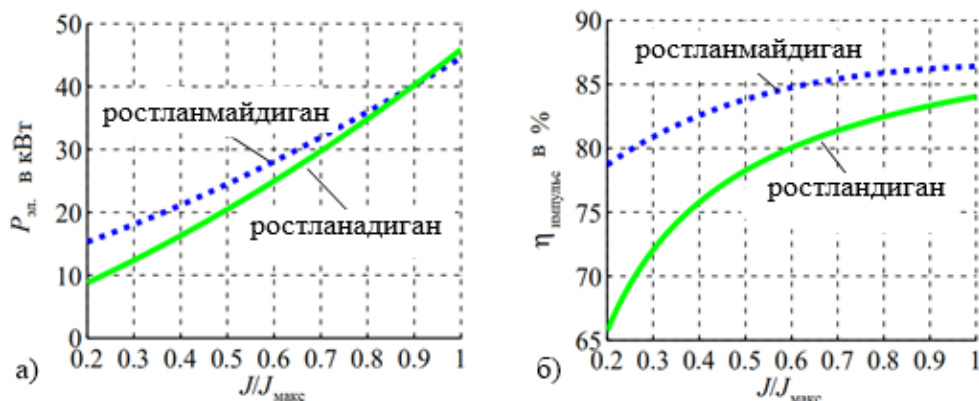
Куч тарқалиши асосида юритма ишлаши учун ростланадиган ва ростланмайдиган тезлик учун қувватлар тақсимланиши аниқланган (7-расм).



7-расм. Оқим J га боғлиқ ҳисобланган қувват P ни тақсимоти

7,а-расмда тезлик ростланганда ва ростланмаганда электр энергиянинг истеъмоли кўрсатилган. Мотор манбага тўғридан тўғри уланганда истеъмол қуввати камаяди, чунки ўзгартиргичда қўшимча йўқотиш бўлмайди, гармоник йўқотишлар тезлик ростланганда моторда пайдо бўлади.

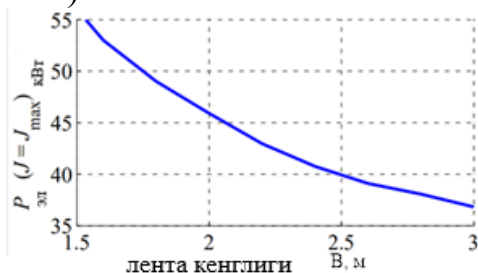
Электр юритма самарадорлиги $\eta_{юрита}$ узатиш, двигатель ва ўзгартиргич самарадорликлари йиғиндиси сифатида аниқланади ва тезлик ростланиш режимида ростланмайдиган режимдагига нисбатан доим кам (8, б-расм). Шу билан биргаликда конвейер лентаси юритмаси талаб қиладиган қувват частотали ростланувчи электр юритма қўлланилганда қисман юклама диапазониди камроқ. Бу эса қисман юклама диапазонини юритма ФИК, тармоқ қуввати кам бўлишига қарамасдан камайтиради ва шундай қилиб энергия сарфини ҳам камайтиради (8, а-расм).



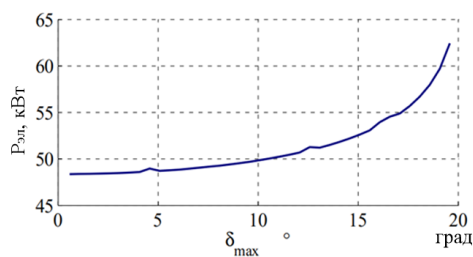
8-расм. Тезлиги ростланмайдиган ва ростланадиган юритмаларни таққослаш: а) конвейерни ҳисобланган истеъмол қуввати; б) конвейер электр юритма ҳисобланган электр энергия самарадорлиги $P_{эл}$, $\eta_{юритма}$ ФИК

Лента кенглиги мумкин бўлган кўндаланг кесимни тўлдиришга бевосита таъсир кўрсатади. Бу лента кенглигини оширади ва энергия истеъмолини камайтиради. Лента кенглигини ошиши энергия тежаш салоҳияти 40% ни ташкил этади (9-расм).

Тизимнинг истеъмол қувватини максимал қиялик бурчагига боғлиқлиги аниқланди. Қияликнинг энг кичик бурчаги электр истеъмолини камайишига олиб келади. Шунинг учун 10 % атрофида энергияни тежаш учун паст бурчакли кон массаларини ташиш тизими тавсия этилади (10-расм).



9-расм. Лента кенглиги турлича бўлганда қувватни ўзгариши

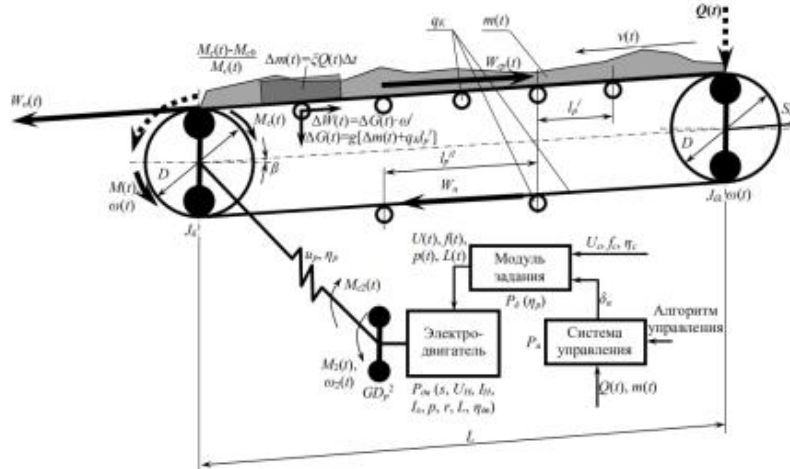


10 расм. Қиялик бурчагига боғлиқ қувватни ўзгариши

Тортиш кучининг энергия тежаш потенциали мавжуд ва ушбу мисол учун тахминан 25 % ташкил этади.

Диссертациянинг «Конвейер электр юритмаси структурасини оптималлаштириш ва тортиш органини ҳисобга олган ҳолда лентали конвейерлар иш самарадорлигини моделлаштириш» деб номланган учинчи бобида энергия самарадорлик мезони бўйича ростланувчи юритмали конвейер электр юритмасини оптималлаш структура схемаси, юритма иш режими ўзгармаганда лентали конвейер электр юритмалари орасидаги тортиш кучини тақсимлаш усули, юритмали барабанлар тортиш имкониятлари ва конвейер участкаларида ленталарни тортилишлари ўзгариши ишлаб чиқилган.

Кончилик корхоналари самарадорлиги энергия тежамкор технологияларни жорий этиш, шунингдек технологик қурилмалар иш режимларини ва структурасини оптималлаш билан боғлиқ.



11-расм. Энергия самарадорлик мезони бўйича электр юритмани оптималлаш структуравий схемаси

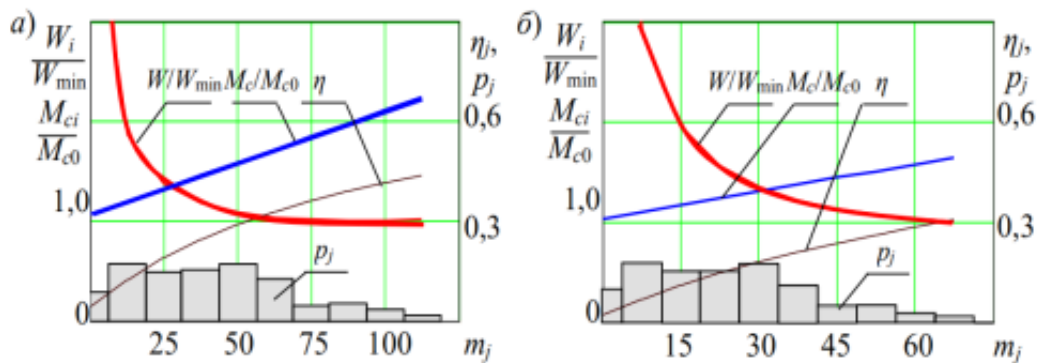
Юк ташишда электр энергия истеъмолига ташқи омилларни таъсирини аниқлаш мақсадида, шунингдек, лентали конвейер механик ташкил этувчиларини электр энергия истеъмолини аниқлаш, ростланувчи электр юритмали конвейерни мехатрон тизимини оптималлаш учун энергия самарадорлик мезони бўйича структура схемаси ишлаб чиқилган (11-расм).

12-расмда математик моделлаштириш натижалари кўрсатилган. Бундан кўринадики, лента тезлиги ошганда электр юритмадаги қаршилик моменти камаяди, яъни тезлик ошиши билан конвейер Ф.И.К салт ишлашига мос келадиган қаршилик моменти ошиши ҳисобига камаяди.

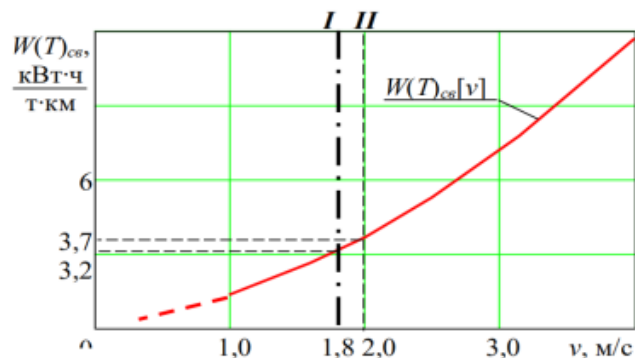
Лента тезлигига боғлиқ равишда конвейерда кон массаларини ташишда энергия истеъмолининг ўзгариши 13-расмда келтирилган. Меъёрий энергия сарфига таъсир қилувчи омиллар, лента мустаҳкамлиги, конвейер двигателининг номинал моменти, лентани қабул хусусияти ва мотор қуввати ҳисобланади. График таҳлили шуни кўрсатадики, юк ташишдаги меъёрий энергия сарфини мутлоқ қиймати тезлик 2 м/с бўлганда 3,69 кВт·с/(т·км), тезлик 4 м/с бўлганда эса - 11,7 кВт·с/(т·км)ни ташкил этади.

Лента тезлигини ростлаш орқали юк ташишдаги меъёрий сарфни ўзгаришини аниқлаш мумкин. Агар лента тезлигини 2 марта оширсак, юк ташишдаги меъёрий энергия сарфи 3,2 марта, лента тезлигини $v=2,8$ м/с гача камайтирсак, юк ташишдаги ўртача меъёрий энергия сарфи 13,5% га 3,2 кВт·с/(т·км) гача камаяди.

Конвейер лентаси тезлигини ростлаш усуллари ва юритма структурасини энергия самарадорлик мезони бўйича оптималлаш конвейер технологик параметрларини ва юк ташиш режимини, конвейер электр ва механик ташкил этувчиларини конструктив параметрларини, шунингдек лента тезлигини ростлаш усуллари ҳисобга олган ҳолда конвейерда юк ташишдаги ўртача меъёрий энергия сарфига таъсирини ҳисобга олиш имконини беради.



12-расм. Лента тезлиги $v=2$ м/с (а) ва $v=4$ м/с (б) бўлганда қаршилик моментини энергия истеъмолига боғлиқлиги



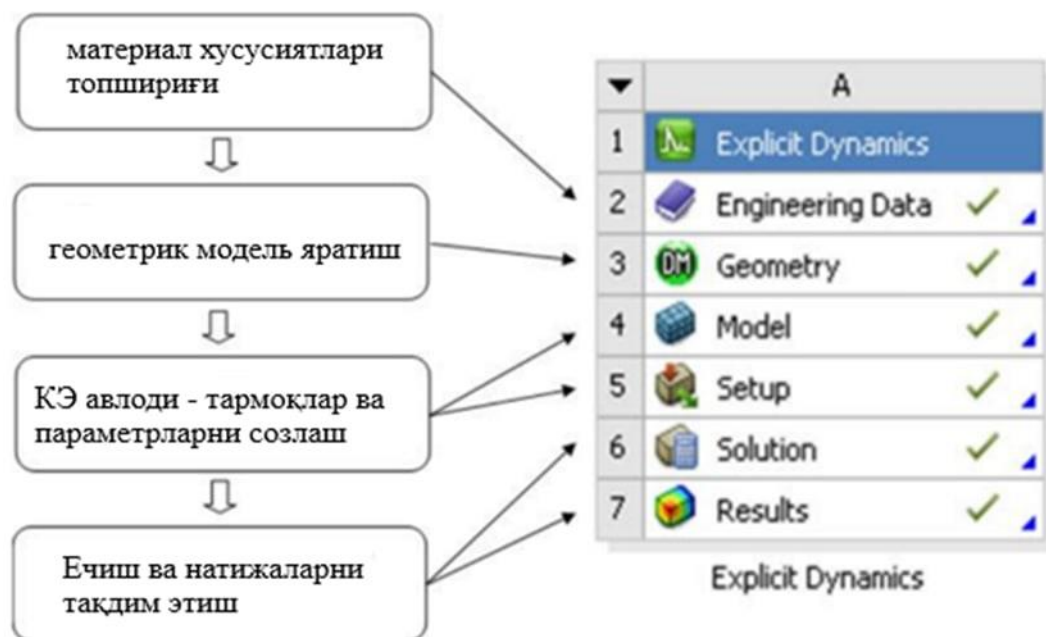
13-расм. Кон массасини ташишдаги энергия истеъмолини $W(T)_{cs}$ лента тезлигига v боғлиқлиги

Энергия самарадорликка таъсир этувчи омиллар аниқланди: лента тезлиги, юк оқими ва ленталардаги юклама, шунингдек транспорт машиналарининг техник параметрлари (редуктор узатишлари сони), технологик схеманинг параметрлари (ташиш узунлиги, ташиш бурчаги). Лента тезлиги конвейернинг электр юритмаси иш режимини оптималлаш учун қўлланилади.

Конвейерларнинг самарадор ишлашига таъсир этувчи тортиш қурилмасини ҳаракатида пайдо бўладиган қаршиликларини асосий сабабларини аниқлаш учун «юк-конвейер лентаси-таянч ролик» (ЮЛР) тизими моделлаштирилди.

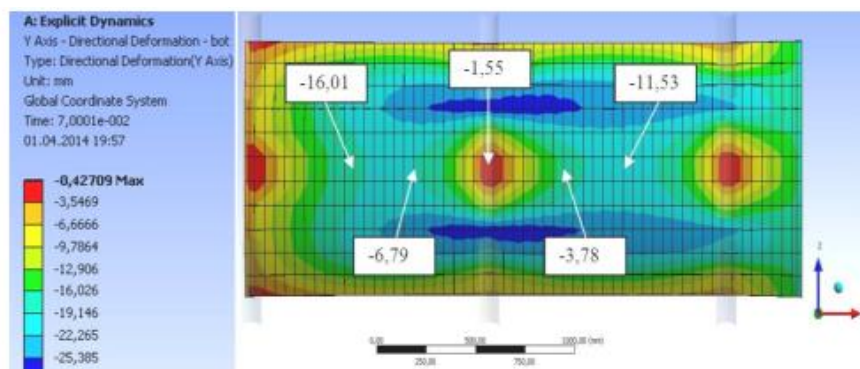
«Юк-конвейер лентаси-таянч ролик» тизимини моделлаштириш, 14-расмда келтирилган ҳисоблаш схемаси бўйича босқичма - босқич олиб борилди.

Подшипниклардаги юкламани юк оқими доимий бўлганда юкламани катта қисми (65-70%) ўрта роликка тушишини ҳисобга олган ҳолда ўрта роликда максимал юкланиш бўлиши аниқланди. Ён томондаги роликларга 30% юклама тўғри келиши, бунда ўрта ролик подшипникларига юклама ён ролик подшипникларига нисбатан 2,5 марта кўп бўлиши аниқланди.



