

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
«ИЛМІЙ – ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН
ЖАМИЯТ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМІЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМІЙ КЕНГАШ**

**«ИЛМІЙ – ТЕХНИКА МАРКАЗИ»
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТ**

КИМ ДОНЧЕР

**«ОЛМАЛИҚ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ» АЖДА
ХОМАКИ МИС ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИНГ ЭНЕРГИЯ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

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

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

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

Ким Дончер

“Олмалик кон-металлургия комбинати” АЖда хомаки мис ишлаб
чиқаришнинг энергия самарадорлигини ошириш 3

Ким Дончер

Повышение энергоэффективности производства черновой меди на
АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» 25

Kim Doncher

Improving the energy efficiency of the production of blister copper
at JSC "Almalyk Mining and Metallurgical Combine" 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of pulished works 50

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ ВА
«ИЛМІЙ – ТЕХНИКА МАРКАЗИ» МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН
ЖАМИЯТ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМІЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.27.06.2017.T.03.03 РАҚАМЛИ ИЛМІЙ КЕНГАШ**

**«ИЛМІЙ – ТЕХНИКА МАРКАЗИ»
МАСЪУЛИЯТИ ЧЕКЛАНГАН ЖАМИЯТ**

КИМ ДОНЧЕР

**«ОЛМАЛИҚ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ» АЖДА
ХОМАКИ МИС ИШЛАБ ЧИҚАРИШНИНГ ЭНЕРГИЯ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ**

05.05.01 – Энергетика тизимлари ва мажмуалари

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

Тошкент – 2019

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2018.4.PhD/T921 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация «Илмий-техника маркази» маъсулияти чекланган жамиятида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз тилида (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.tdtu.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот-таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Камалов Толяган Сиражиддинович**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Хошимов Фозилджан Абидович**
техника фанлари доктори, профессор
Арипов Назиржон Мукарамович
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **Навоий давлат кончилик институти**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат техника университети ва «Илмий-техника маркази» маъсулияти чекланган жамияти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.T.03.03 рақамли илмий кенгашнинг 2019 йил «___» _____ соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100095, Тошкент, Университет кўчаси, 2-уй). Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

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

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

К.Р.Аллаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор, академик

О.Х. Ишназаров
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
техника фанлари доктори, катта илмий ходим

М.И. Ибадуллаев
Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда энергияни кўп истеъмол қиладиган соҳалардан бири кончилик ва металлургия саноати ҳисобланиб, тоғ-кон саноатининг энергия самарадорлиги ортиши билан энергия ресурслари ҳаражатларининг асосий кўрсаткичларини яхшилаш масалаларига алоҳида аҳамият берилмоқда. Ҳозирги кунда «хомаки мис ишлаб чиқаришда энергия сиғимининг ягона кўрсаткичи мавжуд эмас. Мис ишлаб чиқаришда энергетик сиғимнинг жаҳондаги ўртача даражаси 835–5000 кг.ш.ё./тн чегарасига тўғри келмоқда»¹. Хомаки мис ишлаб чиқаришда энергия сиғимининг фарқланиши ишлаб чиқариш технологиялари ва энергия сиғимини аниқлаш усулларининг ҳар хиллиги, шунингдек энергия ресурсларининг истеъмоли билан изоҳланади. Шу билан бирга, хомаки мисни ишлаб чиқаришда технологик ускуналарни частотавий ўзгартиргичлар орқали бошқаришга, технологик ускуналарнинг иш режимларини оптималлаштаришга ҳамда энергия сиғимини аниқлашга катта эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда мис ишлаб чиқаришнинг энергия самарадорлигини ошириш учун замонавий ускуналарни яратиш, мавжуд технологияларни ва энергетик ускуналарни такомиллаштириш, шунингдек энергия элтувчилар солиштирма сарф меъёриларининг математик моделларини ишлаб чиқиш ва энергия тежамкорлик потенциалини аниқлаш масалаларига қаратилган тадқиқотлар олиб борилмоқда. Асосий эътибор янги энергия ускуналарини жорий қилиш билан частота ўзгартиргичлар асосида энергия тежамкор бошқариш усулларини яратиш муаммоларига қаратилмоқда. Бу йўналишда асосий натижалар мис олишнинг технологик жараёнида техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришда иштирок этаётган энергия сиғими катта бўлган энергетик ускуналарнинг оптимал иш режимларини ишлаб чиқиш билан белгиланади. Ушбу йўналишда, жумладан хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг умумий энергия сиғимини аниқлаш ва экспериментал тадқиқотлар асосида энергия элтувчилар солиштирма сарф меъёрларининг математик моделини ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Республикамиз иқтисодиётининг энг муҳим тармоқларидан бири ҳисобланадиган мисни ишлаб чиқаришда юқори техник иқтисодий кўрсаткичларни таъминлаш учун энергия самарадорлигини ошириш, энергия сиғимини камайтириш ва энергияни тежовчи ускуналар ва технологияларни жорий этиш, мавжуд ускуналарни модернизациялаш бўйича кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «... иқтисодиётнинг энергия ва ресурслар сиғимларини қисқартириш, иқтисодиёт тармоқларида энергия сарфини камайтиришнинг мақсадли параметрларига мувофиқ амалга ошириладиган энергия тежовчи технологияларни ишлаб чиқаришга кенг жорий этиш ...»² вазифалари

¹ <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1346951>

² Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947 сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони

белгиланган. Мазкур вазифаларни амалга ошириш, жумладан техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимини аниқлаш, частота ўзгартиргич орқали энергия тежамкор технологияларни ишлаб чиқиш ва жорий этиш, шунингдек хомаки мис технологиясидаги механизмларнинг иш режимларини ва энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни ҳисобга олган ҳолда бошқариш тизимларини ишлаб чиқиш муҳим ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 26 майдаги ПҚ-3012-сон «2017-2021 йилларда қайта тикланувчи энергетикани янада ривожлантириш, иқтисодиёт тармоқлари ва ижтимоий соҳаларда энергия самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 15 августдаги ПҚ-3211-сон «Олмалиқ КМК АЖни янада ривожлантириш бўйича кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги, 2017 йил 23 августдаги ПҚ-3238-сон «Замонавий энергия самарадор ва энергия тежамкор технологияларни янада жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида» ва Вазирлар Маҳкамасининг 2018 йил 12 январдаги 22-сон «Электр энергияси ва табиий газдан фойдаланиш тартибини такомиллаштиришга доир кўшимча чора-тадбирлар тўғрисида»ги Қарорларини ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялари ривожланишининг II. «Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлик» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ростланувчи электр юритмаларнинг замонавий элементлар базаси асосида хомаки мисни тайёрлаш жараёнининг энергия самарадорлигини оширишга қаратилган, технологик ускуналарнинг энергия ва ресурстежамкор режимларини жорий этишга йўналтирилган илмий тадқиқотлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, University of Texas at Austin, P&H Mining Equipment (АҚШ), Technische Universität Bergakademie Freiberg (Германия), «Москва энергетика институти» Миллий тадқиқотлар университети, «Горный» Миллий маданий-хом ашё университети (Россия), ABB Group (Швейцария), King Fahd University of Petroleum and Minerals (Саудия Арабистони), «Илмий-техника маркази» МЧЖ, Тошкент давлат техника университетида (Ўзбекистон) олиб борилмоқда.

А.В. Ляхомский, М.Ю. Лопатин, А.Л. Сугойдь, В.И. Тимошпольский, О.В. Мазурова, В.Н. Смагина, Ю.Л. Жуковский каби машхур олимлар, шунингдек Т.С. Камалов, А.А. Хашимов, О.Х. Ишназаров, О.З. Тоиров каби маҳаллий олимлар тоғ-металлургия саноатида рудани тайёрлашда ва минерал-хом ашё ресурсларини қайта ишлашда энерготежамкор технологиялар, энергия самарадор тоғ машиналарининг частотавий бошқарилувчи электр юритмаларини ишлаб чиқиш, конда ишлатиладиган машиналарининг ростланувчи электр юритма воситалари орқали энергия тежамкорлик масалаларини ечишда хисса қўшганлар. Саноатда энергия ресурсларидан самарали фойдаланиш ва электр энергиясини истеъмол қилиш усуллари

оптималлаштиришга бағишланган масалалар бўйича Ўзбекистон олимлари орасида Насиров Т.Х., Аллаев К.Р., Хошимов Ф.А. ва бошқалар шуғилланишган.

Аммо сезиларли муваффақиятларга қарамай хомаки мис ишлаб чиқаришнинг энергия самарадорлигини ошириш бўйича, жумладан электромеханик ускуналарнинг энергия самарадорлигини ошириш билан бирга энергия сарфи ва энергия тежаш салоҳиятини аниқлаш билан боғлиқ масалалар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муаассасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти «Илмий техника маркази» маъсулияти чекланган жамиятнинг илмий-тадқиқот ишлари режаларининг №ФА-А3-90053 «Иқтисодиёт соҳаларининг энергияни кўп истеъмол қиладиган объектларида энергия сарфининг энерго-ресурс тежамкор режимларини ишлаб чиқиш» (2015-2017) лойиҳаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади “Олмалиқ кон-металлургия комбинати” АЖ энергетик сиғимни ва бирлик хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергиянинг солиштирма сарф меъёрини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш ҳамда энергия тежамкорлик салоҳиятини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

хомаки мис ишлаб чиқаришнинг технологик таркибини аниқлаш;

энергия элтувчилар солиштирма сарф меъёрининг математик моделини юкланганлик даражаси функциясида ишлаб чиқиш;

хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимини ҳисоблаш методикасини ишлаб чиқиш;

техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимини аниқлаш;

хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг энергия элтувчиларнинг таркибини аниқлаш ва энергия истеъмолини меъёрлаш;

техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришда энергия ресурслари потенциалини аниқлаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида хомаки мисни олишда технологик босқичнинг тўлиқ цикли агрегатлари, шунингдек техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқариш бўйича энергомеханик ускуналари олинган.

Тадқиқотнинг предмети хомаки мисни олиш кетма-кетлигида иштирок этаётган агрегатлар учун энергетик ҳаражатларнинг структураси ва хом ашё ҳажмини ҳисобга олган ҳолда хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергиянинг солиштирма сарф меъёрини ҳисоблаш усуллари ташкил этади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида электр юритма назариясининг замонавий усуллари, электромеханик тизимларини математик моделлаш, ишлаб чиқаришнинг энергия самарадорлигини ва сиғимини аниқлаш бўйича комбинацияланган усули, қиёсий таҳлил, ишлаб чиқилган моделларнинг саноат синовлари натижалари статик ва аналитик ҳисоблаш усулларида фойдаланилган.

Диссертация тадқиқотининг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

энергия элтувчилар, эритиш ва конвертерли қайта ишлаш агрегатларини хом ашё билан юкланганлик даражасини инобатга олган ҳолда хомаки мисни ишлаб чиқариш энергия сифимининг математик модели ишлаб чиқилган;

бирлик хомаки мисни ишлаб чиқаришда энергия элтувчилар солиштирма сарфининг структураси интеграл кўрсаткичлар усули асосида ишлаб чиқилган;

акс эттирувчи печь, кислород алангали печь, суюқ ваннали печь, конверторли қисм агрегатларининг энерготежамкор иш режимлари сиқилган ҳаво ва техник кислород оқимини ростлаш орқали ишлаб чиқилган;

турбоҳавопуфлаш станциясидаги қуввати 3,0 МВтли турбонагнетателнинг синхрон электр юритмаси частотавий ростлаш асосида такомиллаштирилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

хомаки мисни олишда ҳар бир босқич учун технологик ишлаб чиқаришда иштирок этаётган энергия элтувчиларнинг ташкил этувчилари т.ш.ё. ягона тизимида ишлаб чиқилган;

хомаки мисни, агрегатларни хом ашё билан юкланганлик коэффицентини ҳисобга олган ҳолда, шунингдек техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришда электр энергияси сарфини меъёрлашнинг намунавий структураси ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларнинг ишончлилиги ишлаб чиқилган математик моделлар, назарий ва экспериментал маълумотларни таққослаш, ҳамда математик статистикани қўллаш билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти бирлик хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергиянинг солиштирма сарф меъёрларини аниқлаш бўйича математик модели, акс эттирувчи печь, кислород алангали эритиш ва конвертерли қайта ишлаш печларининг агрегатари хом ашё билан юкланганлик функциясида ишлаб чиқилган; шунингдек техник кислород ва сиқилган ҳавонинг сарфи стохастик қарамлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг натижаларининг амалий аҳамияти технологик ускуналарнинг энергетик самарадорлигини ошириш учун частотавий бошқариладиган электр юритма асосида компрессор қурилмаларнинг унумдорлигини бошқариш ишлаб чиқилган; технологик ускуналарнинг энергия ва ресурстежамкор режимлари ростланувчи электр юритмаларнинг замонавий элементлар базасида ишлаб чиқилган; хомаки мисни тайёрлаш жараёнида электр энергиясини сарфини меъёрлаш методикасини ишлаб чиқишдан иборатлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Хомаки мисни тайёрлаш жараёнининг энергия самарадорлигини ошириш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

техник кислород оқимини ростлайдиган тизим Мисни эритиш заводининг компрессор станциясида жорий этилди («Олмалик КМК» АЖ нинг 2018 йил 24 октябрдаги 31-10-402 сон маълумотномаси). Натижада йилига 1,84 миллион кВт·соат электр энергиясини тежаш имконини берди;

сиқилган ҳавони бошқарадиган тизим Мисни эритиш заводи кислород станциясининг ҳавони ажратиш блокада жорий этилди («Олмалиқ КМК» АЖ нинг 2018 йил 24 октябрдаги 31-10-402 сон маълумотномаси). Натижада йилига 22,0 миллион кВт·соат электр энергиясини тежаш имконини берди;

частотавий ростланадиган 3,0 МВт синхрон электр юритмаси Мисни эритиш заводи нинг турбоҳавопуфлаш станциясида жорий этилди («Олмалиқ КМК» АЖ нинг 2018 йил 24 октябрдаги 31-10-402 сон маълумотномаси). Натижада йилига 6,9 миллион кВт·соат электр энергиясини тежаш имконини берди.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқотлар натижалари 5 та илмий-техник конференцияларда, жумладан 4 та халқаро ва 1 та республика илмий амалий анжуманларида муҳокама қилинган ва апробациядан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп этилган, жумладан 9 илмий мақола, шундан 6 та республика ва 3 та халқаро илмий журналларда нашр этилган.

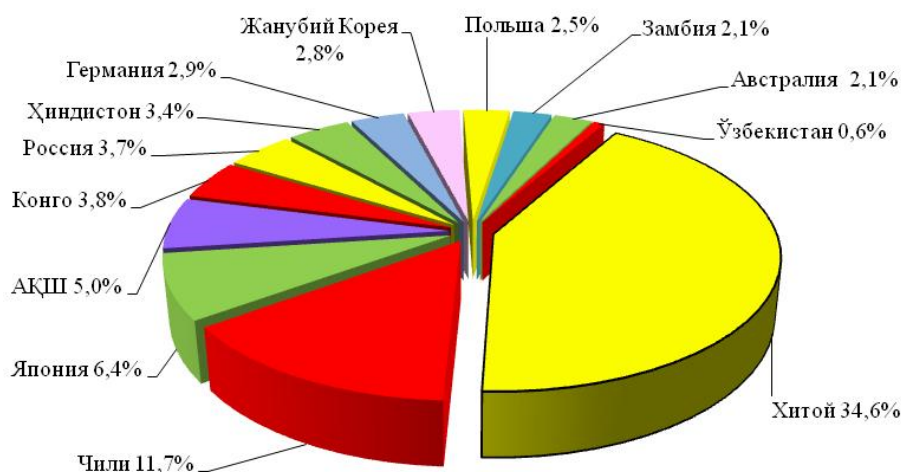
Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 111 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурати, мақсад ва вазифалари асосланган, тадқиқотнинг объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотларнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Мис ишлаб чиқаришнинг замонавий ҳолати ва уларнинг энергия сиғими**» деб номланган биринчи бобида жаҳон мамлакатларида ва Ўзбекистон Республикасида мис ишлаб чиқаришнинг замонавий ҳолати таҳлил этилган. Бу соҳада тадқиқотлар таҳлил қилинган ва мис ишлаб чиқаришнинг энергия самарадорлигини ошириш бўйича адабиётлар тизимлаштирилган.

Ҳозирги вақтда мис саноатнинг юқори технологик соҳаларида, жумладан электротехника, электроника, автоматика, ҳисоблаш техникаси, асбобсозлик ва ишлаб чиқаришнинг бошқа соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Шу муносабат билан, жаҳонда мисни казиб олиш ва ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бунда ишлаб чиқарувчи мамлакатлар мисдан ўз ишлаб чиқариш эҳтиёжлари ва экспорт учун фойдаланадилар. 1-расмда дунё мамлакатлари бўйича тозаланган мис ишлаб чиқаришнинг ўртача йиллик ҳажми 1992-2015 йиллар учун минг тонна ҳисобида келтирилган, бу ерда мисни ишлаб чиқариш ва истеъмол қилиш бўйича етакчи мамлакатлар Хитой - 34,6%, Чили -11,7%, Япония - 6,4% ва бошқалардир.



1-расм. Дунё мамлакатлари бўйича тозаланган мис ишлаб чиқаришнинг ўртача йиллик ҳажми

Олмалиқ кон-металлургия комбинати дунё миқёсида етакчи мис ишлаб чиқарувчилардан бири ҳисобланади. Дунё миқёсида Олмалиқ кон-металлургия комбинати бўйича ҳомаки мис йилига 110-120 минг тонна ишлаб чиқарилади, бу дунёда умумий ишлаб чиқариш ҳажмининг 0,5-0,6% ни ташкил этади.

Ҳомаки мисни олиш технологиясининг структураси берилган. Замонавий тоғ-кон саноатининг энергия самарадорлигини оширишга ва энергия ресурслар ҳаражатларининг асосий кўрсаткичларини ва технологик жараёнларнинг энергия сифimini таҳлил қилишга бир қатор ишлар бағишланган, жумладан Москва давлат кончилиқ университети, «Москва энергетика институти» Миллий тадқиқотлар университети, Белоруссия РУП «БМЗ» ва БНТУ, Иркутск энергетика тизимлари институти СО РАН, Жанубий Урал давлат университети, Челябинск, «Горний» Миллий минерал –ҳом ашё университети ва бошқалар. Лекин ҳомаки мисни ишлаб чиқаришнинг энергетик сифimini аниқлаш масалаларида ҳомаки мисни ишлаб чиқаришда энергетик сифимнинг ягона кўрсаткичи йуқ. Мавжуд ҳомаки мисни ишлаб чиқаришда энергетик сифимнинг кўрсаткичлари бир-бирдан анчагина фарқ қилади. Бунинг сабаби: мис ишлаб чиқариш технологиясидаги, мис ишлаб чиқаришда энергетик сифимни аниқлаш методологиясидаги фарқ, шунингдек энергия истеъмоли объекти ва рудадаги миснинг таркиби ҳақидаги маълумотларнинг ёпиқлигидир.

«Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖнинг бўлимларида ўтказилган бизнинг тадқиқот ва амалий ишларимиз, олиб борилган илмий ва амалий ишлар таҳлили асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари аниқланган.

Диссертациянинг **“Олмалиқ КМК бўйича ҳомаки мисни ишлаб чиқариш тизимида энергетик ҳаражатлар”** деб номланган иккинчи боби ҳомаки мисни ишлаб чиқаришда энергетик ҳаражатлар таркибини аниқлашга бағишланган.

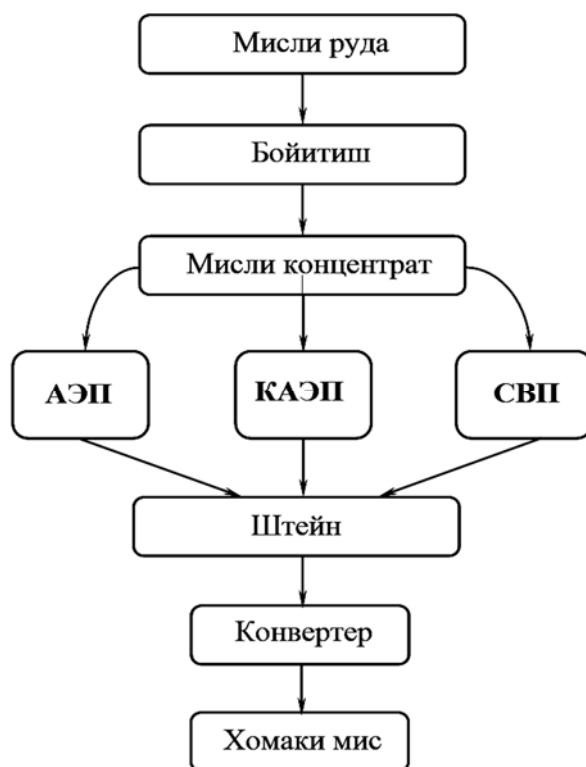
Мисни асосий ишлаб чиқарувчи Олмалиқ КМК Мисни эритиш заводининг Metallургия цехидир, у ерда ҳомаки, анодли ва гранула қилинган мис ишлаб чиқарилади. Metallургия цехи эритиш ва конвертер-анодли қисмларидан

иборат. Эритиш қисмига акс эттирувчи печь (АЭП), кислород алангали эритиш печи (КАЭП) ва суюқ ваннадаги печь (СВП) киради. Конвертер-анодли қисми конвертер, анодли печь и мисни грануляциялаш печидан таркиб топган. Ҳар бир қисмда ишлаб чиқаришнинг энергетик ҳаражатларини аниқлаш учун биз томондан назарий ва амалий натижалар асосида, технологик жараённинг тўлиқ цикли учун зарур бўлган энергия элтувчиларнинг асосий ташкил этувчилари ҳисобга олинди.

Конвертерли қисми (КК) тўртта горизонтал конвертерлар билан жиҳозланган. Конвертерларнинг асосий вазифалари хомаки мисни олиш мақсадида мисли штейнни ва сульфат кислотасини ишлаб чиқариш учун технологик газларни қайта ишлашдан иборат.

Конвертерлар мисли штейнни 3 та эритиш агрегатларидан, яъни АЭП, КАЭП ва СВП дан олишади.

2-расмда хомаки мисни ишлаб чиқариш агрегатларининг таркиби келтирилган.



2-расм. Хомаки мисни ишлаб чиқариш агрегатларининг таркиби

Хомаки мисни ишлаб чиқаришда агрегатлар бўйича энергетик ҳаражатлар структураси 3-6 расмларда келтирилган.

Умумий ҳолатда ҳар бир агрегатнинг технологик жараёни ишлаши учун энергия элтувчилар асосий ташкил этувчилари регламентга мос равишда функция билан аниқланади

$$G = \varphi(W, O_2, V, Z) \quad (1)$$

бу ерда қабул қилинган белгилар: W – электр энергияси сарф и, кВт·соат; O_2 – техник кислород сарфи, m^3 ; V – табиий газ сарфи, m^3 ; Z – сиқилган ҳаво сарфи, m^3 .



3-расм. Акс эттирувчи печь бўйича энергетик ҳаражатлар таркиби

Акс эттирувчи печнинг технологик жараёни яхши ишлаши учун асосий энергия элтувчилар бўлиб табиий газ, кислород ва электр энергияси ҳисобланади, яъни

$$G_{АЭП} = \varphi(W, O_2, V), \quad (2)$$

бу ерда $G_{АЭП}$ – АЭП учун энергия элтувчиларнинг йиғма қиймати.

Акс эттирувчи печь бўйича 1 тонна шихтани қайта ишлашга энергия сиғими қуйидагидардан ташкил топган

$$G_{АЭП} = \frac{\sum (V + O_2 + W)}{Q}, \quad (3)$$

бу ерда Q – шихтанинг ҳажми, тн.



4-расм. Кислород алангали эритиш бўйича энергетик ҳаражатлар таркиби

КАЭП бўйича 1 тонна шихтани қайта ишлашга энергия сиғими қуйидагича бўлади

$$G_{КАЭП} = \frac{\sum (V + O_2 + W)}{Q}, \quad (4)$$

бу ерда $G_{КАЭП}$ – КАЭП учун энергия элтувчиларнинг йиғма қиймати.



5-расм. Суюқ ванна пещ бўйича энергетик ҳаражатлар таркиби

СВП бўйича 1 тонна шихтани қайта ишлашга энергия сиғими қуйидагича бўлади

$$G_{СВП} = \frac{\sum (V + O_2 + W)}{Q}, \quad (5)$$

бу ерда $G_{СВП}$ – СВП учун энергия элтувчиларнинг йиғма қиймати.



6-расм. Конвертерли қисм бўйича энергетик ҳаражатлар таркиби

КҚ бўйича 1 тонна шихтани қайта ишлашга энергия сиғими қуйидагича аниқланади

$$G_{КК} = \frac{\sum (Z + V + W)}{Q}, \quad (6)$$

бу ерда $G_{КК}$ – КҚ учун энергия элтувчиларнинг йиғма қиймати.

Бунда барча печлар ва конвертерли қисм учун энергия элтувчилар бўлиб газ, техник кислород, сиқилган ҳаво ва электр энергияси хизмат қилади, лекин уларни ҳар бирини истеъмол қилиш фоиз ҳисобида турличадир.

1-4 жадвалларда ҳар бир печь ва конвертерли қисм учун энергия элтувчиларнинг: электр энергияси, табиий газ, техник кислород ва сиқилган ҳаво сарфининг ўртача маълумотлари келтирилган.

1-жадвал

Ҳар бир агрегат бўйича электр энергиясининг ҳақиқий ўртача ойлик сарфи

Асосий агрегатлар	W, минг кВт·соат	Ҳоиз ҳисобида, %
АЭП	136,25	4,91
КАЭП	1086,5	39,22
СВП	1269,97	45,84
КҚ	277,5	10,01
Ҳами	2770,22	100 %

2-жадвал

Ҳар бир агрегат бўйича табиий газнинг ҳақиқий ўртача ойлик сарфи

Асосий агрегатлар	V, минг м ³	Ҳоиз ҳисобида, %
АЭП	2314	50,88
КАЭП	830	18,25
СВП	1305,5	28,71
КҚ	98,5	2,17
Ҳами	4548,0	100

3-жадвал

Ҳар бир агрегат бўйича техник кислороднинг ҳақиқий ўртача ойлик сарфи

Асосий агрегатлар	O ₂ , минг.м ³	Ҳоиз ҳисобида, %
АЭП	3264,05	14,7
КАЭП	6321,75	28,5
СВП	12588,1	56,77
Ҳами	22173,8	100

4-жадвал

КП бўйича сиқилган ҳавонинг ҳақиқий ўртача ойлик сарфи

Асосий агрегатлар	Z, минг м ³	Ҳоиз ҳисобида, %
КҚ	4024	100

Ҳомаки мис ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимиға энергия элтувчиларнинг истеъмол ҳажми таъсирини аниқлаш мақсадида биз бир қатор экспериментал тадқиқотлар ўтказдик. 7, 8 - расмларда электр энергияси ва газнинг (солиштира меъёр орқали) сарфи маълумотлари келатган хом ашё ҳажми функциясида, 30 дан 100 % гача чегарада келтирилган: 1- АЭП, КАЭП, КҚ биргаликда ишлаганда, 2- КҚ ишлаганда, 3- КАЭП ишлаганда. Кўриниб турибдики, электр энергияси ва газнинг сарфи келатган хом ашё ҳажмидан ўзгариши нозифий характерга эга. Электр энергияси ва газнинг сарфи келатган хом ашё ҳажми функциясига боғлиқлигини линиаризациялаш мақсадида биз олинган экспериментал эгри чизикларни учта ишчи участкага

ажратдик. 1-участка номинал режимда агрегат ишлаши учун кўзда тутилган хом ашёнинг умумий хажмидан 80 % дан 100% гача чегарада беришга мос келади, 2-участка – 50 % дан 80% гача чегарада ва 3-участка 30% дан 50% гача чегарада. Юкланганлик коэффициенти хисобга олган холда, ҳар бир агрегат учун энергия сифими кўрсаткичлари мос равишда қуйидагича бўлади: АЭП, КАЭП, СВП ва КҚ энергия сифими

$$G'_{АЭП} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_1 Q_1}, \quad (7)$$

бу ерда α_1 – АЭП учун хом ашё билан юкланганлик коэффициенти. Q_1 - АЭП учун технологик регламентда кўзда тутилган шихта (хом ашё) хажми.

$$G'_{КАЭП} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_2 Q_2}, \quad (8)$$

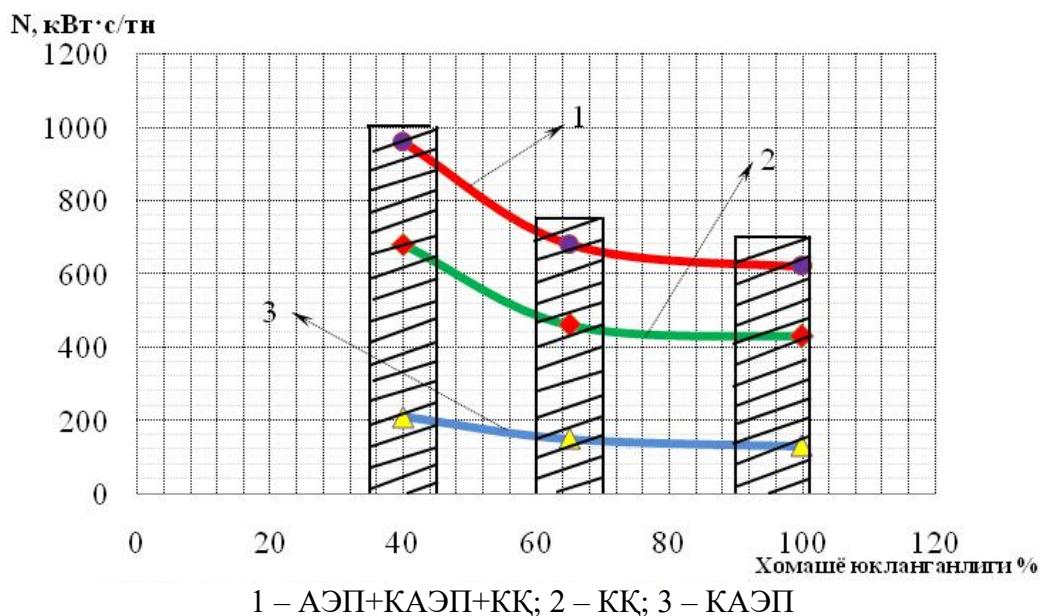
бу ерда α_2 – КАЭП учун хом ашё билан юкланганлик коэффициенти.
 Q_2 – КАЭП учун шихта хажми.

$$G'_{СВП} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_3 Q_3}, \quad (9)$$

бу ерда α_3 – СВП учун хом ашё билан юкланганлик коэффициенти.
 Q_3 – СВП учун шихта хажми.

$$G'_{КК} = \frac{\sum(V + Z + W)}{\alpha_4 Q_4}, \quad (10)$$

бу ерда α_4 – КҚ учун хом ашё билан юкланганлик коэффициенти.
 Q_4 – КҚ учун шихта хажми.