14-расм. ANSYS Workbench дастурида структуравий моделлаштириш схемаси

ЮЛР тизими тадқиқотлари натижалари 15-расмда кўрсатилган. Бу расмда роликлар ҳамда таянч роликлар орасидаги бўшлиқда деформациянинг тарқалиш майдони акс эттирилган. Бу ҳолда лента максимал осилиши 16 мм ва лентанинг минимал деформацияси ўрта роликда кузатилиб, 1,55 ммни ташкил этади ва бу берилган тортилишдаги ҳақиқий расмни акс эттиради.



15-расм. Модулда деформацияни тарқалиши

Кириш юк оқимини нотекислигини ҳисобга олган ҳолда, T вақт интервалида юк ташишдаги меъёрий энергия сарфи қуйидаги формула билан аниқланади:

$$W_{CB}(T) = \frac{\int_0^T \frac{F_0 + k_m \cdot q(t) \cdot v(t)}{\eta(t)} dt}{m_{\Sigma}(T) \cdot L}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{т} \cdot \text{км}), \quad (1)$$

бу ерда, F_0 – конвейерни салт юришида айланма тортиш кучи; k – лента чизикли юкланиши ошганда конвейер юритмасидаги айланма тортиш кучининг ошиши; $q(t)$ – t вақтда лентани ўртача чизикли юкланиши; $v(t)$ –

ташиш тезлиги, м/с; $\eta(t)$ – t вақт ичида лентали конвейер юритмаси умумий ф.и.к.; $m_{\Sigma}(T)$ – T вақтда конвейер фаолиятида силжитилган юк массаси йиғиндиси; L – конвейерда юкни ташиш узунлиги, ташиш жараёни технологик фактори ҳисобланади.

Қилинган таҳлил шуни кўрсатадики, ўртача меъёрий энергия сарфига $W_{св}$ ташиш тезлиги v (тўғри боғлиқлик), шунингдек конвейер электр юритмаси Ф.И.К ва лента юкланиши (тескари боғлиқлик) энг сезиларли таъсир кўрсатади. Бу конвейер транспорти тезлиги ва кириш юк оқими билан боғлиқ.

Қуйидаги параметрлар лентали конвейерларда юк ташишда меъёрий энергия истеъмолига таъсир кўрсатади :

1) лентали конвейерларда юк ташишдаги технологик параметрлар

$$P_T [Q(t), v(t), L, \beta], \quad (2)$$

бу ерда $Q(t)$ – кириш юк оқими; $v(t)$ – лента тезлиги; L – ташиш узунлиги; β – ўртача ташиш бурчаги.

2) лентали конвейер конструктив параметрлари

$$P_K (q_0, q'_p, q''_p, \omega'k_s, D, u_p, P_{\text{э}}), \quad (3)$$

бу ерда q_0, q'_p, q''_p – конструктив қисмлар чизиқли массаси ; ω' – лента ҳаракати қаршилиқ коэффициентлари; $\omega'k_s$ – конвейер йўналиши бўйлаб маҳаллий қаршилиқларни ҳисобга олувчи коэффициентлар; D – юритувчи барабан диаметри; u_p -редуктор узатиш сони; $P_{\text{э}}$ – юритма электр қисми параметрлари (электр мотори, тезлик ростлагичи), электр тармоғи в.б.

Лентали конвейерларда юк ташишда электр истеъмолини камайтириш мақсадида лента тезлигини лентали конвейерлар юритмаларини лойиҳалашда қўйиладиган чеклашларни ҳисобга олган ҳолда, тезликни максимал камайтириш мақсадга мувофиқ.

Диссертациянинг «**Кон транспорт тизимлари электр юритмаларини ишга тушириш масалалари ва динамик жараёнларни тадқиқ қилиш**» деб номланган тўртинчи бобида кон транспорт тизими электр юритмалари динамик жараёнлари, электр моторларни фазовий ва частотавий бошқариш масалалари кўриб чиқилган, кон транспорт тизими, электр юритмаларини назарий-ҳисоблаш тадқиқотларини олиб бориш учун алгоритмлар ва ҳисоблаш дастурлари ишлаб чиқилган, электр юритмаларни ишга тушириш режимлари тадқиқ қилинган.

Кон транспорт тизими электр қисми математик моделини қуриш учун электр юритмалар дифференциал тенгламалари, ташқи таъсирлар ва иш режими параметрлари билан тизим элементлари параметрларини боғловчи алоқа коэффициентлари, алгоритмлар ва бошқариш константалари аниқланди.

Электр юритма дифференциал тенгламалари тизими:

$$\left. \begin{aligned} \bar{U} &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ \bar{i} &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ M &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ \omega_0 &= f(Z_H, \Pi, F, t); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

бу ерда, Z_H – электр юритма юкламаси тавсифи; Π – комплекс элементлари параметрлари; F – бошқариладиган ўзгарувчилар ўзгариши қонунлари; t – вақт.

Асинхрон моторни ишга туширишда кучланишни вақтга боғлиқлиги $U(t)$:

$$U = \frac{r}{x} \Psi_{fz} + \left(\frac{rx_f + r_f x}{x_\mu r_f} \right) p \Psi_{fz} + \frac{xx_f - x_\mu^2}{x_\mu r_f} p^2 \Psi_{fz} - \frac{xx_f - x_\mu^2}{\Psi_{fz0} x_f} (Jp\omega_p - M_c) x \quad (5)$$

$$x[\omega_p + \frac{x_\mu r_f}{\Psi_{fz}^2 x_f} (Jp\omega_p - M_c)] + j[\frac{x}{x_\mu} \omega_p \Psi_{fz} + \frac{rx_f + r_f x}{\Psi_{fz} x_f} (Jp\omega_p - M_c)] +$$

$$+ \frac{xx_f - x_\mu^2}{x_\mu r_f} \omega_p p \Psi_{fz} + \frac{xx_f - x_\mu^2}{\Psi_{fz} x_f} (Jp^2 \omega_p - pM_c)$$

Динамик режим вақтидаги энергия йўқотиш ($t_0 = 0$)

$$W = \frac{1}{2\sqrt{-a_4}} (C_{1\alpha}^2 + C_{1\beta}^2 [a_3 + \sqrt{-a_4} (a_2 \sqrt{-a_4} + a_2)] (1 - e^{-2\sqrt{-a_4} t_m}) - (C_{2\alpha}^2 + C_{2\beta}^2) \quad (6)$$

$$[a_3 + \sqrt{-a_4} (a_2 \sqrt{-a_4} - a_3)] (1 - e^{-2\sqrt{-a_4} t_m}) + 2(C_{1\alpha} C_{2\alpha} + C_{1\beta} C_{2\beta}) (a_3 - a_2 a_4) t_\infty$$

ёки

$$W = (\Psi_{f1} \Psi_{fn}) \approx h \sum_{j=1}^n f[t_0 + jn; \Psi_{fj}; \frac{(\Psi_{f(j+1)} - \Psi_{fj})}{h}] = \quad (7)$$

$$= h \sum_{j=1}^n [a_1 \frac{(\Psi_{fz(j+1)} - \Psi_{fzj})^2}{h^2} + a_2 \frac{\Psi_{fj} (\Psi_{fj})}{n} + a_3 \Psi_{fzj}^2 + a_{10} \frac{jp\omega_{pj} + M_n}{\Psi_{fzj}^2}];$$

бу ерда, $h = \frac{(t_\infty - t_0)}{n}$; $\Psi_{fz} \approx f(t_0 + jh); j = 1, l, n$.

Олинган ифодалар динамик кўрсаткичлар, машина параметрлари ва юклама орасидаги ўзаро алоқани ўрнатади ва асинхрон мотор динамик хусусиятларини аниқлашда қўлланилиши мумкин.

Мотор қискичидаги кучланиш қуйидаги формула билан аниқланади:

$$u_1 = 1 / [1 + \Delta u (p_{нг} + p_n k_i)], \quad (8)$$

бу ерда, $u_1 = U_1/U$ – нисбий катталикларда мотор қискичидаги кучланиш; $\Delta u = \Delta U/U$ – ҳисобланган кучланишни йўқотиш; $p_{нг} = P_{нг}/P_p$ – параллел юклама қувватлари мутаносиблиги коэффициенти; $p_n = P_n/P_p$ – ишга тушириладиган мотор қуввати мутаносиблик коэффициенти; k_i – ишга тушириладиган мотор токи кўплиги; $P_{нг}$ – параллел юклама қуввати; P_p – ҳисобланган юклама.

(18) формула бўйича электр мотори қискичидаги кучланишни ҳисобланадиган кучланиш йўқотишига $u_1 = f(\Delta u)$ боғлиқлик ҳосил бўлади (16-расм). Бу боғлиқлик ёрдамида таъминловчи тармоқдаги кучланиш йўқотишни аниқлаш ва шу йўқотишларни ҳисобга олган ҳолда ўтказгичлар кўндаланг кесимини танлаш мумкин.

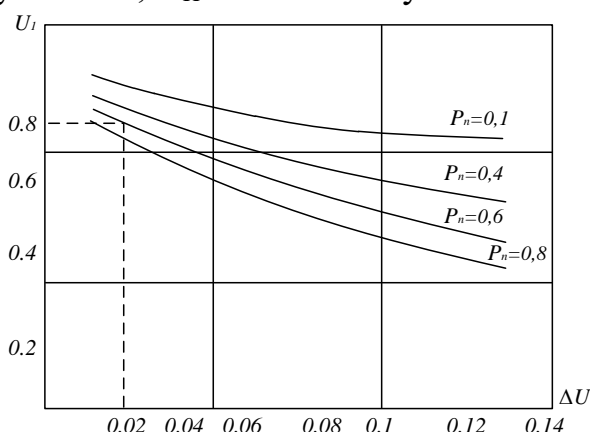
Олинган график кон-руда комплекслари турли қувватли электр моторлари қискичларида ва уларни тургун ишлашини таъминловчи кучланишни аниқлаш имконини беради.

Ишга тушириладиган мотор мутаносиблик коэффициенти ва электр таъминоти тармоқ кучланишидаги ҳисобланган кучланиш йўқотишга боғлиқлиги аниқланди:

$$u_{\pi} = k_u - 2 \Delta u (1 - p_n) / 1 + \Delta u (k_i p_n - 1 - p_n), \quad (9)$$

$$k_u = U/U_H,$$

бу ерда, U – мавжуд кучланиш; U_H – номинал кучланиш.



16-расм. Мотор қисқичидағи кучланишни кучланиш йўқотишга боғлиқлиги

Ҳисоблашлар электр моторларини бошқарилмайдиган ишга туширишга нисбатан бошқариладиган ишга туширишда электр энергия сарфи 15-20% га камайишини, динамик ўта юкланишлар 2-3 марта пасайишини кўрсатди.

Конвейерлар «ишга тушириш-тўхташ» режимда энергия йўқотишлари тадқиқ қилинди. 17-расмда «ишга тушириш-тўхташ» узлуксиз иш режимда тезликни ва юкланиш ўзгариши кўрсатилган.

Керакли бошланғич энергия кинетик энергия $E_{кин}$, конвейер тизими ишқаланишидаги энергия йўқотиш $E_{бош}$ ва моторни ишга туширишдаги энергия йўқотиш $E_{V_{дв}}$ дан ташкил топган.

Салт ишлашда «ишга тушириш-тўхташ» режим талаб қиладиган энергия $E_{иш-тўхт}$:

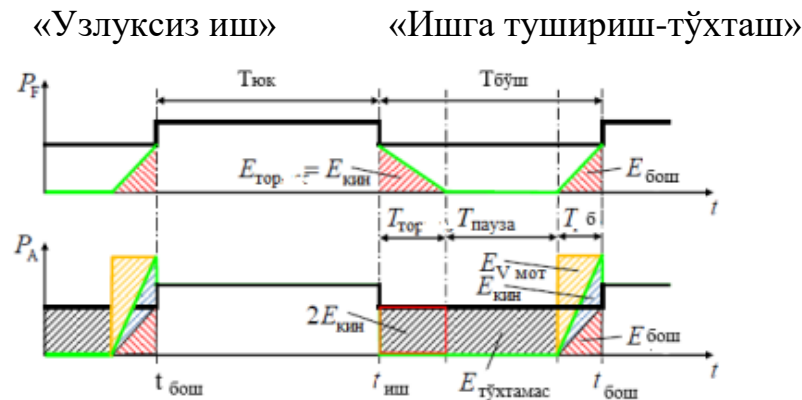
$$E_{иш-тўхт} = E_{кин} + E_{бош} + E_{V_{мот}}. \quad (10)$$

Ишқаланишдаги энергия йўқотиш узлуксиз ишдагига нисбатан икки марта кам:

$$E_{бош} = \frac{m_W \omega_W T_{нач}}{2}, \quad (11)$$

$$T_{бош} = \frac{J \omega_B}{(m_{M_{бош}} - m_W)}. \quad (12)$$

«Ишга тушириш-тўхташ» режимда узлуксиз ишлашга нисбатан кўпроқ энергия йўқотилиши рўй беради, ўзгарувчан тезликда ишлаш энергия сарфини оптималлаштиришга олиб келади.



17-расм. Конвейер тизими узлуксиз иш ва ишга тушириш-тўхташ режимида энергия истеъмоли

Диссертациянинг «**Кон транспорт тизими иш режимларини самарадорлигини такомиллаштириш**» деб номланган бешинчи бобида конвейерлар энергия самарадор ишлашини аниқлаш алгоритмини, частота ўзгартиргичли лентали конвейерлар ростланувчи электр юритмалари энергия самарадорлигини аниқлаш усуллари ишлаб чиқишга бағишланган.

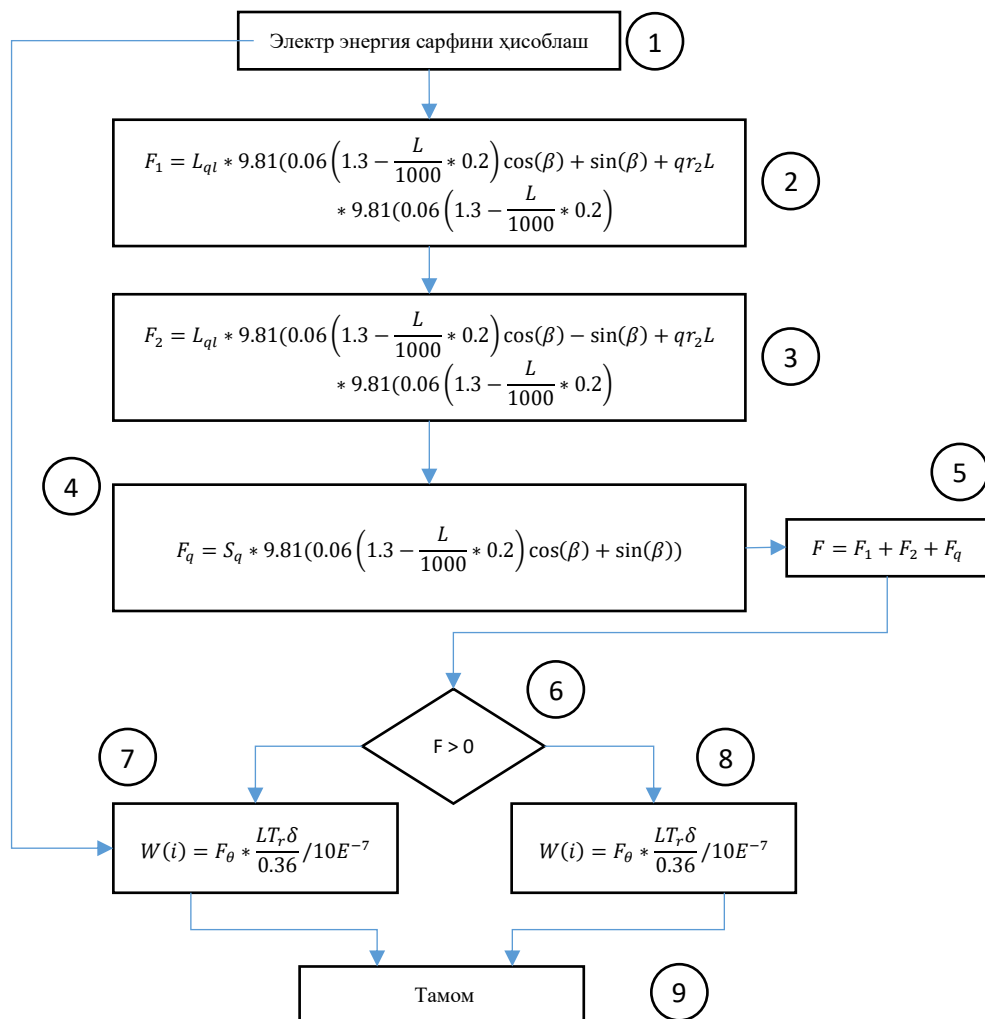
Тадқиқотлар натижасида мавжуд лентали конвейерларни такомиллаштиришда электр юритмаларни бошқариш самарадор режимини танлашда фойдали бўлиши мумкин бўлган услуб тайёрланган.