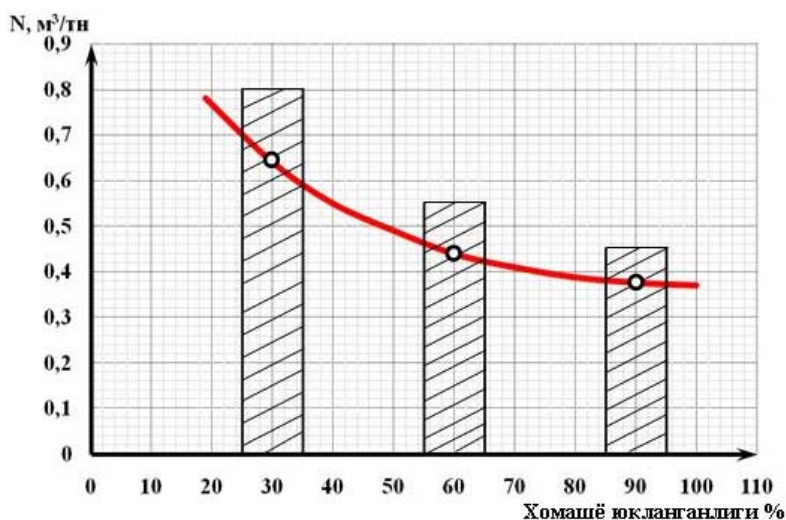


7-расм. Электр энергияси солиштирма сарф меъёрларининг хом ашё билан юкланганликдан боғлиқлиги

Худди шундай электр ўлчашларга ўхшаш табиий газнинг экспериментал ўлчашлари агрегатларни хом ашё билан юкланганлик хажмига боғлиқ равишда ўтказилди.

8 - расмда газ сарфининг унумдорлик функцияси бўйича экспериментал маълумотларнинг натижаларига кўра, йилига хомаки мисни ишлаб чиқариш учун газнинг солиштирма сарф меъёрларнинг қийматлари юкланганлик ҳажми бўйича 80-100%, 50-80% ва 50% гача чегарада келтирилган.

АЭП, КАЭП, СВП ва КҚ агрегатларига ва мос равишда электр энергиянинг солиштирма сарф меъёрлари кўрсаткичларига хом ашёни беришнинг таъсир қилиши экспериментал равишда исботлаб берилди. Бунда энергия элтувчиларнинг сарф меъёрларининг ўзгариши ночизигий характерга эга.



8-расм. Табиий газ солиштирма сарфининг хом ашё билан юкланганлигидан боғлиқлиги

5-жадвалда назарий ва экспериментал маълумотлар асосида ишлаб чиқилган хомаки миснинг энергия сиғимини аниқлаш методикаси келтирилган.

Бу ерда $G - 1$; $G - 2$; $G - 3$; $G - 4$ - АЭП, КАЭП, СВП ва КҚ бўйича мос равишда энергия элтувчиларнинг умумий ҳажми; Q_1 , Q_2 , Q_3 – АЭП, КАЭП, СВП бўйича мос равишда штейнни ишлаб чиқариш ҳажми; Q_4 – КҚ бўйича хомаки мисни ишлаб чиқариш ҳажми, тн; α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , - АЭП, КАЭП, СВП ва КҚ бўйича мос равишда хом ашё билан юкланганлик коэффицент; N_1 , N_2 , N_3 ва N_4 – бирлик маҳсулотни ишлаб чиқаришга энергия элтувчиларнинг сарфи (меъёри) энергия сиғими.

Ҳар бир (меъёр) ишлаб чиқариш (шихтани эритишга тайёрлашни ҳисобламасдан) нинг энергия сиғими мос равишда қуйидагича аниқланади:

Акс эттирувчи печь учун:

$$N_1 = \frac{\sum G_1 (G_{1-1} + G_{1-2} + G_{1-3})}{\alpha_1 Q_1} \quad (11)$$

Кислород алангали эритиш учун:

$$N_2 = \frac{\sum G_2 (G_{2-1} + G_{2-2} + G_{2-3})}{\alpha_2 Q_2} \quad (12)$$

Суюқ ваннали печь учун:

$$N_3 = \frac{\sum G_3 (G_{3-1} + G_{3-2} + G_{3-3})}{\alpha_3 Q_3} \quad (13)$$

Конвертерли қисм учун:

$$N_4 = \frac{\sum G_4 (G_{4-1} + G_{4-2} + G_{4-3})}{\alpha_4 Q_4} \quad (14)$$

Хомаки мисни ишлаб чиқариш учун умумий энергия сиғими қуйидагича бўлади

$$N_{\text{м}} = \sum (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \quad (15)$$

5-жадвал

Хомаки мисни ишлаб чиқаришда энергия элтувчиларни аниқлаш методикаси тузилиши

Энергия элтувчиларнинг сарфи номланиши	Энергия элтувчиларнинг сарфи, т.ш.ё.	Ишлаб чиқариш хажми., тн	Энергия элтувчиларнинг сарф меъёри, т.ш.ё./тн
1. Шихтани эритиш - АЭП: Табиий газ Кислород Электр энергияси, жумладан: Вентиляторлар- 2 та	G _{оп} : G - 1 G - 1,1 G - 1,2 G - 1,3	Q ₁	$N_1 = \frac{\sum G_1}{\alpha_1 Q_1}$
2. Шихтани эритиш - КАЭП: Газ Кислород, Электр энергияси, жумладан: Вентиляторлар - 4 та. Тутун сўргичлар - 2 та, хим.сув билан таъминлаш насослари	G _{КАЭП} G - 2 G - 2,1 G - 2,2 G - 2,3	Q ₂	$N_2 = \frac{\sum G_2}{\alpha_2 Q_2}$
3. Шихтани эритиш - СВП: Кислород, Газ, Электр энергияси, жумладан: Ҳаво пуркаш хўжалиги, Тутунсўргичлар, Чангютувчи фильтрлар	G _{свп} G - 3 G - 3,1 G - 3,2 G - 3,3	Q ₃	$N_3 = \frac{\sum G_3}{\alpha_3 Q_3}$
4. Штейнни конвертирлаш - КК: Ҳаво, Газ, Электр энергияси, жумладан: Тутунсўргичлар, Электр фильтрлар	G _{кк} G - 4 G - 4,1 G - 4,2 G - 4,3	Q ₄	$N_4 = \frac{\sum G_4}{\alpha_4 Q_4}$

Диссертациянинг “**Техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришнинг энергия сиғими**” деб номланган учинчи боби хомаки мисни ишлаб чиқариш учун техник кислород ва сиқилган ҳаво сарфини аниқлашга бағишланган.

Компрессор агрегатлари бўйича техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқариш учун электр ускуналар таркибига қуввати 800 дан 12500 кВт

гача бўлган асинхрон ва синхрон электр двигателлар киради, уларнинг умумий ўрнатилган қуввати 50 МВтдан ортиқ.

Барча ишлаб чиқарилган кислороднинг ҳажми АЭП, КАЭП ва СВП агрегатлари бўйича тарқатилади:

$$\sum Q_{\text{кис}} = Q_{\text{АЭП}} + Q_{\text{КАЭП}} + Q_{\text{СВП}}, \quad (16)$$

бу ерда $\sum Q_{\text{кис}}$ - ишлаб чиқарилган кислороднинг умумий ҳажми.

$Q_{\text{АЭП}}$ – АЭП агрегати бўйича кислород истеъмоли.

$Q_{\text{КАЭП}}$ – КАЭП агрегати бўйича кислород истеъмоли.

$Q_{\text{СВП}}$ – СВП агрегати бўйича кислород истеъмоли.

Компрессорлар томонидан ишлаб чиқарилган сиқилган ҳавонинг катта қисми 85% атрофида кислород ишлаб чиқаришга ишлатилади, қолган қисми – 15 % завод тармоғи орқали механика цехида (МЦ) ва заводнинг бошқа объектларида сарфланади. Бунинг натижасида АЭП, КАЭП ва СВП учун кислородни ишлаб чиқиш учун сиқилган ҳаво ҳажми қуйидагича бўлади:

$$\sum Q_{\text{хаво.кис}} = \sum (Q_{\text{хаво1,2,3}} + Q_{\text{хаво4,5}}) - Q_{\text{хаво.тар}}, \quad (17)$$

бу ерда $Q_{\text{хаво.кис}}$ – кислородни ишлаб чиқиш учун сиқилган ҳаво ҳажми;

$Q_{\text{хаво1,2,3}}$ - 1,2 ва 3 компрессорлар ишлаб чиқараётган сиқилган ҳаво ҳажми;

$Q_{\text{хаво4,5}}$ – 4 ва 5 компрессорлар ишлаб чиқараётган сиқилган ҳаво ҳажми;

$Q_{\text{хаво.тар}}$ – умумий тармоққа узатилаётган сиқилган ҳаво ҳажми.

Ишлаб чиқараётган кислород ҳажми қуйидагича бўлади

$$\sum Q_{\text{кис}} = Q_{\text{АЭП}} + Q_{\text{КАЭП}} + Q_{\text{СВП}} \quad (18)$$

$\sum Q_{\text{кис}}$ ни ишлаб чиқариш учун электр энергияси сарфи қуйидагича бўлади

$$W_{\text{кис}} = (W_{\text{ком1,2,3}} + W_{\text{ком4,5}} - W_{\text{тар}}) + W_{\text{КИЧЦ}}, \quad (19)$$

бу ерда $W_{\text{кис}}$ – АЭП, КАЭП ва СВП учун кислород ишлаб чиқиш учун электр энергияси ҳажми;

$W_{1,2,3}, W_{4,5}$ – 1,2,3 ва 4,5 компрессорлар мос равишда истеъмол қилаётган электр энергияси ҳажми;

$W_{\text{тар}}$ - $Q_{\text{тар}}$ ҳажмига пропорционал равишда сарфланаётган электр энергияси ҳажми;

$W_{\text{КИЧЦ}}$ – кислород ишлаб чиқариш учун КИЧЦ томонидан сарфланаётган электр энергияси ҳажми;

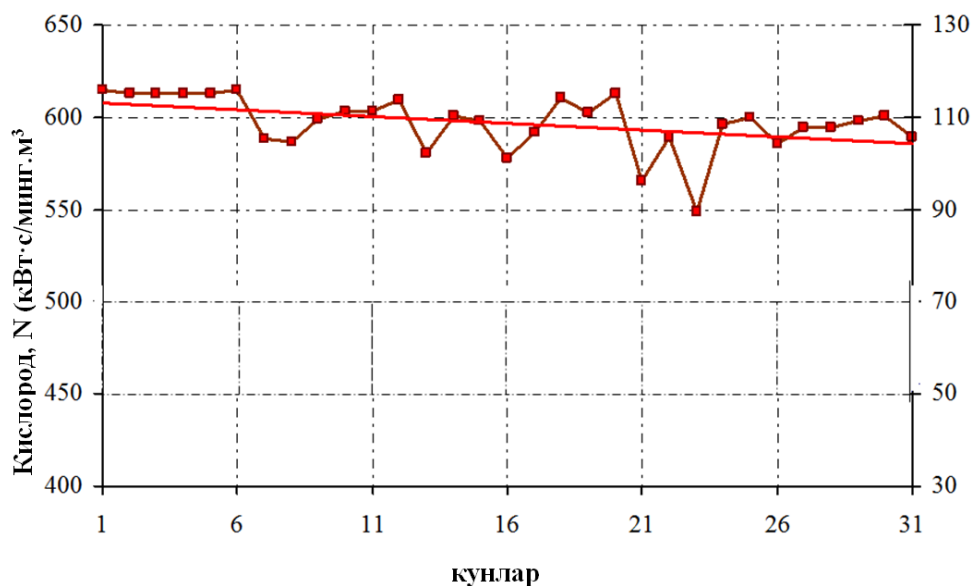
Техник кислород ишлаб чиқаришнинг энергия сифими қуйидагича бўлади

$$N_{\text{кис}} = \frac{W_{\text{кис}}}{\sum Q_{\text{кис}}} = \frac{\sum (W_{1,2,3} + W_{4,5} - W_{\text{сеть}}) + W_{\text{КИЧЦ}}}{Q_{\text{АЭП}} + Q_{\text{КАЭП}} + Q_{\text{СВП}}}; \quad \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{с}}{\text{минг м}^3} \right] \quad (20)$$

Механика цехига умумий завод тармоғидан сиқилган ҳавонинг сарфини ҳисобга олган ҳолда техник кислород ишлаб чиқаришнинг энергия сифими қуйидагича бўлади

$$N_{\text{кис}} = \frac{W_{\text{кис}}}{\sum Q} = \frac{W_{\text{АЭП}} + W_{\text{КАЭП}} + W_{\text{СВП}}}{\sum (Q_{\text{сикхаво}} - Q_{\text{зав.тар}}) + Q_{\text{КИЧЦ}}}; \quad (21)$$

Техник кислородни ишлаб чиқаришда энергия сифимининг ўзгариш характери 9-расмда келтирилган.



9-расм. Кислороднинг суткалик сарф графиги

Графикдан кўриниб турибдики, агрегатлар томонидан техник кислород истеъмол қилинганда энергия сифимининг ўзгариш динамикасида ўртача қийматдан 6 дан 10 % гача чегарада энергия сифимининг тарқоқлиги мавжуддир.

Мавжуд ва замонавий технологик энергия тежовчи ускуналарни модернизация қилишда энергия тежаш потенциалини жорий қилиш учун мавжуд компрессорлар замонавий компрессорларга алмаштирилди: “Олмалиқ КМК” АЖ Мисни эритиш заводининг компрессор станциясида жорий қилинди, замонавий тежамкор компрессор SM 6000 «Samsung» қурилмаси ўрнатилди. Техник кислороднинг сарфи графигини текислаш учун Atlas-Copco компрессори унумдорлигини бошқариш вариантларидан фойдаланилади. Сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришнинг энергия сифими аниқланди.

Сиқилган ҳаво конвертерли қисмда фойдаланилади ва учта қуввати 3500 кВт бўлган синхрон электр юритмали Н-900 турбоҳавопуфлагичлар томонидан ишлаб чиқарилади, уларнинг ўрнатилган қуввати 10500 кВт. Сиқилган ҳаво фақат конвертерли қисмда технологик режимда ишлатилади.

Ишлаб чиқарилган сиқилган ҳавонинг хажми қуйидагича аниқланади

$$\sum Q_{\text{хаво}} = Q_{\text{хавоКК}} + Q_{\text{хаво.бошқа}}, \quad (22)$$

бу ерда $\sum Q_{\text{хаво}}$ – ишлаб чиқарилган сиқилган ҳавонинг умумий хажми;

$Q_{\text{хавоКК}}$ – конверторга сарфланадиган сиқилган ҳавонинг хажми;

$Q_{\text{хаво.бошқа}}$ – бошқа эҳтиёжларга сарфланадиган сиқилган ҳавонинг хажми.

Сиқилган ҳаво ишлаб чиқаришнинг энергия сифими қуйидагича бўлади

$$N_{\text{сик.хаво}} = \frac{W_{\text{сик.хаво}}}{Q} \quad (23)$$

Электр энергиясини тежаш потенциалини аниқлаш мақсадида ҳавони ажратиш цехининг (ХАЦ) энергия сиғими катта бўлган ускуналарида экспериментал тадқиқотлар ўтказилди, у ерда Н 900 турдаги нагнетателлар қуввати $P=3000\text{кВт}$ бўлган 3 та синхрон двигателлар билан биргаликда ўрнатилган. Ҳар бир нагнетатель конструктив равишда ўз конверторига ишлайди. Бундан ташқари, ҳар бир нагнетателнинг узатувчи қувири дросселли тўсиқлар орқали умумий коллекторга бириктирилган. Дросселли тўсиқлар тизими ҳар бир нагнетателни конструктив равишда учта режимда ишлашга имкон беради: 1. Нагнетатель алоҳида конверторга ишлайди. 2. Нагнетатель умумий коллекторга ишлайди. 3. Нагнетатель атмосферага ишлайди.

Нагнетатель атмосферага ишлаганда, нагнетателнинг электр юритмаси ишчи режимда қолади, яъни қуввати $3,0\text{ МВт}$ бўлган синхрон электр юритма алоҳида конверторга ёки умумий коллекторга сингари режимда ишлайди.

6-жадвалда частотавий бошқариладиган синхрон двигателли «ЧЎ-СД-нагнетатель» тизими ҳавони конверторга ва атмосферага узатиш режимларида олинган экспериментал маълумотлари келтирилган.

6-жадвал

«ЧЎ-СД-нагнетатель» тизимининг иккита режимда олинган экспериментал маълумотлари: №2 нагнетателнинг конверторга ва атмосферага ишлаши

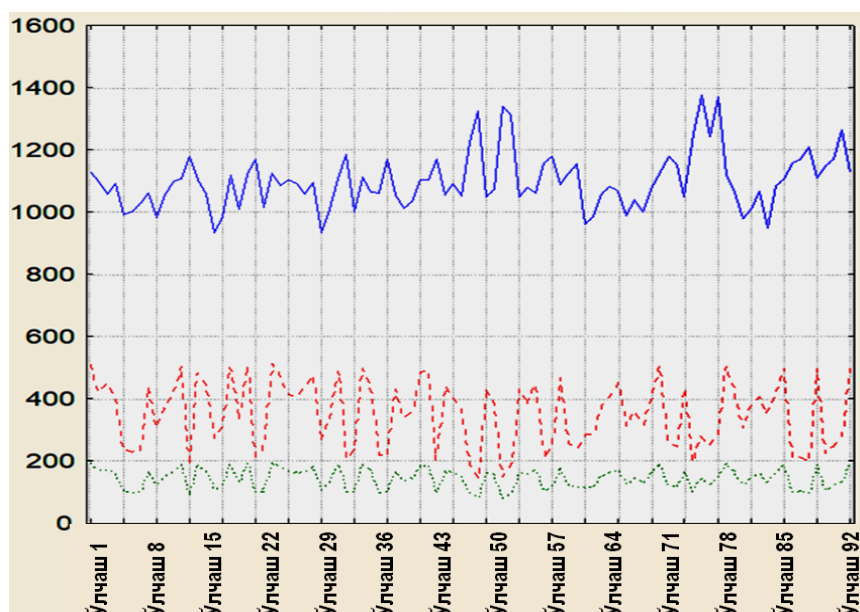
Конверторга ҳавони узатиш режими						
	Ист	Ирот	f	U	P	айланиш
	264А	130 А	50 Гц	6000 В	2359 кВт	3000 об\мин
Атмосферага ҳавони узатиш режими, тўсиқ бутунлай очик						
	Ист	Ирот	f	U	P	айланиш
	196А	130 А	43 Гц	5270 В	1751 кВт	2580 об\мин

Тежалган электр энергиясини тўлиқ баҳолаш учун ҳар бир нагнетатель, захирадагидан ташқари, атмосферага ҳайдаш режимида ишлаганда вақтнинг ўртача суткалик қийматини билиш зарур.

Бунинг учун биз томондан нагнетателнинг конверторга ва атмосферага ишлаш режимлари ўрганилди.

Диссертациянинг “**Хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергияси сарфини меъёрлаш**” деб номланган тўртинчи боби хомаки мисни ишлаб чиқаришда умумий энергия сиғимини аниқлаш мақсадида техник кислород ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришга электр энергияси сарфини, газ сарфини меъёрлашга бағишланган

Хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергияси сарфини инструментал ўлчашлар асосида олинган экспериментал маълумотлар (10-расм).



10-расм. Электр энергияси сарфининг инструментал ўлчашлари

Инструментал ўлчаш натижаларини статистик қайта ишлаш асосида тасвирий статистика ҳисоблаш натижалари олинди (7-жадвал).

7-жадвал

Тасвирий статистика ҳисоблаш натижалари

Ўзгарувчи	Тасвирий статистика						
	Ўлчашлар сони	Ўрта ариф.	Мин. қиймат	Макс. қиймат	Дисперсия	Станд. Оғиш	Станд. Хатолик
ЭЭ сарфи, кВт*соат	93	144,3275	80,0000	195,000	1108,33	33,2915	3,45217
Унумдорлик, тн.	93	207,3118	68,0000	319,000	5816,3	76,2647	7,90828
Меёёр, кВт·с/тн	93	747,7985	598,1735	1188,406	26189,77	161,833	16,7813

Хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергияси сарфи меёрини ҳисоблашда хом ашё юкланганликдан электр энергиянинг солиштирма сарф меёрининг ночизиғий боғлиқлиги келтириб чиқарган катта стандарт хатолик (16,78) туфайли, биз умумий эгри чизиқни учта участкага бўлишни қарор қилдик, улар учун электр энергиянинг сарф меёрини қуйидаги ҳолатлар учун боғлиқлик аниқланди: Номинал унумдорликдан 80% дан 100% гача хом ашё билан юкланганликда; Номинал унумдорликдан 50% дан 80% гача хом ашё билан юкланганликда; Номинал унумдорликдан 30% дан 50% гача хом ашё билан юкланганликда.

Хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергияси сарфи меёрининг математик моделлари учта ҳолат учун ишлаб чиқилган.

Олиб борилган регрессион таҳлил натижасида электр энергияси сарфи меёрининг ҳақиқий математик модели истёмол қилинаётган электр энергияси ва **80% дан 100% гача** хом ашё билан юкланганликда функциясида олинди.

$$N_{X.M.100} = 615,2352 + 3,4208 \cdot W_{X.M.100} - 2,1059 \cdot Q_{X.M.100} \quad (24)$$

$$N_{X.M.100} = 615,0 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{тн}$$

50% дан 80% гача

$$N_{X.M.80} = 675,7441 + 4,5334 \cdot W_{X.M.80} - 3,0636 \cdot Q_{X.M.80} \quad (25)$$

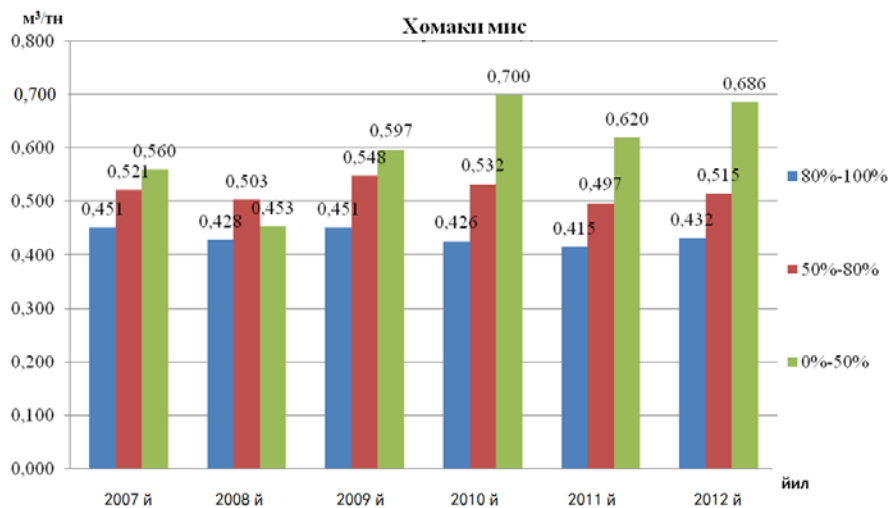
$$N_{X.M.80} = 675,0 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{тн}$$

30% дан 50%гача

$$N_{X.M.50} = 1097,357 + 7,714 \cdot W_{X.M.50} - 8,505 \cdot Q_{X.M.50} \quad (26)$$

$$N_{X.M.50} = 952,8 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{тн}$$

Табиий газ сарфи меъёрини аниқлаш учун биз беш йилда (2007 - 2012 й.) газдан фойдалануни ускуналар томонидан газ сарфини таҳлил қилдик. 11-расмда ҳар бир йил учун солиштирма меъёрларнинг йиллик натижалари келтирилган. Ўтган йиллар ичидаги ҳисоботни математик ишлаш ва инструментал ўлчаешлар шуни кўрсатдики, хомаки мисни ишлаб чиқаришда табиий газнинг сарфи меъёрига хом ашё билан юкланганлик даражаси анчагина таъсир кўрсатади ва табиий газнинг сарфи меъёрини ишлаб чиқишда номинал ишлаб чиқаришдан 30% дан 100% гача хом ашё билан юкланганлик даражасига боғлиқ равишда дифференциал ёндашиш керак.



11-расм. Хомаки мисни ишлаб чиқаришда табиий газнинг сарфи меъёри кўрсаткичлари, (80-100)%, (50-80)% ва 50%гача хом ашё билан юкланганликни ҳисобга олганда

Унумдорлик 80% дан 100% гача бўлганда хомаки мисни ишлаб чиқаришда табиий газнинг сарфи меъёри қуйидагига тенг:

$$N = 0,433 \text{ минг} \cdot \text{м}^3 / \text{тн} \text{ ёки } N = 506,08 \text{ кг} \cdot \text{ш} \cdot \text{ё} / \text{тн}$$

$$50\% \text{ дан } 80\% \text{ гача: } N = 0,519 \text{ минг} \cdot \text{м}^3 / \text{тн} \text{ ёки } N = 607,67 \text{ кг} \cdot \text{ш} \cdot \text{ё} / \text{тн}$$

$$50\% \text{ гача: } N = 0,603 \text{ минг} \cdot \text{м}^3 / \text{тн} \text{ ёки } N = 704,99 \text{ кг} \cdot \text{ш} \cdot \text{ё} / \text{тн}$$

Бирлик кислородни ва сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришга электр энергиясининг солиштирма сарфи меъёрининг ўртача йиллик қийматини олиш учун 2016-2017 йиллардаги берилган маълумотлардан фойдаланилди.

Бирлик кислородни ишлаб чиқаришга электр энергиясининг солиштирма сарфи меъёрининг ўртача йиллик қиймати қуйидагича бўлади

$$N = 592,46 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{минг} \cdot \text{м}^3$$

Бирлик сиқилган ҳавони ишлаб чиқаришга электр энергиясининг солиштирма сарфи меъёрининг ўртача йиллик қиймати қуйидагича бўлади

$$N = 60,79 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{минг} \cdot \text{м}^3$$

Ўтиш коэффициентини 2,4 га тенг деб ҳисобга олган ҳолда

$$N_{\text{сик.хаво}} = 145,89 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{минг} \cdot \text{м}^3$$

Ишлаб чиқилган хомаки мисни ишлаб чиқаришда энергия сиғимини аниқлаш методикаси асосида Олмалик КМК бўйича хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг умумий энергия сиғими топилган ва 8-жадвалда келтирилган.

8-жадвал

Хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг умумий энергия сиғими

Асосий агрегатлар	Электр энергия сарфи, Солиштирма меъёр		Газ сарфи, Солиштирма меъёр		Ҳаво сарфи (ҳавони ишлаб чиқишга ЭЭ сарфи), солиштирма меъёр		Кислород сарфи (кислородни ишлаб чиқишга ЭЭ сарфи) солиштирма меъёр		Агрегат ишлаши учун йиғма энергия сарфлари, т.ш.ё.
	минг кВт*соат /т	т.ш.ё.	Минг м³/т	т.ш.ё.	минг кВт*соат/т	т.ш.ё.	минг кВт*соат/т	т.ш.ё.	
ОП	0,0246	0,0084	0,22	0,34	-		0,0870	0,0299	0,3783
КФП	0,129	0,0444	0,079	0,12	-		0,1688	0,0578	0,2214
ПЖВ	0,233	0,0802	0,12	0,18	-		0,3363	0,1158	0,3760
КП	0,615	0,2118	0,009	0,014	0,145	0,0502			0,276
Жами	1,0019		0,43		0,145		0,5922	0,1735	1,2517

Олмалик КМК бўйича хомаки мисни ишлаб чиқаришда умумий энергия сиғими 80-100% хом ашё билан юкланганлик учун бир тонна хомаки мисга - 1,2517 т.ш.ё. ёки 1251,7 кг.ш.ё. ни ташкил этади; худди шундай 50-80% юкланганлик учун бир тонна хомаки мисга - 1,387 т.ш.ё. ёки 1387,0 кг.ш.ё.ни ташкил этади; 30-50% юкланганлик учун бир тонна хомаки мисга - 1,633 т.ш.ё. ёки 1633,0 кг.ш.ё. ни ташкил этади. Мис ишлаб чиқаришнинг энергия сиғими ўртача жаҳондаги даражаси 835–5000 кг.ш.ё./тн га тенг. Олмалик КМК бўйича олинган маълумотлар ўртача жаҳондаги маълумотлар чегарасида жойлашган.

Диссертация **иловаларида** Олмалик КМК Мисни эритиш заводининг компрессор станциясида замонавий тежамкор компрессорлар ўрнатиш билан, кислород станциясида ҳавони ажратиш блоки ва компрессор ўрнатиш билан, Мисни эритиш заводининг Ҳавони ажратиш цехида турбонагнетателга частота ўзгартиргичини ўрнатиш билан жорий қилиш далолатномалари ва маълумотнома, шунингдек хомаки мисни ишлаб чиқаришда электр энергияси, табиий газ, техник кислород ва сиқилган ҳаво сарфларининг экспериментал маълумотлари келтирилган.

ХУЛОСА

Фалсафа доктори (PhD) диссертация мавзуси «Олмалиқ кон-металлургия комбинати» АЖда хомаки мис ишлаб чиқаришнинг энергия самарадорлигини ошириш» мавзуси бўйича ўтказилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилган:

1. Хомаки мисни ишлаб чиқаришда технологик линиянинг ҳар бир агрегати томонидан энергия элтувчиларни истеъмол қилиш бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказилди. Натижада энергия элтувчиларнинг солиштирма сарф меъёри кўрсаткичларига ва умуман хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимига келаётган хом ашёнинг хажми таъсир этиши аниқланди.

2. Аналитик ҳисоблаш ва экспериментал ҳисоблаш методлари билан хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг энергия сиғимини ҳисоблаш методикаси ишлаб чиқилди. Натижада агрегатлар бўйича энергия элтувчиларнинг сарф меъёрлари аниқланди.

3. Энергия элтувчилар солиштирма сарф меъёрининг математик модели ишлаб чиқариш кетма-кетлигида барча звено агрегатларининг хом ашё билан юкланганлиги функциясида ишлаб чиқилди. Натижада мазкур модель энергия элтувчиларнинг солиштирма сарф меъёрининг хом ашё билан юкланганлиги функциясида ночизиғий боғлиқлиги сабабли, линеризация мақсадида махсус кўрсаткичлар учта ишчи бўлимга бўлинади, улар учун солиштирма меъёрлар келаётган хом ашё 80 дан 100% гача, 50 дан 80% гача ва 50% дан кам чегарасида аниқланди.