Конвейерга кирувчи юк оқимининг дақиқали қийматлари бўйича конвейернинг бир дақиқали юк оқимини ва унинг қувват сарфини ҳисоблаш алгоритми келтирилган (18-расм). Жорий тезликни ҳисобга олган қувват сарфи бир дақиқага тенг вақт оралиғида ҳисобланади. Конвейернинг ҳаракатланувчи қисмлари ва кон массасининг ҳаракатга қаршилик коэффициенти, шунингдек бириктирилган қаршиликларни тўғрилаш ω , s доимийларини ҳисобга олади.

Алгоритм кўп сонли такомиллаштиришларга эга транспорт тизимини моделлаштиришнинг бир циклда ишлаш имкониятини беради. Алгоритм динамик тизимларни моделлаштириш учун MATLAB SIMULINK дастурий муҳитида фойдаланиш учун мўлжалланган.

Конвейернинг чиқиш юк оқимини ҳисоблаш алгоритми ва электр истеъмолини ҳисоблаш учун алгоритм ишлаб чиқилган. Алгоритмларни қўллаб, вақт бўйича электр энергия истеъмолини ва кон массаларини ўтиш жараёнларини амалга ошириш мумкин.

Электр юритмаларни танлаш имконини берувчи турли тизимларда электр тежамкор мезонларни танлашда қуйидагилар ҳисобга олинади: $\frac{F_{қия} + F_E}{F_{умум}}$, қисман юклама сарфини умумий максимал сарфга нисбати $k_{қисм} = \frac{J_{қисм}}{J_{мах}}$, қисман юклама вақтини умумий иш вақтига нисбати $\frac{t_{қисм}}{t_{о.э.р}}$.

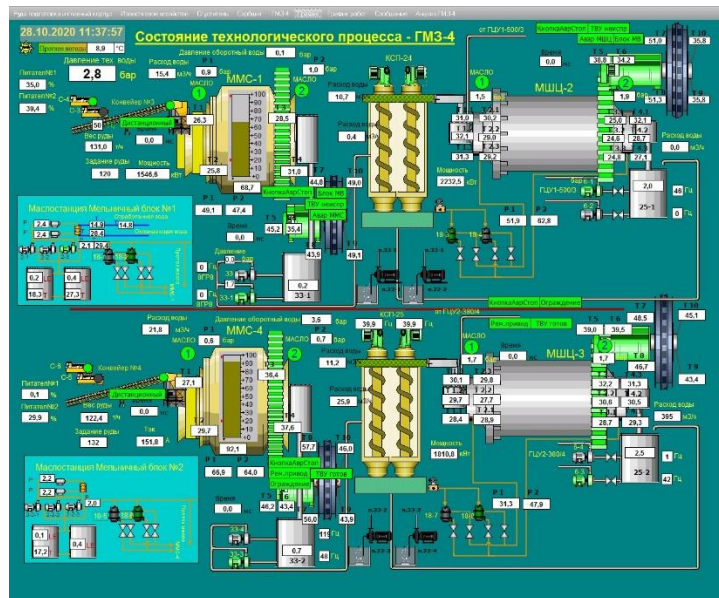


18-расм. Конвейер электр энергия истеъмолини ҳисоблаш алгоритми

Диссертациянинг «Кон транспорт тизими технологик жараёнларини бошқариш тизими ва куч қисмини такомиллаштириш» деб номланган олтинчи бобида ишлов бериш мажмуаси технологик жараёни автоматлаштириш схемаси ҳақида, янги контактсиз ишга туширгичлар ҳақида маълумот келтирилган. Ишлов бериш мажмуаси технологик жараёнини автоматлаштириш схемаси 19-расмда келтирилган.

Автоматлаштириш схемасида технологик жараён ускуналари ва қурилмаларида назорат қилинадиган параметрларни қийматлар ва автоматлаштириш воситалари кўрсатилган.

Янги контактсиз ишга туширгич тажриба намунасини қўллаган ҳолда АИР71В2У3 электр моторини ишга тушириш режимлари тадқиқ қилинди.



19-рasm. Ишлов бериш мажмуаси технологик жараёни автоматлаштириш схемаси

Ўтказилган тажрибалар электр моторларни коммутациялаш учун ишга туширишларни кон транспорти тизимлари ўртача қувватли қурилмаларда қўллаш мақсадга мувофиқлигини кўрсатди.

ХУЛОСА

«Кон транспорт тизимларида ростланувчи электр юритмалар асосида энергия ва ресурс тежамкор технологиялар» мавзуси бўйича олиб борилган, техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси тадқиқотларга асосланган ҳолда, назарий ва амалий аҳамиятга эга бўлган қуйидаги хулосаларни килиш мумкин:

1. Кон транспорт тизимларига қўйиладиган техник-технологик талабларни ҳисобга олган ҳолда лентали конвейерлар энергия самарадорлигини ошириш учун конвейерлар иш самарадорлигига таъсир этувчи конструктив ва технологик омиллар аниқланган;

2. Кон массаларини ташиш учун конвейер транспорти мехатрон тизими иш режимини ростлаш имконини берувчи электр юритмага эга «конвейер-бункер-конвейер» тизими бўйича технологик схема асосланган, бунда рудани тайёрлаш ва ташиш жараёнларининг технологик схемаларидаги электр моторлари номинал юклама қийматларининг ярмидан кам даражасида ишлашлари аниқланган.

3. Тортиш қурилмаси ва юритмадаги юкламани аниқлаш, конструктив ва режим параметрларини оптималлаш учун «юк-лента-таянч ролик» тизимида конвейер қурилмасининг кучланиш-деформация ҳолатини тадқиқ қилиш усули ҳамда электр энергия йўқотишни минималлаш учун лента тортиш қурилмасининг тортилиши ва ҳаракат тезлигини конвейерлар ўрта роликдаги умумий қаршиликка боғлиқлиги асосида «юк-конвейер лентаси-таянч ролик» тизимининг модели ишлаб чиқилган;

4. Асинхрон электр юритмаларнинг динамик хусусиятларини аниқлаш учун юклама ва машина параметрлари, динамик кўрсаткичлар орасидаги ўзаро боғлиқликни ҳисобга олган ҳолда аналитик боғлиқликлар олинган. Ишга туширилаётган моторни мутаносиблик коэффициенти ва тармоқдаги кучланиш йўқотиши аналитик боғланишларидан фойдаланиш натижасида электр энергия сарфини 15...25% га, динамик ўта юкланишни эса 2...3 маротабага камайишига эришилган.

5. Конвейер тизими энергия тежамкорлигини ошириш имконини берувчи, лентани тортиш кучи, лентанинг оширилган ташувчи кўндаланг кесими ва максимал қиялик бурчаги, юклама ҳажми ва унумдорликни оширишни ҳисобга олувчи лентали конвейернинг частотали ростланувчи электр юритмаларнинг ишлаш самарадорлигини аниқлаш алгоритми ва математик модели ишлаб чиқилган. Олинган натижалар, юритма қисмларини ишлаш муддатини узайтириш, ресурслар истеъмолини камайтириш имконини берган.

6. Лентали конвейерларда юк ташишда энергия ўртача меъёрий сарфини шакллантириш математик модели ишлаб чиқилган, натижада киришдаги юк оқими нотекислигини, лента тезлиги ва конвейер юритмаси фойдали иш коэффициентини ҳисобга олган ҳолда юк ташишдаги энергия сарфи кийматини ва характерини объектив баҳолаш имкони яратилган.

7. Конвейерларни энергия ва ресурс самарадор иш режимини аниқлаш, мотор юкламасига боғлиқ равишда электр энергиясини тежашни ҳисоблаш имконини берувчи, моторлар юкламасини тенг тақсимлаш ва юритмаларга топшириқ сигналларини аниқ шакллантирувчи усуллар ишлаб чиқилган. Натижада, ушбу частотали юритманинг жорий этилиши таянч ролик ишлаш муддатини 3,5 маротаба, лентани емирилиш мезони бўйича 4,5 маротабага узайтириш имконини берган.

8. Кон машиналарида частота ўзгартиргичли асинхрон электр юритмаларини кон массаларини ташишда қўллаш йўли билан конвейерларни автоматик бошқариш тизими такомиллаштирилган, натижада электр энергия истеъмоли 30% га камайиши, шунингдек конвейер тезлигини ростлаш ва рудани текис узатиш таъминланган ҳамда электр энергия истеъмоли режимлари оптималлаштирилган ва кон-транспорт тизим энергетик самарадорлигини оширишга эришилган, маҳсулот меъёрий электр энергия сарфини 1 кВт·с/т гача камайтириш имкони яратилган.

9. Кон-транспорт тизими ёрдамчи қурилмалари юритмаларидаги бир ва уч фазали электр моторларини ишончли коммутациялашни таъминлаш, иш режимига салбий таъсирни камайтириш, ишлаш муддатини узайтириш, бошқариш схемасини соддалаштириш учун ярим ўтказгичли элементлар базасида янги контактсиз ишга туширгичлар ишлаб чиқилган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ
НАУЧНОГО СОВЕТА DSc.17/04.06.2021. Т.06.02
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
НАВОИЙСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ГОРНОМ ИНСТИТУТЕ**

НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

ЭШМУРОДОВ ЗИЁДУЛЛО ОРИПОВИЧ

**ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
В ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ**

**04.00.16 – Горные машины;
05.05.01 – Энергетические системы и комплексы**

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Тема докторской диссертации зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за №B2021.1.DSc/T325.

Докторская диссертация выполнена в Навоийском государственном горном институте.
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.ndki.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).


Научный консультант:	Бобожанов Махсуд Каландарович доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Арипов Назиржон Мукаррамович доктор технических наук, профессор Умаров Фарходбек Яркулович доктор технических наук, доцент Джураев Рустам Умарханович доктор технических наук, доцент
Ведущая организация:	АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат»

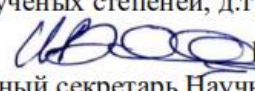
Защита диссертации состоится «29» ноября 2021 г. в 15⁰⁰ ч. на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.17/04.06.2021.T.06.02 (адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Зал заседаний Навоийского государственного горного института. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66; e-mail: info@ndki.uz, sheer-z@mail.ru).


С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Навоийского государственного горного института (зарегистрирован за №78). Адрес: 210100, г. Навои, ул. Махмуда Таробий, 72. Тел.: 0 (436) 223-23-32; факс: 0 (436) 223-49-66.

Автореферат диссертации разослан «9» ноября 2021 г.
(реестр протокола рассылки №38 от «9» ноября 2021 г.).




И.Т. Мислибаев
Председатель Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор


Ш.Ш. Заиров
Учёный секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор


Н.А. Абдуазизов
Председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению учёных степеней, д.т.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире ведущее место занимают исследования по повышению эффективности технологических машин и механизмов, модернизации элементов электромеханических систем, внедрению разработок энергосберегающих технологий в производство, модернизации электромеханических комплексов и схем управления регулируемых электроприводов технологических процессов транспортировки, разработке технологии и технических средств, позволяющих повысить эффективность транспортно-технологических процессов. В этой области первоочередными задачами являются разработка энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий в горнотранспортных установках с частотно-регулируемым электроприводом, разработка энергоэффективного режима работы электроприводов дробилки и ленточных конвейеров, а также схем управления частотно-регулируемых электроприводов с учетом основных влияющих факторов на эффективность, ведение научно-исследовательских работ по разработке новых энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В настоящее время в мире ведутся научные исследования по улучшению режимов работы горнотранспортных систем, замены нерегулируемых электромеханических систем современными регулируемыми устройствами, совершенствованию элементов электромеханической системы, использованию способов управления, созданию энергоэффективных и ресурсоэффективных систем управления горных машин и механизмов в горнорудных комплексах. В связи с этим, необходимо повышение энергоэффективности работы горнотранспортных систем, уменьшение энергопотребления конвейерных установок, исследование технологической схемы конвейера для транспортировки горной массы с целью выявления факторов, влияющих на режим работы конвейера, разработка динамической модели процессов «груз – лента – ролик-опоры» и определение нагрузки на привод конвейера в зависимости от сопротивления движения ленточного конвейера, разработка математической модели и алгоритма проектирования энергоэффективного частотно-регулируемого привода конвейера и разработка бесконтактных пускателей на базе полупроводниковых элементов для коммутации силовых составляющих электроприводов горнотранспортных механизмов.

В республике выполнен ряд научно-практических работ для транспортировки горной массы с внедрением циклично-поточной технологии и крутонаклонных конвейеров, проведены исследования эффективности крутонаклонных конвейеров, повышена эффективность применения энерго- и ресурсосберегающих технологий, разработан способ снижения потребления электрической энергии и др. В Постановлении

Президента Республики Узбекистан³ определены важные задачи по «расширению научно-исследовательских работ по созданию и внедрению в производство энергосберегающих и экологически безопасных технологий...». В связи с этим становится актуальным решение задач по повышению энерго- и ресурсосберегающей технологии горнотранспортных систем, определению и исследованию рациональных показателей конвейеров, определению факторов, влияющих на энергоэффективность ленточных конвейеров, применению в конвейерах регулируемых электроприводов и развитию методов формирования энергетических и динамических характеристик.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-4707 от 4 марта 2015 г. «О программе мер по обеспечению структурных преобразований, модернизации и диверсификации производства в 2015-2019 гг.» и Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-4124 от 17 января 2019 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования направлены на разработку систем управления и методов повышения энерго- и ресурсосбережения при транспортировке горных пород, а также усовершенствованию регулируемых электроприводов, и внедрению современного технологического оборудования осуществляются в ведущих научных центрах и высших образовательных учреждениях мира, в том числе в: Massachusetts Institute of Technology, University of Texas at Austin (США), University of Oxford, Imperial College London (Англия), Curtin University (Австралия), McGill University (Канада), Technische Universität Bergakademie Freiberg (Германия), Aalborg University (Дания), Kyushu University (Япония), Калифорнийском технологическом институте (США), Токийском технологическом институте (Япония), AGH University of Science and Technology (Польша), НИУ «Московский энергетический институт» (Россия), Московском институте стали и сплавов (Россия), Кузбасском государственном горном университете (Россия), Национальном горном

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» // Сборник правовых документов Республики Узбекистан. – Т., 2017. – 103 с.

² Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе www.atlasrockbit.com, <http://www.varelintl.com>, www.dissercat.com, <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> и др. источников.

университете (Украина), в «Научно-технический центр» АО «Узбекэнерго», Ташкентском государственном техническом университете (Узбекистан), Навоийском государственном горном институте (Узбекистан) и др.

В результате исследований процессов рудоподготовки и транспортировки, получило дальнейшего развития теория управления частототно - регулируемого электропривода в механизмах горнорудных комплексах (Massachusetts Institute of Technology, США); внедрены энергосберегающие технологии в общепромышленные механизмы (McGill University, Канада); разработана оптимизация управления технологическими процессами средствами регулируемого электропривода (Aalborg University, Дания); разработаны современные горные машины для процесса обогащения (AGH University of Science and Technology Польша); разработаны рекомендации по использованию динамических процессов и режима пуска автоматизированных электроприводов (Московский институт стали и сплавов, Россия; University of Texas at Austin, США).