4. Олмалиқ кон-металлургия комбинати бўйича хомаки мисни ишлаб чиқаришнинг умумлашган энергия сиғими аниқланди. Натижада хомаки мисни ишлаб чиқариш даражаси ва энергия самарадорлигини баҳолаш имкони яратилди.

5. Илмий тадқиқотлар натижалари асосида мавжуд компрессорлар замонавий GT-0,78 «Атлас Копко» компрессорларини ўрнатиш билан модернизация қилинди, шунингдек частота ўзгартиргич асосида қуввати 3,0 МВт бўлган сиқилган ҳавони ишлаб чиқариш учун воздуходувканинг частотавий бошқариладиган синхрон электр юритмаси жорий қилинди. Натижада 3 811 938,0 минг сўмни тежаш имкони яратилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc 27.06.2017.Т.03.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ И
ОБЩЕСТВЕ С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»**

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»**

КИМ ДОНЧЕР

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ЧЕРНОВОЙ МЕДИ НА АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГОРНО-
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»**

05.05.01 – Энергетические системы и комплексы

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

Ташкент – 2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2018.4.PhD/T921.

Диссертация выполнена в Обществе с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр»

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

Научный руководитель: **Камалов Толяган Сиражиддинович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Хошимов Фозилджан Абидович**
доктор технических наук, профессор
Арипов Назиржон Мукарамович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Навоийский государственный горный институт**

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 г. в _____ часов на заседании Научного совета DSc 27.06.2017.T.03.03 при Ташкентском государственном техническом университете и обществе с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр». Адрес: 100095, г Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-46-00; факс: (99871) 227-10-32; e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного технического университета (регистрационный номер - ____). (Адрес: 100095, Ташкент, ул. Университетская, 2. Тел.: (99871) 246-03-41.

Автореферат диссертации разослан «___» _____ 2019 года.
(протокол рассылки № «___» от «___» _____ 2019 г.).

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

О.Х. Ишназаров
Ученый секретарь научного совета
по присуждению учёных степеней, д.т.н., с.н.с.

М.И. Ибадуллаев
председатель научного семинара
при научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире одними из энергоёмких отраслей в экономике является горнодобывающая и металлургическая промышленности. С повышением энергоэффективности современного горного производства особое внимание уделяется вопросам улучшения основных показателей затрат энергоресурсов. В настоящее время «отсутствует единый показатель энергоемкости производства черновой меди. Среднемировой уровень энергоемкости производства меди лежит в пределах 835-5000 кг у.т./тн»¹. Отличие энергоёмкости производства черновой меди от других производств объясняется особенностями в технологии получения меди, методами определения энергоёмкости производства, а также потреблением энергоресурсов. В этой связи большое внимание уделяется производству черновой меди, связанному с технологическим управлением оборудования с помощью частотных преобразователей, оптимизации рабочих режимов и определения энергоёмкости.

В мире ведутся исследования, направленные на повышение энергоэффективности производства меди путем создания новых и модернизацией существующих технологий и энергосилового оборудования, а также разработке математических моделей удельных норм расхода энергоносителей и обобщенной энергоемкости производства. Особое внимание уделяется проблемам реализации потенциала энергосбережения путём внедрения нового энергосилового оборудования на базе частотных преобразователей. В этом направлении важные результаты определяются разработкой оптимальных режимов работы энергосилового оборудования, участвующих в выработке технического кислорода и сжатого воздуха как наиболее энергоёмких энергоносителей, участвующих в технологическом процессе получения меди. Исходя из существующих научных направлений актуальными задачами являются определение обобщенной энергоемкости производства черновой меди и разработка математической модели удельных норм расхода энергоносителей на базе экспериментальных исследований.

В нашей республике одной из важнейших отраслей экономики республики является производство меди и в целях обеспечения высоких технико-экономических показателей осуществляются мероприятия по повышению энергоэффективности, снижению энергопотребления и внедрению энергосберегающего оборудования и технологий, модернизации существующего оборудования. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы» определены задачи «...сокращения энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, реализуемых по целевым параметрам снижения энергоемкости в отраслях экономики»². Реализация этих задач, в частности, определение энергоемкости производства

¹ <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1346951>;

² Указ Президента Республики Узбекистан № ПП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

технического кислорода и сжатого воздуха, разработка и внедрение энергосберегающих технологий на базе преобразователей частоты, а также разработка системы управления с учетом режимов работы механизмов, участвующих в технологии получения черновой меди и рационального использования энергоресурсов, является важной и своевременной.

Данная диссертационная работа в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3012 от 26 мая 2017 года «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сферы на 2017-2021 годы», № ПП-3211 от 15 августа 2017 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию АО «Алмалыкский ГМК»», № ПП-3238 от 23 августа 2017 года «О мерах по дальнейшему внедрению современных энергоэффективных и энергосберегающих технологий» и Постановлении Кабинета Министров от 12 января 2018 года №22 «О дополнительных мерах по совершенствованию порядка пользования электрической энергией и природным газом», 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 приоритетным направлением развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энерго- ресурсосбережение».

Степень изученности проблемы. Научные исследования, направленные на повышение энергоэффективности процесса подготовки черновой меди, внедрение энерго – ресурссберегающих режимов технологического оборудования на основе современных элементов электроприводов, проводятся многими ведущими мировыми научными центрами и высшими учебными заведениями, в том числе University of Texas at Austin, P&H Mining Equipment (США), Technische Universität Bergakademie Freiberg (Германия), Национальным исследовательским университетом «Московский энергетический институт», Национальным минерально-сырьевым университетом «Горный» (Россия), ABB Group (Швейцария), King Fahd University of Petroleum and Minerals (Саудовская Аравия), ООО «Научно-технический центр», Ташкентского государственного технического университета (Узбекистан).

Известные ученые – Ляхомский А.В., Лопатин М.Ю., Сугойдь А.Л., Тимошпольский В.И., Мазурова О.В., Смагин В.Н., Жуковский Ю.Л., а также ученые Узбекистана Камалов Т.С., Хашимов А.А., Ишназаров О.Х., Тоиров О.З. внесли значительный вклад в решение проблем подготовки руды в горно-металлургической промышленности, энергосберегающих технологий при переработке полезных ископаемых, разработке энергоэффективных горных машин на базе частотных преобразователей электроприводов, а также в решение задач по энергосбережению с помощью регулируемых электроприводов. Вопросам эффективного использования энергоресурсов и оптимизации методов потребления электроэнергии посвящены работы ряда

ученых нашей страны, среди которых следует отметить Насирова Т.Х., Аллаева К.Р., Хашимова Ф.А. и других.

Однако, несмотря на значительный успех, проблема повышения энергоэффективности производства черновой меди, в том числе повышение энергоэффективности электромеханического оборудования, а также вопросы, связанные с определением энергоемкости и выявлением потенциала энергосбережения, полностью не изучены.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках проекта, включенного в план научно-исследовательских работ Общества с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр» ФА-АЗ-90053 «Разработка энерго- и ресурсосберегающих режимов энергопотребления энергоемких объектов отраслей экономики» (2015-2017).

Цель исследования. Разработка методики определения энергоёмкости и расчета удельных норм расхода энергоносителей на единицу производства черновой меди по АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» и выявление потенциала энергосбережения.

Задачи исследования:

определение технологической структуры производства черновой меди;
разработка математической модели удельных норм расхода энергоносителей в функции загрузки агрегатов;

разработка методики определения энергоемкости производства черновой меди;

определение энергоемкости производства технического кислорода и сжатого воздуха;

определение состава энергоносителей производства черновой меди и нормирование энергозатрат;

выявление потенциала энергоресурсов при выработке кислорода и сжатого воздуха.

Объектом исследования являются агрегаты полного цикла технологической цепочки получения черновой меди и энергомеханическое оборудование по выработке технического кислорода и сжатого воздуха.

Предметом исследования является структура энергозатрат для агрегатов, участвующих в цепочке получения черновой меди и методы расчета удельных норм расхода электрической энергии с учетом объёма поступающего сырья.

Методы исследования. Методологическую основу работы составляют современные методы теории электропривода, математического моделирования электромеханических систем и комбинированный метод по определению энергоэффективности и энергоемкости производства, сравнительный анализ, расчетно-аналитические и статические обработки результатов промышленных испытаний разработанных моделей.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель энергоемкости производства черновой меди с учетом энергоносителей и загрузки агрегатов плавильного

и конвертерного переделов;

разработана структура удельных норм расхода энергоносителей на единицу производства черновой меди на основе метода интегрального показателя;

разработаны энергосберегающие рабочие режимы агрегатов отражательной печи, кислородно-факельной плавки, печи жидкой ванны, конвертерного передела на основе регулирования потоков сжатого воздуха и технического кислорода;

усовершенствован синхронный электропривод турбонагнетателя мощностью 3,0 МВт на турбовоздуходувной станции на основе частотного регулирования.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны составляющие энергоносителей, участвующих в технологическом производстве для каждого передела при получении черновой меди в единой системе т.у.т.;

разработана типовая структура нормирования расхода электрической энергии при производстве черновой меди с учетом коэффициента загрузки агрегатов сырьем, технического кислорода и сжатого воздуха.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов научных исследований обоснована применением разработанных математических моделей, сравнением теоретических и экспериментальных данных, а также математической статистики.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость полученных результатов исследований характеризуется разработкой математической модели по определению норм расхода электрической энергии на единицу производства черновой меди в функции загрузки сырьем агрегатов отражательной печи, печи КФП, конвертерного передела, расхода технического кислорода и сжатого воздуха, характеризующегося стохастической зависимостью.

Практическая значимость исследований заключается в повышении энергоэффективности технологического оборудования с управлением производительности компрессорного оборудования на основе частотно-регулируемого электропривода; разработаны энерго- и ресурсосберегающие режимы технологического оборудования на базе современных электроприводов; разработана методика нормирования потребления электрической энергии при производстве черновой меди.

Внедрение результатов исследований. На основе результатов научно-исследовательских работ по повышению энергоэффективности производства черновой меди:

внедрена система регулирования потоков технического кислорода на компрессорной станции Медеплавильного завода (справка АО «Алмалыкский ГМК» №31-10-402 от 24 октября 2018 года). В результате получена экономия 1,84 млн. кВт час электроэнергии в год;

внедрена система управления сжатого воздуха на кислородной станции Медеплавильного завода в блоке разделения воздуха (справка АО

«Алмалыкский ГМК» №31-10-402 от 24 октября 2018 года). В результате получена экономия 22,0 млн. кВт час электроэнергии в год;

внедрен частотно-регулируемый синхронный электропривод мощностью 3 МВт на турбовоздуходувной станции Медеплавильного завода (справка АО «Алмалыкский ГМК» №31-10-402 от 24 октября 2018 года). В результате получена экономия 6,9 млн. кВт час электроэнергии в год.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования докладывались и обсуждались на 5 научно-технических конференциях, в том числе на 4 международных и на 1 республиканской конференции.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано всего 14 научных работ. Из них 9 научных статей, в том числе 6 в республиканских и 3 в зарубежных журналах.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Объем диссертации составляет 111 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновываются актуальность и востребованность, цель и задачи проведенного исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, внедрение в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние производства меди и его энергоемкость**» дается анализ современного состояния производства меди в странах мира и Республике Узбекистан. Произведен обзор исследований и систематизированы публикации по повышению энергоэффективности производства меди.

В настоящее время медь широко используется в высокотехнологических отраслях промышленности, таких как электротехника, электроника, автоматика, вычислительная техника, приборостроение и других видах производства. В связи с этим, в мире уделяется особое внимание добыче и производству меди. При этом страны – производители используют медь как на собственные нужды производства, так и на экспорт. Среднегодовой объем производства рафинированной меди по странам мира за 1992-2015 гг в тыс.т. приведен на рис.1, где ведущими странами по производству и потреблению меди являются Китай - 34,6%, Чили -11,7%, Япония - 6,4% и др.

Алмалыкский горно-металлургический комбинат – это один из ведущих производителей меди в мире. В мировом масштабе годовой объем производства черновой меди по Алмалыкскому горно-металлургическому комбинату составляет порядка 110-120 тыс.тонн в год, это в пределах 0,5-0,6% от общего мирового объема.

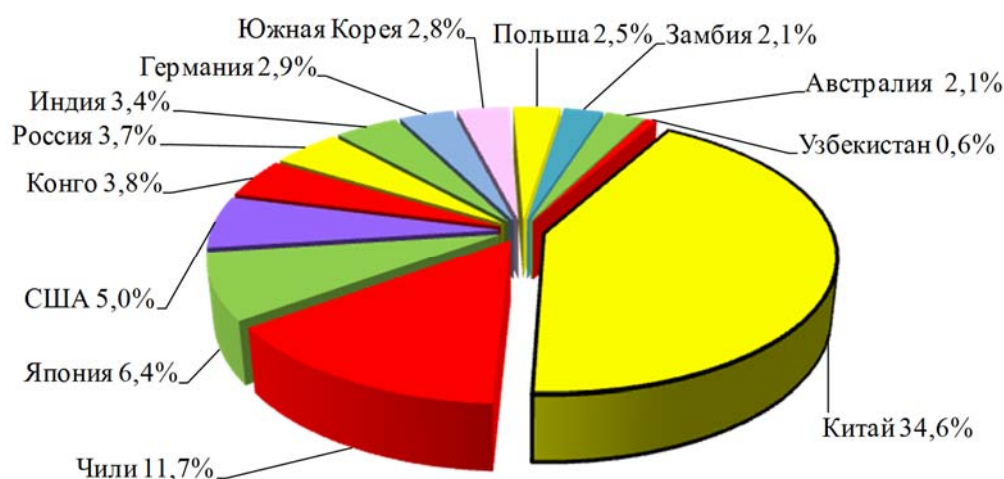


Рис.1. Среднегодовой объем производства рафинированной меди по странам мира

На рис.1 дана структура технологии получения черновой меди. Определено, что значительному вкладу в повышении энергоэффективности современного горного производства и анализу основных показателей затрат энергоресурсов и энергоемкости технологических процессов посвящен ряд работ Московского государственного горного университета, Национального исследовательского университета «Московский энергетический институт», Белорусского РУП «БМЗ» и БНТУ, Иркутского института систем энергетики СО РАН, Южно-Уральского государственного университета, (Челябинск), Национального минерально-сырьевого университета «Горный» и др. Однако в вопросах определения энергоемкости производства черновой меди отсутствует единый показатель. Существующие показатели энергоемкости производства черновой меди отличаются друг от друга на порядок. Это объясняется различием технологии получения меди, методологией определения энергоемкости производства меди, а также закрытостью данных об объекте потребления энергоресурсов и процентном содержании меди в руде.

На основании проведенного научного анализа и наших исследовательских и практических работ по подразделениям Алмалыкского горно-металлургического комбината определены цель и задачи исследования.

Вторая глава диссертации **«Энергозатраты в системе производства черновой меди по Алмалыкскому ГМК»** посвящена определению состава энергозатрат при производстве черновой меди.

Основным производителем меди является металлургический цех Медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК», где производят черновую, анодную и гранулированную медь. Металлургический цех включает в себя плавильный передел и конвертерно-анодный передел. В плавильный передел входит отражательная печь (ОП), печь кислородно-факельной плавки (КФП) и печь в жидкой ванне (ПЖВ). В конвертерно-анодный передел входят: конвертера, анодные печи и печь грануляции меди. Нами для определения энергозатрат производства каждого передела на основе теоретических и экспериментальных результатов учтены основные составляющие энергоносителей, необходимые для полного цикла технологического процесса.