В мире по разработке энерго- и ресурсосберегающей технологии на основе регулируемого электропривода в горнотранспортных системах ведется ряд исследовательских работ по оптимизации технологического процесса на основе частотно-регулируемого электропривода; совершенствование конструкций и повышение эффективности конвейеров; оптимизация движения горных машин и механизмов на основе нейросетевых технологий и теории нечеткой логики.

Степень изученности проблемы. Большой вклад в развитие горной науки в Республике Узбекистан внесли В.Р.Рахимов, К.С.Санаккулов, Н.И.Кучерский, Е.А.Толстов, Б.Р. Раимжанов, Ю.Д.Норов, О.Н.Мальгин, В.Н. Сытенков, У.Ф.Насиров, Ш.Ш.Заиров, И.Т.Мислибаев, Ж.Б. Тошов, Ф.Я.Умаров, Л.Н. Атакулов, Н.А. Абдуазизов и др.

В зарубежной практике исследованием, разработкой и внедрением энергосберегающих технологий при добыче и транспортировке горной массы, энергоэффективных частотно-регулируемых электроприводов горных машин, энергосбережения на основе регулируемого электропривода горных машин занимались Н.Ф.Ильинский, А.Е.Козярук, А.М.Вейнгер, Р.Т.Шрейнер, И.Я.Браславский, В.И.Ключев, В.М.Завьялов, И.Ю.Семькина, В.К.Босе, М.Депенброк, G.Dong, J.Holtz, T.Noguchi, I.Takahashi, C.Thanga Raj и др.

Вопросы эффективного использования электрической энергии и оптимизации режимов потребления электрической энергии, повышения энергетической эффективности систем средствами регулируемого электропривода рассмотрены в работах ученых Узбекистана М.З.Хамудханова, К.Р.Аллаева, Т.Х.Насырова, Т.С.Камалова, Н.М.Арипова, М.К.Бобожанова О.Х.Ишназарова, А.И.Каршибаева, О.З.Тоирова, К.Г.Абидова и др.

Несмотря на проведенные научные работы, не достаточно исследованы вопросы разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий на основе регулируемого электропривода для горнотранспортных систем.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана фундаментальных и практических работ Навоийского государственного горного института на темы: БВ-Ф5-006 – «Разработка научных основ автоматических систем управления процессов добычи, транспортировки и переработки горных пород для увеличения производительности и повышения качества продукции», БА-А3-035 – «Динамические процессы и энерго- и ресурсосберегающие режимы электроприводов горнорудных комплексов», ОТ-Атех 2018-357 – «Повышение надёжности и энергоэффективности систем электроснабжения путём применения бесконтактных устройств».

Целью исследования является разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий на основе регулируемого электропривода горнотранспортных систем, позволяющих повысить энергоэффективность работы конвейеров.

Задачи исследования:

исследование технологической схемы конвейера для транспортировки горной массы с целью выявления технологических и конструктивных факторов, влияющих на режим работы конвейера;

исследование технологической схемы конвейерного транспорта по системе «конвейер – бункер – конвейер» для оптимизации режима работы регулируемого электропривода при транспортировании горной массы;

разработка и исследование динамической модели процессов «груз – лента – роlikоопоры» и определение нагрузки на привод конвейера в зависимости от общего противодействия перемещению ленточного конвейера;

исследование динамических процессов и режимов пуска асинхронных электроприводов с целью установления аналитической зависимости между динамическими показателями, параметрами машины и нагрузкой;

разработка алгоритмов определения энергоэффективного режима конвейеров на основе использования частотно-управляемого асинхронного электропривода;

разработка бесконтактных пускателей на базе полупроводниковых элементов для коммутации силовых токовых составляющих электроприводов горнотранспортных систем.

Объектом исследования являются ленточные конвейеры, горнотранспортные машины и их электроприводы, регулируемые в функции входного грузопотока.

Предметом исследования являются режим работы конвейеров и его электроприводов, а также показатели их эффективности.

Методы исследований. Работа основывается на использовании современных теорий электропривода и горнотранспортных машин, математического моделирования электромеханических систем, комбинированного метода по определению энергоэффективности и энергоёмкости производства, сравнительный анализ, расчётно-аналитические и статистические методы обработки результатов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определены конструктивные и технологические факторы, влияющие на энергоэффективность работы конвейеров для повышения их энергоэффективности с учётом предъявляемых технико-технологических требований к горнотранспортным системам;

разработана технологическая схема по системе «конвейер-бункер-конвейер», имеющая электропривод, позволяющая регулировать режимы работы мехатронной системы конвейерного транспорта при перевозке горной массы;

разработан способ определения напряженно-деформированного состояния конвейерной установки в системе «груз-лента-роликоопоры», для определения нагрузки на тяговом органе и привода, а также оптимизации и минимизации потерь электроэнергии;

разработана математическая модель процесса формирования средневзвешенных удельных энергозатрат на транспортирование, учитывающая влияние случайного характера загруженности ленты при заданном законе распределения грузопотока и его параметрах, а также коэффициента полезного действия приводных двигателей и режима регулирования скорости ленты на основе эффективности транспортирования;

получены аналитические зависимости с учётом взаимосвязей между динамическими показателями, параметрами машины и нагрузки для определения динамических свойств асинхронных электрприводов;

разработаны алгоритм определения эффективности работы и математическая модель частотно-регулируемых характеристик конвейера, учитывающие повышение объёма нагрузки и производительности для достижения энергосбережения при транспортировке горной массы.

Практические результаты исследования:

разработаны практические рекомендации по повышению эффективности горнотранспортных систем на основе метода определения энерго- и ресурсосберегающих режимов работы и расхода электроэнергии ленточных конвейеров;

разработан частотно-регулируемый электропривод с инвертором с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ), уменьшающий потребление электроэнергии для конвейеров транспортировки горной массы;

разработана схема регулирования скорости ленты в зависимости от изменения нагрузки, формирующий задание к контуру скорости с помощью задатчика интенсивности и блоков квантации по объёму грузопотока;

разработаны инструментальные средства в виде алгоритмов и программных обеспечений для создания энергоэффективных регулируемых электроприводов ленточных конвейеров, учитывающих повышение производительности и объёма нагрузки;

разработаны новые бесконтактные пускатели на базе полупроводниковых элементов для обеспечения надёжной коммутации трёхфазных и однофазных электродвигателей на приводе вспомогательных установок горнотранспортных систем (FAP 01474, 03.01.2020; FAP 01506, 22.05.2020).

Достоверность результатов исследования основывается на совпадении результатов математического моделирования и экспериментальных исследований, подтверждённых аналитическими формулами, а также внедрением полученных способов снижения потерь электроэнергии средствами регулируемого электропривода на предприятиях горной промышленности.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследования характеризуется определением нагрузки на привод конвейера в зависимости от системы «груз-лента-роlikоопоры» и разработкой алгоритма создания энергоэффективного привода ленточного конвейера, позволяющих повысить производительность и объём нагрузки, максимальный угол наклона и увеличить поперечное сечение транспортировки, повышая энергоэффективность конвейерной системы.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке энерго- и ресурсосберегающих техники и технологии на основе регулируемого электропривода в горнотранспортных системах, а также схемы регулирования скорости в зависимости от грузопотока, энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Внедрение результатов исследования. На основе проведенных исследований по применению частотно-регулируемого электропривода для транспортировки горной массы в горно-металлургической промышленности:

режим работы конвейеров с частотно-регулируемыми асинхронными электроприводами, а также схема регулирования скоростью в зависимости от грузопотока в мехатронных системах конвейеров внедрены в гидromеталлургическом заводе №4 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/2040 от 19 февраля 2021 г.). В результате уменьшено потребление электроэнергии в среднем до 30%, перерегулирован момент двигателя на 15% и равномерно распределена нагрузка между двигателями привода на 10%;

усовершенствованная система управления пусковым режимом ленточного конвейера внедрена в гидromеталлургическом заводе №4 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/2040 от 19 февраля 2021 г.).

В результате уменьшены затраты электроэнергии на 15-25% и снижены динамические перегрузки в 2-3 раза при пусковых режимах;

метод определения энерго- и ресурсосбережения машин и механизмов на дробление и транспортирование горной массы с целью совершенствования показателей энергоэффективности при дроблении и транспортировании руды внедрен в гидromеталлургическом заводе №4 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/2040 от 19 февраля 2021 г.). В результате получена возможность снижения удельных затрат потребления электроэнергии на единицу продукции 1 кВт·ч на тонну;

метод совершенствования схемы пуска для коммутации однофазного и трехфазного электродвигателей, вспомогательной части горнотранспортных систем с помощью новых бесконтактных пускателей на базе полупроводниковых элементов внедрен в гидromеталлургическом заводе №4 Навоийского горно-металлургического комбината (справка Навоийского горно-металлургического комбината №02-06-07/2040 от 19 февраля 2021 г.). В результате получена возможность уменьшения расхода в технологическом цикле и увеличения срока службы основных частей привода и надежности коммутаций однофазного и трехфазного электродвигателей, а также вспомогательной части горнотранспортных систем.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов исследований проведена на 8 республиканских и 20 международных научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликованы всего 68 научных работ, из них в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, изданы 20 статей, в том числе 18 из которых в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 176 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приведены актуальность и востребованность исследования, соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ, цель и задачи исследования, объект исследования, методы исследований, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе «Современные тенденции развития энерго- и ресурсосберегающих технологий и анализ выполненных исследований по повышению энергоэффективности горнотранспортных систем» проведён анализ технологической схемы Зармитанской золоторудной зоны и транспортировки руды перерабатывающего комплекса, даны результаты литературного обзора и патентного поиска теоретических исследований, проведен анализ работ по регулированию скоростью конвейера в функции грузопотока, а также выявлены основные факторы, действующие на энергоэффективность горнотранспортных систем.

На рис.1 представлены диаграммы нагрузок электродвигателей на приводах оборудования перерабатывающего комплекса технологической схемы транспортировки руды на ГМЗ-4. Проведённый анализ работы электродвигателей комплекса рудоподготовки и транспортировки руды технологической схемы показывает, что электродвигатели работают менее половины, т.е. в пределах 33,70-50,39% своих номинальных нагрузок.

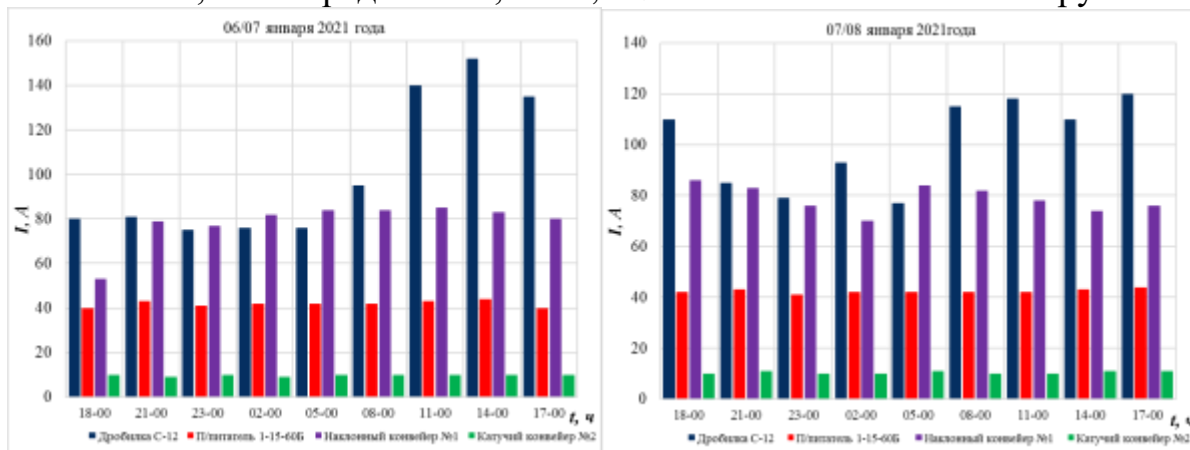


Рис. 1. Диаграммы нагрузок электродвигателей на приводах оборудования технологической схемы транспортировки руды ГМЗ-4

С целью увеличения производительности и уменьшения энергозатрат целесообразно применение регулируемого электропривода на конвейерных линиях с учётом влияния технических и технологических факторов на энергоэффективность горнотранспортных систем.

Вторая глава диссертации «Исследование эффективности режимов работы ленточных конвейеров горнотранспортных систем с учётом влияющих факторов» посвящена анализу конструкции и технологического режима работы ленточных конвейеров, энергоэффективности работы ленточных конвейеров без и с регулированием скоростью движения ленты, исследованию влияния параметров на эффективность работы ленточных конвейеров горнотранспортных систем, влияния неравномерности загрузки ленточного конвейера на приводные двигатели, а также энергозатратам на транспортировку.

На рис.2 представлена технологическая схема дробления и транспортировки руды. Предварительно шихтованную руду подают в

приемной бункер дробилки с помощью автопогрузчиков. Периодичность загрузки контролирует машинист дробильно-помольно-сортировочной машины (ДПСМ). По мере наполнения аккумулярующего бункера прекращается работа дробилки С-125. Продукт дробления пластинчатым питателем ПП-1-15-60Б подается на наклонный ленточный конвейер КЛС-1 и далее посредством реверсивного конвейера КЛС-2 распределяется по отсекам аккумулярующего бункера. При работе С-125 происходит заполнение двух питателей мельничного блока №1, в то время как оба пластинчатых питателя ПП-1-15-60–Б подают на наклонный ленточный конвейер КЛС-3 и по ленточному конвейеру КЛС-3 руда подается в мельницу ММС 70х23А (рис.2).

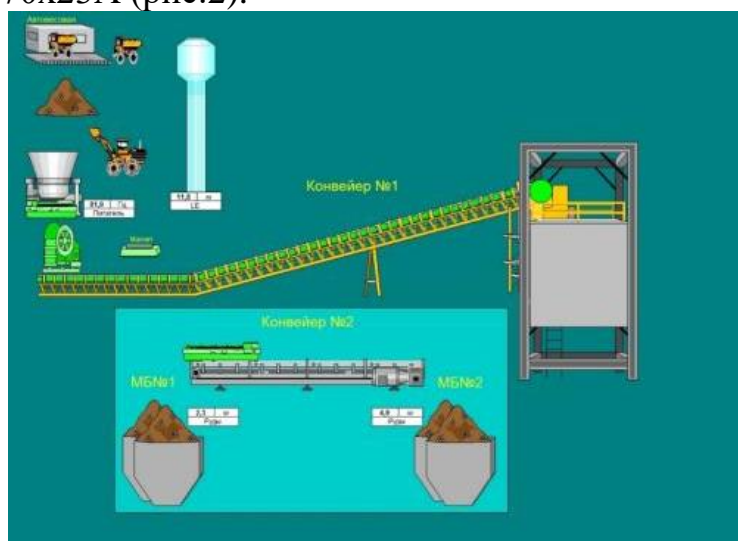


Рис. 2. Технологическая схема дробления и транспортировки руды

Для определения влияния регулирования скорости на энергоэффективность технологической схемы, разработана модель «конвейер-бункер-конвейер» (рис. 3).

С использованием разработанной модели определены графики зависимости удельной энергоёмкости транспортирования E системы «конвейер-бункер-конвейер» от средней величины грузопотока m_Q . На рис. 3 показаны зависимости E от m_Q в случае неуправляемого бункера ($\omega = \text{const}$) (кривая 1) и при регулировании скорости ленты надбункерного конвейера при различных номинальных производительностях над бункерным конвейером Q_{m1} , равных соответственно $Q_{m1} = 5; 6; 7$ т/мин (кривые 2, 3, 4).

Из этих кривых, видно, что при изменении скорости движения ленты конвейера при постоянной максимальной погонной нагрузке на ленте, в случае уменьшения в два раза величины грузопотока, поступающего на конвейер, потери электроэнергии при регулировании скорости движения ленты конвейера снижаются на 30%.