Конвертерный передел (КП) оснащен четырьмя горизонтальными конвертерами. Основным значением конвертеров является переработка медного штейна с целью получения черновой меди и технологических газов для производства серной кислоты.

Конвертера получают медный штейн от 3-х плавильных агрегатов ОП, КФП и ПЖВ.

На рис.2 приведен состав агрегатов производства черновой меди.

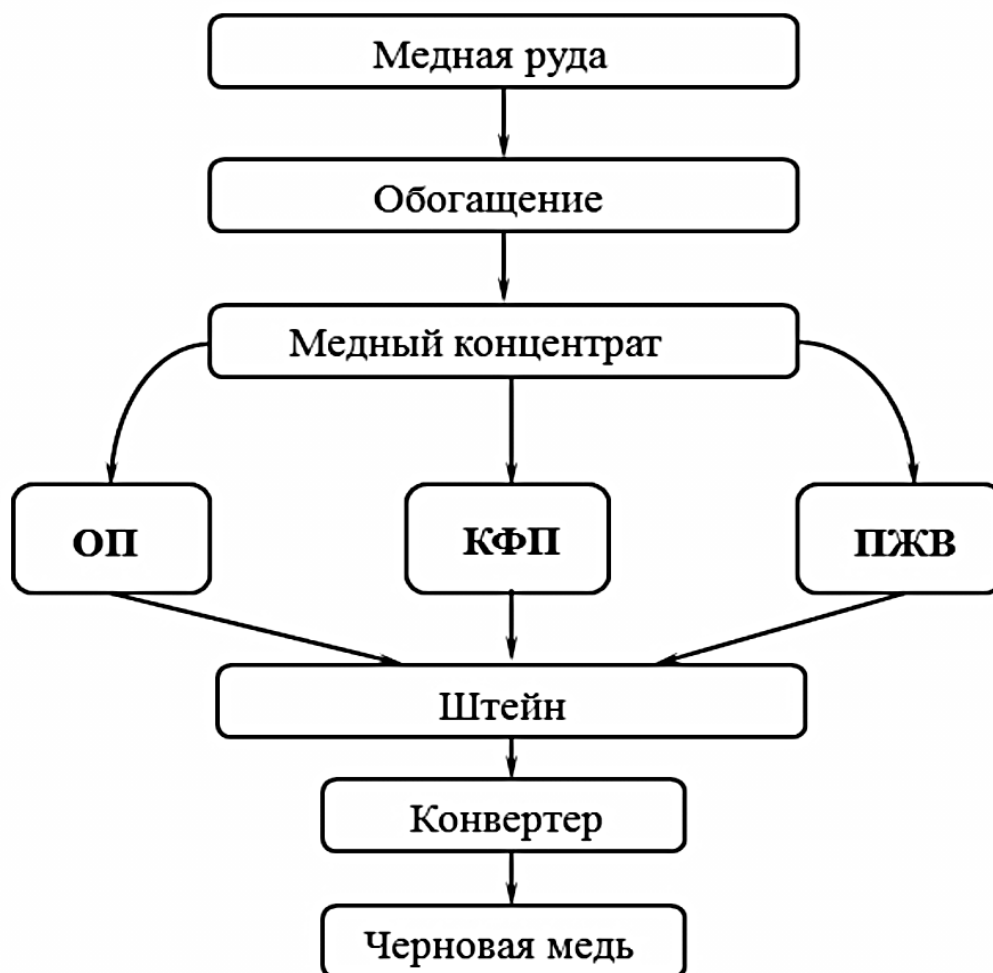


Рис. 2. Состав агрегатов производства черновой меди

Структура энергозатрат по агрегатам производства черновой меди приведена на рис. 3-6.

Основные составляющие расхода энергоносителей для функционирования технологического процесса каждого агрегата в общем случае, согласно регламенту, определяются в функции

$$G = \varphi(W, O_2, V, Z), \quad (1)$$

где принятые обозначения:

W – расход электрической энергии, кВт·ч;

O_2 – расход технического кислорода, м³;

V – расход природного газа, м³;

Z – расход сжатого воздуха, м³.



Рис. 3. Состав энергозатрат по отражательной печи

Для нормального функционирования технологического процесса отражательной печи основными энергоносителями являются природный газ, кислород и электрическая энергия, т.е.

$$G_{оп} = \varphi(W, O_2, V), \quad (2)$$

где $G_{оп}$ - суммарное значение энергоносителей для ОП.

Энергоемкость на переработку 1 тонны шихты по отражательной печи $G_{оп}$ составляет

$$G_{оп} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{Q}, \quad (3)$$

где Q – объем шихты, тн.



Рис. 4. Состав энергозатрат по кислородно-факельной плавке

Энергоемкость на переработку 1 тн шихты по КФП составляет

$$G_{кфп} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{Q}, \quad (4)$$

где $G_{кфп}$ – суммарное значение энергоносителей для КФП



Рис. 5. Состав энергозатрат по печи жидкой ванны

Энергоемкость на переработку 1 тн шихты по ПЖВ составляет

$$G_{ПЖВ} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{Q}, \quad (5)$$

где $G_{ПЖВ}$ - суммарное значение энергоносителей для ПЖВ

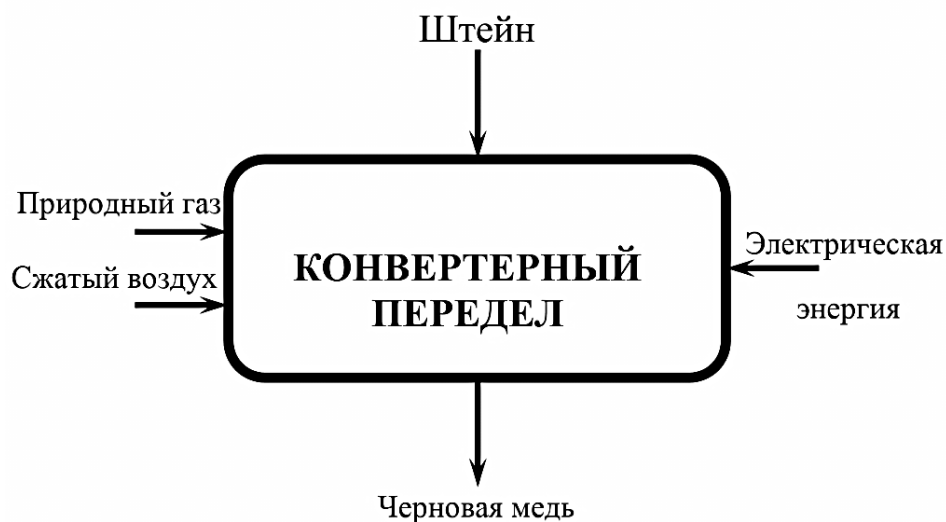


Рис. 6. Состав энергозатрат по конвертерному переделу

Энергоемкость на переработку 1 тн штейна по КП определяется

$$G_{КП} = \frac{\sum(Z + V + W)}{Q}, \quad (6)$$

где $G_{КП}$ – суммарное значение энергоносителей для КП.

В данном случае для всех печей и конвертерного передела энергоносителями являются газ, технический кислород, сжатый воздух и электрическая энергия, но потребление в процентном соотношении каждого из них разное.

Определение расхода электрической энергии по агрегатам.

В табл. 1-4 приведены усредненные данные расхода энергоносителей: электрической энергии, природного газа, технического кислорода и сжатого воздуха для каждой из печей и конвертерного передела.

Таблица 1

Среднемесячный фактический расход электрической энергии по каждому агрегату

Основные агрегаты	W , тыс.кВт·час	Процентное соотношение %
ОП	136,25	4,91
КФП	1086,5	39,22
ПЖВ	1269,97	45,84
КП	277,5	10,01
ИТОГО	2770,22	100 %

Таблица 2

Среднемесячный фактический расход природного газа по каждому агрегату

Основные агрегаты	V , тыс.м ³	Процентное соотношение %
ОП	2314	50,88
КФП	830	18,25
ПЖВ	1305,5	28,71
КП	98,5	2,17
ИТОГО	4548,0	100

Таблица 3

Среднемесячный фактический расход технического кислорода по каждому агрегату

Основные агрегаты	O_2 , тыс.м ³	Процентное соотношение %
ОП	3264,05	14,7
КФП	6321,75	28,5
ПЖВ	12588,1	56,77
ИТОГО	22173,8	100

Таблица 4

Среднемесячный фактический расход сжатого воздуха по КП

Основные агрегаты	Z , тыс.м ³	Процентное соотношение %
КП	4024	100

С целью определения влияния объема потребления энергоносителей на энергоемкость производства черновой меди нами проведены экспериментальные исследования. На рис. 7,8 представлены данные расхода электроэнергии и газа (через удельную норму) в функции от объема поступающего сырья в пределах от 30 до 100 %: 1-для случая совместной работы ОП, КФП, КП, 2-для случая работы КП и 3-для случая работы КФП. Как видно, изменение расхода электрической энергии и газа от объема

поступающего сырья имеет нелинейный характер. С целью линиаризации зависимости расхода электрической энергии в функции объема поступающего сырья полученные нами экспериментальные кривые разбиты на три участка. 1-участок соответствует подаче сырья в пределах от 80 % до 100% от общего объема поступающего сырья, предусмотренного для работы агрегата в номинальном режиме, 2-участок – в пределах от 50 %, до 80% и 3-участок в пределах от 30% до 50%. В соответствии с учетом коэффициента загрузки показатели энергоемкости для каждого агрегата будут: для ОП, КФП, ПЖВ и КП энергоемкость

$$G'_{оп} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_1 Q_1}, \quad (7)$$

где α_1 - коэффициент загрузки сырья для ОП;

Q_1 - объем шихты (сырья) для ОП, предусмотренный технологическим регламентом.

$$G'_{кфп} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_2 Q_2}, \quad (8)$$

где α_2 – коэффициент загрузки сырья для КФП;

Q_2 - объем шихты для КФП.

$$G'_{пжв} = \frac{\sum(V + O_2 + W)}{\alpha_3 Q_3}, \quad (9)$$

где α_3 - коэффициент загрузки сырья для ПЖВ;

Q_3 - объем шихты для ПЖВ.

$$G'_{кп} = \frac{\sum(V + Z + W)}{\alpha_4 Q_4}, \quad (10)$$

где α_4 – коэффициент загрузки сырья для КП.

Q_4 - объем штейна для КП.

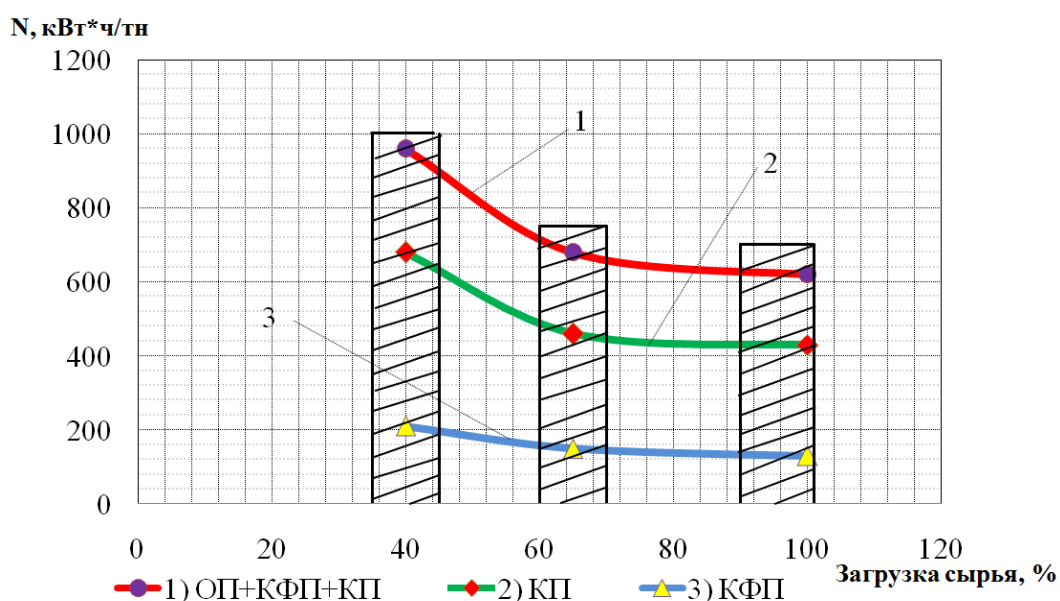


Рис. 7. Зависимость удельных норм расхода электрической энергии от загрузки сырья

Аналогично электрическим замерам проведены экспериментальные замеры расхода природного газа в зависимости от объема загрузки агрегатов сырьем.

По результатам экспериментальных данных по расходу газа в функции производительности на рис.8 приведены значения удельных норм расхода газа для производства черновой меди по объему загрузки в пределах 80-100%, 50-80% и до 50%.

Экспериментально доказано влияние поступления сырья на агрегаты ОП, КФП, ПЖВ и КП, соответственно, на показатели удельных норм расхода электроэнергии. При этом характер изменения нормы расхода энергоносителей имеет нелинейный характер.

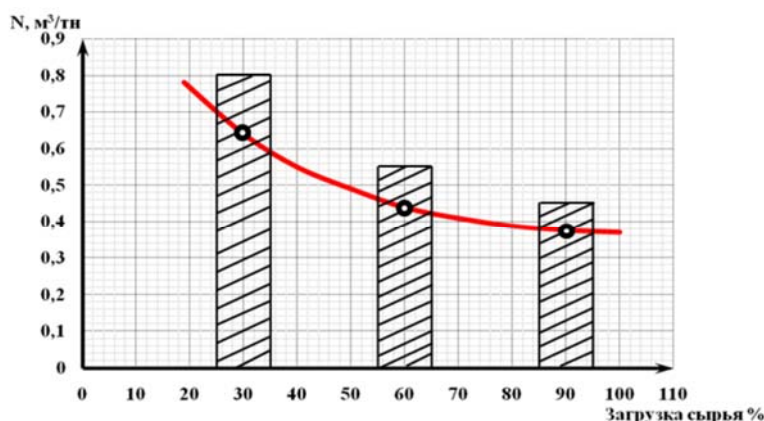


Рис. 8. Зависимость удельного расхода природного газа от загрузки сырья

На основании теоретических и экспериментальных данных разработана методика определения энергоёмкости черновой меди, которая представлена в табл. 5.

где G_1 ; G_2 ; G_3 ; G_4 – общий объем энергоносителей, соответственно, по ОП, КФП, ПЖВ и КП;

Q_1 , Q_2 , Q_3 – объём производства штейна соответственно по ОП, КФП, ПЖВ.

Q_4 – объём производства черновой меди по КП, тн.

α_1 , α_2 , α_3 , α_4 , – коэффициент загрузки сырьём соответственно для ОП, КФП, ПЖВ и КП.

N_1 , N_2 , N_3 и N_4 – энергоёмкость (норма) расхода энергоресурсов на единицу продукции.