Если изменить скорости движения ленты над бункерным конвейером средняя и удельная энергоёмкости этой системы снижаются в среднем на 23%, чем при постоянной скорости ленты надбункерного конвейера. Если величина грузопотока,

поступающего на надбункерный конвейер, $m_Q \geq 6,8$ т/мин, то удельная энергоёмкость системы «конвейер-бункер-конвейер» E при нерегулируемой и регулируемой скоростях ленты надбункерного конвейера принимает постоянное значение независимо от грузопотока m_Q , поступающего на надбункерный конвейер, и не зависит от номинального значения производительности надбункерного конвейера Q_{m1} .

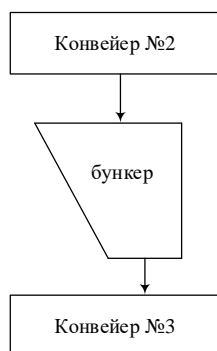


Рис. 3. Схема системы «конвейер-бункер-конвейер»

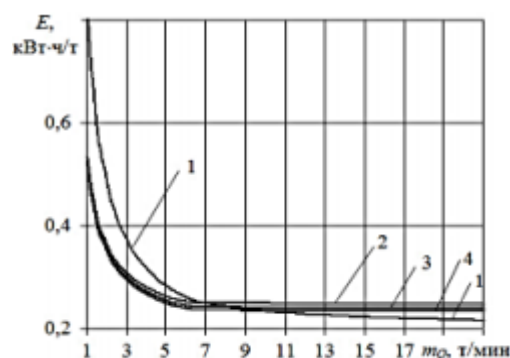


Рис. 4. Графики зависимости удельной энергоёмкости E системы «конвейер – бункер – конвейер» от средней величины грузопотока m_Q

Для определения влияния конструкций и параметров ленточных конвейеров, а также силы натяжений на энергоэффективность работы исследовалась схема конвейерной системы (рис. 5).

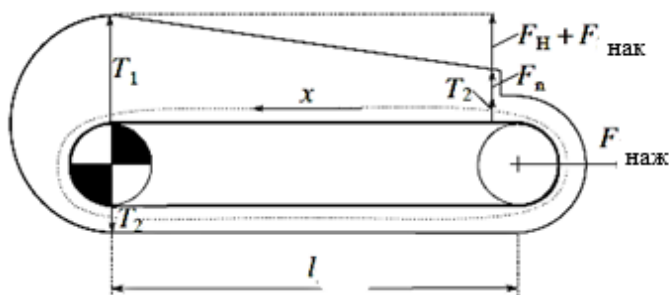
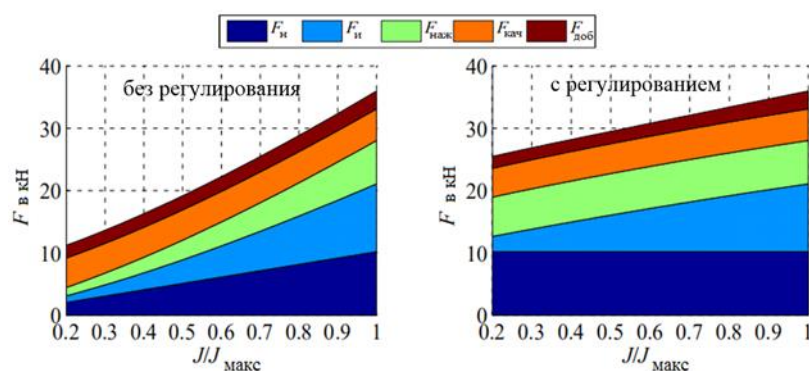


Рис. 5. Растягивающие силы ленты

Механические сопротивления, возникающие в результате процесса транспортировки, вызванные трением ленты и ролика, и из-за сопротивления наклона, находятся в составе общего сопротивления $F_{общ}$. Общее сопротивление $F_{общ}$, а также скорость движения ленты v напрямую зависят от размеров нагрузки, т.е. от скорости грузопотока J и от высоты подъёма H .

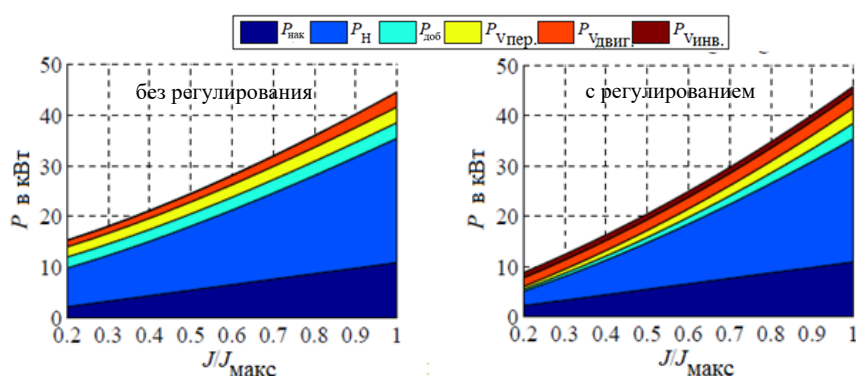
Одним из параметров, влияющим на эффективность ленточного конвейера, является сопротивление движению ленты. С учётом этого, было определено расчётное сопротивление в зависимости от выбора типа электропривода (рис. 6). При этом общее сопротивление конвейерных систем разделено на отдельные составляющие.



$F_{\text{нак}}$ – сопротивление наклона;
 $F_{\text{и}}$ – резонансное сопротивление при изгибе;
 $F_{\text{наж}}$ – нажимное сопротивление качению;
 $F_{\text{кач}}$ – сопротивление качению;
 $F_{\text{доб}}$ – добавочное сопротивление

Рис. 6. Распределение сопротивлений F в зависимости от расхода J

На основе распределения сил определено распределение мощностей для работы привода без регулирования и с регулированием скорости (рис. 7).



$P_{\text{нак}}$ – мощность наклона;
 $P_{\text{и}}$ – мощность главного сопротивления;
 $P_{\text{доб}}$ – мощность вторичного сопротивления.

Рис. 7. Расчётное распределение мощности P в зависимости от расхода J

На рис. 7а показано потребление электроэнергии при работе без регулирования и с регулированием скорости. Потребляемая мощность двигателя, напрямую подключенного к сети, уменьшается, т.к. дополнительные потери преобразователя отсутствуют, а гармонические потери возникают при регулировании скорости в двигателе.

Эффективность электропривода $\eta_{\text{привод}}$ определяется как произведение КПД коробки передач, двигателя и преобразователя, и всегда меньше в режиме работы с регулированием скорости, чем в режиме работы без регулирования (рис. 8б). Вместе с тем, требуемая мощность привода конвейерной ленты при использовании частотно-регулируемого электропривода в диапазоне частичных нагрузок меньше. Это уменьшает диапазон частичной нагрузки, несмотря на более низкий КПД привода, мощность сети и, следовательно, затраты энергии (рис. 8а).

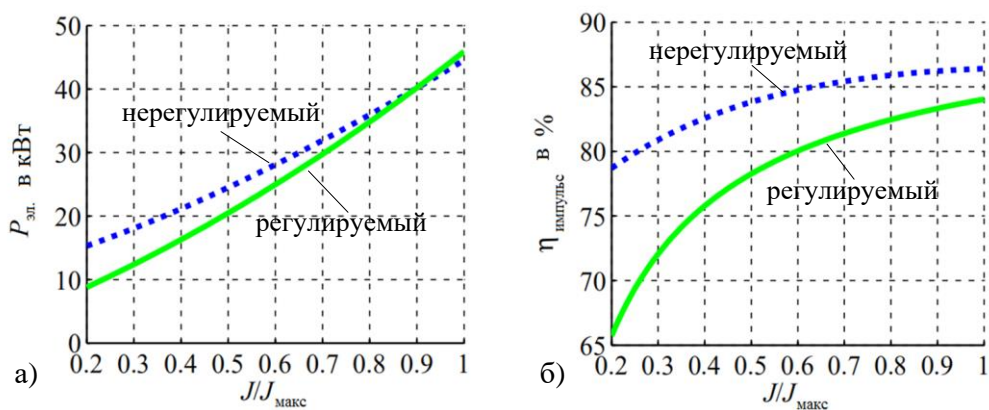


Рис. 8. Сравнение работы с нерегулируемой и с регулируемой скоростью приводов: *а* – расчётное потребление мощности конвейера; *б* – расчётная эффективность электроэнергии $P_{эл}$ электропривода $\eta_{привода}$ конвейера

Ширина ленты оказывает непосредственное влияние на возможное поперечное сечение наполнения. Это увеличивает ширину ленты и уменьшает потребление энергии. Потенциал энергосбережения при увеличении ширины ленты составляет около 40% (рис. 9). Установлена зависимость потребляемой мощности системы от максимального угла наклона (рис.10).

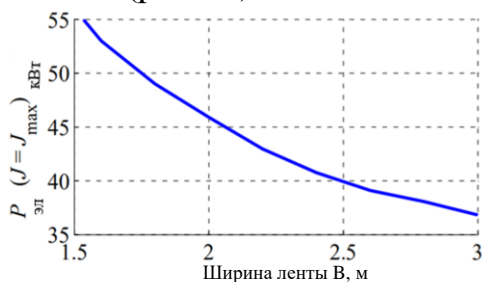


Рис. 9. Изменение мощности при различной ширине ленты

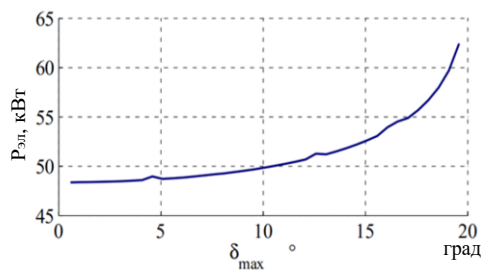


Рис. 10. Изменение мощности в зависимости от угла наклона

Наименьший возможный угол наклона приводит к минимальному энергопотреблению. Поэтому рекомендуется при транспортировки горной массы прямолинейное соединение с низким уклоном и с потенциалом энергосбережения около 10% (рис. 10).

Оптимальная сила натяжения для этого примера расчёта потенциала энергосбережения составляет примерно 25%.

В третьей главе диссертации «**Моделирование энергоэффективности работы ленточных конвейеров с учётом тягового органа и оптимизация структуры электропривода систем конвейера**» разработана структурная схема оптимизации электропривода конвейера с регулируемым приводом по критерию энергоэффективности, разработан способ разделения тягового усилия между электроприводами ленточного конвейера при неизменных режимах работы приводов, даны тяговые возможности приводных барабанов и изменение натяжения ленты на участках конвейера.

Эффективность горного предприятия связана с внедрением энергосберегающих технологий, а также с оптимизацией структуры и режимов работы технологического оборудования.

С целью определения влияния внешних факторов на энергопотребление при транспортировке груза, а также для определения влияния на потребление электрической энергии механической составляющей ленточного конвейера, разработана структурная схема оптимизации мехатронной системы конвейера с регулируемым приводом по критерию энергоэффективности (рис. 11).

Из рис. 11 видно, что внешние факторы, а также параметры регулируемого электропривода и механической составляющей ленточного конвейера влияют на потребление электрической энергии при транспортировании руды ленточным конвейером.

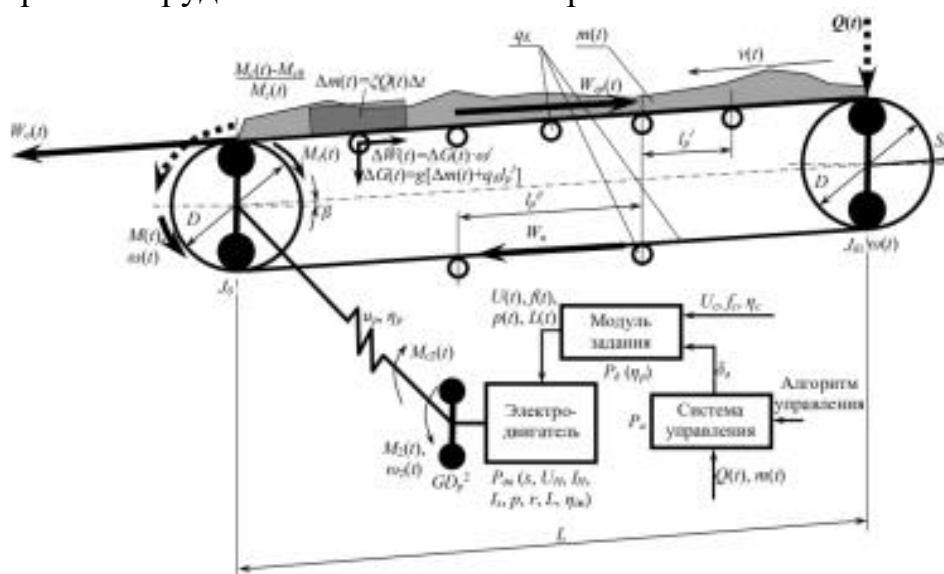


Рис. 11. Структурная схема оптимизации электропривода по критерию энергоэффективности

На рис. 11 показаны результаты математического моделирования, откуда видно, что при увеличении скорости ленты уменьшается момент сопротивления на электроприводе, т.е. с увеличением скорости снижается КПД конвейера за счёт увеличения момента сопротивления, соответствующего холостому ходу.

Изменение энергопотребления на транспортировку горной массы конвейером в зависимости от скорости ленты приведено на рис. 12. Прочность ленты, номинальный момент двигателя конвейера, приёмная возможности ленты и мощность двигателя являются влияющими факторами на удельные энергозатраты при транспортировании горной массы.

Анализ кривой показывает, что абсолютное значение энергопотребления на транспортирование горной массы при скорости 2 м/с составляет 3,69 кВт·ч/ (т·км), а при скорости 4 м/с – 11,7 кВт·ч/ (т·км).

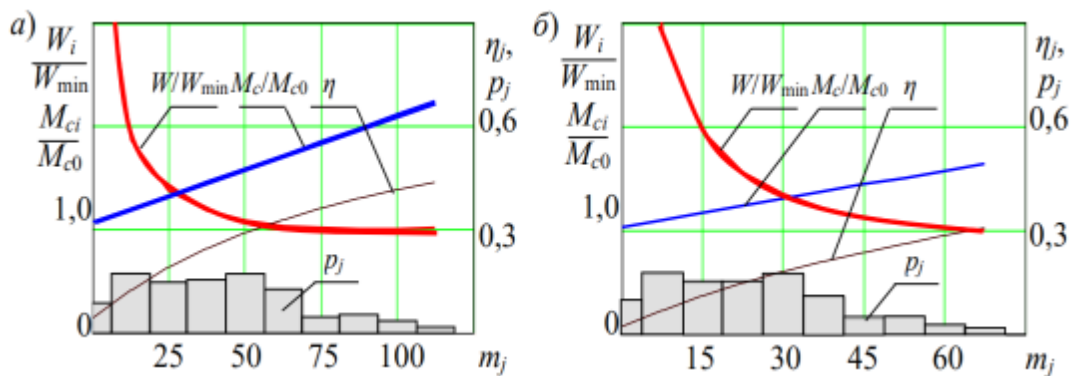
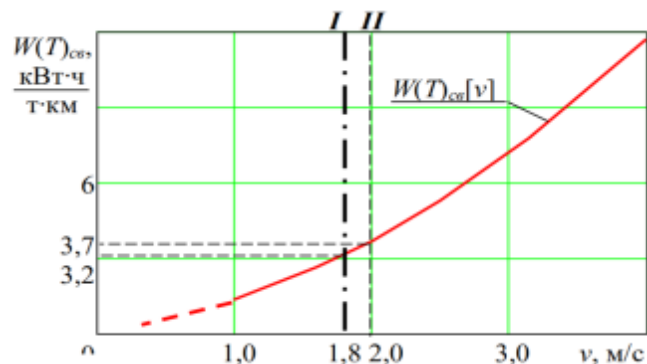


Рис. 12. Зависимость энергопотребления на транспортировку от момента сопротивления при скоростях ленты $v=2$ м/с (а) и $v=4$ м/с (б)



I – режим работы, соответствующий минимуму скорости ленты;
 II – нормальный режим работы конвейера

Рис. 13. Зависимость энергопотребления $W(T)_{cv}$ на транспортировку горной массы от скорости ленты v

Регулируя скорость ленты, можно определить изменение удельных затрат на транспортировку груза. Если увеличить скорость ленты в 2 раза, удельные энергозатраты на транспортировку груза увеличатся в 3,2 раза. При уменьшении скорости ленты до значения $v=2,8$ м/с среднее арифметическое значение удельных энергозатрат на транспортировку груза уменьшаются на 13,5% (до 3,2 кВт·ч/(т·км)).

Оптимизация системы привода и методы регулирования скорости ленты конвейера по критерию энергосбережения позволяет учесть влияние технологических параметров конвейера и режима перевозки горной массы, параметров механической и электрической частей конвейера, а также метода регулирования скорости ленты на средневзвешенные удельные энергозатраты при перевозки горной массы конвейером.

Определены влияющие факторы на энергоэффективность: скорость ленты, грузопоток и нагрузка на ленты, а также технические параметры транспортных машин (передаточное число редуктора), параметры технологической схемы (длина транспортирования, угол транспортирования). Для оптимизации режима работы регулируемого электропривода конвейера используется скорость ленты.

Для определения основных причин возникновения сопротивлений движения тягового органа (ТО), влияющих на эффективность работы конвейеров, смоделирована система «груз-конвейерная лента-роликоопоры».

Моделирование системы ГЛР, расчетная схема которой представлена на рис. 14, проводится поэтапно.

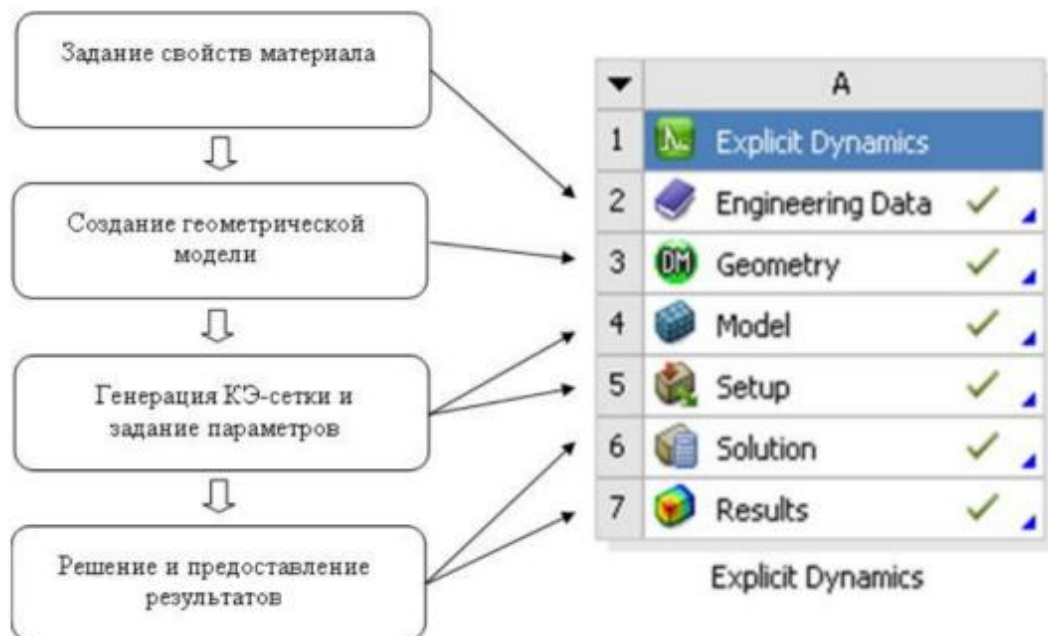


Рис. 14. Структурная схема моделирования в ANSYS Workbench

Определена нагрузка на подшипники по максимально нагруженному среднему ролику желобчатой роликоопоры при неизменном грузопотоке с учётом того, что большая часть действующей нагрузки приходится на средний ролик (65-70%). Установлено, что на боковые ролики приходится около 30% нагрузки, отсюда нагрузка на подшипники среднего ролика в 2,5 раза больше, чем на подшипники боковых роликов. Полученные результаты исследования НДС системы ГЛР приведены на рис. 15.

На этом же рисунке отображено поле распределения деформаций, на роликах и в пролете между роликоопорами. Здесь максимальный провес ленты составляет 16 мм, а минимальная деформация ленты на среднем ролике, составляет 1,55 мм, что отражает реальную картину провисания при заданном натяжении.

Удельные энергозатраты на транспортировку груза в течение интервала времени T с учётом неравномерности входного грузопотока определяются по формуле:

$$W_{св}(T) = \frac{\int_0^T \frac{F_0 + k_m \cdot q(t) \cdot v(t)}{\eta(t)} dt}{m_{\Sigma}(T) \cdot L}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / (\text{т} \cdot \text{км}), \quad (1)$$

где F_0 – окружное тяговое усилие холостого хода конвейера; k – приращение окружного тягового усилия на приводе конвейера при увеличении погонной загруженности ленты; $q(t)$ – средняя погонная загруженность ленты в момент времени t ; $v(t)$ – текущая скорость

транспортирования, м/с; $\eta(t)$ – коэффициент полезного действия привода конвейера в момент времени t ; $m_{\Sigma}(T)$ – суммарная масса груза, перемещённая конвейером за время функционирования T ; L – длина транспортирования груза конвейером, которая является технологическим параметром процесса транспортирования.

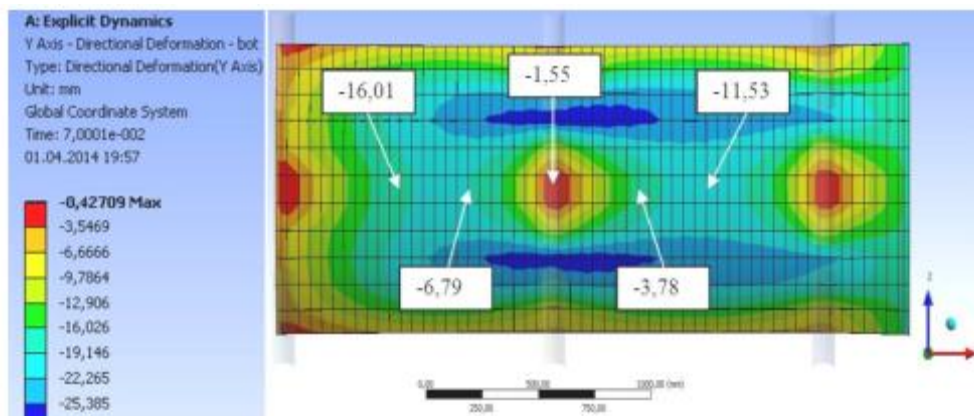


Рис. 15. Распределение деформаций в модели (вид снизу)

Проведённый анализ показал, что на значение средневзвешенных удельных энергозатрат $W_{св}$ и транспортировку груза ленточным конвейером наиболее существенно влияют скорость транспортировки (прямая зависимость), а также КПД привода конвейера и загруженность ленты (обратная зависимость), которые обусловлены как скоростью транспортировки, так и входным грузопотоком на конвейере.

На величину удельного энергопотребления при транспортировании груза ленточным конвейером влияют следующие параметры:

1) технологические параметры транспортирования груза ленточным конвейером

$$P_T[Q(t), v(t), L, \beta], \quad (2)$$

где $Q(t)$ – входной грузопоток; $v(t)$ – скорость ленты; L – длина транспортирования; β – средний угол транспортирования;

2) конструктивные параметры ленточного конвейера

$$P_K(q_0, q'_p, q''_p, \omega'k_s, D, u_p, P_e), \quad (3)$$

где: q_0, q'_p, q''_p – линейная масса конструктивных частей; ω' – коэффициент сопротивления продвижению ленты; $\omega'k_s$ – коэффициенты, предусматривающие местные сопротивления вдоль трассы конвейера; D – диаметр приводного барабана; u_p – передаточное число редуктора, определяется требуемой скоростью ленты v ; P_e – вектор параметров электрической части привода (электродвигателя, регулятора скорости), электрической сети и т.д.

С целью снижения энергопотребления при транспортировке груза ленточным конвейером целесообразно максимальное снижение скорости ленты с учётом возможных ограничений на параметры проектирования привода ленточного конвейера.

В четвёртой главе диссертации «Исследование динамических процессов и вопросы пуска электроприводов горнотранспортных систем» исследованы динамические процессы в электроприводах (ЭП) горнотранспортных систем (ГТС), рассмотрены вопросы фазового и частотного управления электродвигателями, разработаны алгоритмы и программы расчёта переходных процессов для проведения расчетно-теоретических исследований ЭП ГТС и исследованы пусковые режимы электроприводов.

Для построения математической модели электрической части ГТС определены системы дифференциальных уравнений ЭП, коэффициенты связи (K_u, K_i, K_p), соединяющие параметры элементов системы с параметрами режима работы и внешних воздействий, алгоритмы и константу управления.

Система дифференциальных уравнений ЭП:

$$\left. \begin{aligned} \bar{U} &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ \bar{i} &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ M &= f(Z_H, \Pi, F, t); \\ \omega_0 &= f(Z_H, \Pi, F, t); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где: Z_H – характеристики нагрузки ЭП; Π – параметры элементов комплекса; F – законы изменения управляемых переменных; t – время.

Зависимость напряжения от времени $U(t)$ при пуске АД:

$$\begin{aligned} U &= \frac{r}{x} \Psi_{f_c} + \left(\frac{rx_f + r_f x}{x_\mu r_f} \right) p \Psi_{f_c} + \frac{xx_f - x_\mu^2}{x_\mu r_f} p^2 \Psi_{f_c} - \frac{xx_f - x_\mu^2}{\Psi_{f_c} x_f} (Jp\omega_p - M_c)x \\ &+ x \left[\omega_p + \frac{x_\mu r_f}{\Psi_{f_c}^2 x_f} (Jp\omega_p - M_c) \right] + j \left[\frac{x}{x_\mu} \omega_p \Psi_{f_c} + \frac{rx_f + r_f x}{\Psi_{f_c} x_f} (Jp\omega_p - M_c) \right] + \\ &+ \frac{xx_f - x_\mu^2}{x_\mu r_f} \omega_p p \Psi_{f_c} + \frac{xx_f - x_\mu^2}{\Psi_{f_c} x_f} (Jp^2 \omega_p - pM_c) \end{aligned} \quad (5)$$

Потери за время динамического режима составляют ($t_o = 0$):

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2\sqrt{-a_4}} (C_{1\alpha}^2 + C_{1\beta}^2 [a_3 + \sqrt{-a_4} (a_2 \sqrt{-a_4} + a_2)] (1 - e^{-2\sqrt{-a_4} t_m}) - (C_{2\alpha}^2 + C_{2\beta}^2) \\ &[a_3 + \sqrt{-a_4} (a_2 \sqrt{-a_4} - a_3)] (1 - e^{-2\sqrt{-a_4} t_m}) + 2(C_{1\alpha} C_{2\alpha} + C_{1\beta} C_{2\beta}) (a_3 - a_2 a_4) t_\infty \end{aligned} \quad (6)$$

или

$$\begin{aligned} W &= (\Psi_{f_l} \Psi_{f_n}) \approx h \sum_{j=1}^n f[t_0 + jn; \Psi_{f_{ji}}; \frac{(\Psi_{f_{(j+1)}} - \Psi_{f_j})}{h}] = \\ &= h \sum_{j=1}^n [a_1 \frac{(\Psi_{f_{(j+1)}} - \Psi_{f_j})^2}{h^2} + a_2 \frac{\Psi_{f_{ji}} (\Psi_{f_j})}{n} + a_3 \Psi_{f_{ji}}^2 + a_{10} \frac{j p \omega_{pj} + M_n}{\Psi_{f_{ji}}^2]; \end{aligned} \quad (7)$$

где $h = \frac{(t_\infty - t_0)}{n}$; $\Psi_{f_z} \approx f(t_0 + jh); j = 1, l, n$.

Полученные выражения устанавливают взаимосвязь между динамическими показателями, параметрами машины и нагрузки и могут быть использованы при определении динамических свойств АД.

Получаемая от сети напряжения двигателя определяется по формуле:

$$u_1 = 1 / [1 + \Delta u (p_{нг} + p_n k_i)], \quad (8)$$

где $u_1 = U_1/U$ – напряжение на зажимах двигателя в относительных единицах; $\Delta u = \Delta U/$ – расчётные потери напряжения; $p_{нг} = P_{нг}/P_p$ – коэффициент соизмеримости мощности параллельной нагрузки; $p_n = P_n/P_p$

– коэффициент соизмеримости мощности пускаемого двигателя; k_i – кратность пускаемого тока запускаемого двигателя; $P_{нг}$ – мощность параллельной нагрузки; P_p – расчётная нагрузка.

При использовании формулы (18) получается зависимость напряжения на зажимах электродвигателя от расчётных потерь напряжения $u_1=f(\Delta u)$ (рис. 16), с помощью которой можно определить потери напряжения на питающей линии и выбрать сечение провода с учётом этих потерь.

Полученный график позволяет определить напряжение на зажимах двигателей горнорудного комплекса, имеющий различные коэффициенты соизмеримости мощности и обеспечивающий их устойчивую работу.

Выявлена зависимость напряжения от расчётного падения напряжения на линии электрообеспечения и коэффициента соизмеримости пускаемого двигателя:

$$u_{п} = k_u - 2 \Delta u (1 - p_n) / 1 + \Delta u (k_i p_n - 1 - p_n), \quad (9)$$

$$k_u = U/U_n,$$

где U – фактическое напряжение; U_n – номинальное напряжение.

Расчёты показали, что по сравнению с нерегулируемым пуском, затраты электроэнергии при управляемом пуске уменьшаются на 15-25%, а динамические перегрузки снижаются в 2-3 раза.

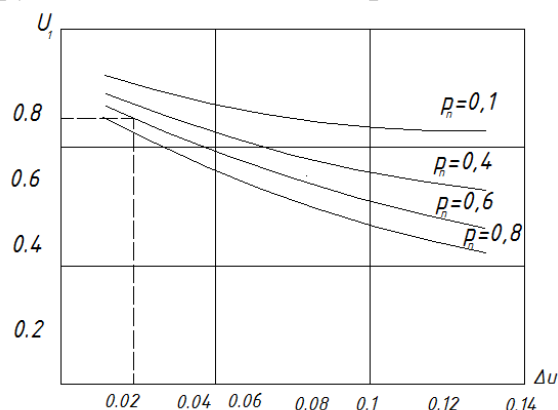


Рис. 16. Зависимость напряжения на зажимах двигателя от расчётной потери напряжения

Проведены исследования потерь энергии конвейерами в режиме «пуск-стоп». На рис. 17 показано изменение скорости и нагрузки при непрерывной работе конвейерной системы в режиме «пуск-стоп». Необходимая стартовая энергия состоит из кинетической энергии $\mathcal{E}_{кин}$, энергии потерь на трение конвейерной системы $E_{нач}$ и энергии потерь при запуске двигателя $E_{Vдв}$.