Энергоёмкость каждого (нормы) производства (без учета подготовки шихты к плавке) определяется соответственно:

Для отражательной печи:

$$N_1 = \frac{\sum G_1 (G_{1-1} + G_{1-2} + G_{1-3})}{\alpha_1 Q_1} \quad (11)$$

Для кислородно – факельной плавки:

$$N_2 = \frac{\sum G_2 (G_{2-1} + G_{2-2} + G_{2-3})}{\alpha_2 Q_2} \quad (12)$$

Для печи в жидкой ванне:

$$N_3 = \frac{\sum G_3 (G_{3-1} + G_{3-2} + G_{3-3})}{\alpha_3 Q_3} \quad (13)$$

Для конверторного передела:

$$N_4 = \frac{\sum G_4 (G_{4-1} + G_{4-2} + G_{4-3})}{\alpha_4 Q_4} \quad (14)$$

Общая энергоемкость для выработки черновой меди будет

$$N_m = \sum (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \quad (15)$$

Таблица 5

Структура методики расхода энергоносителей на производство черновой меди по АГМК

Наименование статей расхода энергоносителей	Расход энергоносителей, Т.У.Т.	Объём произв., тн	Норма расхода энергоносителей, Т.У.Т./тн
1. Плавка шихты - ОП: Природный газ Кислород Электрическая энергия, в том числе: Вентиляторы 2 шт	$G_{оп}$ $G - 1$ $G - 1,1$ $G - 1,2$ $G - 1,3$	Q_1	$N_1 = \frac{\sum G_1}{\alpha_1 Q_1}$
2. Плавка шихты - КФП: Газ Кислород, Электроэнергия, в том числе: Вентиляторы 4 шт. Дымососы 2 шт Питательные насосы хим.воды	$G_{кфп}$ $G - 2$ $G - 2,1$ $G - 2,2$ $G - 2,3$	Q_2	$N_2 = \frac{\sum G_2}{\alpha_2 Q_2}$
3. Плавка шихты - ПЖВ: Кислород, Газ, Электроэнергия, в том числе: Воздуходувное хозяйство, Дымососы, Фильтры пылеулав.	$G_{пжв}$ $G - 3$ $G - 3,1$ $G - 3,2$ $G - 3,3$	Q_3	$N_3 = \frac{\sum G_3}{\alpha_3 Q_3}$
4. Конвертирование штейна - КП: Воздух, Газ, Электроэнергия в т.ч: Дымососы электрофильтры	$G_{кп}$ $G - 4$ $G - 4,1$ $G - 4,2$ $G - 4,3$	Q_4	$N_4 = \frac{\sum G_4}{\alpha_4 Q_4}$

Третья глава «**Энергоемкость производства технического кислорода и сжатого воздуха**» посвящена определению расхода технического кислорода и сжатого воздуха для производства черновой меди.

Состав электрооборудования по производству технического кислорода и потребителей по агрегатам компрессоров составляют асинхронные и синхронные электродвигатели мощностью от 800 до 12500 кВт с общей установленной мощностью более 50 МВт.

Весь объем выработанного кислорода распределяется по агрегатам ОП, КФП и ПЖВ:

$$\sum Q_{\text{кис}} = Q_{\text{ОП}} + Q_{\text{КФП}} + Q_{\text{ПЖВ}}, \quad (16)$$

где $\sum Q_{\text{кис}}$ - общий объем выработанного кислорода.

$Q_{\text{ОП}}$ - потребление кислорода агрегатом ОП.

$Q_{\text{КФП}}$ - потребление кислорода агрегатом КФП.

$Q_{\text{ПЖВ}}$ - потребление кислорода агрегатом ПЖВ.

Большая часть сжатого воздуха порядка 85 %, выработанного компрессорами расходуется на выработку кислорода, остальная часть – 15 % через заводскую сеть расходуется на механический цех (МЦ) и др. объекты завода. В связи с этим объем сжатого воздуха для выработки кислорода для ОП, КФП и ПЖВ будет:

$$\sum Q_{\text{возкис}} = \sum (Q_{\text{воз1,2,3}} + Q_{\text{воз4,5}}) - Q_{\text{возсеть}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{возкис}}$ – объем сжатого воздуха для выработки кислорода

$Q_{\text{воз1,2,3}}$ - объем сжатого воздуха, вырабатываемый компрессорами 1,2 и 3.

$Q_{\text{воз4,5}}$ – объем сжатого воздуха, вырабатываемый компрессорами 4 и 5.

$Q_{\text{возсеть}}$ – объем сжатого воздуха, подаваемый в общую сеть.

Объем выработанного кислорода будет

$$\sum Q_{\text{кис}} = Q_{\text{ОП}} + Q_{\text{КФП}} + Q_{\text{ПЖВ}}, \quad (18)$$

Расход электрической энергии для выработки $\sum Q_{\text{кис}}$ будет

$$W_{\text{кис}} = (W_{\text{ком1,2,3}} + W_{\text{ком4,5}} - W_{\text{сеть}}) + W_{\text{ЦКК}}, \quad (19)$$

где $W_{\text{кис}}$ – объем электрической энергии для выработки кислорода для ОП, КФП и ПЖВ;

$W_{1,2,3}, W_{4,5}$ - объем электрической энергии, потребляемой компрессорами 1,2,3 и 4,5 соответственно.

$W_{\text{сеть}}$ - объем электрической энергии, затрачиваемой пропорционально объему $Q_{\text{сеть}}$;

$W_{\text{ЦКК}}$ - объем электрической энергии, затрачиваемой ЦКК для выработки кислорода.

Энергоемкость производства технического кислорода будет

$$N_{\text{кис}} = \frac{W_{\text{кис}}}{\sum Q_{\text{кис}}} = \frac{\sum (W_{1,2,3} + W_{4,5} - W_{\text{сеть}}) + W_{\text{ЦКК}}}{Q_{\text{ОП}} + Q_{\text{КФП}} + Q_{\text{ПЖВ}}}; \quad \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{тысм}^3} \right] \quad (20)$$

Энергоемкость производства технического кислорода с учетом расхода сжатого воздуха из общей заводской сети на механическом цехе и др. будет.

$$N_{\text{кис}} = \frac{W_{\text{кис}}}{\sum Q} = \frac{W_{\text{ОП}} + W_{\text{КФП}} + W_{\text{ПЖВ}}}{\sum (Q_{\text{сжвозх}} - Q_{\text{завсет}}) + Q_{\text{ЦКК}}}; \quad (21)$$

Характер изменения энергоемкости при выработке технического кислорода приведен на рис. 9.

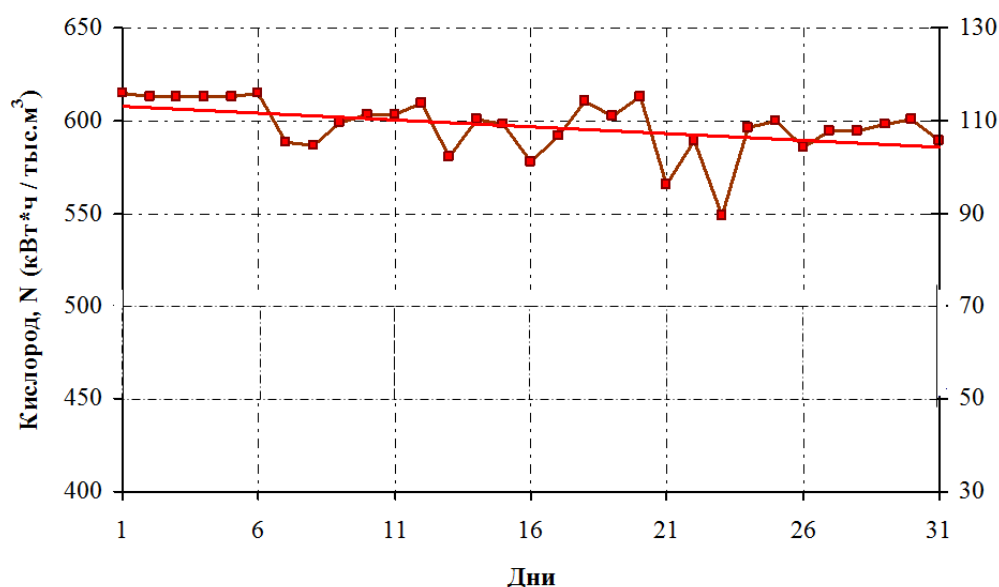


Рис. 9. Суточный график расхода кислорода

Как видно, динамика изменения энергоёмкости при потреблении агрегатами технического кислорода имеет разброс энергоёмкости в пределах от 6 до 10 % от среднего значения.

Для реализации потенциала энергосбережения в части модернизации существующего и внедрения нового технологического энергосилового оборудования осуществлена замена существующих компрессоров на современные компрессора: на компрессорной станции Медеплавильного завода АО «АГМК» установлены современные экономичные компрессора SM 6000 «Samsung». Для выравнивания графика расхода технического кислорода используются варианты регулирования производительности компрессора Atlas-Corpo. Определена энергоёмкость производства сжатого воздуха.

Сжатый воздух используется в конвертерном переделе и вырабатывается тремя турбовоздуходувками Н-900 с синхронным электроприводом мощностью 3500 кВт с установленной мощностью 10500 кВт. Сжатый воздух используется только для технологического режима конвертерного передела.

Объем выработанного сжатого воздуха определяется

$$\sum Q_{\text{воз}} = Q_{\text{возКП}} + Q_{\text{возпроч}}, \quad (22)$$

где $\sum Q_{\text{воз}}$ - общий объем выработанного сжатого воздуха;

$Q_{\text{возКП}}$ - объем сжатого воздуха, затрачиваемого на конвертора;

$Q_{\text{возпроч}}$ - объем сжатого воздуха, затрачиваемого на прочие нужды.

Энергоёмкость производства сжатого воздуха будет

$$N_{\text{сжвоз}} = \frac{W_{\text{сжвоз}}}{Q}, \quad (23)$$

С целью выявления потенциала по экономии электроэнергии были проведены экспериментальные обследования расхода электроэнергии на самом энергоёмком оборудовании цеха разделения воздуха (ЦРВ), где установлены нагнетатели типа Н 900, сочлененные с синхронным двигателем мощностью $P=3000 \text{ кВт}$ в количестве 3 шт. Конструктивно каждый нагнетатель работает на

свой конвертор. Кроме того, конструктивно трубопроводы каждого нагнетателя через дроссельные заслонки объединены в общий коллектор. Системы дроссельных заслонок конструктивно позволяют работать каждый нагнетатель в трех режимах: 1. Работа нагнетателя на отдельный конвертор. 2. Работа нагнетателя на общий коллектор. 3. Работа нагнетателя в атмосфере.

При работе нагнетателя в атмосфере электропривод нагнетателя остается в рабочем режиме, т.е. синхронный электродвигатель мощностью 3,0 МВт работает в таком же режиме, как и отдельный конвертор или в общий коллектор.

В табл. 6 приведены экспериментальные данные работы системы «ПЧ-СД-нагнетатель» с частотно регулируемым синхронным двигателем в режиме подачи воздуха на конвертор и в атмосферу.

Таблица 6

Экспериментальные данные работы системы «ПЧ-СД нагнетатель» в двух режимах: работа нагнетателя №2 на конвертор и в атмосферу

Режим подачи воздуха на конвертор						
	$I_{см}$	$I_{рот}$	f	U	P	Оборот
	264А	130 А	50 Гц	6000 В	2359 кВт	3000 об\мин
Режим подачи воздуха в атмосферу заслонка полностью открыта						
	$I_{см}$	$I_{рот}$	f	U	P	Оборот
	196А	130 А	43 Гц	5270 В	1751 кВт	2580 об\мин

Чтобы полностью оценить количество сэкономленной электроэнергии необходимо знать среднесуточное значение времени, когда каждый нагнетатель, кроме резервного, работает в режиме нагнетания в атмосферу. Для этого нами были изучены режимы работы нагнетателей на конвертер и в атмосферу.

Четвертая глава диссертации «Нормирование расхода электрической энергии на производство черновой меди» посвящена нормированию расхода электрической энергии, расхода газа, на выработку кислорода и сжатого воздуха с целью определения обобщенной энергоемкости производства черновой меди.

На основе инструментальных замеров расхода электрической энергии на производство черновой меди получены экспериментальные данные (рис. 10).

Расчет норм расхода электроэнергии на производство черновой меди из-за большой стандартной ошибки (16,78) показывает что вызвано нелинейностью зависимости удельной нормы расхода электрической энергии от загрузки сырьем. Нами принято разделить общую кривую на три участка, для которых нужно определить зависимость норм расхода электрической энергии для случаев:

- При загрузке сырьем от 80% до 100% от номинальной производительности;
- При загрузке сырьем от 50% до 80% от номинальной производительности;

- При загрузке сырьем от 30% до 50% от номинальной производительности.

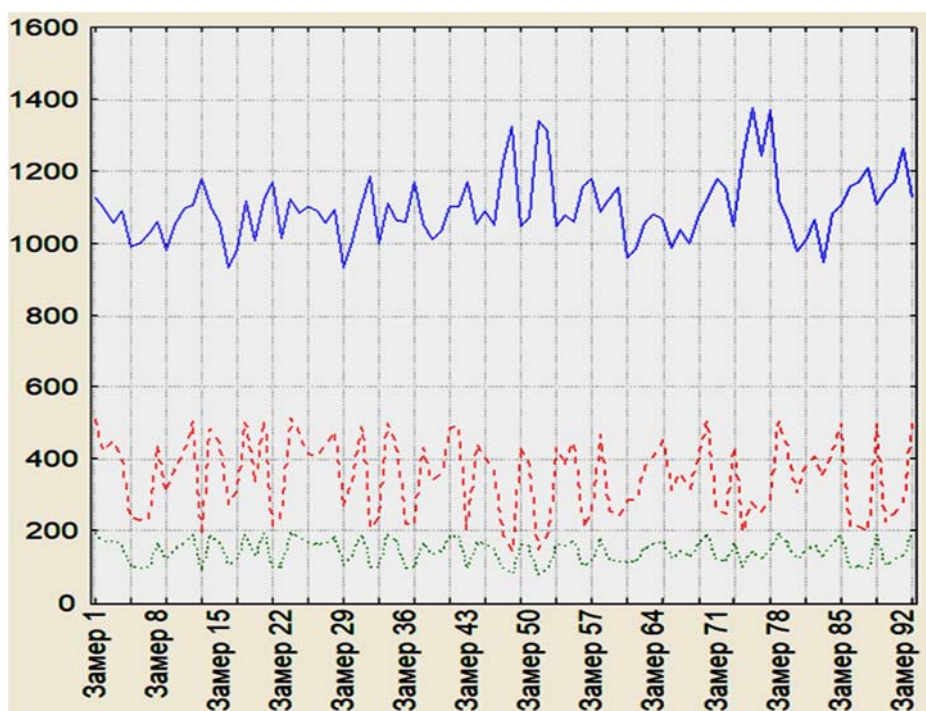


Рис.10. Инструментальные замеры расхода электрической энергии

На основе статистической обработки результатов инструментальных замеров получены результаты расчета описательной статистики (табл.7).

Таблица 7

Результаты расчетов описательной статистики

Переменная	Описательная статистика						
	Кол-во замеров	Средняя ариф.	Миним. значение	Максим. значение	Дисперсия	Станд. отклонение	Станд. ошибка
Расход ЭЭ, кВт·ч	93	144,3275	80,0000	195,000	1108,33	33,2915	3,45217
Производительность, т.	93	207,3118	68,0000	319,000	5816,30	76,2647	7,90828
Норма, кВт·ч/т	93	747,7985	598,1735	1188,406	26189,77	161,8325	16,78125

Для трех случаев разработаны математические модели норм расхода электроэнергии на производство черновой меди.