Требуемая энергия в режиме «пуск-стоп» $E_{пуск-стоп}$ в режиме холостого хода:

$$E_{пуск-стоп} = E_{кин} + E_{нач} + E_{Vдв}. \quad (10)$$

Энергия потерь на трение в два раза меньше, чем при непрерывной работе:

$$E_{нач} = \frac{m_W \omega_W T_{нач}}{2}. \quad (11)$$

$$T_{\text{нач}} = \frac{J\omega_B}{(m_{M_{\text{нач}}} - m_W)}. \quad (12)$$

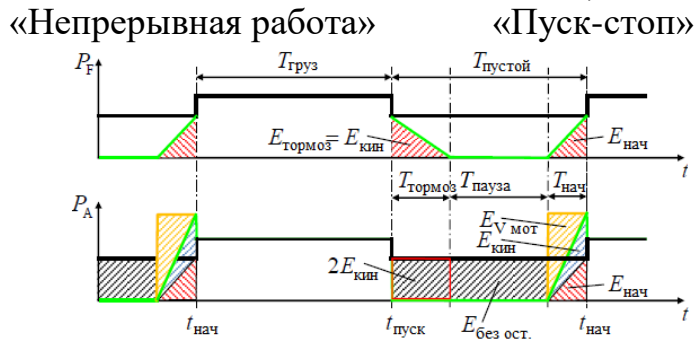


Рис. 17. Энергопотребление конвейерной системы в режимах непрерывной работы и «Пуск-стоп»

В режиме «пуск-стоп» происходит больше потерь энергии, чем при непрерывной работе, а работа с переменной скоростью приводит к оптимизации энергопотребления.

Пятая глава диссертации «**Совершенствование энергоэффективности режимов работы горнотранспортных систем**» посвящена разработке алгоритма определения энергоэффективности работы конвейеров и разработке методики определения энергоэффективности регулируемых электроприводов ленточного конвейера с преобразователями частоты.

По результатам исследования подготовлена методика выбора энергоэффективного режима управления электроприводов ленточного конвейера, которая полезна при модернизации существующих ленточных конвейеров.

Разработан алгоритм расчёта выходного грузопотока конвейера и подалгоритм расчёта электропотребления. С использованием алгоритмов можно реализовать процессы прохождения горной массы и потребления электроэнергии во времени. На рис.18 приведен алгоритм электропотребления в каждый момент времени и минутным значением грузопотока конвейера.

При работе конвейера в одном цикле алгоритмы являются линейными с большим количеством итераций. Приведенные алгоритмы могут также использоваться в MATLAB с приложением SIMULINK, для моделирования динамических систем.

При выборе критериев энергосбережения учитывается соотношение $\frac{F_{\text{нак}} + F_E}{F_{\text{общ}}}$, коэффициент частичной нагрузки $k_{\text{часть}} = \frac{J_{\text{часть}}}{J_{\text{мах}}}$ и отношение времени работы к общему времени работы $\frac{t_{\text{часть}}}{t_{\text{о.э.р}}}$.

В шестой главе диссертации «**Совершенствование силовой части и систем управления технологическими процессами горнотранспортных систем**» представлена информация о технологической схеме, подготовки и транспортировки руды, о разработанных новых бесконтактных пускателях.

Схема автоматизации технологического процесса перерабатывающего комплекса (ГМЗ-4) приведена на рис. 19.

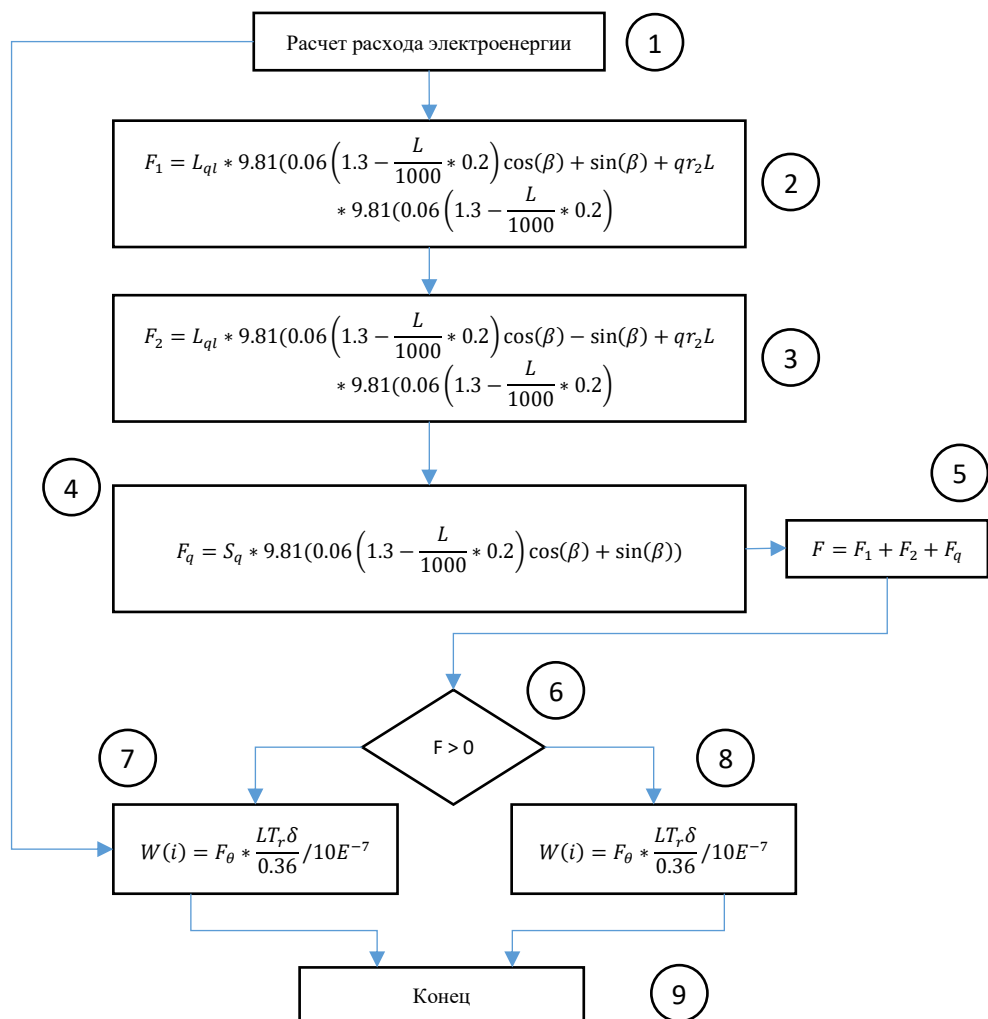


Рис. 18. Алгоритм расчета потребления электроэнергии конвейером

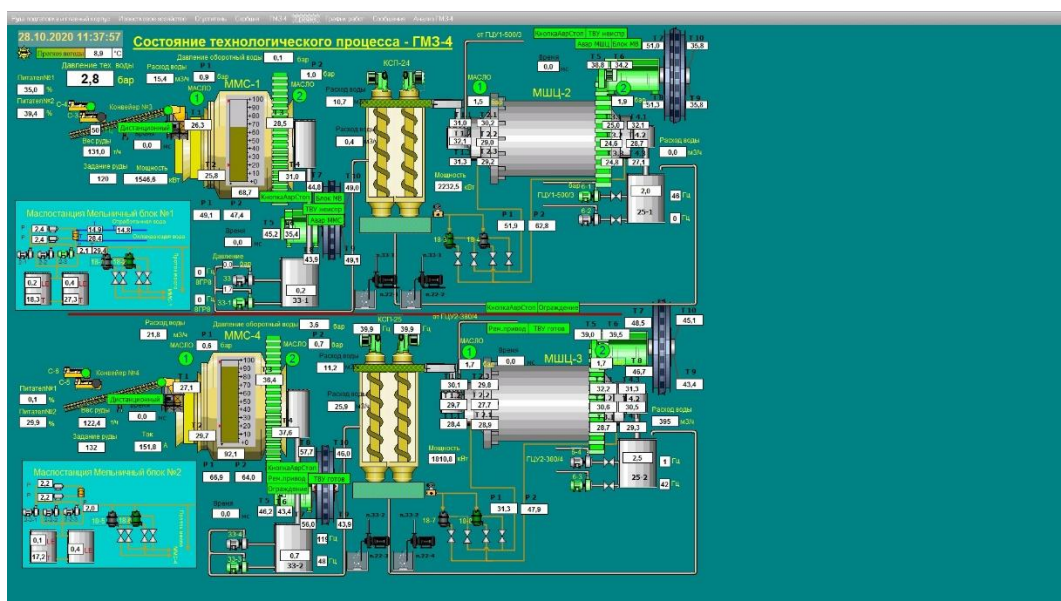


Рис. 19. Схема автоматизации технологического процесса перерабатывающего комплекса

В схеме автоматизации показаны технологические оборудования установки технологического процесса со значениями контролируемых параметров и средства автоматизации.

С использованием опытного образца нового бесконтактного пускателя были исследованы режимы пуска электродвигателя АИР71В2У3.

Как показали проведённые эксперименты, пускатель для коммутации электродвигателей целесообразно использовать на электрических установках средней мощности горнотранспортных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации доктора технических наук (DSc) на тему: «Энерго- и ресурсосберегающие технологии на основе регулируемого электропривода в горнотранспортных системах» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. На основе проведённых исследований статических и динамических режимов горнотранспортных систем определены конструктивные и технологические факторы, влияющие на энергосберегающий режим работы конвейеров с целью повышения энергоэффективности конвейеров с учётом предъявляемых технико-технологических требований к горнотранспортным системам;

2. Обоснована технологическая схема по системе «конвейер–бункер–конвейер», имеющая электропривод и позволяющая регулировать режимы работы мехатронной системы конвейерного транспорта для перевозки горной массы, при этом электрические двигатели в технологических схемах процессов подготовки руды и перевозки, работают меньше половины величины номинальной нагрузки.

3. Разработаны методы исследования напряженно-деформированного состояния конвейерной установки в системе «груз–лента–роlikоопоры», для определения нагрузки на тяговом органе и привода, оптимизированы конструктивные и режимные параметры, а также модели системы «груз–лента–роlikоопоры» на основе зависимости натяжения на тяговом органе и скорости движения конвейера с общим сопротивлением на среднем роликe с целью минимизации потерь электроэнергии.

4. Получены аналитические зависимости, с учётом взаимосвязей между динамическими показателями, параметрами машины и нагрузки, при пусковых режимах для определения динамических свойств асинхронных электроприводов. В результате использования аналитических зависимостей коэффициента соизмеримости пускаемого двигателя и потери энергии в сетях, затраты электроэнергии при пуске уменьшены на 15...25%, а динамические перегрузки снижены в 2...3 раза.

5. Разработаны алгоритмы и математические модели для определения эффективной работы частотно-регулируемого электропривода ленточного конвейера, учитывающие повышение производительности и объёма

нагрузки, максимального угла наклона и увеличенное транспортируемое поперечное сечение, усилие натяжения ленты, позволяющие повышать энергосбережения в конвейерной системе.

6. Разработана математическая модель процесса формирования средневзвешенных удельных энергозатрат при транспортировке горной массы, позволяющая объективно оценить величину и характер энергопотребления при транспортировании горной массы с учётом неравномерности входного грузопотока, скорости ленты и коэффициента полезного действия привода конвейера.

7. Разработаны методы точного формирования сигналов заданий на электропривод и равномерного распределение нагрузки между двигателями, позволяющие рассчитать экономию электроэнергии в зависимости от загрузки двигателя, определения энерго- и ресурсоэффективного режима работы конвейеров. В результате внедрения данного частотного электропривода обеспечивается увеличение срока службы установки в 3,5 раз.

8. Совершенствована система автоматического управления конвейерами при транспортировке горной массы путём применения асинхронного электропривода с частотным преобразователем, в результате обеспечено снижение потребляемой электроэнергии электродвигателями до 30%, а также повышение энергоэффективности и снижения расхода удельного энергопотребления на 1 кВт·ч на тонну продукции.

9. Разработаны новые бесконтактные пускатели на базе полупроводниковых элементов для упрощения схемы управления, увеличения срока службы, уменьшения отрицательного влияния на режим работы, обеспечение надёжной коммутации однофазных и трёхфазных электродвигателей, используемых в составе электроприводов вспомогательного оборудования горнотранспортных механизмов.

**ONE-OFF SCIENTIFIC COUNCIL BASIS OF SCIENTIFIC COUNCIL
ON AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.17/04.06.2021.T.06.02
AT THE NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

NAVOI STATE MINING INSTITUTE

ESHMURODOV ZIYODULLO ORIPOVICH

**ENERGY AND RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES BASED ON
ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE IN MINING TRANSPORTATION
SYSTEMS**

**04.00.16 – Mining machines;
05.05.01 – Energy systems and complexes**

**DISSERTATION ABSTRACT
FOR THE DOCTOR OF SCIENCES (DSc) OF TECHNICAL SCIENCES**

Navoi - 2021

The theme of dissertation doctor of sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under №B2021.1.DSc/T325.

The dissertation has been carried out at the Navoi State Mining Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume) on the webpage of the Scientific Council (www.ndki.uz) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific Consultant:

Bobojanov Makhsud Kalandarovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Aripov Nazirjon Mukaramovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Umarov Farkhodbek Yarkulovich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Djuraev Rustam Umarxanovich
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Leading organization:

JSC «Almalyk Mining and Metallurgical combine»

The defence of the dissertation will be held on «29» November 2021 at 15⁰⁰ at the meeting of the one-off Scientific Council basis of Scientific Council on awarding Scientific degrees DSc.17/04.06.2021.T.06.02 at the Navoi State Mining institute. Address: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Conference Hall of the Navoi State Mining Institute. Phone: 0 (436) 223-23-32; fax: 0 (436) 223-00-55; e-mail: info@ndki.uz. nsmi@gmail.com.

The doctoral dissertation has been registered at the Information Resource Centre of the Navoi State Mining Institute under No 78. Adress: 210100, Navoi, Makhmud Tarobiy street, 72. Phone: 0 (436) 223-56-90; fax: 0 (436) 223-00-55.

The abstract of the dissertation is distributed on «9» November 2021.

(Protocol at the register No 38 dated «9» November 2021).



I.T. Mislibayev

I.T. Mislibayev
Chairman of the Scientific Council for awarding the scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

Sh.Sh. Zairov

Sh.Sh. Zairov
Scientific Secretary of the Scientific Council for awarding of scientific degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

N.A. Abduazizov

N.A. Abduazizov
Chairman of the Scientific Seminar at the Scientific Council for the award of academic degrees, Doctor of Technical Sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation (DSc))

The aim of the work is to develop energy- and resource-saving technologies based on a regulated electric drive of mining transport systems, allowing to increase the energy efficiency of conveyor operation.

The object of research is belt conveyors, mining and transport machines and their electric drives, regulated in the function of the input cargo flow.

The scientific novelty of the research is as follows:

the design and technological factors affecting the energy efficiency of the conveyors to increase their energy efficiency, taking into account the technical and technological requirements for mining transport systems, are determined;

a technological scheme has been developed for the «conveyor-hopper-conveyor» system, which has an electric drive, allowing to regulate the operating modes of the mechatronic conveyor transport system during the transportation of rock mass;

a method has been developed for determining the stress-strain state of a conveyor system in the «load-belt-roller supports» system, for determining the load on the traction body and drive, as well as optimizing and minimizing power losses;

a mathematical model of the process of forming weighted average specific energy consumption for transportation has been developed, taking into account the influence of the random nature of the belt load with a given law of distribution of cargo flow and its parameters, as well as the efficiency of drive motors and the belt speed control mode based on the efficiency of transportation;

analytical dependences are obtained taking into account the relationships between dynamic indicators, machine parameters and load to determine the dynamic properties of asynchronous electric drives;

an algorithm for determining the efficiency of work and a mathematical model of the frequency-controlled characteristics of the conveyor have been developed, taking into account the increase in the volume of load and productivity to achieve energy savings during the transportation of rock mass.

Implementation of research results. Based on the conducted research on the use of a frequency-controlled electric drive for the transportation of rock mass in the mining and metallurgical industry:

the mode of operation of conveyors with frequency-controlled asynchronous electric drives, as well as the speed control scheme depending on the cargo flow in the mechatronic conveyor systems are implemented in the hydrometallurgical plant No. 4 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/2040 dated February 19, 2021). As a result, electricity consumption is reduced to an average of 30%, the motor torque is over-regulated by 15% and the load is evenly distributed between the drive motors by 10%;

an improved control system for the start-up mode of the conveyor belt was introduced at the hydrometallurgical plant No. 4 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the Navoi Mining and Metallurgical

Combine No. 02-06-07/2040 dated February 19, 2021). As a result, electricity costs were reduced by 15-25% and dynamic overloads were reduced by 2-3 times during start-up modes;

the method of determining the energy and resource saving of machines and mechanisms for crushing and transporting rock mass in order to achieve energy efficiency indicators during crushing and transporting ore was introduced in the hydrometallurgical plant No. 4 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/2040 dated February 19, 2021). As a result, it was possible to reduce the unit costs of electricity consumption per unit of production of 1 kWh per ton;

the method of improving the start-up scheme for switching single-phase and three-phase electric motors, supportive parts of mining transport systems using new contactless starters based on semiconductor elements was introduced at the hydrometallurgical plant No. 4 of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (reference of the Navoi Mining and Metallurgical Combine No. 02-06-07/2040 dated February 19, 2021). As a result, it is possible to reduce the consumption in the technological cycle and increase the service life of the main parts of the drive and the reliability of the switching of single-phase and three-phase electric motors, as well as the auxiliary part of mining transport systems.

The structure and volume of dissertation. The structure of the thesis consists of an introduction, six chapters, conclusion, bibliography and appendices. The volume of the thesis is 176 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Эшмуродов З.О. Каршибаев А.И., Тавбоев А.Н. Способы энергосбережения в электроприводах горных машин горнорудных предприятий // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №4. – С. 92-94 (05.00.00; №7).
2. Каршибаев А.И., Эшмуродов З.О. Методический подход к прогнозированию электропотребления горных предприятий // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. – №2. – С. 82-84 (05.00.00; №7).
3. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Алгоритмы расчета переходных процессов электроприводов горнорудных комплексов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2016. – №3-4. – С. 50-54 (05.00.00; №21).
4. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Способы снижения потерь энергии в электроприводах в переходных режимах // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2016. – №1-2. – С. 24-27 (05.00.00; №21).
5. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Динамические процессы в электроприводах горных машин // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2016. – №4. – С. 83-86 (05.00.00; №5).
6. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О., Ташева Х.Т. Математические модели электроприводов горных машин // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2017. – №1. – С. 65-70 (05.00.00; №5).
7. Эшмуродов З.О. Анализ работы электродвигателей, используемых в металлургической и горнодобывающей промышленности // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. – №1. – С. 65-71 (05.00.00; №5).
8. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О., Ташева Х.Т. Применение регулируемого электропривода в горных комплексах // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. – №1. – С. 84-89 (05.00.00; №5).
9. Эшмуродов З.О., Арзиев Э.И. Способы управления асинхронными двигателями с фазным ротором горных машин // Вестник ТашГТУ. – Ташкент, 2018. – №4. – С. 206-210 (05.00.00. №16).
10. Korolev V.A., Bashilov A.M., Eshmurodov Z.O. The system individualized principles of management of technologies of field husbandry // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2018. – №4-5. – С. 28-33 (05.00.00, №12).
11. Korolev V.A., Bashilov A.M., Toporkov V.N., Eshmurodov Z.O. Principles of management of agrotechnological systems // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент, 2018. – №4-5. – С. 123-128 (05.00.00, №12).

12. Bobojanov M.K., Eshmurodov Z.O., Ismoilov M.T. Research of dynamic properties of electric drives of mining complexes // International Journal Of Advanced Research in Science, Engineering and Technology.– India: National Institute of Science Communication and Information Resources, 2019, May. – Vol. 6. – Issue 5. – pp. 9200-9207 (05.00.00; №8).

13. Королев В.А., Эшмуродов З.О. Системно-индивидуализированные принципы управления технологиями добычи // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2019. – №2. – С. 110-112 (05.00.00; №7).

14. Эшмуродов З.О., Бобожанов М.К. Исследование эффективности конвейеров горнотранспортных систем // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2020. – №3. – С. 109 -112 (05.00.00; №7).

15. Каримов Р.Ч., Эшмуродов З.О. Бесконтактное устройство для пуска и коммутации асинхронных двигателей // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2020. – №3-4. – С. 228-233 (05.00.00; №21).

16. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Исследование эффективности работы ленточных конвейеров горнотранспортных систем // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2020. – №2. – С. 65-73 (05.00.00; №5).

II бўлим (II часть; part II)

17. Эшмуродов З.О. Исследование динамических свойств электроприводов горных комплексов с целью снижения потерь электроэнергии горного производства // Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции (с международным участием) «ИСТИКЛОЛ». – Навои, 2002 г. – С. 28-29.

18. Эшмуродов З.О. Исследование пусковых режимов электроприводов комплексов // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2003. – №2. – С. 75-76.

19. Эшмуродов З.О. Частотный пуск электроприводов вагоноопрокидывателей // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2004. – №1. – С. 48-49.

20. Эшмуродов З.О. Оптимизация динамических свойств электроприводов горных комплексов // Высокие технологии и развитие высшего технического образования в XXI веке. Труды 2-ой Международной научно-технической конференции. – Ташкент: ТашГТУ, 27-28 апреля 2004 года. – С. 276-277.

21. Эшмуродов З.О. Исследование динамических свойств электроприводов электромеханических систем // Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «ISTIQLOL» (с международным участием) на тему: «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои: НГГИ, 23-25 сентября 2004 г. – С. 9-10.

22. Эшмуродов З.О., Урулбаева Г.Х. Исследование пусковых процессов электромеханических систем с учетом электромагнитных

процессов // Материалы 4-ой Международной конференции на тему: «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». – Москва-Навои, 18-25 сентября 2005 г. – С. 381-383.

23. Эшмуродов З.О. Применение автоматических систем управления технологическим процессом дробления // Материалы Республиканской научно-технической конференции «ISTIQLOL» (с международным участием) на тему: «Геотехнология: инновационные методы недропользования в XXI веке». – Москва-Навои, 25-27 сентября 2007 г. – С. 370.

24. Эшмуродов З.О. Разработка систем стабилизации питания мельничного блока измельчения руды // Труды Международной научной конференции на тему: «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030». – Караганда, 24-25 июня 2008 г. – Выпуск 1. – С. 367-369.

25. Эшмуродов З.О., Уринов Ш.Р. Определение напряжения на зажимах двигателя с учетом электромагнитных переходных процессов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 01868, по заявке № GU 2009 0176 от 16.11. 2009 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 16.12.2009.

26. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Исследование пусковых режимов асинхронных электроприводов горных комплексов // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 12-14 мая 2010 г. – С. 258.

27. Эшмуродов З.О., Халилов А.Ж. Разработка пакета программ для расчета и моделирования автоматизированных электроприводов в среде систем Matlab // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 12-14 мая 2010 г. – С. 505-506.

28. Эшмуродов З.О., Рахимов А.Н. Регулируемые электроприводы в машинах и механизмах горных комплексов // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 12-14 мая 2010 г. – С. 505.

29. Эшмуродов З.О. Исследование динамических свойств электроприводов горных комплексов // Сборник трудов Международной научно-технической конференции на тему: «Современное состояние и перспективы развития энергетики». – Том 1. – Ташкент, 2011. – С. 123.

30. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Определение напряжения на линии электропередачи с учетом соизмеримости мощности // Сборник трудов Международной научно-технической конференции на тему: «Современное состояние и перспективы развития энергетики». – Том 1. – Ташкент, 2011. – С. 123.

31. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Плавный пуск высоковольтных синхронных электродвигателей // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости республики Узбекистан». – Навои, 12-14 мая 2011 г. – С. 141.

32. Эшмуродов З.О. Исследование влияние снижения напряжения на режим работы двигателей // Материалы Республиканский научно-технической конференции на тему: «Перспективы развития техники и технологии и достижения горно-металлургической отрасли за годы независимости республики Узбекистан». – Навои, 12-14 мая 2011 г. – С. 151.

33. Бобожанов М.К., Саъдуллаев М, Эшмуродов З.О. Экспериментальные исследование работы маломощного тиристорного пускателя // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2011. – №4. – С. 64.

34. Эшмуродов З.О. Рахимов А.Р., Саматов А.С. Исследование пусковых процессов высоковольтного синхронного двигателя // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2011. – №4. – С. 72-74.

35. Эшмуродов З.О., Ишмаматов М.Р. Исследование влияния снижения напряжения на режим работы двигателя горных комплексов // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2011. – №4. – С. 71-72.

36. Эшмуродов З.О., Бобожанов М.К., Рахимов А.Н. Определение напряжения на линии электроснабжения с учетом соизмеримости мощности // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 02326 по заявке № DGU 2011 0154 от 20.07.2011 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 27.10.2011.

37. Бобожанов М. К, Эшмуродов З.О. Анализ режимов работы электроприводов горных машин. // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2012 г. – С. 248.

38. Эшмуродов З.О. Критерии качества управления электроприводами горных машин // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2012 г. – С. 231.

39. Эшмуродов З.О., Буранов Ш.М. Исследование электромеханических систем горных машин // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2013 г. – С. 237.

40. Эшмуродов З.О. Алгоритмы и программы расчета переходных процессов электроприводов // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2013 г. – С. 231.

41. Эшмуродов З.О., Шерматова Х.Н. Расчетно-теоретические исследования электроприводов горных комплексов // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». – Навои, 14-16 мая 2013 г. – С. 235.

42. Эшмуродов З.О. Математическое описание электроприводов горных машин // Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых на тему: «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве» (ТИМ – 2013) с международным участием. – Екатеринбург: Уральский Федеральный университет им. первого президента Б.Н.Ельцина, 28-29 марта 2013 г. – С. 287-289.

43. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Исследование динамических свойств электроприводов горнорудных комплексов // Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – Ташкент, 2013. – №1-2. – С 66-69.

44. Эшмуродов З.О., Орипова У.З. Свойства структурных схем электромеханических систем горных машин // Материалы VIII-Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 198.

45. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Применение регулируемых электроприводов в горных машинах // Материалы VIII-Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 191.

46. Эшмуродов З.О., Орипова У.З. Современное состояние регулируемого электропривода механизмов горных машин // Материалы VIII-Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 19-21 ноября 2015 г. – С. 216.

47. Эшмуродов З.О., Халилов А.Ж. Исследование электроприводов горнорудных комплексов // Материалы научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: проблемы и их решения». – Алмалык, 8 апрель 2015 г. – С. 254.

48. Эшмуродов З.О., Сатторов О.У., Сайфулин Р.Р. Система автоматического управления конвейерным оборудованием // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 460.

49. Эшмуродов З.О., Арипов А.Р., Саидахмедов А.А., Вохидов Б.Р. Система автоматического управления транспортным оборудованием // Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения. Сборник научных трудов Международной заочной научно-технической конференции «АПИР-21». – Тула, 10-11 ноября 2016 г. – С. 274-277.

50. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Динамические процессы в приводах горных машин // Материалы VIII-Международной научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 192.

51. Эшмуродов З.О. Исследование влияния снижения напряжения на режим работы двигателей // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 194.

52. Эшмуродов З.О., Ташева Х.Т. Способы повышения устойчивости электроприводов // Материалы Республиканской научно-технической конференции на тему: «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 15-16 ноября 2016 г. – С. 215.

53. Эшмуродов З.О. Способы ограничения динамических нагрузок в электромеханические системы // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 196.

54. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О. Система управления многодвигательного электропривода крутонаклонного конвейера // Материалы Международной научно-технической конференции на тему: «Достижения, проблемы и современные тенденции развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 12-14 июня 2017 г. – С. 130.

55. Эшмуродов З.О. Модернизация систем управления электроприводов шахтных подъемных машин // Материалы VII-Международной научно-технической конференции на тему: «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». – Екатеринбург, 10-11 апреля 2018 г. – С. 107-111.

56. Бобожанов М.К., Эшмуродов З.О., Холбоев Г.О. Системно-индивидуализированные принципы управления технологиями добычи // Материалы VII-Международной научно-технической конференции на тему: «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». – Екатеринбург, 10-11 апреля 2018 г. – С. 107-111.

57. Eshmurodov Z., Holboiv F. Modernization of Control Systems of Electric Drives of Mine Lifting Machines // E3S Web of Conferences Volume 41, 26 June 2018. – Article number 03006. – 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018. – T.F.Gorbachev Kuzbass State Technical University. – 3 October 2018. through 5 October 2018; Code 137557 (Scopus Base).

58. Королев В.А., Башилов А.М., Топорков В.Н., Эшмуродов З.О. Принципы управления технологическими системами // Международная научно-техническая конференция, посвященная 60-летию НГМК, на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 338-339.

59. Эшмуродов З.О., Ишмаматов М.Р., Арзиев Э.И. Компьютерное управление–асинхронного двигателя // Международная научно-техническая конференция, посвященная 60-летию НГМК, на тему: «Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса». – Навои, 22-23 ноября 2018 г. – С. 371-372.

60. Эшмуродов З.О., Холбоев Г.О., Арзиев Э.И., Исмоилов М.Т., Орипова У.З. Системы управления электроприводов шахтных подъемных машин // Сборник научных трудов 15-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. – Том 1. Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики. – Минск - Тула - Донецк, 29-30 октября 2019 г. – С. 292.

61. Эшмуродов З.О., Исмоилов М.Т., Орипова У.З. Управление приводами рабочих машин в горно-технологических системах // XVII Уральская горнопромышленная декада. VIII-Международная научно-техническая конференция на тему: «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». – Екатеринбург, 4-5 апреля 2019 г. – С. 43-49.

62. Эшмуродов З.О., Бобожанов М.К, Самадов А.Р, Исмоилов М.Т., Холбоев Г.О., Мухамеджанова Р.А. Программа для выравнивания нагрузок электродвигателей многодвигательного электропривода ленточного конвейера // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 07416 по заявке № DGU 2019 1427 от 07.11.2019 г. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 24.12.2019.

63. Саъдуллаев М., Эшмуродов З.О., Саъдуллаев Т.М. Пускатель для коммутации трехфазного электродвигателя // Патент на полезную модель №FAP 01474 по заявке «FAP 2019 0075 от 06.05.2019. Зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей Республики Узбекистан. 03.01.2020. Опувл. в Бюл.изобр. №2 28.02.2020. – С. 113.

64. Саъдуллаев М., Эшмуродов З.О., Саъдуллаев Т.М. Пускатель для коммутации трехфазного электродвигателя // Патент на полезную модель №FAP 01506 по заявке FAP 2019 0074 от 06.05.2019. Зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей Республики Узбекистан. 22.05.2020. Опувл. в Бюл. изобр. №6 30.06.2020. – С. 86.

65. Эшмуродов З.О., Исмоилов М.Т., Орипова У.З. Бесконтактное устройство для коммутации и реверса электродвигателей горных машин // IX-Международная научно-техническая конференция на тему: «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений» в рамках XVIII Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург, 6-7 апреля 2020 г. – С. 169-173.

66. Эшмуродов З.О., Орипова У.З., Саидова Ф.А. Видеонаблюдение объектами горного производства // Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции на тему: «Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований». –

Стерлитамак (Российская Федерация): Агентство международных исследований, 24 сентября 2020 г. – С. 64-66.

67. Bobojanov M.K., Eshmurodov Z.O., Ismoilov M.T., Arziev E.I., Togaeva G.Z. Study of the efficiency of conveyors of mining transport systems of mining complexes // E3S Web Conf. Volume 177, 2020 XVIII Scientific Forum «Ural Mining Decade» (UMD 2020) 08 July 2020 E3S Web of Conferences 177, 03023 (2020) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017703023>.

68. Эшмуродов З.О., Исмоилов М.Т., Орипова У.З. Математические модели конвейеров при транспортировке руды в горнотранспортных системах // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – Москва, июль 2021. – №7(88). – С. 88-92 URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12094>.



Автореферат «Ўзбекистон кончилик хабарномаси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 4. Адади 100. Буюртма № 63/21.

Гувоҳнома № 851684.
«Тирограф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.