В результате проведенного регрессионного анализа получена достоверная математическая модель нормы расхода электроэнергии в функции потребляемой электроэнергии и производительности при загрузке сырьем от 80% до 100%.

$$N_{q.M.100} = 615,2352 + 3,4208 \cdot W_{q.M.100} - 2,1059 \cdot Q_{q.M.100} \quad (24)$$

$$N_{q.M.100} = 615,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тн}$$

от 50% до 80%

$$N_{q.M.80} = 675,7441 + 4,5334 \cdot W_{q.M.80} - 3,0636 \cdot Q_{q.M.80} \quad (25)$$

$$N_{q.M.80} = 675,0 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тн}$$

от 30% до 50%

$$N_{q.M.50} = 1097,357 + 7,714 \cdot W_{q.M.50} - 8,505 \cdot Q_{q.M.50} \quad (26)$$

$$N_{q.M.50} = 952,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тн}$$

Для определения норм расхода газа нами проанализирован расход газа газоиспользующим оборудованием за пять лет (2007-2012гг.). На рисунке 11 представлены годовые результаты удельных норм по каждому году. Как показывает математическая обработка отчетности за прошлые годы и инструментальные замеры, на норму расхода природного газа на производство черновой меди значительное влияние имеет степень загрузки сырьем. При разработке норм расхода природного газа на это производство необходимо подходить дифференцированно в зависимости от степени загрузки сырьем пределах от 30% до 100% от номинального производства.

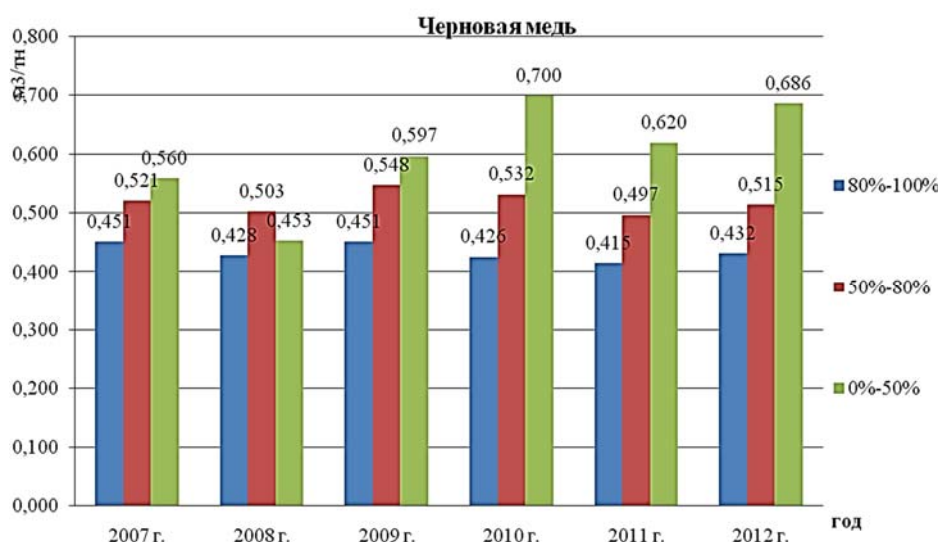


Рис. 11. Показатели удельных норм расхода газа для производства черновой меди с учетом загрузки в пределах (80-100)%, (50-80)% и до 50%.

Норма расхода природного газа на производство черновой меди, при производительности от 80% до 100% составляет:

$$N = 0,433 \text{ тыс.м}^3 / \text{тн} \text{ или } N = 506,08 \text{ кг.усл.т} / \text{тн}$$

от 50% до 80% составляет:

$$N = 0,519 \text{ тыс.м}^3 / \text{тн} \text{ или } N = 607,67 \text{ кг.усл.т} / \text{тн}$$

до 50% составляет:

$$N = 0,603 \text{ тыс.м}^3 / \text{тн} \text{ или } N = 704,99 \text{ кг.усл.т} / \text{тн}$$

Для получения среднегодового значения удельной нормы расхода электрической энергии на единицу выработки кислорода и сжатого воздуха использованы исходные данные за 2016-2017 годы.

Среднегодовая удельная норма расхода электрической энергии на единицу выработки кислорода составляет

$$N = 592,46 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс.м}^3$$

Среднегодовая удельная норма расхода электрической энергии на единицу выработки сжатого воздуха составляет

$$N = 60,79 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс.м}^3$$

С учетом переводного коэффициента приведение к нормальным условиям составляет 2,4.

$$N_{C.B.} = 145,89 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс.м}^3$$

На основании разработанной методики определения энергоёмкости производства черновой меди составлена обобщенная энергоёмкость производства черновой меди по АО «Алмалыкский ГМК», которая приведена в табл. 8.

Таблица 8

Обобщенная энергоёмкость производства черновой меди

Основные агрегаты	Расход ЭЭ, Удельная норма		Расход газа, удельная норма		Расход воздуха, (Расход ЭЭ на выработку воздуха) удельная норма		Расход кислорода (Расход ЭЭ на выработку кислорода) удельная норма		Сум. расходы энергии на работу агрегата, т.у.т.
	тыс. кВт·ч/т	т.у.т.	тыс.м³/т	т.у.т.	тыс.кВт·ч/т	т.у.т.	тыс. кВт·ч/т	т.у.т.	
ОП	0,0246	0,0084	0,22	0,34	-		0,0870	0,0299	0,3783
КФП	0,129	0,0444	0,079	0,12	-		0,1688	0,0578	0,2214
ПЖВ	0,233	0,0802	0,12	0,18	-		0,3363	0,1158	0,3760
КП	0,615	0,2118	0,009	0,014	0,145	0,0502			0,276
Итого	1,0019		0,43		0,145		0,5922	0,1735	1,2517

Общая энергоёмкость производства черновой меди по АГМК для загрузки 80-100% составляет - 1,2517 т.у.т. или 1251,7 кг.у.т. на тонну черновой меди, аналогично, для загрузки 50-80% составляет – 1,387 т.у.т. или 1387,0 кг.у.т. на тонну черновой меди; для загрузки 30-50% составляет -1,633 т.у.т. или 1633,0 кг.у.т. на тонну черновой меди. Среднемировой уровень энергоёмкости производства меди составляет 835–5000 кг.у.т./тн. Полученные данные по АО «Алмалыкский ГМК» лежат в пределах среднемировых данных.

В приложениях диссертации приведены справка и акты внедрения: на компрессорной станции Медеплавильного завода с установкой современных экономичных компрессоров, на кислородной станции с установкой блока разделения воздуха и компрессора, на турбовоздуходувной станции цеха разделения воздуха Медеплавильного завода АО «Алмалыкский ГМК» с установкой преобразователя частоты на турбонагнетатель, а также экспериментальные данные расхода электрической энергии, природного газа, технического кислорода и сжатого воздуха при производстве черновой меди.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов диссертационной работы «Повышение энергоэффективности производства черновой меди на АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» доктора философии (PhD) представлено заключение:

1. Проведены экспериментальные исследования по потреблению энергоносителей каждым агрегатом технологической линии производства черновой меди. В результате чего экспериментально доказано влияние объема поступления сырья на показатели удельных норм расхода энергоносителей и в целом на энергоемкость производства черновой меди.

2. Расчетно-аналитическим и расчетно-экспериментальным методами разработана методика расчета энергоемкости производства черновой меди. В результате определены нормы расхода энергоносителей по агрегатам.

3. Разработана математическая модель удельных норм расхода энергоносителей в функции загрузки сырья агрегатов всех звеньев производственной цепи. В результате данная модель из-за нелинейной зависимости удельных норм расхода энергоносителей в функции загрузки сырья с целью линеаризации удельных показателей разбита на три рабочих участка, для которых определяются удельные нормы в пределах поступления сырья от 80 до 100%, от 50 до 80% и менее 50%.

4. Определена обобщенная энергоемкость производства черновой меди по АГМК. В результате получена возможность оценить энергоэффективность и уровень производства черновой меди.

5. По результатам научных исследований модернизированы компрессоры с установкой современных экономичных компрессоров GT-0,78 «Атлас Копко», а также внедрен частотно-регулируемый электропривод воздухоудвки для выработки сжатого воздуха на базе преобразователя частоты мощностью 3,0 МВт. В результате получена экономия 3 811 938,0 тыс. сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD SCIENTIFIC DEGREE
DSc. 27.06.2017. T.03.03 AT THE TASHKENT STATE TECHNICAL
UNIVERSITY AND LIMITED LIABILITY COMPANY
«SCIENTIFIC TECHNICAL CENTRE»**

LIMITED LIABILITY COMPANY «SCIENTIFIC TECHNICAL CENTRE»

KIM DONCHER

**IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE PRODUCTION
OF BLISTER COPPER AT JSC «ALMALYK MINING AND
METALLURGICAL COMBINE»**

05.05.01 - Energy systems and complexes

**ABSTRACT OF DOCTORAL DISSERTATION (PhD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent– 2019

The title of the doctoral dissertation (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2018.4.PhD/T921.

The dissertation has been prepared at the Limited Liability Company «Scientific-Technical Centre».

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

Scientific supervisor:	Kamalov Tolyagan Sirajiddinovich Doctor of technical sciences, Professor,
Official opponents:	Khoshimov Fozildjan Abidovich Doctor of technical sciences, Professor Aripov Nazirjon Mukaramovich Doctor of technical sciences, Professor
Leading organization:	Navoi State Mining Institute

The defense will take «__» _____ 2019 y. in _____ at the meeting of Scientific Council DSc 27.06.2017.T.03.03 at the Tashkent State Technical University and LLC «Scientific-Technical Center». Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/Fax: (99871) 227-10-32, e-mail: tstu_info@tdtu.uz.

The doctoral (DSc) dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Technical University (Registration number ____). (Address: 2, University str., Tashkent 100095, Uzbekistan. Phone/Fax: (99871) 246-03-41.

Abstract of the dissertation was distributed on «__» _____ 2019 year.
(mailing report № «__» of «__» _____ 2019 year)

K.P. Allaev
Chairman of Scientific Council on award of scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor, Academician

O.X. Ishnazarov
Scientific secretary of the Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Senior scientific researcher

M.I. Ibadullaev
Chairman of the scientific seminar under Scientific Council
on awarding scientific degrees,
Doctor of technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research is determination of energy intensity and development of a methodology for calculating specific norms of energy consumption per unit of rough copper production at JSC “Almalyk Mining and Metallurgical Combine” and identification of energy saving potential.

The object of the research are the aggregates of the full cycle of the technological chain for producing blister copper and energy-mechanical equipment for the generation of technical oxygen and compressed air.

The scientific novelty of the research consists of following:

- developed the mathematical model for determining the energy intensity of the production of blister copper, taking into account energy carriers and the utilization of raw materials for the smelter and converter units;

- developed the method of determining and calculating the specific norms of electrical energy consumption per unit of production of blister copper based on a system analysis of energy carrier costs;

- on the basis of experimental studies, the effect of the loading of raw materials of aggregates of the total technological chain for producing blister copper on the indicators of specific energy consumption rates was determined;

- on the basis of experimental data, the nature of the consumption of technical oxygen and compressed air in the units of a reflective furnace, oxygen-flare melting, a furnace of a liquid bath and a converter redistribution was revealed.

Implementation of the research results. Based on the results of research work to improve the energy efficiency of the production of blister copper:

- the installation of a modern economical compressor SM 6000 “Samsung” GT-0.78 “Atlas Copco” was introduced at the compressor station of the Copper Smelter (reference of JSC Almalyk MMC No. 31-10-402 dated October 24, 2018). As a result, a saving of 1,839.6 thousand kWh of electricity per year were obtained;

- recommendations for modernization of the oxygen station at the Copper Smelter with the installation of an air separation unit KDO-15000 and the Atlas Copco GT-0.78 compressor were developed (reference of JSC Almalyk MMC No. 31-10-402 of October 24, 2018). As a result, savings of 22,000 thousand kWh of electricity per year were obtained;

- the frequency-controlled synchronous electric drive with a capacity of 3 MW was introduced to control the capacity of the supercharger in the air separation shop (reference of JSC “Almalyk MMC” No. 31-10-402 dated October 24, 2018). As a result, savings of 6880 thousand kWh of electricity per year were obtained.

The structure and volume of the dissertation. The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of used literature, applications. The volume of the thesis is 111 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PULISHED WORKS

1. Камалов Т.С., Ким Д., Коробкин Ю. С., Ишназаров О. Х. Повышение эффективности использования электроэнергии меднообогатительной фабрики ОАО “Алмалыкский ГМК // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2011. №5. С. 37-43. (05.00.00; №5).
2. Камалов Т.С., Ким Д. Энергоэффективность получения меди на Алмалыкском горнометаллургическом комбинате // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. №1. С. 42-45. (05.00.00; №5).
3. Камалов Т.С., Ким Д.П., Тоиров О.З. и др. Энергоаудит Медно-обогатительной фабрики ОАО “Алмалыкский ГМК” и пути повышения энергоэффективности // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2014. №1-2. С. 66-72. (05.00.00; №5).
4. Камалов Т.С., Тимошук Д.В., Ким Д.П., Тоиров О.З. и др. Энергоаудит Медеплавильного завода ОАО “Алмалыкский ГМК” и пути повышения энергоэффективности // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2015. №2 (61). С. 84-89. (05.00.00; №7).
5. Камалов Т.С., Ким Д. Энергомкость производства черновой меди по Алмалыкскому горно-металлургическому комбинату // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. №1. С. 76-84. (05.00.00; №5).
6. Камалов Т.С., Ким Д. Энергоемкость выработки кислорода и сжатого воздуха при производстве черновой меди // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2018. № 3. С. 51-57. (05.00.00; №5).
7. Kamalov T.S., Kim D., Toirov O.Z. Main indicators of energy intensity of copper production // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, 2019.Vol.6, N3. P.8609-8616. (05.00.00; №8).
8. Камалов Т.С., Ким Д. Основные направления энергоресурсосбережения на Алмалыкском ГМК // Горный журнал. – Россия, 2009. №8. С.98-100.
9. Камалов Т.С., Ким Д., Коробкин Ю. С., Ишназаров О. Х. Основные пути снижения энергозатрат на меднообогатительной фабрике ОАО «АГМК» // Горный журнал. – Россия. 2012. №8. С. 130-133.
10. Камалов Т.С., Ким Д., Тоиров О.З. и др. Энергоаудит Медно-обогатительной фабрики ОАО “Алмалыкский ГМК” // XIX Международная научно-практ. конференция «Инновация-2014». – Ташкент, 2014. С.160-161.
11. Камалов Т.С., Ким Д., Тоиров О.З. и др. Энергоаудит АО «АГМК» и пути повышения энерго-эффективности // Материалы VIII Меж. научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и современные тенденции развития». – Навои, 2015. С. 262.
12. Камалов Т.С., Ким Д., Ташева Х.Т. Особенности работы синхронного электропривода от преобразователя частоты // Материалы Меж. научно-технической конференции «Горно-металлургический комплекс: достижения, проблемы и перспективы инновационного развития». – Навои, 2016. С.157.
13. Камалов Т.С., Ким Д. Методика определения энергоемкости производства черновой меди по АГМК. // Международная научно-практическая конференция «Инновация – 2018». – Ташкент, 26-27 октября 2018. С.122-123.
14. Камалов Т.С., Ким Д. Нормирование расхода топлива для выработки электрической и тепловой энергии для нужд АО «Алмалыкский ГМК» // III Международная научно-практическая конференция «Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования». – Пенза, 2019. С. 41-44.

Автореферат «ТошДТУ хабарлари» ва «Энергия ва ресурс тежаш муаммолари» журналлари таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлари ўзаро мувофиқлаштирилди (12.04.2019 йил).

Бичими 60x84¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси. Рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи: 3,2. Адади 100. Буюртма № 57.

«Тошкент кимё-технология институти» босмахонасида чоп этилди.
100011, Тошкент, Навоий кўчаси, 32-уй.